

Panu Tolppi

ÄLYTALOSTA ARVOA ASIAKKAALLE

Rakennetun ympäristön tiedekunta

Kandidaatintyö

Joulukuu 2018

TIIVISTELMÄ

PANU TOLPPI: Älytalosta arvoa asiakkaalle
Tampereen teknillinen yliopisto
Kandidaatintyö, 24 sivua
Joulukuu 2018
Rakennustekniikan kandidaatin tutkinto-ohjelma
Pääaine: Talonrakentaminen
Tarkastaja: Jukka Puhto
Avainsanat: älytalot, älykkäät rakennukset, arvo

Älytalojen määrä kasvaa kiihtyvällä tahdilla ja ne tuovat mukanaan uudenlaisia palveluja asumiseen. Älytalosovelluksilla tavoitellaan asumisen mukavuutta ja energian kulutuksen minimointia. Sovellukset perustuvat ympäristöstä ja käyttäjästä sensorien mittaaman tiedon käsittelyyn ja hyödyntämiseen. Työn tavoitteena on luoda kokonaiskuva älytalojen luomasta arvosta asiakkaalle.

Älytalo on määritelty useilla eri tavoilla. Tässä työssä älytalo määritellään rakennukseksi, joka kerää ja soveltaa tietoa ympäristöstä ja käyttäjistä tarkoituksena parantaa käyttäjän kokemusta tai säästää energiaa.

Älytalosovellukset voidaan ryhmitellä niiden arvonluontimahdollisuuksien perusteella. Tässä työssä älytalosovellukset ryhmitellään energiaan, asumisen olosuhteisiin, viihteyseen ja käytännöllisyyteen, turvallisuuteen ja avustettuun asumiseen. Sovellusryhmiä analysoidaan Hemilän et al. (2016) mukaisia arvon komponentteja eli taloudellista, emotionaalista, toiminnallista ja symbolista arvoa hyväksi käyttäen.

Tuloksiksi saatiin, että älytalot mahdollistavat kaikkien komponenttien mukaisen arvon luomisen asiakkaalle ja jokainen sovellusryhmä mahdollistaa vähintään kolmen komponentin mukaisen arvoa luomisen. Älytalo mahdollistaa arvon syntymisen, mutta ei takaa sitä. Kriittinen tarkastelu osoitti, että älytalo voi luoda myös negatiivista arvoa.

ALKUSANAT

Tämän kandidaatintyö lähti liikkeelle Rambollin ehdottamasta aiheesta ”Smart Building – teknologiasta asiakaslähtöisyyteen (mitä eri sovelluksia Smart Buildingiin on kehitetty ja miten ne tuottavat arvoa kiinteistönomistajalle?). Aihe ei ollut minulle ennestään tuttu, mutta herätti kiinnostukseni. Tutkimusta tehdessäni päädyin tarkastelemaan älytalo-sovelluksia aihepiiristä tehtyjen tutkimusten avulla.

Tutkimusprosessi osoittautui mielenkiintoiseksi ja haastavaksi. Aiempaa tutkimusta löytyi lähinnä kansainvälisistä lähteistä ja varsinkin määritelmien kääntäminen osoittautui monimutkaiseksi.

Kiitän työnohjaajaa Jukka Puhtoa rakentavista kommentteista. Lisäksi kiitän kaikkia, jotka ovat omalta osaltaan auttaneet ja tukeneet minua kirjoitusprosessin aikana.

Tampereella, 10.12.2018

Panu Tolppi

SISÄLLYSLUETTELO

1.	JOHDANTO	1
1.1	Tutkimuksen tausta.....	1
1.2	Tutkimuksen tavoite ja tutkimuskysymykset	1
1.3	Tutkimusmenetelmät	2
1.4	Tutkimuksen rajaukset.....	2
2.	ARVO.....	3
2.1	Arvo käsitteenä.....	3
2.2	Arvon luominen.....	4
2.3	Arvo kiinteistöalalla.....	6
3.	ÄLYTALO	7
3.1	Älytalon määrittely	7
3.2	Älytalojärjestelmät.....	8
3.2.1	Älytalojärjestelmien tavoitteet.....	8
3.2.2	Älytalojärjestelmien toimintaperiaate	9
4.	ÄLYTALON ARVONLUONTIMAHDOLLISUUDET	10
4.1	Älytalosovellusten ryhmittely	10
4.2	Kokonaisuuksien analysointi.....	10
4.2.1	Energia	10
4.2.2	Asumisen olosuhteet	11
4.2.3	Viihde ja käytännöllisyys	12
4.2.4	Turvallisuus	13
4.2.5	Avustettu asuminen.....	13
5.	YHTEENVETO.....	15
6.	POHDINTA.....	17
6.1	Kriittinen tarkastelu	17
6.2	Tulevaisuuden suuntaukset	18
	LÄHTEET	19

1. JOHDANTO

1.1 Tutkimuksen tausta

Teknologiayritykset, kuten Google ja Facebook tekevät tuotteita, jotka keräävät tietoa siitä, miten niitä käytetään, ja käyttävät tätä tietoa parantaakseen tuotteitaan. Samoja periaatteita on alettu soveltaa myös asumiseen esimerkiksi käyttäjän tottumuksista oppivan termostaatin muodossa. Yhdistämällä kodin laitteet yhdeksi älykkääksi kokonaisuudeksi voidaan saavuttaa vielä paljon yksityiskohtaisempaa tietoa käyttäjästä ja muokuttaa laitteiden toiminta asukkaan toimintaan. (Lyer & Venkatraman 2015)

Rakennusala on tunnetusti hidas omaksumaan uusia teknologioita ja käytäntöjä, mikä näkyy myös digitaalisuuden hyödyntämisessä. Puhdon et al. (2016) tekemän kyselyn mukaan noin neljännes rakennus- ja kiinteistöalan yrityksistä kokee digitaalisuuden merkityksettömäksi strategian kannalta. Toisaalta tietyt yritykset, kuten Schneider electric ja Nuuka, ovat voimakkaasti erikoistuneet digitaalisuuteen ja älytalo-tekniikkaan. Rakennusjärjestelmien suunnittelu ja rakentaminen vaativat poikkitieteellistä osaamista esimerkiksi rakennustekniikasta, arkkitehtuurista, mekaniikasta, sähkötekniikasta ja tietojenkäsittelystä (Ahuja 2016, s. 7). Rakennusalanyritykset saavat älyrakentamisessa tukea muusta teknisestä osaamisesta, mikä auttaa kokonaisvaltaisten ratkaisujen luomisessa.

Älytalo sovelluksia tuottavat useat eri tahot erilaisista lähtökohdista. Kaikilla sovelluksilla on kuitenkin yhteistä se, että niiden tavoite on luoda arvoa yritykselle tuottona ja asiakkaalle useissa eri muodoissa.

1.2 Tutkimuksen tavoite ja tutkimuskysymykset

Tässä työssä tarkastellaan älytaloista ja niiden sovelluksista tehtyä tutkimusta. Sovelluksia analysoidaan ryhmittelemällä erityyppiset sovellukset kokonaisuuksiksi ja tutkimalla, kuinka eri kokonaisuudet luovat arvoa asiakkaalle.

Päätutkimuskysymys on seuraava:

Kuinka älytalo-sovellukset tuottavat arvoa asiakkaalle?

Alatutkimuskysymyksiä ovat seuraavat:

Minkä tyyppisiä älytalo-sovelluksia on olemassa?

Miten arvoa syntyy ja kuka sitä luo?

Millaista arvoa erityyppiset sovellukset tuottavat?

Tarkoituksena on luoda kokonaiskuva älytalo-sovelluksista ja niiden tuottamasta arvosta. Tämä tutkimus toimii tiedonlähteenä rakennusalan ammattilaisille ja aiheesta kiinnostuneille älytalojen mahdollisuuksista ja auttaa hahmottamaan älytalo-sovellusten tuottaman arvon luonnetta.

1.3 Tutkimusmenetelmät

Tutkimus suoritetaan pääasiassa kuvailevana kirjallisuuskatsauksena. Kirjallisuuskatsauksessa kerättyä aineistoa analysoidaan asiakkaan arvon näkökulmasta.

Työn aineistona toimivat aiheista julkaistut tutkimukset ja muu kirjallisuus, joita on haettu Andorin ja Google Scholarin avulla. Aineiston haussa painotetaan kansainvälisiä alkuperäisartikkeleja.

1.4 Tutkimuksen rajaukset

Arvoa ja arvon luomista tarkastellaan yleisesti, mutta keskitytään erityisesti asiakkaan näkökulmaan. Tarkoitus ei kuitenkaan ole perehtyä asiakkaan käytökseen, joka on nykyisen arvon yhteistuottamisajattelun mukaan olennainen osa arvon luomista (Strandvik et al. 2012). Sovellusten ajatellaan luovan arvoa silloin, kun ne mahdollistavat asiakkaan arvon tuottamisen.

Älytalo ei ole tarkasti määritelty termi, joten myös älytalo-sovelluksia on hankala määrittellä (Wong et al. 2015). Tässä työssä sovelluksia lähestytään älytaloista tehdyn tutkimuksen avulla ja kaikki aiheen tutkimuksissa mainitut sovellukset otetaan huomioon.

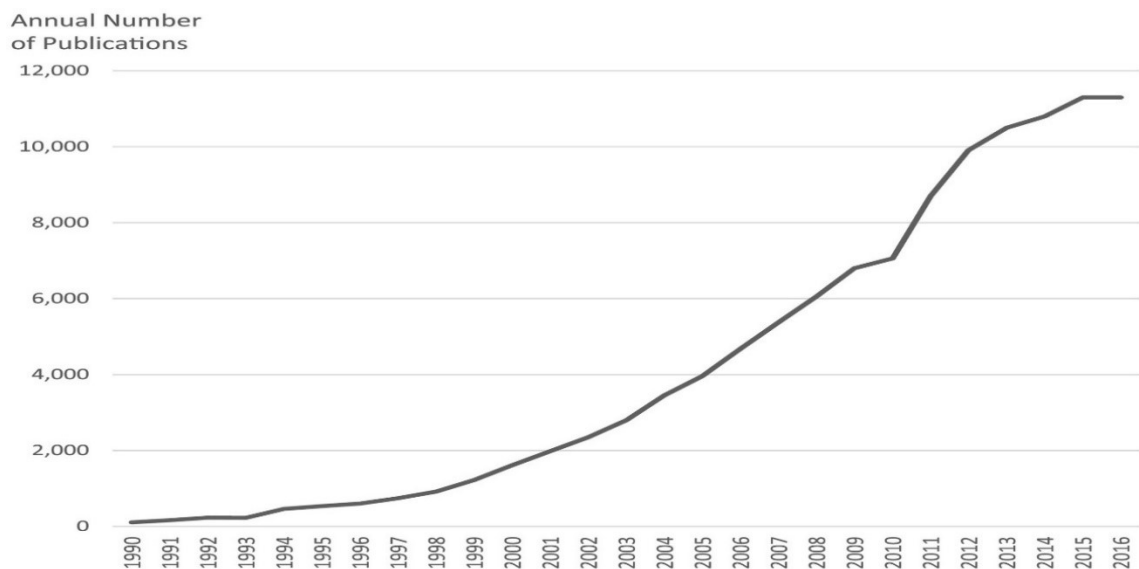
2. ARVO

2.1 Arvo käsitteenä

Sanalla arvo on monta eri merkitystä, ja arvon luonteesta onkin keskusteltu jo Aristoteleen ajoista lähtien. Aristoteles oli ensimmäinen, joka erotti käyttö- ja vaihtoarvon toisistaan. (Vargo et al. 2008) Fleetwoodin (1997) mukaan käyttö- ja vaihtoarvon avulla Aristoteles pyrki erottamaan asiat ja niiden ominaisuudet. Asioilla on vaihtoarvoa, ja niiden ominaisuuksilla on käyttöarvoa (Fleetwood 1997).

Arvolla on myös useita muita merkityksiä. Voidaan puhua muuttujanarvosta, henkilön arvoista tai rahallisesta arvosta. Arvon eri merkityksille on annettu erilaisia määritelmiä, esimerkiksi taloustieteessä arvo määritellään saatujen hyötyjen ja menetettyjen uhrausten erotuksena (Tieteentermipankki 2018).

Arvoa voidaan tarkastella myös eri tahojen näkökulmasta. Grönroos (2008) määrittelee asiakkaan saaman arvon siten, että asiakas on tai tuntee olevansa paremmassa asemassa tuotteen tai palvelun käytön jälkeen. Asiakkaan näkökulmassa korostuu asiakkaan kokemus arvosta. Asiakkaan saama arvo ei voi määritellä tarkasti, koska arvo on jokaiselle asiakkaalle eri. Asiakkaan saama arvo käsitteenä on ollut suosittu 1990-luvulta lähtien, ja aihetta tutkitaan yhä aktiivisesti (kuva 1).



Kuva 1. Google Scholar -haku fraasilla "customer value" (Eggert et al. 2018)

Arvo voidaan myös jakaa komponentteihin. Hemilä et al. (2016) jakavat arvon taloudelliseen, toiminnalliseen, emotionaaliseen ja symboliseen arvoon. Asiakkaalle toiminnallinen arvo on tuotteen tai palvelun käytöstä syntyvä konkreettinen hyöty. Taloudelliseen arvoon kuuluvat tuotteen hinta, tuotto ja käytöstä syntyvä kustannus tai säästö. Emotionaalinen arvo on käyttäjän kokema hyöty tuotteesta, ja symbolinen arvo on esimerkiksi kotimaisuus tai eettisyys. (Hemilä et al. 2016) Arvon komponenteista nähdään, että arvon mittaaminen on haastavaa. Esimerkiksi taloudellista ja symbolista arvoa on hankala yhteismitallistaa.

2.2 Arvon luominen

Perinteisesti on ajateltu, että yritys kehittää tuotteen, jolla oletetaan olevan arvoa asiakkaalle. Yritys siis luo tietyn määrän arvoa ja jakaa tuottamansa arvon asiakkaille. (Anderson & Narus 1998) Asiakkaan rooliksi jää kuluttaa yrityksen luoma arvo. Tämä malli toimii hyvin niin kauan, kun tuotteet pysyvät yksinkertaisina, koska yksinkertaisten tuotteiden kohdalla voidaan hyvin tarkasti tietää, kuinka tuotetta käytetään ja mitä arvoa asiakas tuotteesta hakee.

Tuotteiden ja palvelujen kehittyessä myyjä ei enää täysin hallitse asiakkaan saamaa arvoa. Tässä tilanteessa myyjä ja asiakas yhdessä hallitsevat arvon tuottamista. (Strandvik et al. 2012) Näkökulma siirtyy yrityksen näkökulmasta asiakkaan näkökulmaan.

Grönroosin ja Voiman (2012) mukaan ajatteleamalla, että kaikki osapuolet luovat arvoa yhdessä arvon luomisesta tulee kaikenkattava prosessi. Kaikenkattavan prosessin näkökulma jättää täysin avoimeksi, kuinka ja kenelle käyttöarvoa luodaan (Grönroos & Ravald 2011). Tutkiessa arvon luomista se täytyy kohdentaa tarkemmin. Yksi tapa jaotella arvon tuottamisen näkökulmia on jako hyödykekeskeiseen (goods-dominant) ja palvelukeskeiseen (service-dominant) logiikkaan (Vargo et al. 2008).

Taulukko 1. Hyödyke- ja palvelukeskeiset logiikat (muokattu Vargo et al. 2008)

	Hyödykekeskeinen	Palvelukeskeinen
Arvon ajuri	Vaihtoarvo	Käyttöarvo
Arvon luoja	Yritys	Yritys ja asiakas yhdessä
Arvonluontiprosessi	Yritys lisää arvoa parantamalla tuotteen ominaisuuksia	Yritys ehdottaa arvoa markkinoilla ja asiakas jatkaa arvonluontia käyttämällä tuotetta
Arvon tarkoitus	Lisätä yrityksen varallisuutta	Lisätä sopeutuvuutta, kestävyyttä ja systeemin hyvinvointia palvelun kautta
Yrityksen rooli	Tuottaa ja jakaa arvoa	Ehdottaa ja olla mukana arvon luomisessa
Asiakkaan rooli	Käyttää tai tuhota yrityksen luoma arvo	Osaltaan tuottaa arvoa

Vargo et al. (2008) jaottelevat arvon tuottamisen samaan tapaan kuin Anderson ja Narus (1998) ja Strandvik et al. (2012). Hyödykekeskeinen logiikka muistuttaa Andersonin ja Naruksen (1998) mukaista määritelmää ja palvelukeskeinen logiikka on lähellä Strandvikin et al. (2012) mukaista ajattelua (taulukko 1).

Heinonen et al. (2010) lisäävät hyödyke- ja palvelukeskeisten logiikoiden rinnalle vielä asiakaskeskeisen logiikan. Asiakaskeskeinen logiikka asettaa asiakkaan keskiöön yrityksen tai tuotteen sijaan. Tuotteen tulee auttaa asiakasta saavuttamaan asiakkaan omia päämääriä. Asiakaskeskeinen logiikka jatkaa palvelukeskeistä ajatusta ottamalla huomioon myös asiakkaan muut toiminnot ja kokemukset, jotka eivät suoraan liity myytävään tuotteeseen. (Heinonen et al. 2010) Voidaan nähdä, että koko ajan ollaan siirtymässä yhä asiakaskeskeisempään lähestymistapaan. Asiakas luo itselleen arvoa omalla toiminnallaan, ja yrityksen tehtäväksi jää auttaa asiakasta tämän omassa arvonluontiprosessissa.

2.3 Arvo kiinteistöalalla

Kiinteistöalalla arvoa on tutkittu paljon yritysten kiinteistöjen hallinnan näkökulmasta (Lindholm 2008; Jensen et al. 2012b). Nykyinen näkemys painottaa, että yritysten näkökulmasta kiinteistöt luovat arvoa lisäämällä osakkaiden varallisuutta (Green & Jack 2004; Lindholm 2008). Roulacin (2007) mukaan kiinteistön arvo määräytyy sen käytön mukaan. Tarkemmin sen mukaan mitä ihmiset ovat valmiita maksamaan kiinteistön käytöstä (Roulac 2007). Kiinteistöalalla arvolla tarkoitetaan useimmissa tapauksissa juuri rahallista arvoa.

Asiakkaan näkökulmasta kiinteistön arvo liittyy esimerkiksi sen käytettävyyteen (Boge et al. 2018). Käytettävyys kertoo, kuinka paljon tietystä tuotteesta tietty käyttäjä saa apua päämääriensä toteuttamiseen tehokkaasti ja tyydyttävästi määrätyissä olosuhteissa (SFS-EN ISO 9241-11 2018). Keeris (1997) määrittelee kiinteistön arvon hyvin samaan tapaan: kiinteistön arvon määrittää se, kuinka paljon kiinteistö auttaa asiakasta saavuttamaan tämän omia tavoitteita. (katso Jensen et al. 2012a). Asiakas saa arvoa kiinteistön käytettävyyden lisääntyessä. Niin käytettävyys kuin arvo ovat asiakkaalle yksilölliset, joten yleisiä mittareita on hankala luoda.

Tässä työssä älytalojen luoma arvo jaotellaan Hemilän et al. (2016) mukaisesti arvon komponentteihin, jotta arvoa pystytään tarkastelemaan monipuolisemmin. Arvon yhteisluomisajattelun mukaan älytalo ei voi yksin luoda arvoa. Työssä tutkitaan asiakkaan saamaa arvoa eli älytalon asiakkaalle ehdottamaa arvoa. Älytalon ehdottama arvo ajatellaan älytalon tuottamaksi arvoksi.

3. ÄLYTALO

3.1 Älytalon määrittely

Termiä älytalo (Intelligent building) on aloitettu käyttämään 1980-luvun alussa Yhdysvalloissa. Älytalo on siitä lähtien ollut useiden tutkimusten kohde, ja termille on kehitetty paljon erilaisia määritelmiä. (Derek & Clements-Croome 1997; Wong et al. 2005) Wigginton ja Harris (2013, pp. 21) löysivät yli 80 erilaista määritelmää älykkyydelle suhteessa rakennuksiin. Wongin et al. (2005) mukaan varhaiset määritelmät keskittyvät teknologisiin seikkoihin ja jättävät käyttäjän vuorovaikutuksen täysin huomioimatta. Nykyään varhaisten määritelmien mukaiset älytalot nähtäisiin automatisoituina rakennuksina (Buckman et al. 2014). Nykyisten määritelmien mukainen älytalo on vuorovaikutuksessa käyttäjän kanssa.

Englanninkielisissä lähteissä puhutaan intelligent building ja smart building termeistä. Intelligent building on vanhempi termi, jonka osa tutkijoista ajattelee olevan yläkäsite, jonka alle smart building asettuu (Buckman et al. 2014). Esimerkiksi Kronerin (1997) mukaan smart, high-tech, integrated ja advanced building kuuluvat intelligent building termin alle. Alamin et al. (2012) mukaan smart home, smart house, intelligent home, adaptive home ja aware house ovat kaikki toistensa synonyymejä. Tässä työssä eri englanninkieliset termit ajatellaan toistensa synonyymeinä ja suomennetaan kaikki älytaloksi.

Älytalo on Wangin et al. (2012) määritelmän mukaan rakennus, joka hyödyntää tietokone- ja älyteknologiaa. Tietokone- ja älyteknologian avulla haetaan ratkaisuja älykkyyss- ja kestävyysongelmiin. Tavoitteena on saavuttaa optimaalinen yhdistelmä yleistä mukavuutta ja vähäistä energian kulutusta. (Wang et al. 2012) Tämä määritelmä keskittyy älyrakennuksen ominaisuuksiin ja siihen mitä niillä saavutetaan. Älytalon ja käyttäjän välinen tiedonvaihto ei määritelmän mukaan ole välttämätöntä älytalossa.

Cook ja Das (2007) määrittelevät älykkään ympäristön sen ominaisuudella kerätä ja soveltaa tietoa ympäristöstä ja käyttäjistä tarkoituksena parantaa käyttäjän kokemusta. Teknologian ja käyttäjävuorovaikutuksen avulla saavutettu mukautuva rakennus voidaan ajatella älykkäänä ympäristönä eli älytalona.

Katzin ja Skopekin (2009) mukaan termi älytalo ei tarkoita vain yhtä asiaa, koska se on määritelty niin monella eri tavalla. Esimerkiksi Clements-Croomen (2009) määritelmän mukaan älytalo reagoi käyttäjän, organisaation ja yhteiskunnan vaatimuksiin. Se on kestävä energian ja vedenkäytön kannalta ja vähän saastuttava päästöjen ja jätteen kannalta. Älytalo on myös terveellinen hyvinvoinnin näkökulmasta rakennuksessa asuville ja työskenteleville ihmisille ja käytännöllinen käyttäjän tarpeiden mukaan. (Clement-Croome

2009, Clements-Croome 2011 mukaan) Näin laajoissa määritelmässä termi menettää tarkoituksensa, eli uusi määritelmä ei selkeytä termiä vaan päinvastoin tekee siitä vielä vaikeammin hahmotettavan (Buckman et al. 2014).

Kaikissa tutkimuksissa älytalo termiä ei pyritä yksiselitteisesti määrittelemään, vaan luonnehditaan älytaloa tutkimuksen kannalta riittävällä tarkkuudella. Esimerkiksi älytalon valaistussysteemeistä kertova tutkimus luonnehtii älytaloa konseptina, joka yhdistää arkkitehtuurin, sisustussuunnittelun ja sähkömekaniikan. Tarkoituksena on saavuttaa liikumisen nopeus ja helppo hallittavuus, sekä automaation tapauksessa kaikki aktiviteetit voivat tapahtua myös ilman ihmisen vaikutusta rakennuksessa. (Firdaus & Mulyana 2018)

Älytalo määritelmät painottavat varsin eri asioita. Teknologian nopean kehityksen vuoksi älytalo on jatkuvassa muutoksessa oleva termi, joka on kuitenkin yleisessä käytössä niin arkikielessä kuin tutkimuksessa.

Tässä työssä älytalo määritellään Cookin ja Dashin (2007) mukaista älykkään ympäristön määritelmää mukailleen. Älytalon tarkoituksiksi käyttäjän kokemuksen parantamisen rinnalle lisätään energiansäästäminen. Tässä työssä älytalo on rakennus, joka kerää ja soveltaa tietoa ympäristöstä ja käyttäjistä tarkoituksena parantaa käyttäjän asumiskokemusta tai säästää energiaa.

3.2 Älytalojärjestelmät

3.2.1 Älytalojärjestelmien tavoitteet

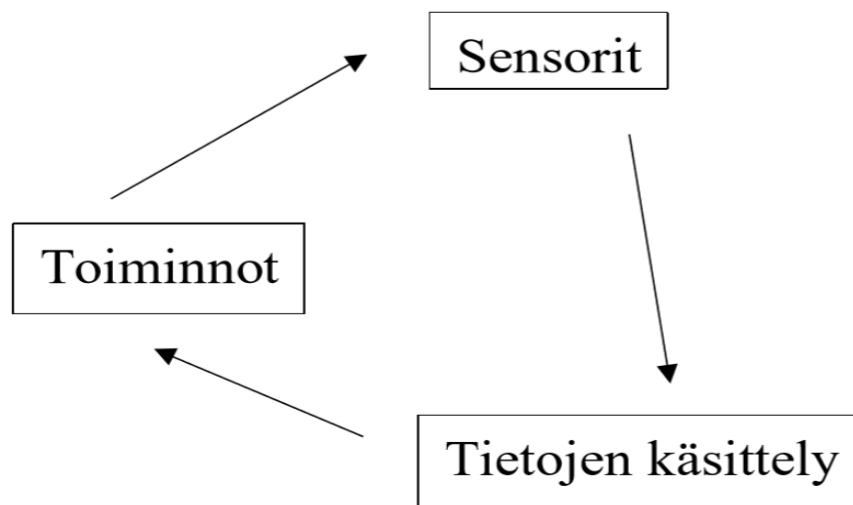
Rakennuksen hallintajärjestelmällä tarkoitetaan rakennuksen talotekniikkaa ohjaavaa järjestelmää. Älytalojärjestelmät ovat älykkäitä rakennuksen hallinta järjestelmiä. Rakennuksen hallintajärjestelmille on määritelty erilaisia tavoitteita. Wang et al. (2012) määrittelevät rakennuksen hallintajärjestelmien tärkeimmäksi tavoitteeksi energian kulutuksen minimoinnin ja yleisen mukavuuden maksimoinnin. Yleisellä asumismukavuudella tarkoitetaan yleensä kolmea perustavoitetta, jotka ovat lämpömukavuus, visuaalinen mukavuus ja sisäilmanlaatu. (Wang et al. 2012) Jia et al. (2018) ovat samoilla linjoilla Wangin et al. (2012) kanssa, mutta lisäävät vielä pienet päästöt energiatehokkuuden lisäksi ja ottavat huomioon myös rakennuksen edullisuuden.

Asetettuihin tavoitteisiin pääsemisen kannalta lämmitys, jäähdytys, ilmanvaihto, valaistus ja elektroniset laitteet ovat tärkeimmät järjestelmät (Klein et al. 2012). Kokonaisenergian kulutuksen vähentämiseksi tehokkainta on vähentää energian kulutusta sieltä missä kulutus on suurinta. Suomen virallisten tilastojen (2017a; 2017b) mukaan Suomessa asuminen kuluttaa noin 19,5 % kokonaisenergiasta. Eniten energiaa kuluu lämmitykseen, joka vie noin 45 % asumisen energiankulutuksesta (Suomen virallinen tilasto 2017a).

Asumisen vaatiman energia määrän vähentämisellä on merkittävä vaikutus koko valtakunnan energian kulutukseen. Suomen oloissa lämmittäminen on korostunut asumisen energiankulutuksessa.

3.2.2 Älytalojärjestelmien toimintaperiaate

Rakennuksen talotekniset ohjausjärjestelmät koostuvat mittareista ja sensoreista, tiedon käsittelystä ja toiminnoista (Jadhav 2016, pp. 95; kuva 2). Jian et al. (2018) mukaan älykkäät järjestelmät yhdistävät perinteiset laitteet, kuten valaistuksen ja lämmityksen, ja älykkäät mittarit ja tiedon käsittelyn. Perinteisten järjestelmien rinnalle on yleistymässä myös uudempia teknologioita, kuten energian varastointi (Jia et al. 2018).



Kuva 2. Taloteknisen ohjausjärjestelmän osat

Sensorien tarkoituksena on kerätä ympäristöstä tietoa laitteiden toiminnan säätämiseksi. Yleisesti mitataan lämpötilaa, ilmankosteutta, hiilimonoksidi ja hiilidioksidi pitoisuuksia, ilman liikettä, päivänvalon tasoa ja ihmisten läsnäoloa. (Clements-Croome 2011; Jadhav 2016, pp. 95-96; Jia et al. 2018) Tietoa on mahdollista kerätä myös monista muista asioista, kuten paineesta tai biokemiallisista aineista (Cook & Das 2007).

Sensorien keräämän tiedon perusteella älykäs tietojenkäsittely antaa käskyn ympäristön tilan muuttamiseksi (Cook & Das 2007). Esimerkiksi lisää ilmanvaihtoa hiilidioksidi tason noustessa. Sensorit mittaavat oliko toiminnolla haluttu vaikutus ja sama prosessi toistuu. Rathoren et al. (2016) mukaan pitkäaikaisen seuranta tiedon perusteella järjestelmä voi alkaa ennakoimaan tulevia tapahtumia ja reagoimaan niihin. Sensorien määrän kasvassa voidaan tehdä tarkempia päätelmiä niin asunto kuin kaupunki tasollakin (Rathore et al. 2016).

4. ÄLYTALON ARVONLUONTIMAHDOLLISUUDET

4.1 Älytalo-sovellusten ryhmittely

Älytalo-sovelluksia on monia erilaisia, ja tässä työssä ne ryhmitellään kokonaisuuksiin analysoinnin helpottamiseksi. Balta-Ozkan et al. (2013) jaottelevat älytalo-palvelut ryhmiin sen perusteella mihin käyttäjän tarpeeseen ne vastaavat. Tutkimuksessa palvelut jaotellaan turvallisuuteen, avustettuun asumiseen, terveyteen, viihteeseen, viestintään, käytännöllisyyteen ja mukavuuteen sekä energiatehokkuuteen (Balta-Ozkan et al. 2013).

Tässä työssä käytetään soveltaen Balta-Ozkanin et al. (2013) mukaista jaottelua älytalo-sovellusten ryhmittelyssä. Kokonaisuuksia analysoidaan arvon luonnin näkökulmasta ja pyritään määrittämään miten ja minkälaista arvoa kukin kokonaisuus voi asukkaalle luoda. Älytalo-sovelluksia käsitteleviä tutkimuksia mukaillen tässä kappaleessa käytetään termiä asukas termin asiakas sijasta. Asukkaalla tarkoitetaan älytalossa asuvaa henkilöä.

4.2 Kokonaisuuksien analysointi

4.2.1 Energia

Älytalon määritelmässä ja rakennuksen ohjausjärjestelmien vaatimuksissa on selkeästi esillä pyrkimys säästää energiaa älykkäillä ratkaisuilla (Wang et al. 2012). Energian säästäminen on myös arvon lähde. Arvoa syntyy taloudellisena arvona energiakustannusten pienenemisen muodossa ja symbolisena arvona ympäristövaikutusten pienentyessä.

Rakennuksen energiankulutukseen vaikuttavat energiaa käyttävien järjestelmien ja ihmisten toiminta. Rakennuksen käyttäjä määrittää millaiset olosuhteet rakennuksen hallintajärjestelmien tulee luoda ja toisaalta käyttäjä vaikuttaa olosuhteisiin omalla toiminnallaan esimerkiksi tuottamalla lämpöä läsnäolollaan ja avaamalla tai sulkemalla ikkunoita. (Klein et al. 2012; Yang & Wang 2013) Yang ja Wang (2013) esittävät, että energian säästöt syntyvät energiaa käyttävien järjestelmien älykkäästä hallinnasta. Älykkäällä hallinnalla tarkoitetaan yksinkertaistettuna tiedon keräämistä ympäristöstä ja ihmisistä ja optimoimalla laitteiden toiminta kerätyn tiedon avulla. Kleinin et al. (2012) mukaan suurin osa tutkijoista, kuten Yang ja Wang (2013), pyrkivät älykkäillä järjestelmillä vaikuttamaan vain rakennuksen järjestelmien toimintaan, vaikka myös ihmisten käyttäytymiseen vaikuttamisella voidaan saavuttaa merkittävää hyötyä. Järjestelmien ei tule vain mukautua ihmisten toimintaan, vaan pyrkiä myös vaikuttamaan siihen. Ihmisten toimintaan vaikuttamalla pystytään säästämään energiaa mukavuutta uhraamatta. Esimerkiksi tilanva-

rauksessa älykäs hallintajärjestelmä voisi ehdottaa tilaa, jossa on jo valmiiksi hyvät olosuhteet sen sijaan, että käyttäjä menisi tilaan, jonka olosuhteita tulisi toimintaa varten energiaa käyttäen muuttaa. (Klein et al. 2012)

Arvoa voidaan tuottaa myös muilla tavoilla, kuin vain energian käyttöä vähentämällä. Mohsenian-Rad ja Leon-Garcia (2010) kertovat, että energian käyttöä ajoittamalla voidaan laskea energian kustannusta, sekä pienentää energian käytön huippuja. Energian hinta määräytyy kysynnän ja tarjonnan mukaan. Hinta on halvempi alhaisen kulutuksen aikana esimerkiksi yöllä, ja vastaavasti korkeampi suuren kulutuksen aikana kuten ilta-päivällä. Soveltamalla älyrakennuksen toimintoja voidaan hyödyntää vaihtelevia sähkön hintoja ajoittamalla paljon sähköä kuluttavia toimintoja halvan sähkön ajalle. (Mohsenian-Rad & Leon-Garcia 2010). Missaouin et al. (2014) mukaan toimiva energian käytön ajoitus vaatii reaaliaikaista tietoa energian hinnasta ja tuottotavoista, ennusteen asukkaiden vaatimuksista ja ympäristön olosuhteista sekä energiaa kuluttavien laitteiden hallinnan. Laitteiksi joihin energian käytön ajoitusta on tarkoituksenmukaista hyödyntää, mainitaan LVI laitteet, jääkaappi sekä astian- ja pyykinpesukone. (Missaoui et al. 2014) Energian käyttöä ajoittamalla voidaan tuottaa taloudellista arvoa. Hollandin ja Mansurin (2008) mukaan ajoituksesta johtuvalla kulutushuippujen pienenemisellä on vaikutus myös päästöihin. Tutkimuksessa päästöt saattoivat lisääntyä tai pienentyä riippuen siitä millä energiamuodolla kulutushuippujen energian tarpeeseen vastattiin (Holland & Mansur 2008). Symbolista arvoa siis syntyy energian käytön ajoituksen seurauksena, mutta arvo saattaa olla positiivista tai negatiivista riippuen energian tuottotavoista.

Älytalojen energiaratkaisujen yhteydessä esitetään myös uusiutuvan energian tuottamista. Älykkäillä ratkaisuilla pyritään vastaamaan uusiutuvan energian olosuhteiden mukaan vaihtelevan tuoton ongelmiin. (Wang et al. 2012) Ratkaisuiksi esitetään energian varastoimista tai myymistä takaisin sähköverkkoon (Mishra 2013). Energian varastoinniseksi esitetään myös sähköautojen akkujen hyödyntämistä, jolloin samoista akuista saadaan enemmän hyötyä (Wang et al. 2012; Mesarić & Krajcar 2015). Energian varastoiminen mahdollistaa myös energian käytön ajoituksen tehokkaamman hyödyntämisen. Akkuja voidaan ladata halvalla sähköllä, silloin kun uusiutuvaa energiaa ei ole riittävästi tarjolla (Mohsenian-Rad & Leon-Garcia 2010).

4.2.2 Asumisen olosuhteet

Asumisen olosuhteilla viitataan asunnossa vallitseviin fysikaalisiin olosuhteisiin. Asukkaan tyytyväisyyden kannalta lämpötila, valaistus, akustiikka ja ilmanlaatu ovat tärkeimmät tekijät (Frontczak et al. 2012). Älykkäällä talotekniikanohjausjärjestelmällä voidaan muokata lämpötila, valaistus ja ilmanlaatu asukkaan toiveiden mukaisiksi (Reinisch et al. 2011). Asukkaille voidaan yksilöllisesti määrittää mukavat olosuhteet, joko kyselyillä tai oppimalla asukkaan käytöksestä (Kim et al. 2018). Säättämällä asunnon olosuhteet yksilöllisesti asukkaan mieleiseksi asukas saa miellyttävien olosuhteiden lisäksi tiedon olosuhteista ja varmistuksen olosuhteiden terveellisyydestä.

Emotionaalista arvoa syntyy, kun asukas tuntee olosuhteiden olevan miellyttävät. Toisaalta, jos asukaan mielestä olosuhteet ovat miellyttävät myös ilman älykästä talotekniikanohjausta niin arvoa ei synny. Myös negatiivisen arvon syntyminen on mahdollista. Reinischin et al. (2011) mukaan käyttäjällä on tarve hallita omia elinolosuhteitaan. Negatiivista emotionaalista arvoa syntyy, jos käyttäjä tuntee järjestelmän vievän hänen itsemääräämisoikeuttaan.

Toiminnallista arvoa syntyy asukkaan tuottavuuden kasvusta. Sisäilmanlaadulla ja lämpötilalla on suora vaikutus tilassa olijoiden tuottavuuteen (Wyon 2004; Tham & Willem 2010). Kolmen asteen lämpötilan muutoksilla on huomattava vaikutus tuottavuuteen, eli jo perinteisesti hyväksytyjen huonelämpötilojen sisällä olevilla muutoksilla on merkittävä vaikutus (Tham & Willem 2010). Vaikka olosuhteiden vaikutukset ovat mittausten perusteella selvästi havaittavissa ei olosuhteita yleisesti säädetä kovin tarkasti. Älykkäällä talotekniikanhallinnalla siis saavutetaan toiminnallista arvoa.

Älykkäisiin systeemeihin kuuluvien mittarien avulla asukas pystyy todentamaan asunnossa vallitsevat olosuhteet. Tieto siitä, että olosuhteet ovat terveelliset on symbolisen arvon lähde. Symbolista arvoa syntyy, kun asukas todentaa tarjoavansa itselleen ja muille asukkaille terveelliset ja miellyttävät olosuhteet.

4.2.3 Viihde ja käytännöllisyys

Kotiviihde viittaa mediakeskeiseen elektroniseen laitteeseen, joista ensimmäisiä olivat kotiteatterit (Luor et al. 2015). Tässä työssä kotiviihde käsittää mukailien Luorin et al. (2015) tutkimuksessaan määrittelemiä toimintoja, eli musiikki, TV, nettilinkit ostosten tekoon, netti-informaation ja uutiset. Laitteiden osalta nämä vaatimukset täyttävät televisio, tietokone, pelikonsolit ja älykaiuttimet. Muut laitteet paitsi älykaiuttimet eivät juuri hyödynnä älytalon ominaisuuksia, joten keskityn tarkastelemaan älykaiuttimia.

Älytalon yhteydessä älykaiuttimet ja niiden sisältämät tekoälyä hyödyntävät avustajat yhdistävät viihteen ja muiden älykkäiden järjestelmien hallinnan. Älykaiuttimelle voi puhua luonnollista kieltä käyttäen, ja pyytää esimerkiksi kertomaan säätietoja, säätämään asunnon lämpötilaa tai soittamaan musiikkia. (Bentley et al. 2018) On hankala sanoa milloin älykaiutin kuuluu viihteen piiriin, ja milloin siitä tulee käytännön työkalu ja arjen avustaja. Kokonaisuutena viihde luo lähinnä emotionaalista arvoa viihdyttämällä asukasta. Toiminnallista arvoa syntyy, kun asukas saa haluamansa viihteen helpommin käyttöönsä.

Käytännöllisyyttä älytalo voi lisätä luomalla uusia mahdollisuuksia, kuten laitteiden etäohjauksen tai lisäämällä olemassa olevien systeemien, kuten lämmityksen automaatiota (Wilson et al. 2015). Käytännöllisyys luo lähinnä toiminnallista arvoa. Emotionaalista arvoa syntyy, kun asukas tuntee arjen sujuvan helpommin älytalon avustuksella.

4.2.4 Turvallisuus

Automaattiset turvallisuusratkaisut tunnistavat mahdollisesti vaaralliset tilanteet ja reagoivat yhdellä tai useammalla keinolla. Esimerkiksi palovaroitin hälyttää tai palovaroitin hälyttää ja sprinklerit aktivoituvat. (Piscitello et al. 2015) Älytalot pystyvät tunnistamaan usean tyyppisiä vaaratilanteita, kuten kaasuvuoto tai rikkoutunut sähkölaite (Batov 2015). Tutkimus keskittyy asukkaan ja rakennusten suojaamiseen ulkoisilta uhkilta (Luor et al. 2015).

Älykkäät turvajärjestelmät tuottavat emotionaalista arvoa lisäämällä turvallisuudentunnetta. Turvallisuudentunne lisääntyy, kun asukas voi luottaa älytalon huolehtivan tietyistä asioista asukkaan puolesta ja varoittavan niistä vaaratilanteista, joita se ei osaa ratkaista. Tällaisia sovelluksia ovat esimerkiksi ovien automaattiset lukot ja päälle jääneiden laitteiden, kuten hellan sammuttaminen ja häkävaroitin (Huang et al. 2016). Symbolista arvoa syntyy samaan tapaan kuin asumisen olosuhteiden kohdalla eli asukas pystyy todentamaan tarjoavansa itselleen ja muille asukkaille turvallisen asunnon.

Kriisitilanteita voidaan ehkäistä järjestelmän tunnistessa mahdollisesti uhkaavan tilanteen, kuten nopean lämpötilan nousun asunnossa, ja ilmoittamalla uhasta asukkaalle tai poistamalla uhkatekijän itse (Alirezaie et al. 2017). Kriisitilanteessa älytalo järjestelmän rooliksi jää havainnointi ja hälytys. Esimerkiksi murron sattuessa älytalo voi tunnistaa murtautujan ja käynnistää hälytyksen (Kumar et al. 2017; Surantha & Wicaksono 2018). Kriisitilanteissa ja uhkien esiintyessä toiminnallista arvoa syntyy, kun kriisitilanteita pystytään ehkäisemään tai kriisitilanteessa pystytään toimimaan paremmin. Samat järjestelmät, jotka luovat toiminnallista arvoa kriisitilanteissa luovat myös taloudellista arvoa. Taloudellista arvoa syntyy, kun kriisitilanteiden aiheuttamien taloudellisten vahinkojen määrä pienenee.

4.2.5 Avustettu asuminen

Tässä kappaleessa erotetaan asukas ja avustettava, jotta voidaan tarkemmin analysoida molempien saamaa arvoa. Avustettava on avustettua asumista hyödyntävä henkilö ja asukas kuka tahansa muu asunnossa asuva henkilö.

Älytalo voi kerätä ympäristöstä ja asukkaista monenlaista tietoa, jota voidaan hyödyntää asukkaan terveydentilan tarkkailussa. Lisäämällä henkilökohtaisia sensoreita, kuten asukkaan sykemittari, ja yhdistämällä nämä kaksi tiedonlähdettä voidaan tehokkaasti päätellä reagoiko asukkaan elimistö oikealla tavalla ympäröiviin olosuhteisiin. Oppivat älytalojärjestelmät voivat tunnistaa terveydentilan kannalta merkittäviä seikkoja myös asukkaan käyttäytymisen muutoksina. Esimerkiksi alhainen aktiivisuus vanhuksella voi olla vain iän tuoma ominaisuus, mutta aktiivisuuden nopea aleneminen on huolestuttavaa. Avustetusta asumisesta hyötyvät etenkin kroonisesti sairaat, vammaiset ja vanhukset. (Mshali et al. 2018)

Älytalon keräämän tiedon avulla järjestelmä voi joko muokata ympäristöä avustettavan auttamiseksi tai välittää tekemänsä havainnon avustettavalle itselleen, hänen läheisilleen, muille asukkaille tai hoitohenkilökunnalle. Ympäristön muuttaminen voi olla esimerkiksi asunnon lämpötilan säätäminen avustettavan ruumiinlämmön mukaan. Eri ihmisryhmille tulee välittää erilaista tietoa. Esimerkiksi lääkärille eri tiedot ovat olennaisia kuin avustettavalle itselleen. (Amiribesheli et al. 2015)

Avustettavan tarpeiden mukaan eri sensorit ja toiminnot ovat oleellisia (Baig & Gholamhosseini 2013). Toimintojen ollessa erilaisia myös älytaloista saatu arvo on hieman eri avustettavan tilanteesta riippuen, mutta yleisesti voidaan saavuttaa emotionaalista, toiminnallista ja taloudellista arvoa.

Emotionaalista arvoa syntyy, kun avustettava tuntee avun olevan saatavilla ja että hän saa riittävästi tukea. Muille asukkaille emotionaalista arvoa syntyy, kun he voivat luottaa avustettavan pärjäävän asunnossa myös heidän ollessaan toisaalla. Toisaalta negatiivista emotionaalista arvoa voi syntyä, jos avustettava kokee järjestelmän vievän hänen itsemääräämisoikeutensa (Reinisch et al. 2011).

Toiminnallisen arvon syntyminen on vahvasti sidoksissa avustettavan tarpeisiin. Esimerkiksi kaatumistunnistus vanhukselle ei luo toiminnallista arvoa, jos vanhus ei kaadu. Tiedetyt toiminnot, kuten etäkäytettävät älykkäät kodinkoneet liikuntarajoitteiselle taas luovat toiminnallista arvoa. Toiminnallisen arvon syntyminen on avustetussa asumisessa sidonnainen avustettavan toimintakykyyn. Muille asukkaille toiminnallista arvoa syntyy älytalon vähentäessä heidän työtaakkaansa avustettavan auttamisessa ja talon automaattisesti ilmoittaessa, kun avustettava tarvitsee apua.

Avustetusta asumisesta potentiaalisesti suurin taloudellisen arvon saaja on yhteiskunta. Älytalon hoitaessa osan avustettavan tarvitsemista palveluista vähenee hoitamiseen tarvittavat työtunnit. Avustettavalle itselleen taloudellista arvoa syntyy hoitomaksujen pienentyessä, kun avustettava pärjää vähemmällä hoidolla pidempään.

5. YHTEENVETO

Tulokset on jaoteltu arvon komponenttien ja tutkittujen kokonaisuuksien mukaan (taulukko 2). Arvon komponentit sekä tutkittujen kokonaisuuksien jaottelu on muilta tutkijoilta lainattuja, mutta näitä kahta asiaa ei tietojeni mukaan ole ennen yhdistetty. Emotionaalista ja symbolista arvoa on osin vaikea erottaa toisistaan. Emotionaalista arvoa syntyy, kun asukas tuntee saavansa arvoa älytalosta. Symbolista arvoa syntyy, kun älytalo edistää asukkaan henkilökohtaisten arvojen toteutumista.

Taulukko 2. Älytalon mahdollistama positiivinen arvo asukkaalle

	Taloudellinen arvo	Emotionaalinen arvo	Toiminnallinen arvo	Symbolinen arvo
Energia	Energiakustannusten pienentäminen	-	Asukkaan ei itse tarvitse säätää automatisoituja järjestelmiä	Vihreiden arvojen edistäminen
Asumisen olosuhteet	-	Asukas tuntee olosuhteet miellyttäväiksi	Tuottavuus paranee sopivissa olosuhteissa	Olosuhteiden terveellisyyden ja mukavuuden todentaminen
Käytännöllisyys ja viihde	-	Asunnon viihtyisyyden lisääntyminen	Asukkaan työaika pienentyminen	-
Turvallisuus	Kriisin tapahtuessa taloudellisen vahingon pienentäminen	Turvallisuuden tunteen lisääntyminen	Kriisitilanteiden ehkäisy asukkaan puolesta ja kriiseistä varoittaminen niiden tapahtuessa	Asunnon turvallisuuden todentaminen
Avustettu asuminen	Hoitomaksujen pienentyminen	Avustettavan kokemus riittävästä tuesta	Kompensoi avustettavan rajoitteita	-

Yksi älytalojen päätavoitteista on vähentää energiankulutusta. Energian kulutuksen vähentäminen luo asiakkaalle taloudellista arvoa energiakustannusten pienentyessä, toiminnallista arvoa järjestelmiä automatisoimalla ja symbolista arvoa edistämällä vihreitä arvoja.

Toinen päätavoite on mukavuuden lisääminen. Mukavuutta edistävät hyvät asumisen olosuhteet ja käytännöllisyys ja viihde. Asumisen olosuhteet luovat emotionaalista arvoa lisäämällä asukkaan mukavuuden tunnetta, toiminnallista arvoa asukkaan tuottavuuden lisääntyessä ja symbolista arvoa asukkaan pystyessä todentamaan olosuhteet mukaviksi ja terveellisiksi. Käytännöllisyys ja viihde luovat emotionaalista arvoa lisäämällä viihtyisyyttä ja toiminnallista arvoa vähentämällä tai helpottamalla kotitöitä.

Älytalon päätavoitteissa ei usein painoteta turvallisuutta ja avustettua asumista, mutta ne ovat oleellinen osa älytalon arvon luontitapoja. Turvallisuuden parantaminen luo emotionaalista ja symbolista arvoa asukkaan tuntiessa olonsa turvalliseksi ja voidessa todentaa asunnon turvallisuus. Toiminnallista ja taloudellista arvoa turvallisuuspalvelut luovat ehkäisemällä turvallisuushkien aiheuttamaa taloudellista vahinkoa ja auttamalla asukasta reagoimaan niihin. Avustettu asuminen luo taloudellista arvoa pienentämällä avustettavan hoitomaksuja, emotionaalista arvoa avustettavan tuntiessa saavansa riittävästi tukea ja muiden asukkaiden tietäessä avustettavan tilan ja toiminnallista arvoa älytalon kompensoidessa avustettavan rajoitteita.

Älytalo voi luoda monipuolista arvoa monipuolisin keinoin. Tässä työssä on kuitenkin tarkasteltu vain, kuinka arvoa voi syntyä, eli arvoa ei välttämättä synny.

6. POHDINTA

6.1 Kriittinen tarkastelu

Tässä työssä on tarkasteltu, kuinka älytalo voi luoda positiivista arvoa. Myös negatiivisen arvon syntymistä on käsitelty muutamissa kohdissa. Älytalon on ajateltu luovan arvoa eri tutkimuksissa esitettyjen älytalosta saatavien hyötyjen avulla. Aiheen tutkimuksessa on esillä myös vastakkaisia näkökulmia, jotka esittävät älytaloista syntyvää haittaa tai sitä, kuinka muissa tutkimuksissa esitetyt johtopäätökset voivat olla virheellisiä.

Älytaloja kritisoidaan pääasiassa niiden tietoturvan perusteella. Tietoturvasta ovat huolissaan ammattilaiset sekä kuluttajat. (Dahmen et al. 2017; Heartfield et al. 2018; Kowalczyk 2018) Älytalo hyödyntää usean tyyppisiä teknisiä ratkaisuja, jotka ovat alttiita hyökkäyksille (Heartfield 2018). Komninos et al. (2014) kertovat hyökkäysten mahdollisista seurauksista, jotka vaihtelevat pienestä häirinnästä hengenvaarallisiin tilanteisiin. Tietoturvan heikkoudet luovat negatiivista emotionaalista arvoa turvallisuuden tunteen vähentyessä. Hyökkäyksen tapahtuessa seuraukset voivat luoda negatiivista arvoa kaikilla neljällä arvon komponentilla.

Historiassa osa asumiseen tuoduista, mukavuutta lisäävistä tai työmäärää vähentävistä toiminnoista ovat tuottaneet päinvastaisen tuloksen kuin oletettu. Ylellisyyksistä kuten suihkuista on tullut normi ja työmäärän vähentämiseksi tehdyt keksinnöt kuten imuri ovat lisänneet työmäärää vaatimusten kasvun muodossa. (Strengers & Nicholls 2017) Älykoti sovelluksilla on hyvin samankaltaiset tavoitteet, joten voisiko sama toistua myös niiden kohdalla?

Älytalot tuovat mukanaan myös omat haasteensa, mutta älytalot ovat yleistymässä niistä huolimatta (Wilson et al. 2017). Voidaan päätellä, että älytalojen hyötyjen ajatellaan olevan haittoja suuremmat eli älytalon nettoarvo on positiivinen.

Älytalo tutkimuksessa on myös nähtävissä aukkoja. Luorin et al. (2015) mukaan käyttäjän tarpeisiin ei keskitytä tutkimuksessa riittävästi. Älytalo tutkimuksia lukiessani havaitsin, että useiden tutkimusten pääpaino oli teknisissä ratkaisuissa. Käyttäjän tarpeita mainittiin vain harvoin, sen sijaan korostettiin älytalosta saatavaa hyötyä. Energian säästämiseen liittyvät tutkimukset osoittivat mielestäni selvästi, että älytalaratkaisuilla voidaan pienentää energian kulutusta. Laajempi elinkaaritarkastelu, jossa otetaan huomioon myös laitteiden valmistamisen ja kuljettamisen vaatima energia on mielestäni tarpeen. Usein älytalo tutkimukset tarkastelevat vain hyvin rajattua kokonaisuutta. Mshalin et al. (2018) mukaan älytalojen terveystalouden tutkimuksessa keskitytään usein vain yhteen paramet-

riin tai tavoitteeseen, kuten kaatumisen tunnistukseen. Nähdäkseni älytalo tutkimus kaipaa asiakaslähtöisyyttä, älytalon elinkaaritarkastelua ja laajempien kokonaisuuksien huomioon ottamista.

6.2 Tulevaisuuden suuntaukset

Älytalot ovat yksi EU:n kymmenestä toiminta-alueista sen strategisessa energiateknologia suunnitelmassa (European commission 2015). Lisäksi EU vaatii, että kaikista uusista rakennuksista tulee tehdä lähes nollaenergiarakennuksia 31.12.2020 mennessä (Directive of the european parliament and of the council 2010/31/EU 2010). Suomessa rakennukset, joihin on haettu rakennus- tai toimenpidelupahakemus 1.1.2018 tai sen jälkeen tulee tehdä lähes nollaenergiarakennukseksi (Ympäristöministeriö 2016). Lainsäädännön kautta rakennusten energiankulutusta pyritään vähentämään. Älytalot tuovat uusia mahdollisuuksia lähes nollaenergiarakennusten toteutukseen, mikä lisää älytalon houkuttelevuutta. Myös markkinoilla ennustetaan älytalo tuotteiden myynnin kasvua (Wilson et al. 2017).

Tulevaisuudessa älytalo palveluiden oletetaan kasvavissa määrin liittyvän terveydenhoitoon. Älytaloa hyödyntävät terveydenhuollon etäpalvelut yleistyvät, koska ne vähentävät tarvittavan työvoiman määrää. (Alam et al. 2012) Halua hyödyntää älytaloja terveydenhuollossa selittää väestön ikääntyminen useissa valtioissa ja sen seurauksena tulevat suuret hoitokustannukset.

Älytalojen määrän kasvu ja poliittinen myönteisyys älykkäille ratkaisuille voivat tulevaisuudessa mahdollistaa laajempien älykkäiden kokonaisuuksien luomisen. Kimin et al. (2017) mukaan älykaupunki hyödyntää älytalojen ja kaupungin infrastruktuuriin asennettujen sensorien tuottamaa tietoa. Hyötyä on saavutettavissa etenkin energian säästämisen ja liikenteen, veden jakelun ja jätteen kuljetuksen sujuvoittamisen osalta. (Kim et al. 2017)

LÄHTEET

- Ahuja, A. (2016). *Smart Buildings Systems Engineering*. Springer, Cham, pp.7
- Alam, M.R., Reaz, M.B.I. & Ali, M.A.M. (2012). A Review of Smart Homes-Past, Present, and Future. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part C (Applications and Reviews)*, Vol. 42(6), pp. 1190–1203.
- Alirezaie, M., Renoux, J., Kockemann, U., Kristoffersson, A., Karlsson, L., Blomqvist, E., Tsiftes, N., Voigt, T. & Loutfi, A. (2017). An Ontology-based Context-aware System for Smart Homes: E-care@home. *Sensors*, Vol.17 (7), pp. 1586.
- Amiribesheli, M., Benmansour, A. & Bouchachia, A. (2015). A review of smart homes in healthcare. *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*, Vol. 6 (4), pp. 495–517.
- Anderson, J. & Narus, J.A. (1998). Business marketing: understand what customers value. *Harvard Business Review*, Vol. 76 (6), pp. 53–65.
- Baig, M.M. & Gholamhosseini, H. (2013). Smart Health Monitoring Systems: An Overview of Design and Modeling. *Journal of Medical Systems*, Vol. 37 (2), pp. 1–14.
- Balta-Ozkan, N., Davidson, R., Bicket, M. & Whitmarsh, L. (2013). Social barriers to the adoption of smart homes. *Energy Policy*, Vol. 63, pp. 363–374.
- Batov, E.I. (2015). The Distinctive Features of “Smart” Buildings. *Procedia Engineering*, Vol. 111, pp. 103–107.
- Bentley, F., Luvogt, C., Silverman, M., Wirasinghe, R., White, B. & Lottrjidge, D. (2018). Understanding the Long-Term Use of Smart Speaker Assistants. *Proceedings of the ACM on Interactive, Mobile, Wearable and Ubiquitous Technologies*, Vol. 2 (3), pp. 1–24.
- Boge, K., Salaj, A.T., Bjørberg, S. & Larssen, A.K. (2018). Failing to plan – planning to fail: How early phase planning can improve buildings’ lifetime value creation. *Facilities*, Vol. 36 (1–2), pp. 49–75.
- Buckman, A.H., Mayfield, M. & Beck, S.B.M. (2014). What is a smart building?. *Smart and Sustainable Built Environment*, Vol. 3 (2), pp. 92–109.
- Clements-Croome, D. (2011). Sustainable intelligent buildings for people: A review. *Intelligent Buildings International*, Vol. 3 (2), pp. 67–86.

Cook, D.J. & Das, S.K. (2007). How smart are our environments? An updated look at the state of the art. *Pervasive and Mobile Computing*, Vol. 3 (2), pp. 53–73.

Dahmen, J., Cook, D.J., Wang, X. & Honglei, W. (2017). Smart secure homes: a survey of smart home technologies that sense, assess, and respond to security threats. *Journal of Reliable Intelligent Environments*, Vol. 3 (2), pp. 83–98.

Derek, T. & Clements-Croome, J. (1997). "What do we mean by intelligent buildings?". *Automation in Construction*, vol. 6(5), pp. 395–400.

Directive of the european parliament and of the council 2010/31/EU (2010). Official Journal of the European Union. Saatavissa: <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2010:153:0013:0035:EN:PDF>

Eggert, A., Ulaga, W., Frow, P. & Payne, A. (2018). Conceptualizing and communicating value in business markets: From value in exchange to value in use. *Industrial Marketing Management*, Vol. 69, pp. 80–90.

European comission (2015). Towards an Integrated Strategic Energy Technology (SET) Plan: Accelerating the European Energy System Transformation. Saatavissa: https://setis.ec.europa.eu/system/files/Communication_SET-Plan_15_Sept_2015.pdf

Firdaus, R. & Mulyana, E. (2018). Smart Building Lighting System. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, Vol. 384.

Fleetwood, S. (1997). Aristotle in the 21st Century, *Cambridge Journal of Economics*, Vo. 21 (6), pp. 729–744.

Frontczak, M., Schiavon, S., Goins, J., Arens, E., Zhang, H. & Wargocki, P. (2012). Quantitative relationships between occupant satisfaction and satisfaction aspects of indoor environmental quality and building design. *Indoor Air*, Vol. 22 (2), pp. 119–131.

Green, A. & Jack, A. (2004). Creating stakeholder value by consistently aligning the support environment with stakeholder needs. *Facilities*, Vol. 22 (13/14), pp. 359–363.

Grönroos, C. & Ravald, A. (2011). Service as business logic: implications for value creation and marketing. *Journal of Service Management*, Vol. 22 (1), pp. 5–22.

Grönroos, C. & Voima, P. (2013). Critical service logic: making sense of value creation and co-creation. *Journal of the Academy of Marketing Science*, Vol. 41(2), pp. 133–150.

Grönroos, C. (2008). Service logic revisited: who creates value? And who co-creates?. *European Business Review*. Vol.20(4), pp. 298–314.

Heartfield, R., Loukas, G., Budimir, S., Bezemskij, A., Fontaine, J.R.J., Filippoupolitis, A. & Roesch, E. (2018). A taxonomy of cyber-physical threats and impact in the smart home. *Computers & Security*, Vol. 78, pp. 398–428.

Heinonen, K., Strandvik, T., Mickelsson, K., Edvardsson, B., Sundström, E. & Andersson, P. (2010). A customer-dominant logic of service. *Journal of Service Management*, Vol.21(4), pp. 531–548.

Hemilä, J., Kallionpää, E., Lanne, M., Murtonen, M., Rantala, J. & Ala-Maakala, M. (2016). Arvosta! Kuinka asiakasarvoa vaalitaan?. VTT; TTY, Espoo. Saatavissa: http://www.vtt.fi/inf/julkaisut/muut/2016/Arvosta_Kuinka_asiakasrvoa_vaalitaan.pdf

Holland, S.P. & Mansur, E.T. (2008). Is Real-Time Pricing Green? The Environmental Impacts of Electricity Demand Variance. *The Review of Economics and Statistics*, Vol. 90 (3), pp. 550–561.

Huang, X., Yi, J., Zhu, X. & Chen, S. (2016). A semantic approach with decision support for safety service in smart home management. *Sensors (Switzerland)*, Vol. 16 (8), pp. 1224–1224.

Jadhav, N.Y. (2016). *Green and Smart Buildings: Advanced Technology Options*. Springer, Singapore, pp. 95–96.

Jensen, P.A., van der Voordt, T. & Coenen, C. (2012a). The added value of facilities management: concepts, findings and perspectives. *Polyteknisk Forlag*, pp. 206.

Jensen, P.A., van der Voordt, T., Coenen, C., von Felten, D., Lindholm, A., Balslev Nielsen, S., Riratanaphong, C. & Pfenninger, M. (2012b). In search for the added value of FM: what we know and what we need to learn. *Facilities*, Vol. 30(5/6), pp. 199–217.

Jia, R., Jin, B., Jin, M., Zhou, Y., Konstantakopoulos, I., Zou, H., Kim, J., Li, D., Gu, W., Arghandeh, R., Nuzzo, P., Schiavon, S., Sangiovanni-Vincentelli, A. & Spanos, C. (2018). Design Automation for Smart Building Systems. *PROCEEDINGS OF THE IEEE*, Vol. 106 (9), pp. 1680–1699.

Katz, D. & Skopek, J. (2009). The CABA Building Intelligence Quotient programme. *Intelligent Buildings International*, Vol. 1 (4), pp. 277–295.

Kim, J., Schiavon, S. & Brager, G. (2018). Personal comfort models – A new paradigm in thermal comfort for occupant-centric environmental control. *Building and Environment*, Vol. 132, pp. 114–124.

Kim, T., Ramos, C. & Mohammed, S. (2017). Smart City and IoT. *Future Generation Computer Systems*, Vol. 76, pp. 159–162.

Klein, L., Kwak, J., Kavulya, G., Jazizadeh, F., Becerik-Gerber, B., Varakantham, P. & Tambe, M. (2012). Coordinating occupant behavior for building energy and comfort management using multi-agent systems. *Automation in Construction*, Vol. 22, pp. 525–536.

Komninos, N., Philippou, E. & Pitsillides, A. (2014). Survey in Smart Grid and Smart Home Security: Issues, Challenges and Countermeasures. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, Vol. 16 (4), pp. 1933–1954.

Kowalczyk, P. (2018). Consumer acceptance of smart speakers: a mixed methods approach. *Journal of Research in Interactive Marketing*, Vol. 12 (4), pp. 418–431.

Kroner, W.M. (1997). An intelligent and responsive architecture. *Automation in Construction*, Vol. 6 (5), pp. 381–393.

Kumar, K., Sen, N., Azid, S. & Mehta, U. (2017). A Fuzzy Decision in Smart Fire and Home Security System. *Procedia Computer Science*, Vol. 105, pp. 93–98.

Lindholm, A.L. (2008). A constructive study on creating core business relevant CREM strategy and performance measures. *Facilities*, Vol. 26 (7/8), pp. 343–358.

Luor, T., Lu, H., Yu, H. & Lu, Y. (2015). Exploring the critical quality attributes and models of smart homes. *Maturitas*, Vol. 82 (4), pp. 377–386.

Lyer, B. & Venkat Venkatraman, N. (2015). What Comes After Smart Products. *Harvard Business Review*. Saatavissa (viitattu 9.10.2018): <https://hbr.org/2015/07/what-comes-after-smart-products>

Mesarić, P. & Krajcar, S. (2015). Home demand side management integrated with electric vehicles and renewable energy sources. *Energy & Buildings*, Vol. 108, pp. 1–9.

Mishra, A., Irwin, D., Shenoy, P., Kurose, J. & Zhu, T. (2013). GreenCharge: Managing Renewable Energy in Smart Buildings. *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, Vol. 31 (7), pp. 1281–1293.

Missaoui, R., Joumaa, H., Ploix, S. & Bacha, S. (2014). Managing energy Smart Homes according to energy prices: Analysis of a Building Energy Management System. *Energy & Buildings*, Vol. 71, pp. 155–167.

Mohsenian-Rad, A. & Leon-Garcia, A. (2010). Optimal Residential Load Control With Price Prediction in Real-Time Electricity Pricing Environments. *IEEE Transactions on Smart Grid*, Vol. 1 (2), pp. 120–133.

Mshali, H., Lemlouma, T., Moloney, M. & Magoni, D. (2018). A survey on health monitoring systems for health smart homes. *International Journal of Industrial Ergonomics*, Vol. 66, pp. 26–56.

Piscitello, A., Paduano, F., Nacci, A.A., Noferi, D., Santambrogio, M.D. & Sciuto, D. (2015). Danger-system: Exploring new ways to manage occupants safety in smart building. IEEE 2nd World Forum on Internet of Things (WF-IoT), pp. 675–680.

Puhto, J., Snellman, S., Gussander, J-E., Kärkkäinen, H., & Pekkanen, J. (2016). Digiselvitys 2016: Digitaalisuuden nykytila ja kehityssuunnat kiinteistö- ja rakennusalalla. Tampereen teknillinen yliopisto. Rakennustekniikan laitos.

Rathore, M.M., Ahmad, A., Paul, A. & Rho, S. (2016). Urban planning and building smart cities based on the Internet of Things using Big Data analytics. Computer Networks, Vol. 101, pp. 63–80.

Reinisch, C., Kofler, M., Iglesias, F. & Kastner, W. (2011). ThinkHome Energy Efficiency in Future Smart Homes. EURASIP Journal on Embedded Systems, Vol. 2011 (1), pp. 1–18.

Roulac, S.E. (2007). Brand+beauty+utility=property value. Property Management, Vol. 25 (5), pp. 428–446.

SFS-EN ISO 9241-11 (2018). Ergonomics of human-system interaction. Part 11: Usability: Definitions and concepts. Saatavissa (viitattu 9.11.2018): <https://online-sfs-fi.lib-proxy.tut.fi/fi/index/tuotteet/SFS/CENISO/ID2/9/675851.html.stx>

Strandvik, T., Holmlund, M., & Edvardsson, B. (2012). Customer needing: a challenge for the seller offering. Journal of Business & Industrial Marketing, Vol. 27(2), 132–141.

Strengers, Y. & Nicholls, L. (2017). Convenience and energy consumption in the smart home of the future: Industry visions from Australia and beyond. Energy Research & Social Science, Vol. 32, pp. 86–93.

Suomen virallinen tilasto (SVT) (2017a). Asumisen energiankulutus. ISSN=2323-3273. Helsinki: Tilastokeskus. Saatavissa (viitattu: 29.11.2018): http://www.stat.fi/til/asen/2017/asen_2017_2018-11-22_tie_001_fi.html

Suomen virallinen tilasto (SVT) (2017b): Energian hankinta ja kulutus. ISSN=1799-795X. Helsinki: Tilastokeskus. Saatavissa (viitattu 29.11.2018): http://www.stat.fi/til/ehk/2017/04/ehk_2017_04_2018-03-28_tie_001_fi.html

Surantha, N. & Wicaksono, W.R. (2018). Design of Smart Home Security System using Object Recognition and PIR Sensor. Procedia Computer Science, Vol. 135, pp. 465–472.

Tham, K.W. & Willem, H.C. (2010). Room air temperature affects occupants' physiology, perceptions and mental alertness. Building and Environment, Vol. 45(1), pp. 40–44.

Tieteentermipankki (2018). Nimitys:arvo. Saatavissa (viitattu 13.10.2018): <http://tieteentermipankki.fi/wiki/Nimitys:arvo>

Vargo, S. L., Maglio, P. P., & Akaka, M. A. (2008). On value and value co-creation: a service systems and service logic perspective. *European Management Journal*, Vol. 26(3), 145–152.

Wang, Z., Wang, L., Dounis, A.I. & Yang, R. (2012). Integration of plug-in hybrid electric vehicles into energy and comfort management for smart building. *Energy & Buildings*, Vol. 47, pp. 260–266.

Wigginton, M & Harris, J. (2002). *Intelligent Skins*. Architectural Press, Oxford, UK, pp. 21.v

Wilson, C., Hargreaves, T. & Hauxwell-Baldwin, R. (2015). Smart homes and their users: a systematic analysis and key challenges. *Personal and Ubiquitous Computing*, Vol. 19(2), pp. 463–476.

Wilson, C., Hargreaves, T. & Hauxwell-Baldwin, R. (2017). Benefits and risks of smart home technologies. *Energy Policy*, Vol. 103, pp. 72–83.

Wong, J.K.W., Li, H. & Wang, S.W. (2005). Intelligent building research: a review. *Automation in Construction*, Vol. 14(1), pp. 143–159.

Wyon, D.P. (2004). The effects of indoor air quality on performance and productivity. *Indoor Air*, Vol. 14(7), pp. 92–101.

Yang, R. & Wang, L. (2013). Development of multi-agent system for building energy and comfort management based on occupant behaviors. *Energy & Buildings*, Vol. 56, pp. 1–7.

Ympäristöministeriö (2016). Uusista rakennuksista lähes nollaenergiarakennuksia. Saatavissa (viitattu 6.12.2018): http://www.ymp.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Tiedotteet/Uusista_rakennuksista_lahes_nollaenergia%2840678%29