

Teemu Rauhala

SISÄOLOSUHTEIDEN TUOTTEISTAMINEN OSANA KIINTEISTÖLIIKETOIMINTAA

Kandidaatintyö
Rakennetun ympäristön tiedekunta
Tarkastajat: Helena Mantere, Jukka Puhto
Kesäkuu 2024

TIIVISTELMÄ

Teemu Rauhala: Sisäolosuhteiden tuotteistaminen osana kiinteistöliiketoimintaa
[Productization of indoor environmental quality as part of real estate business]
Kandidaatintyö
Tampereen yliopisto
Rakennustekniikan tekniikan kandidaatin tutkinto-ohjelma
Kesäkuu 2024

Sisäolosuhteiden merkitys korostui COVID-19-pandemian vaikutuksesta. Työtehtävissä yleistyi etätyömahdollisuudet ja valistuttiin tarkastelemaan puutteita toimitilojen sisäolosuhteiden laadussa. Toimitilojen houkuttelevuutta voidaan kehittää muun muassa käyttäjille, kiinteistösijoittajille ja kiinteistöjen omistajille. Ongelman monipuolisuus perustuu sisäolosuhteiden muodostamaan laajaan kokonaisuuteen, johon vaikuttavat useat eri tekijät. Puutteet näissä voivat johtaa toimitilojen heikompaan kilpailukykyyn.

Tässä työssä tarkastellaan eri sisäolosuhteisiin vaikuttavia tekijöitä, sisäolosuhteiden laatutekijöitä sekä näiden pohjalta erilaisia keinoja sisäolosuhteiden tuotteistamiseen. Tutkielman mukaan sisäolosuhteisiin vaikuttavia tekijöitä ovat sisäilman laatu, lämpömukavuus, akustiikka, visuaalisuus, valaistus, rakennussuunnittelu ja kiinteistöpalveluiden hallinta. Näistä jokaiseen voidaan tuotteistaa ratkaisuja kehittämään toimitilojen kilpailukykyä ja kannattavuutta. Näin toimitilojen käyttöä ja kannattavuutta voidaan kehittää.

Vaikka toimitilojen terveellisyyttä pidetään tärkeänä, niin enemmän kiinteistöjen omistajia ja kiinteistösijoittajia kiinnostaa teknistaloudellinen energiatehokkuus. Tämä on otettava huomioon muutoksia tehtäessä, sillä lopulta liiketoiminnallisesta näkökulmasta asiakkaiden mielipide ratkaisee tuotteen kannattavuuden. Tämä ei kuitenkaan poista mahdollisuutta investoida sisäolosuhteiden tuotteistamiseen, sillä isommassa kokonaisuudessa investoinneilla on taloudellisia hyötyjä. Hyötyjä ovat esimerkiksi kiinteistön kilpailukykyyn kehitys kiinteistöliiketoiminnallisesti, käyttäjien työhyvinvoinnin ja työtyytyväisyyden paraneminen sekä taloudelliset hyödyt pitkällä aikavälillä muun muassa työntekijöiden tuottavuuden ja kiinteistön arvon näkökulmista. Työssä perehdyttiin sisäolosuhteiden ominaisuuksiin eri näkökulmista hyödyntäen tutkimusartikkeleita ja internetsivuja.

Työn perusteella havaittiin jokaisen sisäolosuhteet muodostavista tekijöistä olevan merkityksellisiä tarkastella. Ratkaisujen tuotteistamista voidaan kehittää tulevaisuudessa uusien innovaatioiden ja teknologioiden avulla. Työn perusteella hyviä ratkaisuja ovat esimerkiksi erilaisten sertifikaattien kehittäminen, sisäilman terveyttä säätelevien raja-arvojen kuten hiilidioksidin, formaldehydin ja radonpitoisuuden määrittäminen ja mittaaminen tarkemmin sekä tilojen akustiseen-, visuaaliseen-, valaistukselliseen-, hallinnalliseen- ja tilajärjestelylliseen mukavuuteen panostaminen ammattimaisilla ja nykyaikaisilla ratkaisuilla. Lämpötilan ja ilmanvaihdon mittaamiseen, säätöihin ja muuhun järjestelmälliseen hallintaan on vaikutettava osaavamman henkilöstön koulutuksella ja valitsemalla kehittyneitä järjestelmiä osaksi talotekniikkaa. Ratkaisuja sisäolosuhteiden kehittämiseen voidaan kaupallistaa esittelemällä niiden tutkittuja hyötyjä sekä markkinoimalla niiden kannattavuutta osana suurempaa kokonaisuutta. Hyötynä on liikevoiton ja kilpailukykyyn kasvu, mutta samalla myös työhyvinvoinnin ja työtyytyväisyyden kannalta toimivat tilat.

Avainsanat: sisäilman laatu, sisäolosuhteet, tuotteistaminen, kiinteistöliiketoiminta, sisäolosuhteiden tekijät, kaupallistaminen

Tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu Turnitin Originality Check -ohjelmalla.

SISÄLLYSLUETTELO

1. JOHDANTO	1
1.1 Työn tausta.....	1
1.2 Työn tavoite, tutkimuskysymykset ja rajaukset.....	1
1.3 Tutkimusmetodiikka tai tutkimusmenetelmät.....	2
2. SISÄILMAOLOSUHTEET TOIMITILOISSA.....	3
2.1 Sisäilman epäpuhtauslähteet.....	3
2.2 Huonolaatuisen sisäilman terveysvaikutukset.....	5
2.3 Sisäilman laadun energia- ja talousvaikutukset.....	6
3. SISÄOLOSUHTEET KIINTEISTÖLIIKETOIMINNASSA	7
3.1 Sisäolosuhteet ja mittaaminen	7
3.2 Sisäolosuhteiden tekijät osa-alueittain	8
3.2.1 Lämpömukavuus ja sisäilman laatu	8
3.2.2 Akustinen ja visuaalinen mukavuus.....	8
3.2.3 Rakennussuunnittelu ja kiinteistöpalveluiden hallinta	9
4. RATKAISUT SISÄOLOSUHTEIDEN TUOTTEISTAMISEEN	11
4.1 E3-hanke ja ratkaisut	11
4.2 Ratkaisut osa-alueittain	12
4.2.1 Sisäilman mittaaminen	12
4.2.2 Ilmanvaihdon energiatehokkuus ja standardit	13
4.2.3 Valaistus ja akustiikka	13
4.2.4 Visuaalinen tyytyväisyys ja kasvit.....	14
4.2.5 Tilaratkaisut ja kiinteistön ylläpito	14
4.3 Yhteenveto ratkaisuista osa-alueittain.....	15
4.4 Sisäolosuhteiden kaupallistaminen	16
5. JOHTOPÄÄTÖKSET	18
LÄHTEET	20

1. JOHDANTO

1.1 Työn tausta

Kiinteistöliiketoiminnan markkinat ovat merkittävässä murrosvaiheessa. Yhteiskunnan sekoittanut COVID-19-pandemia pakotti kiinnittämään enemmän huomiota laadukkaisiin sisäolosuhteisiin, jotta toimitilat eivät olisi vajaakäyttöasteilla. Uusien strategioiden luominen tilojen markkinoimiseen sekä arvolutupausten pohtiminen voisivat toimia tässä tilanteessa osana ratkaisua.

Toimitilojen kysyntää ja kilpailukykyä voitaisiin parantaa tuotteistamalla sisäolosuhteet osaksi vuokraustuotetta. Tuotteistamisella tarkoitetaan tässä yhteydessä erilaisten ratkaisujen, tuotteiden ja palveluiden kehittämistä, hyödyntämistä ja keksimistä, joiden avulla saadaan luotua rakennuksessa vallitsevat sisäolosuhteet arvokkaaksi osaksi toimitilakehittämistä ja kiinteistöliiketoimintaa. Pourkiaein ja Romainin (2023, s. 1) tutkimuksen perusteella todetaan, että terveellisten sisäolosuhteiden merkityksen tietoisuus on kasvanut merkittävästi. Lisäksi COVID-19-pandemian ja muiden mahdollisten sulkutilojen ja etätöiden vaikutukset vain korostavat asian tärkeyttä (Pourkiaei & Romain 2023, s. 1). Etätöytrendin voidaan tämän perusteella olettaa vaikuttavan tilojen vajaakäyttöasteisiin. Kiinteistösijoittajille ja kiinteistöjen omistajille voidaan tarjota uusia kilpailutekijöitä sisäolosuhteisiin käyttöasteiden parantamiseksi, jotta toimistoilla työskentely saadaan jälleen suosioon ja kannattavaksi.

Ihmiset viettävät ajastaan jopa 90 prosenttia sisätiloissa, missä ollaan koko ajan vuorovaikutuksessa sisäilman kanssa. Sisäympäristön laatu ja erityisesti lämpömukavuus, sisäilman laatu sekä akustinen ja visuaalinen mukavuus, ovat osoittautuneet merkittäviksi tekijöiksi vaikuttaen terveyteen, mukavuuteen, tuottavuuteen ja yleiseen hyvinvointiin. Kerätty data auttaa ymmärtämään ja hallitsemaan sisäympäristön vaikutusta tilojen käyttäjien terveyteen. (Kakoulli et al. 2022, s. 1)

1.2 Työn tavoite, tutkimuskysymykset ja rajaukset

Työssäni tuon uusia ajatuksia ja ideoita siitä, kuinka sisäolosuhteet voitaisiin tuotteistaa osaksi kiinteistöliiketoimintaa. Aihe on erittäin tärkeä ja relevantti sekä toimitilojen rakentajien, managereiden, että kiinteistösijoittajien näkökulmasta. Se tarjoaa myös oppimiskokonaisuutena kokonaisvaltaisen näkemyksen kiinteistöliiketoiminnasta ja sen logiikasta.

Työn päätutkimuskysymyksenä on, ”Miten sisäolosuhteet voitaisiin tuoteistaa osaksi kiinteistöliiketoimintaa?” Työn päätutkimuskysymyksestä on johdettu työlle alakysymykset:

- Mistä tekijöistä sisäolosuhteet koostuvat?
- Millaisilla mittareilla ja tunnusluvuilla laadukas sisäolosuhde voidaan todentaa?
- Millaisia hyötyjä laadukas sisäolosuhde tarjoaa kiinteistön käyttäjälle?
- Miten sijoittaja voi kaupallistaa tilan laadukkaaksi sisäolosuhteen?

Pääkysymyksen ja alakysymysten ohjaamana tutkimustyö keskittyy aiheeksi rajattuun kokonaisuuteen. Kysymykset ovat mukana myös lähteiden valinnassa, jotta perehdytään tutkimusrajan täyttävään asiaan.

Riittävän tarkkuuden ja rajauksen saavuttamiseksi keskityttiin toimitilojen sisäolosuhteisiin. Aihetta sivuavat myös asuintalojen sisäolosuhteet samankaltaisuudellaan. Toimitilakehittäminen tuo mukaan elementin yhteisistä tiloista. Toimitilojen haastavuus perustuu lukuisiin käyttäjiin eri kotitalouksista, jonka takia toimitilojen on sovelluttava erilaisten ihmisten tarpeisiin ja palvelemaan esimerkiksi eri tekijöille herkempiä käyttäjiä. Tutkimuksen toimitilat voivat olla esimerkiksi julkisia tiloja, toimistoja, työpaikkoja tai kouluja.

1.3 Tutkimusmetodiikka tai tutkimusmenetelmät

Työ on toteutettu kirjallisuustutkimuksena. Näin ollen pyritään ymmärtämään tutkittavan kohteen laatua, ominaisuuksia ja merkityksiä. Tutkimuksessa keskitytään kirjallisuuteen, kuten tutkimusartikkeleihin. Kontturi (2016) kertoo kirjallisuustutkimuksen sisältävän uusia näkökulmia, johtopäätöksiä ja uusia avauksia.

Aineistona on käytetty kansainvälisiätieteellisiä tutkimusartikkeleita, kirjoja sekä internet-sivuilta löydettyjä asiantuntijajulkaisuja. Keräämiseen on käytetty esimerkiksi koulun kirjaston hakukonetta Andoria sekä Googlen Scholar-hakukonetta. Lähteet on kerätty viitteidenhallintaohjelma Zoteroon. Lähteiden haussa käytin työn avainsanoja, kuten ”indoor air quality”, ”business” ja ”indoor environmental quality”. Google Chrome -selainta on käytetty verkkosivujen etsimiseen, kuten esimerkiksi E3-tutkimushankkeen internetsivujen (E3 Pandemic Response 2022) tutkimiseen. Kielen kääntämiseen on käytetty MOT-sanakirjaa ja Chat GPT -ohjelmaa. Lisäksi taulukon käännöstyössä on käytetty Google-kääntäjää suuntaa antavana työkaluna (Taulukko 1).

2. SISÄILMAOLOSUHTEET TOIMITILOISSA

2.1 Sisäilman epäpuhtauslähteet

Epäpuhtauksille altistumisesta voi seurata mahdollisesti erilaisia terveydellisiä oireita ja sairauksia (Taulukko 1). Sisäilman laatuun pohjautuvat vaikutukset ovat tutkitusti hyvin tärkeitä niin terveysvaikutusten ja hyvinvoinnin, energiatehokkuuden, kuin taloudellisuudenkin kannalta (Pourkiaei & Romain 2023 s. 2).

Taulukko 1. Luettelo sisäilman epäpuhtauksista ja niihin liittyvistä terveysvaikutuksista. (mukaillen lähteestä Mannan & Al-Ghamdin 2021, s. 3).

Epäpuhtaustekijä	Epäpuhtauslähteet	Mahdolliset seuraukset
Biologiset epäpuhtaudet		
Allergeenit	karvaiset lemmikit, pölypunkit	Astma
Edotuksiini	Kissojen ja koirien läsnäolo, saastuneet il-mankostuttimet, ruokajätteen varastointi, heikko ilmanvaihto, lisääntynyt laskeutu-neen pölyn määrä	Astma, heikentynyt keuhkojen toiminta
Kosteus ja home	Valvomattomat putkivuodot, vuoto raken-nuksen rakenteissa, piilossa olevat ruoka-roiskeet, seisova vesi	Ylempien hengitysteiden oireet, yskä, hengityksen vinkuminen, astma
Kemialliset epäpuhtaudet		
Savu	Tupakansavu	Ennenaikainen kuolleisuus, keuhkosityöpä, sepel-valtimotauti, lapsuuden yskä ja hengityksen vinku-minen, hengityselinten sairaudet, kätkytkuolema
Hiili- ja biomassapolttoaineiden palamistuotteet	Ruoanlaitto ja lämmitys	Kiinteiden polttoaineiden poltosta vapautuva hiili-monoksidi ja typpidioksidi, hiukkaset, polysykliset hiilivedyt, jotka lisäävät riskiä sairastua keuhko-syöpään ja lapsuuden astmaan
Hiilimonoksidi (CO)	Ajoneuvojen pakokaasut liitetyistä autotal-leista, kaasuliesistä, puu-uuneista, puulie-sistä, tulisijoista ja savukkeista	Päänsärky, pahoinvointi, väsymys
Typpidioksidi (N ₂ O)	Fossiilisten polttoaineiden poltto, esimer-kiksi kaasu- tai öljylämmitys ja lämmity-suuni	Lisääntynyt hengitystieoireiden riski
Torjunta-aineet	Saastunut maaperä, varastoidut torjunta-ai-nesäiliöt	Silmien-, nenän- ja kurkun ärsytys, vauriot keskus-hermostossa
Kaasupoistuman epäpuhtaudet		
Formaldehydi (HCHO)	Puupohjaiset tuotteet, jotka on valmistettu käyttäen ureaformaldehydiä, tupakan savu, maalit, lakanat, lattiapinnoitteet	Silmien-, nenän- ja kurkun ärsytys, astma, keuhko-putkitulehdus ja mahdollinen karsinogeeni
Haihtuvat orgaaniset yhdisteet (VOC)	Tupakansavu, äskettäin kemiallisesti puh-distettu kangas, huoneen hajunpoistoai-neet, maalit, matot	Astma, keuhkoputken hyperreaktiivisuus
Muoviyhdisteet	Polyvinyylikloridi (PVC) lattiassa, muovinen seinämateriaali	Keuhkoputken tukkeuma, astma, hengityksen vin-kuminen, yskä ja lima
Karsinogeenit		
Radon	Uraanin luonnollinen hajoaminen	Keuhkosityöpä, leukemia
Pienhiukkaset		
Erittäin hienoja-koiset hiukkaset	Ruoanlaitto, polttotoiminta	Vakava vaikutus sydämeen ja keuhkoihin

Sisäilman laadun vaikuttaessa ihmisten elämään runsaan sisällä vietetyn ajan takia on syytä tarkastella sisäolosuhteita kriittisesti ja pyrkiä parantamaan sisäilman laatua. Jo

1970-luvun energiakriisi oli vaikuttava tekijä sisäilman laadun uudelleentarkasteluun. Se johti osaltaan ilmatiiviimpien ja eristetympien rakennusten yleistymiseen maailmanlaajuisesti. (Mannan & Al-Ghamdim 2021, s. 2) Sisäilmassa vaikuttavia epäpuhtaustekijöitä ovat allergeenit, endotoksiinit, kosteus ja home, savu, hiili- ja biomassapolttoaineiden palamistuotteet, hiilimonoksidi (CO), typpidioksidi (N₂O), torjunta-aineet, formaldehydi (HCHO), haihtuvat orgaaniset yhdisteet (VOC), muoviyhdisteet, radon ja erittäin hienojakoiset hiukkaset. Näille voi altistua epäpuhtaustekijän mukaan eri epäpuhtauslähteistä. (Taulukko 1)

Elintason nousu on johtanut siihen, että sisätiloissa käytetään enemmän synteettisiä materiaaleja ja kemikaaleja. Sisäilman laatuun vaikuttaa myös käytössä olevat torjunta-aineet, puhdistusaineet, ilmanraikastimet ja ruoan valmistuksesta vapautuvat kaasut. Yhdysvaltain ympäristösuojeluvirasto (US EPA) ja Maailman terveysjärjestö (WHO) ymmärsivät sisäolosuhteiden puutteellisuuden tarkasteltuaan 2000-luvulla uudestaan sisäympäristöä. Sisäilmassa vaikuttavia kuormittavia elementtejä ovat muun muassa ilmanvaihdon riittämättömyys, ilmastointijärjestelmien puutteellisuus, ihmisten elämisestä aiheutuvat lämpötilavaikutukset ja hiukkaset, lukuisat materiaalit sisäympäristössä, kemikaalit ja muut kaasut (Taulukko 1). (Mannan & Al-Ghamdim 2021, s. 2)

Edellä kuvaillun alan muutoksen takia valtiot tiukensivat sisäilmastandardeja. Tästä käytetään kansainvälisesti termiä ”Indoor Air Quality, IAQ” eli sisäilman laatu. Siihen liittyen voidaan mitata useiden eri kaasujen pitoisuuksia sisäilmassa. Näitä ovat muun muassa hiilidioksidi (CO₂), hiilimonoksidi (CO), vaneri-, kuitulevy ja lastuteollisuudessa käytetty formaldehydi ja radon. Pitoisuudet ilmaistaan yleensä yksiköissä ppm (parts per million). Yksikkö kertoo montako miljoonasosaa esimerkiksi huoneilmasta on tiettyä kaasua. Toinen yleinen yksikkö on kertoa aineen paino kuutiota kohti. Tämä mitataan yleisesti yksikössä mg/m³. (Mannan & Al-Ghamdin 2021, s. 6–7)

2.2 Huonolaatuisen sisäilman terveysvaikutukset

Yhdysvaltain ympäristönsuojeluvirasto (EPA) määrittelee sisäilman laadun olevan yksi viidestä merkittävimmästä riskistä kansanterveydelle ja Maailman terveysjärjestö (WHO) viralliset raportit antavat arvion, että suuri määrä ennenaikaisista kuolemista on yhteydessä heikkoon sisäilman laatuun (Pourkiaei & Romain 2023, s. 2). Sisäilman aiheuttamiin terveysvaikutuksiin on taulukoitu Sisäilmayhdistys ry:n (2018) mukaan kooten terveysvaikutukset lisätietoineen (Taulukko 2).

Taulukko 2. *Sisäilman terveysvaikutuksia* (Sisäilmayhdistys ry 2008)

Sisäilman terveysvaikutuksia	Lisätietoja
Allergiaoireet	
Silmien, nenän, kurkun ja nielun ärsytysoireet	
Päänsärky ja pahoinvointi	
Väsymys	
Sairaudet	Hengitystieinfektiot, allerginen nuha, astma ja sidikalvotulehdus, keuhkosityöpä, homepölykeuhko ja muut keuhkosairaudet
Viihtyvyyshaitat	Haju, melu ja epämiellyttävä valaistus

Sairas rakennus on ollut ennen käytössä kuvaamaan rakennusta, jonka käyttäjillä on poikkeuksellisen runsaasti erilaisia allergia-, hengitystie-, neurologisia ym. oireita tai sairauspoissaoloja, eikä näille ei ole löydetty yhteistä loogista selitystekijää. Tämä vaikeuttaa myös korjaustoimenpiteiden suunnittelua, ja toimenpiteiden tulokset ovat epävarmoja. Tekijöiden monimuotoisuus, ja erilaisten psykologisten tekijöiden merkitys on myös suuri. (Tuomisto 2020)

Sisäympäristöön liittyvät oireet voivat olla peräisin kemikaalialtistumisista. Kemikaalilähteitä voivat olla esimerkiksi kosteusvaurion aiheuttama muovimaton kemiallinen hajoaminen tai kalusteista ja pinnoilta haihtuvat maalien, liimojen ja lakkojen ainesosat ja muut yhdisteet. Tällöin sisäilmassa vallitseva kaasu voi esimerkiksi hyvin todennäköisesti olla formaldehydi. Nykytutkimuksen mukaan tällaista sairaan rakennuksen syndroomaa ei ole virallisesti olemassa, mutta riskit sairauksiin ja niiden oireiluun kasvavat kyseisten sisäilman laatuun liittyvien haittatekijöiden ollessa läsnä. (Tuomisto 2020)

Epäpuhtauslähteiden lisäksi sisäilmaan liittyvään oireiluun vaikuttavat silti usein myös puutteellinen tai huonosti toimiva ilmanvaihto tai epämiellyttävät lämpöolosuhteet, joita ihmiset kokevat sisätiloissa. Lisäksi on selvitetty niin sanottua monikemikaaliherkkyyttä. Tässä sisäilman laatuun liittymättömät psykologiset tekijät ja stressi huomattiin olevan tärkeitä ottaa huomioon. Sisäilmaongelmia ratkaistaessa tällaisetkin tekijät on muistettava, jotta löydetään oikea syy käyttäjien oireisiin. (Tuomisto 2020)

2.3 Sisäilman laadun energia- ja talousvaikutukset

Pourkiaein ja Romainin (2023, s. 2) tutkimuksen mukaan kasvanut trendi tiiviiseen asuntorakentamiseen ja osittain toimitilarakentamiseen kannustaa arkkitehtejä ja rakennusyrityksiä panostamaan ilmanvaihtolaitteiden suorituskykyyn ja kokonaistehokkuuteen jatkuvasti enemmän. Luonnollisesti tämä lisää samalla energiankulutusta ja vähentää energiatehokkuutta. Tämä tuottaa ristiriidan sisäilman laadun ja energiatehokkuuden välille. Sen todetaan kuitenkin olevan vain haaste muiden joukossa. Tilanteeseen voidaan vaikuttaa erilaisilla suunnitteluratkaisuilla, kehityksellä ja optimoinnilla. Etenkin politiikassa tässä kohtaa tulee väittely poliitikkojen välillä, jotka haluavat korkean sisäilman laadun tason ja niillä, jotka haluavat energiankulutuksen vähenevän. Tutkimuksen perusteella sisäilma jää helposti toissijaiseksi, jos sitä ei saada argumentoitua tarpeeksi arvokkaaksi asiaksi energiatehokkuuden rinnalle. (Pourkiaei & Romain 2023, s. 2)

Sisäilman huonolaatuisuus tuottaa taloudellisia haasteita työterveyden ja hyvinvoinnin heikentyessä. Siksi tarvitaan uusia ja parempia ratkaisuja sisäilman parantamiseen. Pourkiaein ja Romainin (2023, s. 2) mukaan sisäilman laatua ylläpidettäessä rakennusten suunnitteluun ja käyttöön menee enemmän rahaa. Esimerkiksi tyytymättömien käyttäjien ottaminen mukaan osaksi sisäilmankehitysprosessia voi myös aiheuttaa lisäkustannuksia (Pourkiaei & Romain 2023, s. 2).

Pourkiaein ja Romainin (2023, s. 2) tutkimukseen kerättyjen tietojen mukaan kokonaistaloudellisten terveysvaikutusten kustannusten arvioitiin olevan noin 1,575 biljoonaa Yhdysvaltain dollaria WHO:n Euroopan alueella vuonna 2010. Toisen esimerkkinä olevan arvion mukaan vuotuiset taloudelliset kustannukset pelkästään sisäilman epäpuhtauksista olivat Ranskassa 20 miljardin euroa vuonna 2014. (Pourkiaei & Romain 2023, s. 2)

3. SISÄOLOSUHTEET KIINTEISTÖLIKETOIMIN- NASSA

3.1 Sisäolosuhteet ja mittaaminen

Tekce et al. (2020, s. 7) ovat perehtyneet toimistotyöntekijöiden tyytyväisyyteen heidän toimitiloihinsa yksityiskohtaisesti. Sisäolosuhteet on eritelty seitsemään osa-alueeseen, joita ovat lämpömukavuus, sisäilman laatu, akustinen mukavuus, visuaalinen mukavuus, rakennussuunnittelu ja rakennuspalvelut (Tekce et al. 2020, s. 7).

Tekce et al. (2020, s. 1) kertovat aiempien tutkimuksien osoittaneen merkittävän osan ihmisistä olevan tyytymättömiä toimitiloihin ja niiden toimintaan. Tyytymättömyys tilojen sisäympäristön laatuun voi johtaa rakennuksen järjestelmien väärinkäyttöön ja tilanteen pahenemiseen entisestään sekä käyttäjätyytyväisyyden että energiankulutuksen näkökulmista. Puolestaan sisäolosuhteiden laadun parantaminen lisää tyytyväisyyttä, edistää terveyttä ja parantaa työ mukavuutta. Tämä vähentää sairaspotensiaalia, lisää tuottavuutta ja johtaa parempaan sijoitetun pääoman tuottoon. (Tekce et al. 2020, s. 1)

RT 07-11299 (2018, s. 5) jakaa sisäilman laadun 3 eri tasoon: laatuluokat S1, S2 ja S3. Parhaassa laatuluokassa S1:

Laatuluokassa on yksilöllinen sisäilmasto. Sisäilma on laadultaan erittäin hyvä sekä hajuton. Sisäilman laatuun ei vaikuta rakenteiden tai muiden tilojen mahdolliset vauriot tai epäpuhtauslähteet. Tila on lämpöolosuhteiltaan viihtyisä, eikä haittaa ole vetoisuudesta tai yllämpenemisestä. Käyttäjän on myös mahdollista säätää tilassa vallitsevia lämpöolosuhteita. Käyttötarkoitukseltaan tilan suunnittelu ja toteutus on ääniosuhteiltaan erittäin hyvä ja hyviin valaistusolosuhteisiin liittyen tilassa on yksilöllisesti säädettävä valaistus. (RT 07-11299 2018, s. 5) Sisäilmaluokituksesta kertova RT-kortti (RT 07-11299 2018) kertoo nimensä mukaisesti myös tavoitearvot, suunnitteluohjeet ja tuotevaatimukset eri sisäolosuhteisiin vaikuttavista tekijöistä. Näitä hyödynnetään rakennusten suunnittelussa. (RT 07-11299 2018).

Sisäilmasta pystytään mittaamaan Kimin et al. (2022, s. 6) tutkimuksen mukaan muun muassa haitallisten aineiden pitoisuuksia, hienojen ja karkeiden hiukkasten määrää (PM_{2,5} eli alle 2,5 µm tai PM₁₀ eli alle 10 µm) mitattuna yksikköön µg/m³, haihtuvien orgaanisten yhdisteiden kokonaismäärää (TVOC) mitattuna ppb:nä, lämpötilaa celsiusasteina (°C), hiilidioksidipitoisuutta (CO₂) prosentteina ilmasta tai yksikössä pmm sekä ilmakeuhetta (RH%). Akustiikasta voidaan mitata desibeleinä (dB) äänenvoimakkuutta eri puolilla rakennusta. Lisäksi valaistusta voidaan mitata pinnalle tulevan valon määränä mittaamalla luxia (lx). (Kim et al. 2022, s. 6)

3.2 Sisäolosuhteiden tekijät osa-alueittain

3.2.1 Lämpömukavuus ja sisäilman laatu

Lämpömukavuus on Tekcen et al. (2020, s. 7) mukaan yksi tärkeimmistä sisäolosuhteisiin vaikuttavista tekijöistä. Sen määritellään olevan osa mielentilaa ja kokemuksena subjektiivinen tarkasteltaessa tyytyväisyyttä. Sopeutuminen ympäristöön, kulttuurilliset ja sosiaaliset erot, psykologinen sopeutuminen sekä psykologiset odotukset vaikuttavat tutkimuksen mukaan hyvin oleellisesti ihmisen kokemukseen lämpötilamukavuudesta. Sen kerrotaan perustuvan yksilöiden omiin mieltymyksiin, jotka ovat muovautuneet ajan kuluessa luonnollisesti. Artikkelissa koottujen tutkimustulosten pohjalta voidaan todeta lämpötilamukavuuden perustuvan viiteen tärkeimpään parametriin, joita ovat lämpötila, säteilylämpötila, suhteellinen ilmankosteus, lämpötilan vaihtelu ja ilmavirtaus. (Tekce et al. 2020, s. 7)

Kimin et al. (2022, s. 17) tutkivat ihmisten tyytyväisyyttä sisäilmaympäristöön tavanomaisissa sisäilmaolosuhteissa. Tutkimuksessa lämpötila oli keskimäärin 21,5 °C ja suhteellinen ilmankosteus 53 %. Vallitsevissa olosuhteissa 55 % tutkimukseen osallistuneista ihmisistä koki lämpötilan ”liian kylmäksi” ja 39 % totesi, että tuli ”kylmä jaloille”. Myös suhteelliseen ilmankosteuteen liittyviä oireita koki noin 30 % ihmisistä. Tulokset tukevat väitettä, että standardit lämpötiloista ovat vain ohjearvoja. Näiden tulosten lisäksi tutkimukseen osallistuneista 48 % koki, etteivät he pysty vaikuttamaan haluamallaan tavalla vallitsevaan lämpötilaympäristöön. (Kim et al. 2022, s. 17)

Tekce et al. (2020, s. 7) kertovat sisäilman olevan merkittävä tekijä miellyttävän sisäympäristön rakentamisessa. Hyväksyttävässä sisäilmassa ei sen määritelmän mukaan ole mittatuloksissa haitallisia pitoisuuksia viranomaisten määrittelemiä epäpuhtauksia, eikä huomattava enemmistö ihmisistä ole tyytymätön sisäilmaan. Huomattavalla enemmistöllä tarkoitetaan 80 prosenttia tai yli 80 prosenttia ihmisistä. (Tekce et al. 2020, s. 7)

3.2.2 Akustinen ja visuaalinen mukavuus

Akustisen mukavuuden tarkoituksena on varmistaa, ettei rakennuksessa melu tai tärinä häiritse käyttäjiä. Asia on kytköksissä hyvinvointiin ja mukavuuteen, jolloin puutteellinen akustiikka nostaa stressitasoa sekä laskee motivaatiota ja tuottavuutta. Akustiikka määritellään myös psykologiseksi tekijäksi. Akustisiin ongelmiin kuuluvat ei-toivotut äänet, jotka kuulija kokee meluisiksi, häiritseviksi, keskittymistä häiritseväksi tai psyykkisesti haitalliseksi. (Tekce et al. 2020, s. 8)

Akustinen mukavuus voidaan määrittää kolmella pääparametrilla, joita ovat melutaso, akustinen yksityisyys ja kaiku. Akustisella yksityisyydellä tarkoitetaan akustista ominaisuutta, joka mahdollistaa puheen yksityisyyden sekä suojaa häiritsevältä melulta, kuten toimistolaitteilta ja ihmisten liikkumiselta. Myös kaiku on merkittävä akustisen mukavuuden ongelma. Se riippuu ääntä imevien pintojen määrästä, sijainnista tilassa ja pintamateriaaleista. (Tekce et al. 2020, s. 8)

Tekce et al. (2020, s. 8) määrittelevät visuaalisen mukavuuden kuudella avainindikaattorilla, jotka ovat päivänvalo, keinotekoinen valaistus, häikäisy, heijastus ja visuaalinen yksityisyys ja näkymä ikkunasta. Visuaalisen yksityisyyden tärkeys on ymmärrettävissä ihmisten arvostaman työrauhan ja parempien keskittymismahdollisuuksien vuoksi, kun ärsykkeet saadaan sen osalta minimoitua. Näkymä ikkunasta on myös mieluisa yksityiskohta ihmiselle psykologisesta näkökulmasta tarkasteltuna. Se lisää viihtyvyyttä ja mukavuutta. Heijastus ja häikäisy ovat ihmisilmille häiritseviä, koska silmät eivät ole tottuneet niin suureen valon määrään kyseisessä ympäristössä. (Tekce et al. 2020, s. 8).

Cheung ja Chung (2008, s. 1) kertovat luonnonvalon tuottavan tilan käyttöön muun muassa psykologista tyydytystä, terveyttä käyttäjille sekä laadukkaamman sisäympäristön. Sähkövalo saattaa puolestaan tuottaa stressaavamman ja epämukavamman työympäristön luonnonvaloon verrattaessa. Monet tutkijat ovat korostaneet luonnonvalon merkityksellisyyttä rakennusten ympäristötehokkuuden arvioinnissa. (Cheung & Chung 2008, s. 1)

3.2.3. Rakennussuunnittelu ja kiinteistöpalveluiden hallinta

Rakennussuunnittelulla, kuten tilaratkaisuilla, akustiikalla, taloteknisillä järjestelmillä ja sisustamisella pystytään merkittävästi edistämään työntekijöiden hyvinvointia ja tuottavuutta. Tilojen suunnittelussa akustiikan, visuaalisuuden, ilmanvaihto- ja lämmitysjärjestelmien suunnittelun lisäksi on muita asioita, joiden suunnittelulla voidaan edistää toimittilojen koettua arvoa. Sisäolosuhteiden suunnittelussa keskitytään pääasiassa fyysisiin tekijöihin, mutta suunnitteluratkaisuilla voidaan vaikuttaa positiivisesti myös sosiaaliseen ja psykologiseen tyytyväisyyteen. Esimerkiksi työpisteillä on oltava riittävästi tilaa työntekoon, tilojen on oltava työskentelymukavuuden kannalta toimivia ja tilaratkaisujen ihmiskeskeisiä muun muassa sosiaalisen kanssakäymisen näkökulmasta. Lisäksi sisustussuunnitteluun, toimiston tilaratkaisuihin ja kalustamiseen pitäisi voida vaikuttaa monipuolisesti. (Tekce et al. 2020, s. 8)

Myös rakennukseen liittyvien toimintojen henkilökohtainen hallinta on Tekcen et al. (2020, s. 9) tutkimuksen mukaan vaikuttava tekijä käyttäjän kokemaan tyytyväisyyteen.

Käyttäjille on erityisesti psykologisesti tärkeää, että rakennuksen sisäolosuhteita pystyisi hallitsemaan jollain tapaa. Tähän liittyvät esimerkiksi ikkunoiden avaaminen, verhot ja kaihtimet sekä termostaattien ohjauslaitteet. Laitteiden olisi oltava helppokäyttöisiä, yksinkertaisia, näkyvillä olevia mahdollisuuksia ja tarjoaisivat mahdollisuuden reagoida tilanteisiin hetkessä. (Tekce et al. 2020, s. 9)

Toinen tärkeä asia kiinteistöpalveluihin liittyen on kiinteistönhallinta. Kiinteistönhallinnan merkitys tyytyväisyyteen ja mukavuuteen on vahvasti kytköksissä siihen, että perusasiat toimivat kiinteistöhuollollisesti ja niihin pystyy myös henkilökohtaisella tasolla olemaan yhteydessä tarvittaessa. Rakennuksen tuottavuudelle voidaan määritellä 4 pääindikaattoria, jotka ovat henkilökohtainen hallinta, hallintalaitteiden käytettävyys, kiinteistönhallinnan laatu ja kunnossapito korjauksineen. (Tekce et al. 2020, s. 9)

4. RATKAISUT SISÄOLOSUHTEIDEN TUOTTEISTAMISEEN

4.1 E3-hanke ja ratkaisut

Xenasis (2023, s. 1) kertoo COVID-19-pandemian olleen ihmiskunnalle ennennäkemättömän kriisi, joka on vaikuttaa jokaiseen yhteiskunnan osa-alueeseen aiheuttaen merkittävän terveydellisen- ja taloudellisen haasteen. Tässä E3-hankkeeseen liittyvässä tutkimuksessa tutkitaan SARS-CoV-2-virusten leviämisen hallintaan liittyviä lieventäviä strategioita sekä mahdollisuuksien mukaan myös keinoihin estää leviäminen. Tutkimuksessa todetaan ilman olevan pääasiallinen tartuntareitti ja todetaan tartunnan olevan paljon todennäköisempää sisätiloissa kuin ulkona. Tällöin muun muassa toimitilojen ilmanvaihto ja sisätilojen tilasuunnittelu ovat olennaisia ottaa huomioon sisäolosuhteita kehitettäessä. (Xenasis 2023, s.1)

Kulmalan et al. (2023, s.1, 5) tutkimuksessa kehitettiin laskentatyökalu ilmaitse tapahtuvien infektioriskien arviointiin. Tutkimus nostaa esille sisäilmaolosuhteissa olevien patogeenien tuottonopeuden ja keskimääräisen pitoisuuden ilmassa. Tämä E3-hankkeessa kehitetty laskentamalli arvioi laskennallisesti sisätiloissa olevaa infektioriskiä. Laskenta vaatii tiedot taudin ominaisuuksista, tilan ilmanvaihdosta, käyttöasteesta ja toiminnoista. Tutkimustuloksena saatiin selville selviä eroja tilojen infektioturvallisuuteen. Tietojen perusteella voidaan kehittää toimivia torjuntakeinoja ongelmaan muun muassa ilmanpuhdistimien mitoituksilla ja sijoitteluilla. (Kulmala et al. (2023, s.1, 5)

E3 Pandemic Response -hankkeen internetsivuilta löytyvä artikkeli kertoo työpajasta, joka käsitteli terveysturvallisia toimitiloja ja niiden merkitystä kiinteistömarkkinoilla pandemian jälkeen. Tilaisuudessa asiantuntijoiden käymissä keskusteluissa päädyttiin tulokseen, että ”pandemioihin terveysturvallisuuden merkitys ei juurikaan näy vuokrausliiketoiminnassa.” Yleisesti terveellisiä tiloja pidetään tärkeänä, mutta enemmän kiinteistöjen omistajia ja kiinteistösijoittajia kiinnostaa kuitenkin teknistaloudellinen energiatehokkuus. Myöskään omistajien asiakkaat eivät ole vaatineet terveysturvallisuuden kehittämistä. Enemmän käyttäjille merkitsee sisäilmaolosuhteet muuten sekä aistimaailman eri osa-alueet, kuten lämpötila, äänet ja niin edelleen. Keskusteluissa todettiin myös, että terveysturvallisuuden kaupallistaminen on vaikeaa. Isommissa kiinteistöissä tällainen on helpompaa isojen budjettien puitteissa verrattaessa pieniin kohteisiin, joissa mahdollisuudet ovat todella rajatut. (E3 Pandemic Response 2022)

Haasteeksi on osoittautunut mahdollisuuksien rajallisuus viranomaisten säätämien rajojen puitteissa. Yhtenä esimerkkinä nostetaan esille, että ilman kierrättämistä ei hyväksytä, vaikka ilma olisi 99 % puhdistettua. Tähän liittyen yhtenä ratkaisuna nähdään erilaisten sertifikaattien käyttö. Tällä hetkellä tilojen kehitykseen enemmän terveysturvalliseksi ei haluta investoida ylimääräistä. Sertifikaatit voisivat muuttaa asetelmaa. Osa kiinteistöjen omistajista kerää jo nyt dataa sisäolosuhteista paljon, mutta ei hyödynnä sitä kaikessa laajuudessaan. Myös datan käytön pohjalta tehtävien toimien päivittäminen julkiseksi vaikuttaisi positiivisesti käyttäjien kokemaan turvallisuuden tunteeseen. (E3 Pandemic Response 2022)

4.2 Ratkaisut osa-alueittain

4.2.1 Sisäilman mittaaminen

Kuten aiemmissa luvuissa on todettu, on tärkeää saada rakennuksiin toimiva ja kattava järjestelmä sisäilman mittaamiseen sekä hyödyntää saatuja tuloksia aktiivisesti. Al Horrín et al. (2016, s. 24) mukaan sisäilmamittausten tulosten avulla sisäilman laatuun ja terveellisyyteen pystytään vaikuttamaan. Mittaaminen, konkreettiset ilmanvaihdon toimintaan tehtävät säädöt ja muut toimenpiteet lisäävät myös käyttäjien ja sijoittajien arvostusta kohteeseen. Erityisesti ilmanlaadulle herkkien ihmisten toimintakyky, hyvinvointi, turvallisuudentunne ja tuottavuus parantuvat näihin asioihin puuttuttaessa. Näin saadaan myös enemmän työntekijöitä toimistoille. (Al Horrín et al. 2016, s. 24)

Säteilylämpötila, suhteellisen ilmankosteus, ilman lämpötila ja ilmanvaihdon nopeus ovat hyödyllistä mitattavaa dataa (Al Horrín et al. 2016, s. 25). Kyse ei ole pelkästään erityisherkkyyksistä tai muista henkilökohtaisista piirteistä, sillä Kumarín et al. (2023, s. 14) tutkimuksessa painotetaan esimerkiksi hiilidioksidin (CO₂), haihtuvien orgaanisten yhdisteiden (VOC) ja hiukkasten olevan tärkeitä asioita mitata ja reagoida niihin. Ne ovat epäterveellisiä kaikille ja siitä huolimatta, että ihminen ei välttämättä niitä yleensä itse havaitse. (Kumar et al. 2023, s. 14)

Edellä Al Horrín et al. (2016, s. 24–25) ja Kumarín et al. (2023, s. 14) tutkimuksissa mainittujen asioiden perusteella mittausjärjestelmät mahdollistava sisäolosuhteiden puutteisiin reagoinnin aktiivisesti, joka nostaa aiemmissa luvuissa läpikäytyjen asioiden perusteella kiinteistön toimintakykyä, tuottavuutta, suosiota ja terveellisyyttä. Näiden asioiden merkitys toimitiloissa toimiville käyttäjille ja kiinteistösijoittajille voidaan markkinoida merkityksellisenä ja taloudellisesti kannattavana asiana. Sisäolosuhteita on siis tärkeää kehittää ja tuoteistaa entistä enemmän. (Al Horrín et al. 2016, s. 24–25; Kumar et al. 2023, s. 14)

Al Horrín et al. (2016, s. 31) mukaan rakennuksen hallintajärjestelmään yhdistettyjen langattomien antureiden ja käyttäjien palautteen avulla datan avulla tiloja voidaan kehittää erilaisilla kehittyneillä teknologioilla, jotta voidaan tarkastella käyttäjien tuottavuutta ja sisäilman laadun tekijöitä syvällisemmin. Tutkimuksessa kerrotaan datan auttavan tilojen suunnittelussa arkkitehtejä, insinöörejä ja muita suunnittelijoita. (Al Horrín et al. 2016, s. 31) Edellisen kappaleen perusteella asiaankuuluva mittausjärjestelmä mahdollistaa myös sisäilman uhkiin reagoimisen ajoissa.

4.2.2 Ilmanvaihdon energiatehokkuus ja standardit

Tutkimuksessa Roumin et al. (2023, s. 2) tulosten perusteella ilmanvaihtojärjestelmien kehittämisessä pyrkimään siihen, että prosessi ei ihanteellisessa tilanteessa aiheuttaisi ylimääräisiä kustannuksia. Tähän liittyen olisi välttämätöntä kehittää strateginen opas toiminnan mahdollistamiseksi. (Roumi et al. 2023, s. 2)

Myös Kakoullin et al. (2022, s. 21–22) tutkimuksessa todetaan standardien ja ohjeiden olevan avainasemassa, jotta sisäolosuhteita voidaan aidosti kehittää konkreettisilla tavoitteilla ja luoda strategioita. Tämä tarkoittaa, että saataisiin muun muassa erilaisia sertifikaatteja lanseerattua, jotka ohjaisivat sisäolosuhteiden kehittämiseen toimitiloissa. (Kakoulli et al. 2022, s. 21–22) Se mahdollistaisi osaltaan myös sisäolojen tuotteistamisen kiinteistöliiketoiminnassa.

4.2.3 Valaistus ja akustiikka

Al Horrín et al. (2016, s. 25) mukaan valaistussuunnittelussa voidaan hyödyntää luonnonvaloa sisäympäristöön. Runsaampi määrä luonnonvaloa kohottaa käyttäjien mielialaa ja samalla kokemusta tilasta puoleensavetävänä ja mielekkäänä ympäristönä, joka konkretisoituu tuottavuutena ja tyytyväisyytenä. Myös energiankulutus on valaistuksen ylimääräisen kulutuksen vähenemisen ansiosta alhaisempi. (Al Horrín et al. 2016, s. 25) Al Horrín et al. (2016, s. 26) mukaan äänitasoja ja akustiikkaa on muokattava standardien mukaan, sovellettava tiloissa tehtäviin työtehtäviin sekä muokattava käyttäjien palautetta hyödyntäen, jotta saadaan tiloissa tehtävästä työstä tuottavaa (Al Horrín et al. 2016, s. 26).

Roumin et al. (2023, s. 11) tutkimuksen mukaan rakennusinsinöörit uskovat lämpökäyvyyden olevan merkittävin käyttäjien sisäolosuhteisiin kokeman tyytyväisyyden vaikuttavista tekijöistä. Toisaalta arkkitehdit arvioivat visuaalisen mukavuuden olevan merkittävin tekijä. Lisäksi kaikki asiantuntijat olivat yhtä mieltä siitä, että lämpökäyvyys kuluttaa sisäilmaolosuhteista eniten energiaa toimistorakennuksissa. Sen jälkeen eniten kuluttavat heidän mukaansa järjestyksessä sisäilman laatu, visuaalinen mukavuus ja

akustinen mukavuus. Yhteenvetona asiantuntijat uskovat saneerauksen yhteydessä tehtävien visuaalisten ja akustisten toimien olevan kustannustehokkaampia sijoituskohteita niiden vaatiman vähäisen lisäenergiamäärän vuoksi. (Roumi et al. 2023, s. 11)

4.2.4 Visuaalinen tyytyväisyys ja kasvit

Al Horrín et al. (2016, s. 28) mukaan tilojen visuaaliseen ja esteettiseen toimivuuteen on panostettava. Esimerkiksi väriyhdistelmien ja sisäympäristön tekstuuriin merkityksestä sisäolosuhteisiin kerrotaan vaikuttavan esteettisen vetovoiman lisäksi työntekijöiden hyvinvointiin ja suorituskyykyyn. Tähän liittyen on mainittu kolme huomioon otettavaa asiaa. Ensinnäkin ymmärrys väripaletista ja ymmärrys värien vaikutuksista. Toisena asiana toimistotiloista on muokattava ympäristö, joka tukee tiloissa toimivan organisaation brändiä, kulttuuria ja arvoja tilojen suunnittelussa. Kolmantena toimistotilojen tilallinen asetelu, joka tukee käyttäjien työskentelyä. (Al Horr et al. 2016, s. 28) Nämä ovat kaikki toteutettavissa tuotteistamiseen liittyen.

Kumarín et al. (2023, s. 13–14) tutkimuksessa yhtenä sisäilman laatua ja viihtyvyyttä parantavana elementtinä sisäolosuhteisiin ovat kasvit. Kasvit voivat poistaa tehokkaasti epäpuhtauksia, parantaa sisäilman laatua ja lisäksi kasvit ovat kestävä valinta. Ei ole olemassa standardeja parhaiden sisäkasvien valintaan, mutta on tutkittu joidenkin kasvilajien sitovat paremmin sisäilmasta epäpuhtauksia kuin toiset. (Kumar et al. 2023, s. 13–14)

4.2.5 Tilaratkaisut ja kiinteistön ylläpito

Erilaisia tilajärjestyksiä voivat olla avoin suunnitelma, solusuunnitelma tai hybridisuunnitelman pohjapiirros (Al Horr et al. 2016, s. 27). Tekcen et al. (2020, s. 18) tutkimuksessa selvisi välittömän, reaaliaikaisen, monipuolisen ja asiaankuuluvan palautteen keräämisen toimistotilojen käyttäjiltä olevan tärkeää. Tämä voisi kehittää kiinteistönhoidon ammattilaisten toimintaa käyttäjien tarpeiden, odotuksien ja havaintojen pohjalta tarjoten mukavampia ja suorituskyykyisempiä toimistorakennuksia. (Tekce et al. 2020, s. 18)

Peltomaan (2018, s. 60) tutkimuksen mukaan sisäilmaston laadun puutteisiin liittyen toistuu yhdistävänä tekijänä kiinteistöjen huolto ja ylläpito. Taloteknisten järjestelmien ja rakenneratkaisujen menevät rakentamisen kehittyessä yhä monimutkaisemmiksi. Samaa tahtia järjestelmiä käyttävä henkilökunta ei välttämättä ole tarpeeksi osaavaa. Nämä voivat johtaa rakennuksen väärinkäyttöön epämieluisilla tuloksilla. Esimerkiksi huollon ammattitaitoon ja osaamiseen on kiinnitettävä enemmän huomiota sekä valvottava toimin-

taa. Esille nousi myös havainto käytännössä ilmenevästä ”näin on ennenkin tehty” -asenteesta, joka hidastaa muutosta. Asian korjaamiseksi on nostettava koulutuksen tasoa ja toteutusorganisaatioiden tietotasoa. (Peltomaa 2018, s. 60)

4.3 Yhteenveto ratkaisuista osa-alueittain

Sisäolosuhteiden tuotteistamiseen on olemassa paljon ratkaisuja (Taulukko 3). Sisäilman mittaaminen, ilmanvaihto, valaistus, visuaalinen tyytyväisyys ja kasvit, tilaratkaisut sekä kiinteistön ylläpito ovat sisäolosuhteiden tekijöitä, joita voidaan kehittää.

Taulukko 3. Yhteenveto ratkaisuista sisäolosuhteiden tuotteistamiseen osaksi kiinteistöliiketoimintaa tehdyn tutkimustyön pohjalta.

Osa-alue	Ratkaisut	Hyödyt
Sisäilman mittaaminen	Lämpötilamukavuuden korjaus, raja-arvot sisäolosuhteille, sertifikaatit, epäpuhtauksien mittaaminen nykyaikaisilla järjestelmillä ja tuloksiin reagointi reaaliajassa, ammattitaidon lisääminen koulutuksilla, uusimman teknologian hyödyntäminen	Terveysturvallisuus, työhyvinvointi, psykologinen mukavuus, laatu, turvallisuudentunne, tuottavuus, taloudellisuus, kilpailukyky, kestävyys, ennakkointi
Ilmanvaihto	Strategisen oppaan kehittäminen, energiatehokkuus, ohjeiden ja standardien kehittäminen, ilmanvaihtoa parantavat suunnitelmat ja saneeraukset, uutta teknologiaa hyödyntävät sisäilmamittaukset	Energiatehokkuus, käyttäjätyytyväisyys, kilpailukyky, onnistunut kiinteistönhallinta, terveellinen sisäilma
Valaistus	Valaistussuunnittelussa luonnonvalon lisääminen, valaistussuunnittelu tilakohtaisesti, valaistussuunnittelu käyttäjälähtöisesti	Kohottaa esimerkiksi käyttäjien mielialaa, tuottavuutta, työhyvinvointia ja työturvallisuutta, arkkitehtuurinen ja visuaalinen mielekkyys
Akustiikka	Työskentelyä tukevat suunnitteluratkaisut, saneeraus sekä eri työtehtäviin mukautuvat ja muokattavat tilat	Kohottaa käyttäjien mielialaa, tuottavuutta, työhyvinvointia ja työterveyttä, tilat sopivat paremmin työtehtäväkohtaiseen työskentelyyn, kilpailukyky, taloudellisesti edullinen ratkaisu lisää kilpailukykyä
Visuaalinen tyytyväisyys ja kasvit	Väriympäristön ja tekstuurien ymmärrys sekä käyttö ammattimaisesti osana sisustussuunnittelua, organisaation brändiin mukautuvat ja sitä tukevat tilat, kasvien lisääminen ja suunnittelu osaksi sisäympäristöä	Taloudellisesti edullinen keino lisätä kilpailukykyä, tukee käyttäjien hyvinvointia ja suorituskykyä, hyvä keino tukea organisaation brändiä, kulttuuria ja arvoja, kasvit poistavat sisäilman epäpuhtauksia ja lisäävät viihtyvyyttä, kasvit kestävä ratkaisu
Tilaratkaisut	Tilojen muokkautuvuus muuttuviin olosuhteisiin (muuntojoustavuus), tilaratkaisujen suunnittelun kehittäminen, saneeraukset, tilankäyttösuunnitelmat	Kilpailukyky, tilojen käytön lisääntyminen, työntekijöiden tuottavuus, lisää työntekijöiden tyytyväisyyttä työskennellä toimitiloissa
Kiinteistön ylläpito	Järjestelmä palautteen keräämiseen käyttäjiltä reaaliaikaisesti ja monipuolisesti, huoltohenkilökunnan ammattitaidon ja osaamisen kehittäminen, toteutusorganisaation tietotason nosto, ongelmien ennakkointi ja korjauksen tehokkuus	Mukavammat ja suorituskykyisemmät toimitilat, tilojen laatu, kilpailukyky, käyttäjätyytyväisyys

Sisäilman mittaamista hyödynnetään Al Horrín et al. (2016, s. 24) mukaan sisäolosuhteiden kehittämisessä. Tämän ansiosta se on hyvä lähtökohta sisäolosuhteiden tuotteistamiseen etsittyihin ratkaisuihin, joita löytyy useita (Taulukko 3). Cheung ja Chung

(2008, s. 1) mukaan luonnonvalon kokonaisvaltaiset hyödyt käyttäjälle tarjoavat ihmisille ja samalla toimistotilojen käyttäjille suuria hyötyjä, jolloin on löydettävissä joukko sitä hyödyntäviä ratkaisuja. Roumi et al. (2023, s. 11) toteavat akustisten ja visuaalisten ratkaisujen sovellusten tarjoavan mahdollisuuksia kehittää kustannustehokkaasti ratkaisuja, joilla on hyötyjä käyttäjille. Tilaratkaisujen ja kiinteistöhuollollisesti tärkeiden ratkaisujen monialaiset ja pitkävaikutteiset hyödyt ovat sekä suunnittelussa että reaalijasssa Tekce et al. (2020) kertoman mukaan muun muassa sidonnaisia käyttäjien mielipiteiden huomioimiseen ja sisäolosuhteisiin vaikuttamiseen.

4.4 Sisäolosuhteiden kaupallistaminen

Anttilan (2022, s.5–6) tutkimuksessa tunnistettiin seitsemän eri arvonluonnin keinoa, joilla saadaan luotua toimitilojen käyttäjäorganisaatiolle liikevaihdon kasvua ja tuettua liiketoiminnan kannattavuutta. Toimitiloista voi olla käyttäjäorganisaatiolle huomattava vaikutus kannattavuuden ja toimintakyvyn kasvussa. (Taulukko 4; Anttila 2022, s.5–6).

Taulukko 4. Anttila (2022, s.5–6) tunnistamat seitsemän lisäarvoa tuottavaa strategiaa. (mukaiillen Anttila 2022, s.5–6)

1)	Omaisuuuden arvon kasvattaminen (liikevaihdon kasvu)
2)	Markkinoinnin ja myynnin edistäminen (liikevaihdon kasvu)
3)	Innovoinnin kasvattaminen (liikevaihdon kasvu)
4)	Työntekijöiden tyytyväisyyden parantaminen (liikevaihdon ja/tai kannattavuuden kasvu)
5)	Tuottavuuden lisääminen (kannattavuuden kasvu)
6)	Joustavuuden lisääminen (kannattavuuden kasvu)
7)	Kustannusten vähentäminen (kannattavuuden kasvu)

Anttila (2022 s.6) tunnistaa yrityksen imagon kasvattamisen merkittävänä osana markkinoinnin ja myynnin edistämistä. Innovoinnin tukena työssä on toimistotilojen työpisteiden käytettävyyden ja toimistotilojen suunnittelun kehittäminen. Prosessin toimivuutta ja työntekijöiden tyytyväisyyttä voidaan parantaa osallistamalla myös tulevia käyttäjiä suunnitteluun. Tyytyväisyyteen vaikuttaa myös toimitilojen sijainnin valitseminen työntekijöitä miellyttäväksi. Tuottavuuden lisäämiseen liittyen on pidettävä huolta kiinteistön ja toimitilojen ammattimaisella ylläpidolla, jotta sisäympäristön laatu säilytetään korkeatasoisena. Myös toimitiloissa tehtävää työtä tukevat tilaratkaisut parantavat tuottavuutta.

Joustavuutta voidaan tukea tarjoamalla kiinteistösijoittajille ja kiinteistöjen omistajille tarjotuilla sopimusvaihtoehdoilla, joustavilla työpaikkajärjestelyillä, tarjoamalla monipuolisiin käyttötarkoituksiin kehitettyjä tiloja sekä ulkoistamalla toimitilajohtamista. Kustannusten vähentämiseen nähdään keinona muun muassa käyttökustannusten pienentäminen, tilankäytön tehostaminen ja palveluiden ulkoistaminen. (Anttila 2022, s.6)

5. JOHTOPÄÄTÖKSET

Työssä tutkittiin sisäolosuhteisiin vaikuttavien tekijöiden toimintaa toimitiloissa ja kehitettiin ratkaisuja sisäolosuhteiden tuotteistamiseksi osana kiinteistöliiketoimintaan. Tähän liittyen tutkittiin sisäolosuhdetekijöiden vaikutuksia toimitiloissa työskenteleviin ihmisiin ja rakennuksen kokonaisvaltaiseen kannattavuuteen. Havaittiin sisäolosuhteiden eri osa-alueilta tekijöiden vaikuttavan toimitilojen sisäolosuhteisiin. Työssä toistui useissa lähteissä toisiaan tukevia, vertailevia ja ymmärrystä laajentavia asioita sekä osassa lähteistä perehdyttiin tutkimaan tarkemmin vain tiettyjä osa-alueita tekijöineen. Eri tekijät kokonaisuksineen ja vaikutuksineen osoittautuivat kaikki enemmän tai vähemmän huomionarvoisiksi sisäolosuhdetuotteistuksen ratkaisujen kannalta.

Työssä erityisesti sisäilman laatu korostui tärkeänä tekijänä. Sisäilman todettiin olevan kokonaisuus, jota on mitattava aktiivisesti ja tehtävä muutoksia mahdollisimman pian puutteiden ilmetessä. Vaikutukset osoittautuivat kokonaisvaltaisiksi sekä taloudellisesti, että työhyvinvoinnillisesti. Tähän liittyen ilmanvaihto ja lämpömukavuus on mitattava reaaliaikaisesti, reagoida tuloksiin aktiivisesti ja myös silloin kun käyttäjät eivät itse tietoisesti havaitse olemassa olevia puutteita. Sisäilman laadun tulisi kuulua oletusarvoksi myös energiatehokkaisiin tiloihin. Tämä sulkee pois mahdollisuuden valita ainoastaan tärkeäksi markkinoilla havaitun energiatehokkuuden perusteella toimitilat hyvien sisäolosuhteiden sijaan. Ratkaisuina olisivat esimerkiksi erilaiset ohjeet, lait ja sertifikaatit.

Toimitilojen etuna on soveltua joustavasti muuttuviin olosuhteisiin sekä eri käyttäjien toimintaan. Tällainen muuntojoustavuus on modernissa työympäristössä etu ja mahdollisuus tuotteistaa tilojen olosuhteita esimerkiksi kiinteistösijoittajille ja kiinteistöjen omistajille. Ratkaisevaa on myös, kuinka valaistusominaisuuksia parantamalla tiloista saadaan huomattavasti houkuttelevampia. Luonnonvalon lisääminen käyttäjäystävällisyyden lisäksi energiatehokkuuden takia parantaisi toimitilojen kaupallista kilpailukykyä. Myös kasveja on perusteltua sijoittaa tiloihin sisäilman laadun turvaamiseksi. Kasvit lisäävät myös sisäolosuhteiden laatua viihtyvyyden osalta ensiluokkaisesti, jolloin ammattimaisesti toteutettuna tämä on myös toimiva tapa tuotteistaa toimitiloja. Puolestaan toimitilojen akustisen ympäristön mukavuuteen voidaan panostaa erilaisilla suunnitteluratkaisuilla. Tiloja voidaan muokata myös jälkepäin akustisesti mukavammiksi. Ratkaisujen laatua parantaisi entisestään soveltuvuus erilaisiin työtehtäviin ja työtiloihin.

Rakennesuunnittelun osalta korostui käyttäjälähtöisyys. Tilojen käyttäjien inhimillinen ja ammattimainen huomioiminen rakennesuunnittelussa on ratkaisu tyytyväisyyden ja tuotavuuden kasvattamiseen. Esimerkiksi erilaisten palvelujärjestelmien on oltava kun-

nossa tilojen laadun takaamiseksi asiakkaalle sekä tähän liittyvä tuotteistaminen voi nostaa toimitilojen arvoa tuottamallaan laadulla. Kehityksen strategia todettiin yhtenä mahdollisena ratkaisuna. Kehityksen strategia huomioisi myös hyvin muun muassa kiinteistösijoittajille ja kiinteistöjen omistajille tärkeäksi todetun energiatehokkuuden. Tällöin sisäilman parantamiseen tehdyt toimenpiteet olisivat kannattavia, eivätkä olisi pois arvossa pidetystä energiatehokkuudesta. Siitä ei oltaisi tutkimusten mukaan todennäköisesti valmiita maksamaan lisää.

Hyödyt ovat eduksi eri osapuolille, kuten käyttäjille, kiinteistösijoittajille ja kiinteistöjen omistajille. Asenteella, että kaikella on merkitystä. Sisäolosuhteiden kehittämiseen laitettu raha on investoitua rahaa. Sijoittaminen sisäolosuhteisiin pystytään markkinoimaan tutkituilla hyödyillä kannattavaksi. Sisäolosuhteiden tuotteistaminen luo mahdollisuuden tarjota investointeja, joilla on konkreettisia hyötyjä kiinteistöliiketoimintaan. Sijoitusten kannattavuutta voidaan perustella saaduilla tutkimustuloksilla. Sisäolosuhteita parantavien tuotteiden hyötyjen merkitys kokonaiskuvassa kasvaa niin suureksi, että investoinneista tulee liiketoiminnallisesti kannattavia. Esitetyt ratkaisut ja niistä seuraavat hyödyt ovat konkreettisia parannuksia toimitiloihin, joilla voidaan luoda lisäarvoa toimitilojen käyttäjäorganisaatioille liikevaihdon kasvamisen ja kannattavuuden muodossa. Ratkaisukohtiin liittyen on löydettävissä markkinoilta erilaisia tuotteita ja ratkaisuja. Lisäksi tutkimus avaa mahdollisuuksia kehittää ja innovoida uusia tuotteita.

Omaisuuksien arvon kasvattaminen ja sisäolosuhteiden kehittäminen voidaan nähdä tutkimusten perusteella siis suoraan verrannollisiksi, kun tehdään oikeita asioita esimerkiksi saneerauksilla tai muulla toimitilakehittämisellä. Markkinoinnin ja myynnin edistämiseen liittyen sisäolosuhteiden tutkitut hyödyt ja niiden avulla kehitetyt tilat lisäävät kysyntää ja toimitilojen arvoa. Innovoinnin kasvattamista tukevat uusien keksintöjen, uuden teknologia ja ratkaisut sisäolosuhteisiin. Työntekijöiden tyytyväisyyden parantaminen voidaan yhdistää kaikkiin sisäolosuhteisiin tehtäviin kehityksiin, sillä toiminta on käyttäjälähtöistä. Tuottavuuden lisääminen liittyy vahvasti kaikkien sisäolosuhteiden tuotteistamiseen liittyvien ratkaisujen hyötyihin, sillä tutkimuksissa on otettu huomioon ratkaisujen kannattavuus myös liiketoiminnallisesti. Joustavuuden lisääminen saadaan aikaan sisäolosuhteillaan toimivilla toimitiloilla, jotka tukevat käyttäjiä joustavasti työtehtävästä riippumatta. Kustannusten vähentyminen näkyy kokonaiskuvassa, kun tarkastellaan sisäolosuhteratkaisujen tuottamaa hyötyä, sillä varsinkin pitkällä aikavälillä ratkaisut tukevat liiketoiminnallisen kannattavuuden kehitystä.

LÄHTEET

- Al Horr, Y., Arif, M., Kaushik, A., Mazroei, A., Katafygiotou, M. & Elsarrag, E. (2016). Occupant productivity and office indoor environment quality: A review of the literature. *Building and Environment*. Vol.105, pp. 369–389.
- Anttila, J. (2022). Toimitilakehittämisen trendit ja lisäarvo käyttäjäorganisaatiolle. Diplomityö, Tampereen yliopisto. Saatavissa: (viitattu 19.4.2024) https://andor.tuni.fi/permalink/358FIN_TAMPO/1j3mh4m/alma9911355908805973.
- Cheung, H.D. & Chung, T.M. (2008). A study on subjective preference to daylight residential indoor environment using conjoint analysis. *Building and Environment*. Vol.43(12), pp. 2101–2111.
- E3 Pandemic Response (2022). Yhteenveto: Terveisiä terveysturvallisten tilojen työpajasta. E3-hankkeen internetsivut. Päivitetty 15.12.2022. Saatavissa (viitattu 10.3.2024): <https://www.pandemicresponse.fi/post/terveisia-terveysturvallisten-tilojen-tyopajasta>
- E3 Pandemic Response. (2024). About. E3 Pandemic Response -hankkeen internetsivut. Päivitetty 2024. Saatavissa (viitattu 25.2.2024): <https://www.pandemicresponse.fi/about>
- Kakoulli, C., Kyriacou, A. & Michaelides, M.P. (2022). A Review of Field Measurement Studies on Thermal Comfort, Indoor Air Quality and Virus Risk. *Atmosphere*. Vol.13(2), 191 p.
- Kim, Y.K., Abdou, Y., Abdou, A. & Altan, H. (2022). Indoor Environmental Quality Assessment and Occupant Satisfaction: A Post-Occupancy Evaluation of a UAE University Office Building. *Buildings*. Vol.12(7), 986 p.
- Kontturi, E. (2016). Hyvä tieteellinen käytäntö. Aalto yliopisto, Kemian tekniikan korkeakoulu, Puunjalostustekniikan laitos. 44 s.
- Kulmala, I., Karvinen, A., Taipale, A. & Säämänen, A. (2023). Laskentatyökalu ilmateitse tapahtuvan infektorisikin arviointiin: Sisäilmastoseminaari 2023.
- Kumar, P., Singh, A.B., Arora, T., Singh, S. & Singh, R. (2023). Critical review on emerging health effects associated with the indoor air quality and its sustainable management. *Science of The Total Environment*. Vol.872, 162163 p.
- Lindholm, A. & Leväinen, K.I. (2006). A framework for identifying and measuring value added by corporate real estate. *Journal of Corporate Real Estate*. Vol.8(1), pp. 38–46.
- Mannan, M. & Al-Ghamdi, S.G. (2021). Indoor Air Quality in Buildings: A Comprehensive Review on the Factors Influencing Air Pollution in Residential and Commercial Structure. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. Vol.18(6), 3276 p.
- Peltomaa, A.E. (2018). Rakennushankkeen laadunvarmistaminen sisäilmaston näkökulmasta. Diplomityö, Tampereen yliopisto. Päivitetty: 5.12.2018. Saatavissa: (viitattu 10.2.2024) <https://urn.fi/URN:NBN:fi:tty-201811262760>.
- Pourkiaei, M. & Romain, A.-C. (2023). Scoping review of indoor air quality indexes: Characterization and applications. *Journal of Building Engineering*. Vol.75, 106703 p.
- Roumi, S., Zhang, F., Stewart, R.A. & Santamouris, M. (2023). Weighting of indoor environment quality parameters for occupant satisfaction and energy efficiency. *Building and Environment*. Vol.228, 109898 p.
- RT 07-11299. (2018). Sisäilmastoluokitus 2018. Sisäympäristön tavoitearvot, suunnitteluohjeet ja tuotevaatimukset. RT-tietoväylä. 24 s.

Sisäilmayhdistys ry. (2008). Sisäilmaoireet. Helsingin, Espoon ja Vantaan Terveelliset tilat. Saatavissa (Viitattu 27.2.2024): <https://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Terveysvaikutukset/Sisailmaoireet>.

Tekce, I., Ergen, E. & Artan, D. (2020). Structural Equation Model of Occupant Satisfaction for Evaluating the Performance of Office Buildings. Arabian Journal for Science and Engineering. Vol.45(10), pp. 8759–8784.

Tuomisto, J. (2024). Mikä on sairas rakennus? Terveyskirjasto Duodecim -internetsivut. Päivitetty 15.6.2020. Saatavissa (viitattu 27.2.2024): <https://www.terveyskirjasto.fi/asy00412>.

Xenakis, M.N. (2023). Generalizing the Wells–Riley Infection Probability: A Superstatistical Scheme for Indoor Infection Risk Estimation. Entropy, Vol.25(6), 896 p.