



Ilmanvaihdon laadunvarmistus sisäilmaston näkökulmasta

Petri Ruohomäki

OPINNÄYTETYÖ
Huhtikuu 2024

Tampereen ammattikorkeakoulu
Talotekniikan tutkinto-ohjelma
LVI-talotekniikka

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Talotekniikan tutkinto-ohjelma
LVI-talotekniikka

RUOHOMÄKI, PETRI:

Ilmanvaihdon laadunvarmistus sisäilmaston näkökulmasta

Opinnäytetyö 31 sivua, joista liitteitä 2 sivua
Huhtikuu 2024

Opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia ilmastointitekniikan laatuun vaikuttavia tekijöitä rakennushankkeessa sekä näiden tekijöiden vaikutusta sisäilmaan. Ilmanvaihdon toimivuudella on suuri merkitys hyvän sisäilmaston saavuttamisessa. Sisäilma vaikuttaa ihmisten viihtyvyyteen, terveyteen ja tuottavuuteen. Puhdas ja raikas sisäilma tukee edellä mainittuja seikkoja. Suomalaiset viettävät keskimäärin 90 prosenttia ajastaan sisätiloissa. Aukkaiden hyvinvoinnin kannalta sisäilman laadulla on merkittävä rooli. Rakennusten huonolla sisäilman laadulla on kansanterveydellisiä ja kansantaloudellisia vaikutuksia.

Opinnäytetyön tuloksena tuotettiin tietoa ilmastointitekniikan tekijöistä, jotka vaikuttavat merkittävästi rakennuksen sisäilmastoon. Tutkimus oli kvalitatiivinen eli laadullinen. Laadullinen tutkimus määrittää tyypillisesti kokonaisvaltaiseksi tiedonhankinnaksi, jossa aineisto koostetaan autenttisisissa tilanteissa siten, että tutkittavien oma ääni pääsee esille. Tutkimuksen tulokset pohjautuvat teoriakatsaukseen sekä teemahaastatteluihin, jotka koskivat tilanteita, joita haastatteluun osallistuneet henkilöt ovat kohdanneet uransa aikana. Haastatteluista nousi esille yhteensä 124 tekijää, jotka vaikuttavat sisäilman laatuun.

Haastatteluissa toistuivat samat ongelmat ja puutteet, jotka ovat vallitsevina rakennushankkeiden muillakin osa-alueilla. Suurimmiksi ongelmiksi laadunvarmistamisessa koettiin tiukan aikataulun tuoma kiire, puutteet rakennushankkeeseen osallistuvien henkilöiden välisessä kommunikaatiossa, kuten tiedon vaihdossa, sekä puutteet valvonnassa. Selkeimmäksi virheeksi nousi se, ettei ilmastointijärjestelmän säädössä ja tasapainotuksessa päästy suunniteltuihin ilmamääriin. Huollolla ja ylläpidolla on ratkaiseva asema, kun halutaan taata hyvä sisäilmasto koko kiinteistön elinkaaren ajaksi.

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Building Services Engineering
HVAC Systems

RUOHOMÄKI, PETRI:
Quality Assurance of Ventilation from the Perspective of Indoor Air

Bachelor's thesis 31 pages, appendices 2 pages
April 2024

The purpose of this thesis was to study the factors that influence the quality of ventilation system in construction project and the impact that those factors have on the indoor air quality. Well working air conditioning has a significant role in achieving good air quality inside. The air inside has an impact on people's comfort, health and productivity. Clean and fresh air supports those mentioned above. Finnish people spend on average 90% of their time indoors. The indoor air quality has a significant role on the well-being of the residents. Poor indoor air quality in buildings has impacts on the public health and national economy.

This thesis produced information on the ventilation system factors that significantly impact the indoor air quality of buildings. This was a qualitative research study. Typically the qualitative research study is defined as comprehensive search of information, where the material is compiled from authentic situations so that the voice of the examinees will be heard. The results of the study are based on the theory review and completed theme interviews. The results of the interviews are based on situations that the interviewees have faced during their careers. The data obtained by the interviews contain 124 factors that influence the indoor air quality.

The interviews revealed the same problems and deficiencies that are common also in the other sectors of construction projects. The main problems in quality assurance were the rush created by a tight schedule, lack of communication between the people involved in the construction project and lack of supervision. The most evident error was that the ventilation system's adjustments and balancing

did not reach the planned air flow volumes. Service and maintenance have a key role in ensuring a good indoor climate during the whole life cycle of the property.

Key words: ventilation, indoor air, indoor climate, quality assurance, building services

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	7
2	SISÄILMASTO, KÄSITTEET	8
	2.1 Sisäilma	8
	2.2 Sisäilmasto.....	8
	2.3 Sisäilmastoluokitus 2018.....	9
3	SISÄILMAN LAATU	11
	3.1 Lämpötila	11
	3.2 Ilmankosteus	11
	3.3 Ilman epäpuhtaudet	12
	3.4 Ääniolot	13
4	SISÄILMAN LAADUNVARMISTUS	14
	4.1 Ilmanvaihtoa koskevat lait, määräykset sekä ohjeet	14
	4.1.1 Rakentamiseen kohdistuva säätely	14
	4.1.2 Sisäilmastoon kohdistuva säätely	15
	4.1.3 Ilmanvaihto ja ilmanvaihtojärjestelmien säätely	16
	4.2 Tekniikan laadunvarmistus.....	16
5	AINEISTONKERUU JA TUTKIMUKSEN TOTEUTUS	19
	5.1 Tutkimusmenetelmä.....	19
	5.2 Tutkimusaineisto	20
	5.3 Sisäilmaan vaikuttavat tekijät	21
	5.4 Tekijöiden tarkastelu	22
	5.4.1 Suunnittelu	22
	5.4.2 Asennus	23
	5.4.3 Työnjohto ja valvonta.....	24
	5.4.4 Säädettyvyys.....	25
	5.4.5 Käyttö ja ylläpito	25
6	POHDINTA	27
	LÄHTEET.....	29
	LIITTEET	30
	Liite 1. Saatekirje	30
	Liite 2. Haastattelukysymykset.....	31

1 JOHDANTO

Suomalaisissa rakennuksissa ilmenee valitettavan usein sisäilmaongelmia. Sisäilmaongelmat eivät koske ainoastaan vanhaa rakennuskantaa, vaan myös uusissa, alle 10 vuotta vanhoissa rakennuksissa todetaan ongelmia. Usein ongelmien taustalla on moninaisia tekijöitä. Sisäilmaongelmia voi aiheutua rakennushankkeen suunnitteluvaiheessa, toteutusvaiheessa tai käyttö- ja ylläpitovaiheessa tapahtuvien väärin ratkaisujen tai toimintatapojen seurauksena. Rakentamista ohjaa kustannustehokkuus, mikä on johtanut aikataulujen kiristymiseen. Kireät aikataulut eivät mahdollista laadukasta rakentamista. Tämä koskee kaikkia rakentamisen osa-alueita, myös talotekniikkaa.

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on selvittää kyselytutkimuksen avulla talotekniikan ammattilaisten näkemyksiä ilmanvaihtotekniikan ongelmista, jotka johtavat sisäilman huonoon laatuun. Ammattilaisista koostui laaja kirjo alan asiantuntijoita aina toteuttavasta portaasta suunnittelijoihin asti. Sisäilman huonon laadun suurin tekijä on puutteellinen tai väärin toimiva ilmanvaihto. Tutkimus toteutettiin henkilökohtaisina teemahaastatteluina. Tutkimukseen osallistuvat kertoivat kokemuksiaan ilmanvaihtohankkeista, joissa ovat olleet osallisina. Tutkimustuloksia pyrittiin tukemaan tutkimuksen teoriakatsauksella ilmastointitekniikan laadunvarmistamisesta ja sisäilmastosta. Tutkimustuloksista tuotettiin listaus ilmanvaihdon ongelmien vaikuttavista tekijöistä sisäilmastoon.

2 SISÄILMASTO, KÄSITTEET

2.1 Sisäilma

Sisäilma määritellään rakennuksen sisällä olevaksi hengitettäväksi ilmaksi, jossa on puhtaan ilman lisäksi aina myös vaihteleva määrä erilaisia epäpuhtauksia. Sisäilma voidaan määritellä hyväksi silloin, kun rakennuksen käyttäjistä suurin osa on tyytyväinen sisäilman laatuun. Kun sisäilma on laadukasta, sisäilman haitta-tekijät eivät aiheuta terveydellistä vaaraa. Laadukas sisäilma tuoksuu neutraalilta, ja se on rakennuksen käyttäjän kokemuksen mukaan lämpötilaltaan ja ilman-kosteudeltaan miellyttävää. (Työsuojelu n.d.)

Aikuinen ihminen viettää noin 90 prosenttia ajastaan sisätiloissa. Vanhuksilla ja lapsilla sisällä vietetty aika on jopa suurempi. Vuorokaudessa ihminen hengittää jopa 40 kuutiometriä ilmaa, josta suurin osa on sisäilmaa. Sisäilman epäpuhtaudet voivat aiheuttaa tai pahentaa keuhkosairauksia sekä allergia- ja ärsytysoireita. Sisäilman laadulla on ratkaiseva merkitys ihmisten hyvinvointiin, viihtyvyyteen, terveyteen sekä työtehoon. (Työsuojelu n.d.)

2.2 Sisäilmasto

Suomessa yksi sisäilma-asiantuntijataho on Motiva eli valtion kestävän kehityksen yhtiö, jonka tavoitteena on edistää kestävästä kehityksestä muun muassa ohjeistamalla toimijoita tekemään valintoja, jotka ovat resurssitehokkaita, vaikuttavia ja kestäviä (Motiva 2023). Motivan (2023) mukaan

[s]isäilmasto koostuu seuraavista osa-alueista ja niiden osatekijöistä:

- Lämpöolosuhteet: ilman lämpötila, kosteus ja liike, pintojen lämpötilat, lämpötilaerot ja -vaihtelut
- Ilmanlaatu: leijuvat pölyt, orgaaniset ja epäorgaaniset kaasut, bakteerit, itiöt, jne.
- Ääniolosuhteet: äänen voimakkuus, kesto, taajuus, impulssimaisuus, huoneen ominaisuudet
- Valaistus: voimakkuus, häikäisy, kontrasti, värintoisto (Motiva 2023.)

Sisäilman laadun havaitseminen on myös subjektiivista. Motivan mukaan ihminen kokee esimerkiksi lämpöolosuhteet sisäilman lämpötilan lisäksi myös pintojen lämpötilana, ilman liikkeenä ja ilmankosteutena. Ihmisillä on yksilöllisiä eroja siinä, miten he kokevat sisäilman lämpötilan. Jokaiselle sopivaa lämpötilaa on vaikea säätää, koska toiselle sopiva voi olla toiselle liian kylmä tai kuuma. Sisäilman kuitenkin pitää olla asumiseen ja olemiseen soveltuva. Ulkoilman olosuhteiden vaihtelu vaikuttaa sisäilman kosteuteen. Tilan käytöllä on kuitenkin suuri merkitys sisäilman kosteusolosuhteisiin. (Motiva. 2023.)

2.3 Sisäilmastoluokitus 2018

Sisäilmastoluokitus 2018 on tarkoitettu rakennus- ja taloteknisen suunnittelun ja urakoinnin sekä rakennustarviketeollisuuden tarpeisiin, kun tavoitteena on päästä määräyksiä parempaan sisäilmaan. Sisäilmayhdistyksen mukaan sisäilmaluokitus on luotu uudisrakentamiseen, mutta se on myös soveltuvin osin käytettävissä korjausrakentamisen tarpeisiin.

Sisäilmastoluokitus on laajasti käytössä rakennus- ja taloteknisen suunnittelun ja urakoinnin sekä rakennustarviketeollisuuden apuna, kun tavoitteena on rakentaa entistä terveellisempiä ja viihtyisämpiä rakennuksia. (Sisäilmayhdistys n.d.)

Sisäilmastoluokitukselle on luotu tavoite- ja suunnitteluarvot. Näin se tukee suunnittelijoiden, rakennuttajien, urakoitsijoiden, laitevalmistajien ja käyttöhenkilöstön työtä hyvän sisäilman takaamiseksi. Sisäilmastoluokitukselle on vakiintunut paikka rakennushankkeen osapuolten keskuudessa. Näin voidaan sopia hyvän sisäilmaston tavoitteista ja myös varmistaa niiden toteutuminen. (Sisäilmayhdistys n.d.)

Sisäilmastoluokitus ilmestyi ensimmäisen kerran Sisäilmayhdistyksen kehittämänä vuonna 1995 nimellä *Sisäilmaston, rakennustöiden ja pintamateriaalien luokitus*. Julkaisu uudistettiin vuonna 2001, ja se sai nimekseen *Sisäilmastoluokitus 2000*. Seuraava julkaisu *Sisäilmastoluokitus 2008* ilmestyi vuonna 2008. Viimeisin versio, *Sisäilmastoluokitus 2018*, on julkaistu 14.5.2018. (Sisäilmayhdistys n.d.)

Sisäilmastoluokitus on kolmitasoinen, ja sitä kuvataan luokilla S1, S2 ja S3. Vaativin laatuluokitus on S1, jolla päästään todennäköisimmin toteuttamaan käyttäjätyytyväisyydeltään parhaimmat tilat. S3 on luokitukseltaan vaatimattomin, ja se täyttää lain vähimmäisvaatimukset. (RT 07-11299)

Sisäilmastoluokkaa S1 kutsutaan yksilölliseksi sisäilmastoksi. S1-tason tilan sisäilman laatu on erittäin hyvä. Tilassa ei esiinny havaittavia hajuja. Sisäilmaan yhteydessä olevissa tiloissa taikka rakenteissa ei saa olla ilman laatua heikentäviä lähteitä. Lämpöolosuhteet ovat viihtyisät, eikä yllämpenemistä taikka vetoa esiinny. Tilan käyttäjällä on mahdollisuus päästä hallitsemaan yksilöllisesti lämpöoloja sekä hyviä valaistusolosuhteita. Tiloihin on toteutettu käyttötarkoituksen mukaiset ja erittäin hyvät ääniolosuhteet. (RT 07-11299)

Sisäilmastoluokkaa S2 kutsutaan hyväksi sisäilmastoksi. S2-tason tilan sisäilman laatu on hyvä. Tilassa ei esiinny häiritseviä hajuja. Sisäilmaan yhteydessä olevissa tiloissa taikka rakenteissa ei saa olla ilman laatua heikentäviä lähteitä. Lämpöolosuhteet ovat hyvät. Vetoa ei esiinny yleensä, eikä yllämpenemistä esiinny kuin kesäpäivinä. Tiloihin on toteutettu käyttötarkoituksen mukaiset hyvät ääni- ja valaistusolosuhteet. (RT 07-11299)

Sisäilmastoluokkaa S3 kutsutaan tyydyttäväksi sisäilmastoksi. S3-tason tilan sisäilman laatu, lämpöolosuhteet, valaistusolosuhteet sekä ääniolosuhteet täyttävät maankäyttö- ja rakennuslain nojalla annetut säädökset ja terveysuojelulain perusteella asetetut vähimmäisvaatimukset. (RT 07-11299)

3 SISÄILMAN LAATU

3.1 Lämpötila

Sosiaali- ja terveysministeriön asumisterveysohjeessa todetaan, että lämmityskaudella asuinhuoneiston sisäilman lämpötilan pitäisi pysyä alle 23–24 asteessa ja että lämpötilan välttävä taso on 18 astetta. Sisäilman lämpötilan noustessa liian korkealle asukkaiden tyytyväisyys ja vireystila heikkenee, sekä se lisää sairausoireita. Sisäilman laatu heikkenee ja monen rakennusmateriaalin epäpuhtauspäästöt kasvavat lämpötilan noustessa. Sisäilma tuntuu kuivemmalta ja tunkkaihemmalta lämpötilan nousun aiheuttaman suhteellisen kosteuden aleneman vuoksi. Lämpötilan kohotessa ihmisen kokemat sisäilmaoireet lisääntyvät nopeasti talviaikana optimitasosta. Ilman lämpötila vaikuttaa suuresti ihmisen kokemaan vedontunteeseen. Vedon tunteeseen vaikuttavat myös lämpösäteily sekä ilman liike. Lämpötilan laskiessa normaaliolosuhteista ihminen kokee vetoa herkemmin. Ilmanvaihdon suunnittelulla, toteutuksella sekä toiminnalla on suuri rooli lämpötilatasapainon ylläpitämisellä. Ilmastointi- ja lämmityslaitteiden toiminta on säädettävä keskenään, jotta optimilämpötilaa pystytään ylläpitämään. (Sandberg 2016, 37.)

3.2 Ilmankosteus

Ilmankosteutta mitataan suhteellisena kosteutena, eli kuinka paljon ilmassa on vesihöyryä siihen nähden, mitä kyseisessä lämpötilassa ilma voi sitoa vesihöyryä. Ilman suhteellinen kosteus prosentteina lyhennetään RH. Ilmankosteuden optimialue on 25–45 %. Asumisterveysasetuksessa ei ole kuitenkaan säädetty tarkkoja rajoja. Vuodenaikojen välillä sisäilman kosteudella on suuretkin vaihtelut. Kesällä suhteellinen kosteus vaihtelee tyypillisesti 50–70 % välillä. Talvella ilma on selkeästi kuivempaa, jolloin suhteellinen ilmankosteus vaihtelee yleensä 20–40 % välillä. (Hengitysliitto n.d.)

Liian kuivalla tai liian kostealla sisäilmalla on haittavaikutuksia. Liian kuiva sisäilma aiheuttaa ihmiselle oireita, kuten hengitysteiden limakalvojen, silmien si-

dekalvojen ja ihon kuivumista. Allergiaoireet saattavat myös korostua kuivan ilman vuoksi. Sisäilma luokitellaan liian kuivaksi, kun suhteellinen kosteus laskee alle 20 prosentin. Talvikuukausina voidaan parantaa olosuhteita ilmankostuttimella. Sisäilman liiallinen kosteus tiivistyy kylmille pinnoille kuten ikkunoihin. Liiallinen kosteus nostaa kosteusvaurioiden riskiä. Pitkä kosteusrasitus johtaa väistämättä kosteusvaurioihin rakenteissa. (Hengityслиitto n.d.)

3.3 Ilman epäpuhtaudet

Sisäilman epäpuhtauksien määrä vaihtelee ajallisesti. Epäpuhtauksia kulkeutuu sisäilmaan ulkoilmasta sekä sisätiloissa tapahtuvan toiminnan seurauksena. Epäpuhtauslähteiden täydellinen poistaminen on mahdotonta. Ilmanvaihdolla sekä ilman suodatuksella voidaan pitää epäpuhtausastot kurissa. Tärkeintä olisi kuitenkin minimoida epäpuhtauslähteet, sillä ilmanvaihtoa ja suodatusta ei pidä ylivoimistaa. Ylivoimaisuus aiheuttaa turhaa taloudellista haittaa investoinneissa sekä käyttökustannuksissa. (Sandberg 2016, 56.)

Sisäilman epäpuhtaudet jakaantuvat pienhiukkasiin, kaasumaisiin epäpuhtauksiin sekä biologisiin epäpuhtauksiin. Hiukkaset lajitellaan kokonsa mukaan aina suurista yli 10 mikrometrin hiukkasista alle 0,1 mikrometrin nanohiukkasiin. Esimerkiksi huonepöly sisältää kaiken kokoisia hiukkasia. Koko vaikuttaa hiukkasen leijumisaikaan huoneilmassa. Alle viiden mikrometrin hiukkaset kulkeutuvat jatkuvasti ilmavirtauksien mukana. Ultrapienet hiukkaset kulkeutuvat jopa hengitysteiden kautta verenkiertoon. Pienhiukkaset saattavat sisältää myrkyllisiä yhdisteitä. Vanhoissa ilmanvaihtojärjestelmissä on terveydelle haitallisia aineita muun muassa eristemateriaaleissa, joista ne voivat mekaanisessa rasituksessa muuttua pienhiukkaseksi ja kulkeutua sisäilmaan. Tunnetuimpina voidaan mainita siliikaattimineraali asbesti sekä mineraalivillojen kuidut. Yleisin kaasumainen epäpuhtaus on hiilidioksidi, jota syntyy ihmisen hengityksestä sekä kaikessa palamisessa. (Sandberg 2016, 59.)

3.4 Ääniolot

Äänen ja melun kokeminen on subjektiivista, ja ihmiset kokevat ne hyvin eri tavoilla. Ääni muuttuu meluksi silloin, kun se alkaa häiritsemään ihmisen toimintaa taikka olemista. Toiselle ihmiselle kovakin ääni ei ole häiritsevä, vaikka musiikin soittaminen, jota toinen voi pitää hyvinkin häiritsevänä meluna. Ajankohdalla sekä tilanteella on vaikutusta äänen kokemukseen. Keskittymistä vaativaan työkentelyyn vaaditaan yleisesti ääniosuhteiltaan rauhallisempaa tilannetta. Normaalielämän äänet saattavat tällöin häiritä. Melu vaikuttaa myös terveydellisesti. Voimakas melu aiheuttaa kuulovaurioita. Ilmanvaihtoa suunniteltaessa on otettava huomioon ääniosuhteet. Ilmastointilaitteiston osat, kuten puhaltimet ja päätelaitteet, saattavat aiheuttaa melua. Melun vaimentaminen on tärkeää, jotta äänitasot eivät häiritse käyttäjää. Mikäli ilmanvaihtolaitteisto aiheuttaa melua, on riskinä, että käyttäjä säätää ilmanvaihtoa matalammalle tasolle taikka sammuttaa sen täysin. Tämä vaikuttaa heti sisäilman laatuun heikentävästi. (Sandberg 2016, 68.)

4 SISÄILMAN LAADUNVARMISTUS

4.1 Ilmanvaihtoa koskevat lait, määräykset sekä ohjeet

4.1.1 Rakentamiseen kohdistuva säätely

Ympäristöministeriön mukaan maankäyttö- ja rakennuslaki (132/1999) määrittää rakentamista koskevat yleiset edellytykset, olennaiset tekniset vaatimukset sekä rakentamisen lupamenettelyn ja viranomaisvalvonnan.

Olennaiset tekniset vaatimukset koskevat rakenteiden lujuutta ja vakautta, paloturvallisuutta, terveellisyyttä, käyttöturvallisuutta, esteettömyyttä, meluntorjuntaa ja ääniolosuhteita sekä energiatehokkuutta. (Rakentamismääräyskokoelma. 1999).

Maankäyttö- ja rakennuslaissa todetaan:

Tämän lain tavoitteena on järjestää alueiden käyttö ja rakentaminen niin, että siinä luodaan edellytykset hyvälle elinympäristölle sekä edistetään ekologisesti, taloudellisesti, sosiaalisesti ja kulttuurisesti kestävää kehitystä. (132/1999.)

Ministeriön mukaan lain tarkoituksena on turvata suunnittelun laatu ja vuorovaikutteisuus, asiantuntemuksen monipuolisuus ja avoin tiedottaminen. Maankäyttö- ja rakennuslakia seurataan ja arvioidaan, jotta sen toimivuus vastaa muuttuvaa toimintaympäristöä. (Rakentamismääräyskokoelma. 1999.)

Maankäyttö- ja rakennuslakia käsitellään tarkemmin säännöksiensä sekä ohjeiden muodossa Suomen rakentamismääräyskokoelmassa. Rakentamismääräyskokoelman määräykset ovat laadittu uuden rakennuksen rakentamiseen. Rakennuksen saneeraus- ja muutostöissä määräyksiä voidaan soveltaa tietyiltä osin, pois lukien määräyksissä tarkemmin määritetyt seikat. Rakennuksen ominaisuudet ja erityistarpeet huomioon ottaen on mahdollista soveltaa rakentamista koskevia määräyksiä. (Rakentamismääräyskokoelma. 1999.)

TAULUKKO 1. Rakentamismääräykset. (Rakentamismääräykset. 1999.)

Suunnittelu ja valvonta
Rakenteiden lujuus ja vakaus
Paloturvallisuus
Terveellisyys
Käyttöturvallisuus
Esteettömyys
Meluntorjunta ja ääniolosuhteet
Energiatehokkuus
Rakennuksen käyttö- ja huolto-ohje
Asuntosuunnittelu

4.1.2 Sisäilmastoon kohdistuva säätely

Suomen rakentamismääräyskokoelman terveellisyysosiossa pureudutaan sisäilmaston määräyksiin: Rakennushankkeessa on huolehdittava, että rakennus suunnitellaan ja rakennetaan siten, että se on sekä rakennuksen käyttäjän että ympäristön näkökulmasta tarkasteltuna terveellinen ja turvallinen. Tämä tarkoittaa sitä, että rakennuksen sisäilman, kosteus-, lämpö- ja valaistusolosuhteiden sekä vesihuollon toteutus ja laatu on huomioitava jo suunnitteluvaiheessa. Suomen rakentamismääräyskokoelmassa todetaan:

Rakennuksesta ei saa aiheutua terveyden vaarantumista sisäilman epäpuhtauksien, säteilyn, veden tai maapohjan pilaantumisen, savun, jäteveden tai jätteen puutteellisen käsittelyn taikka rakennuksen osien ja rakenteiden kosteuden vuoksi. (rakentamismääräyskokoelma. 1999.)

Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta (1009/2017) koskee uuden rakennuksen sisäilmastoa ja ilmanvaihdon suunnittelua ja rakentamista. Sisäilmaston osalta asetus jakautuu viiteen osioon, jotka ovat sisäilmaston suunnittelu, huonelämpötilojen suunnitteluarvot, sisäilman laatu, sisäilman kosteus sekä valaistusolosuhteet. (1009/2017.)

4.1.3 Ilmanvaihto ja ilmanvaihtojärjestelmien säätely

Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta 1009/2017 määrää ilmanvaihdon osalta seuraavaa:

Ilmanvaihdon on toteutettava terveellinen, turvallinen ja viihtyisä sisäilman laatu oleskelutiloissa. Ilmanvaihtojärjestelmän on tuotava rakennukseen riittävä ulkoilmavirta ja poistettava sisäilmasta terveydelle haitallisia aineita, liiallista kosteutta, viihtyisyyttä haittaavia hajuja sekä ihmisistä, rakennustuotteista ja toiminnasta sisäilmaan aiheutuvia epäpuhtauksia. (1009/2017.)

Suunnitellessa ilmanvaihtojärjestelmää on huomioitava, että järjestelmän toiminnan keskeisiä toimintoja voidaan mitata, ohjata sekä seurata. Ilmanvaihtojärjestelmä, oikein käytettynä ja kunnossapidettynä, kestää toimintakykyisenä sille asetetun käyttöiän. Ilmanvaihtojärjestelmä pitää olla kokonaisuudessaan pysäytettävissä. (1009/2017.)

4.2 Tekniikan laadunvarmistus

Hyvän sisäilmaston saavuttamiseksi avain asemassa on laadunvarmistus ilmastointijärjestelmän asennuksessa. Eri ammattiryhmien saumaton työskentely takaa laadukkaan lopputuloksen. Suomen rakentamismääräyskokoelman määräyksien ja ohjeiden lisäksi on luotu hyvää rakennustapaa tukemaan Rakennustieto Oy:n luomat RYL- sekä RT- ja LVI-kortisto. RYL sisältää erikseen talotekniikkaa käsittelevän TalotekniikkaRYL:in. LVI-kortistosta löytyvät talotekniikkaan liittyvät laatuvaatimukset, säännökset, lomakemalleja energiakatselmuksiin, huoltokirjoja, kuntoarvioita- ja tutkimuksia, laskentaohjelmia, rakennepiirustuksia ja tuotetietoja.

Rakennushankkeessa taloteknisten järjestelmien osalta tehdään oma LVI-työselostus. LVI-työselostuksen avulla hankkeen suunnittelijat saavat laadittua dokumentin, jota urakoitsijat ja urakoitsijan asentajat voivat käyttää apunaan asennustyössä. Tällä varmistetaan, että tuotteet sekä asennustapa ovat vaatimusten mukaiset. Työselostus on aina rakennushankekohtainen, joten se laaditaan yksilöllisesti hankkeeseen sopivaksi. Työselostuksen tulee olla yhtenäinen kokonaisuus muiden LVI-asiakirjojen kanssa. LVI-työselostuksessa tulisi esittää seuraavat asiat:

- sisäilmastovaatimukset,
- mittauslämpötilat eri vuodenaikoina huone- ja ulkolämpötilojen osalta,
- vetokriteerit huonetiloille,
- sallittu äänenpainotaso huoneissa,
- laatuvaatimukset (kanavien ja laitteiden tiiveydet ja pintakäsittely sekä puhtaus- ja puhdistamisvaatimukset) ja
- ilmanvaihtojärjestelmien luovutus- ja vastaanottomenettelyn kuvaus.

Rakennushankkeen taloteknisten järjestelmien vastaanottomenettely kostuu monista eri vaiheista sekä tarkastuksista. Nämä vaiheet sekä tarkastukset jatkuvat koko hankkeen ajan hankesuunnittelusta aina takuuajkaan saakka. Toimintatarkastukset ja laitteiden toimintakoevalmius varmistetaan, ja tämän jälkeen suoritetaan järjestelmien toimintakokeet. Toimintakokeita seuraa järjestelmään tehtävät säädöt, mittaukset ja viritystoimenpiteet niille suunniteltujen arvojen mukaisesti. Olennaista on, että kiinteistön huolto-, ylläpito- ja käyttöhenkilöt myös koulutetaan käyttämään järjestelmää oikealla ja kestäväällä tavalla. Prosessin päätteeksi suoritetaan järjestelmien yhteiskäyttökokeet ja tarkastusmittaukset. Tarkastusmittauksessa on määriteltävä käyttöolosuhteet, mittauspaikat, -tavat ja -välineet, sekä mittauksen kestoajat. Toimintaketju on aikataulutettava siten, että esille tulleiden puutteiden korjaamiseen jää riittävästi aikaa. (RT 10-11302. 2018, Peltomaa 2018, 32.)

TAULUKKO 2 Laadunvarmistusprosessin vaiheet. (RT 10-11301)

Laadunvarmennusprosessin suunnittelu ja aikataulutus
Laite- ja materiaalihyväksyntä
Malliasennukset
Laite- ja asennustapatarkastukset
Paine- ja tiiviyskokeet
Putkistojen huuhtelu ja puhtauden tarkastus
Urakoitsijoiden toimintatarkastukset
Rakennuttajan toimintakokeet
Järjestelmien virtauksien säätötyöt
Rakennusautomaatiojärjestelmän parametrien asettelu ja viritys
Koekäyttö ja kuormituskokeet
Mittaukset
Viranomaistarkastukset
Luovutus- ja käyttöasiakirjat
Käyttöönotto
Vastaanottotarkastus
Toimivuustarkastus; suositeltava jatko-osa laadunvarmistukselle

5 AINEISTONKERUU JA TUTKIMUKSEN TOTEUTUS

5.1 Tutkimusmenetelmä

Tutkimukseni on kvalitatiivinen eli laadullinen tutkimus. Laadullinen tutkimus määritellään tyypillisesti kokonaisvaltaiseksi tiedonhankinnaksi, jossa aineisto koostetaan autenttisissa tilanteissa siten, että tutkittavien oma ääni pääsee esille. Laadullisen tutkimuksen tavoitteena on hypoteesin tai teorian testaamisen sijaan aineiston monipuolinen tarkastelu. Pyrkimyksenä on löytää odottamattomia seikkoja tai näkökulmia tutkittavasta asiasta. Tutkimuksen kohdejoukkoa ei valita satunnaisotannalla, vaan se koostetaan tarkoituksenmukaisesti. (Hirsjärvi, Remes & Sajavaara 2009, 164.)

Laadullisen tutkimuksen perusanalyysimenetelmä on sisällönanalyysi, joka soveltuu paitsi tutkimusmetodiksi myös teoreettiseksi viitekehyykseksi erilaisissa analyysikokonaisuuksissa. Sisällönanalyysillä tarkoitetaan tyypillisesti menetelmää, jossa analysoidaan kirjoitettuja, kuultuja ja nähtyjä sisältöjä ja jota ei ohjaa tietty teoria, vaan analyysimuotoon voi soveltaa kohtalaisen vapaasti useita teoreettisia lähtökohtia. (Tuomi & Sarajärvi 2018, 103.)

Olen rajannut tutkimusaineistostani tutkimukseni kannalta olennaisen tiedon literoinnin, teemoittamisen ja tyypittelyn avulla. Sisällönanalyysissä teemoittamisen avulla tutkimusaineisto pilkotaan ja ryhmitellään aihepiirin mukaan. Tarkoituksena on etsiä aineistosta tiettyjä aiheita eli teemoja ja tiettyä teemaa kuvaavia näkemyksiä. Tyypittelyssä teemojen sisältä etsitään näkemyksille yhteisiä ominaisuuksia, joiden perusteella on mahdollista tiivistää tiettyä teemaa koskevat näkemykset yleistyksiksi tai tyyppiesimerkiksi. (Tuomi & Sarajärvi 2018, 105–107.)

Laadullisessa tutkimuksessa lähestymistapa on induktiivinen. Tutkimuksen lähtökohtana on empiiriset havainnot, kuten haastattelut, joita tutkija tarkastelee yksityiskohtaisesti ja perusteellisesti ja joista tutkija etsii merkittäviksi katsottavia teemoja. (Hirsjärvi, Remes & Sajavaara 2009, 266.) Tämän tutkimuksen aineisto on koottu teemahaastattelulla. Teemahaastattelu on avointa tutkimushaastattelua strukturoidumpi haastattelu. Teemahaastattelussa tutkija on valinnut tutkimuksen kannalta olennaiset aihepiirit ja teemat, mutta kysymyksillä ei ole tarkkaa

muotoa tai järjestystä (Hirsjärvi, Remes & Sajavaara 2009, 208–209.) Vaikka teema- haastattelu toteutettiin lomakkeella, haastattelukysymykset olivat kohtuullisen avoimia ja vastaaja saattoi poimia valituista aihealueista omaan kokemukseensa parhaiten soveltuvat aiheet. Siten haastattelu oli strukturoitua lomakehaastattelua avoimempi. Haastattelu toteutettiin yksilöhaastatteluna.

5.2 Tutkimusaineisto

Laadullisessa tutkimuksessa pyritään tilastollisten yleistysten sijaan kuvaamaan tiettyä ilmiötä tai ymmärtämään tiettyä toimintaa. Sen vuoksi on tärkeää, että tutkimushaastatteluun valikoidaan vastaajia, joilla on mahdollisimman paljon tietoa tai kokemusta tutkittavasta asiasta tai ilmiöstä. (Tuomi & Sarajärvi 2018, 98.)

Tässä tutkimuksessa haastateltavat valittiin heidän ammattinsa ja työkokemuksensa perusteella, jotta tutkittavaa ilmiötä on voitu tarkastella mahdollisimman moniammatillisesti.

Haastattelututkimukseen osallistui kuusi henkilöä. Haastateltavaksi kutsuttiin talotekniikan ammattilaisia, jotka työskentelevät ilmastointitekniikan parissa. Tutkimuksen riittävän luotettavuuden saavuttamiseksi haastateltavilta pyrittiin saamaan vähintään sata virhettä, ongelmaa taikka puutetta. Haastateltavilla oli pitkä kokemus talotekniikan alalta, ja he olivat työskennelleet moninaisissa rakennushankkeissa. Tämän lisäksi useimmat henkilöt olivat toimineet uransa aikana eri tehtävissä. Tutkittavilta löytyi osaamista aina asentamisesta suunnittelun kautta valvontaan saakka. Taulukossa 3. on esiteltyinä haastateltavat sekä heidän roolinsa rakennushankkeessa.

TAULUKKO 3. Haastateltavat

Vastaaja 1	IV-urakoitsija
Vastaaja 2	IV-asentaja
Vastaaja 3	LVI-urakoitsija
Vastaaja 4	LVI-valvoja
Vastaaja 5	LVI-asiantuntija
Vastaaja 6	LVI-asiantuntija

Tutkimuksen haastattelut toteutettiin kasvotusten henkilöhaastatteluna. Tutkimuksessa käsitellään rakennusten ja rakennushakkeiden ilmastointijärjestelmien ongelmia ja puutteita. Täten haastateltavien, hankkeiden ja rakennushankekohteiden tietoja ei tuoda julki. Tutkimuksen kannalta anonyymiteetti on erittäin tärkeää. Haastateltaville kerrottiin etukäteen tutkimuksen taustasta ja päämäärästä sekä varmistettiin suostumus haastatteluaineiston käyttöön.

5.3 Sisäilmaan vaikuttavat tekijät

Haastattelututkimuksen tarkoituksena oli kerätä laaja listaus erilaisia seikkoja, jotka vaikuttavat sisäilmaan ilmanvaihdon toteutuksessa. Haastateltavien laaja-alainen kokemus ilmastointitekniikasta antaa erinomaisen pohjan ongelmien ja haasteiden keräämiseen. Haastateltavien roolien moninaisuus aina suunnittelusta toteutukseen saakka sekä heidän osallistumisensa erilaisiin hankkeisiin tuo autenttisen tiedon sisäilmaan vaikuttavista tekijöistä. Riskitekijöitä tunnistamalla voidaan tuottaa entistä laadukkaampaa työnlaatua sekä kehittää koko prosessin toimivuutta. Kokemukseen perustuva tutkiminen tuo esille ongelmia, jotka voivat jäädä muuten huomiotta. Listauksen esiin tuomien eri riskitekijöiden määrä kuvaa ongelman laajuutta alalla.

TAULUKKO 4. Frekvenssi

Frekvenssi	Virheiden, ongelmien ja puutteiden jakauma
20,2	Huoltoa ja ylläpitoa laiminlyöty
18,5	Ilmanvaihtojärjestelmä on suunniteltu väärin, suunnitelmat eivät vastaa rakenteita.
16,1	Ilmanvaihtojärjestelmä on säädetty ja tasapainotettu väärin.
15,3	Asennusvirhe
14,5	Ilmanvaihtojärjestelmä on suunniteltu väärin, järjestelmää ei saa säädettyä ja tasapainotettua vaadittuihin arvoihin.
10,5	Valvonta puutteellinen.
4,8	Työnjohto puutteellinen.

5.4 Tekijöiden tarkastelu

5.4.1 Suunnittelu

Rakennushankkeen laadukkaan lopputuloksen perusta on hyvä suunnittelu. Virheet suunnittelussa vaikuttavat kaikkiin prosessin vaiheisiin. Talotekniikan vaatimustason nousu on tuonut haasteita suunnitteluprosessiin. Rakennushankkeen eri alojen suunnittelijoiden yhteistyö on tärkeää, jotta suunnitelmat olisivat yhteensopivia ja toteutuskelpoisia. Törmäystarkastuksilla saadaan sovitettua eri tekniikat järkevästi, jotta toteutus olisi työmaalla mahdollista. IV-suunnittelijan on tärkeää olla mukana jo hankesuunnittelussa, jotta tilavaraukset ovat huomioitu arkkitehti- ja rakennesuunnittelussa.

Haastatteluissa ilmeni suunnittelun osalta eniten ongelmia siinä, että ilmanvaihtojärjestelmää ei saada asennettua suunnitelman mukaisesti. Vaikuttavia tekijöitä löytyi useita: ”Kanavat ei mahdu niille varattuihin varauksiin. Kanavistoa pitää soveltaa, joka johtaa siihen, että virtaussäätimiä taikka päätelaitteita joutuu asentamaan väärään paikkaan.” (Vastaaja 2). ”Kanavat suunniteltu vedettävän kantavan rakenteen läpi.” (Vastaaja 5). Kanaviston asennuksen soveltaminen ja siten

myös suunnitelmasta poikkeaminen aiheuttavat ongelmia, kun pitäisi saada järjestelmä säädettyä sekä tasapainotettua: ”Sähkösuunnitelmat ovat ristiriidassa IV-suunnitelmien kanssa, joten risteilytarkastelua ei ole tehty.” (Vastaaja 6). Suunnitelmien ristiriitaisuuksiin on ratkaisuna tietomallinnus, jolla voidaan esittää rakennuksen ominaisuustiedot kolmiulotteisesti digitaalisessa muodossa. Näin päästään tarkastamaan eri tekniikoiden todellinen tilantarve. Tietomallinnus on tullutkin jo pakolliseksi tilaajan toimesta monissa rakennushankkeissa. Suunniteluohjelmien kehitys on helpottanut suunnitelmien tekoa sekä mitoitusta.

5.4.2 Asennus

Haastatteluissa ilmeni asennuksen laadun tason vaihtelevan suuresti eri työmailla. Alueelliset erot mainittiin myös. Kasvukeskuksien asuntopulan seurauksena rakentamisen nopea kasvu on tuonut työvoimapulan. Suomalaisia ammattilaisia ei ole riittänyt tarpeeksi kysyntään. Vierastyövoima on ollut jo pidempään myös talotekniikka-alalla arkipäivää. Työkulttuurin eroavuus sekä yhteisen kielen puuttuminen asettavat haasteen laadunvarmistamiselle. Hyvällä kommunikatiolla suunnittelijoiden, työnjohdon sekä asentajien välillä on tärkeä rooli siinä, että rakennushankkeen laadunvarmistus on oikealla tasolla. Rakennushankkeiden tehostamisen seurauksena tuulleet kireät aikataulut vaikuttavat asennuksen laatuun: ”Asennukselle varattu aika ei riitä hyvän rakennustavan mukaiseen asennukseen.” (Vastaaja 5).

Asentamisen laadunvarmistuksella on merkittävä rooli, kun pyritään takaamaan hyvä sisäilmasto. Materiaalien oikeaoppisella varastoinnilla sekä käsittelyllä voidaan taata ilmastointijärjestelmän puhtaus koko rakennushankkeen ajan. Kanavaosat, päätelaitteet sekä koneet on suojattava kunnolla epäpuhtauksilta. Rakennusaikana järjestelmään päässeet epäpuhtaudet heikentävät sisäilman laatua. Komponenttien laadukas asentaminen takaa tiiviin ilmanvaihtojärjestelmän. Tiivis ilmavaihtojärjestelmä ehkäisee vuotoilman aiheuttamia ongelmia, kuten epäpuhtauksien pääsyä sisäilmaan sekä melutason nousua. Ilmanvaihtojärjestelmän lämmön- ja kosteuseristyksen tarkoituksena on, ettei ilma jäähydy tai lämpene liikaa, sillä se vaikuttaa haitallisesti lämpötilanhallintaan tai viihtyisyyteen. Kosteus

ei saa tiivistyä rakenteita vahingoittavasti tai heikentää sisäilman laatua. ”Kanavien eristys oli puutteellista kylmässä yläpohjassa, joka johti kondenssiveden muodostumiseen ja kosteusvaurion rakenteisiin.” (Vastaja 6). Ilmanvaihtokanavien riittävällä kannatuksella voidaan taata kanavien pysyminen tukevasti paikallaan, kestävän järjestelmän painevaihtelut sekä muut rasitukset. ”Kannakoinnin puuttuminen sekä puutteellinen kiinnitys aiheutti kanavan irtoamisen liitoksestaan eritystyön aikana. Tämä aiheutti eristysmateriaalin mineraalikulitujen pääsyn ilmanvaihtojärjestelmään.” (Vastaja 6).

Haastatteluiden perusteella asentamisen laatuun on kiinnitetty lähivuosina enemmän huomiota. Malliasennuksella voidaan varmistaa oikeaoppinen käytäntö jo urakan alkuvaiheessa. Säilytyksen aikana ilmanvaihtojärjestelmän komponenttien tulee olla suojattuna. Myös asennetun järjestelmän sekä järjestelmän osien pitää olla suojattuna. Asennuksen laadunvarmistusta seurataan esimerkiksi laite- ja materiaalihyväksynnällä, malliasennuksella, asennustapatarkastuksella sekä toimintatarkastuksella.

5.4.3 Työnjohto ja valvonta

Työnjohto todettiin puutteelliseksi, jolloin asentajien vastuu korostui. Työnjohtajilla saattaa olla useampi työmaa samanaikaisesti hoidettavana, mikä kuormittaa liikaa. Näin ollen yksittäisillä työmailla ei riitä tarpeeksi aikaa laadukkaaseen työjohtamiseen: ”Työnjohtoa ei ole saatavilla, kun olisi tarvetta”. (Vastaja 2). ”Aikaa riittää ainoastaan työmaapalaverissa käynteihin ja ”tulipalojen” sammuttamiseen.” (Vastaja 6). Asentajat joutuvat tekemään itse ratkaisuja, jotta he pysyvät aikataulussa. Tämä on johtanut virheisiin sekä puutteisiin, jotka aiheuttavat merkittävää haittaa ilmanvaihtojärjestelmän toimintaan.

Haastatteluissa tuli ilmi, että valvonnan laatu ja määrä ovat nousseet vuosien varrella selkeästi. Näissä kuitenkin todettiin olevan suuria työmaa- ja kuntakohtaisia eroja. Valvojat saattavat luottaa tuttuun urakoitsijaan ja näin jättää valvontakäyntejä vähemmälle. Valvojalta puuttui talotekninen osaaminen ja näin ilmanvaihtojärjestelmän laadunvarmistus jäi täysin urakoitsijan harteille.

5.4.4 Säädettyvyys

Pääsääntöisesti nykyrakennuksiin toteutetaan koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmä. Järjestelmän tulee olla tasapainotettu sekä säädetty asianmukaisesti, jotta sen toiminta on asianmukaista. Rakennuksen paine-erot vaipan yli suunnitellaan niin, että rakennus olisi ulkoilmaan nähden mahdollisimman lähellä nollaa tai lievästi alipaineinen. Paine-eron hallitseminen tiiviissä rakennuksessa on rakennusvaipan tiiviyyden parantuessa tullut entistä tärkeämmäksi. Ilmavirtojen tasapaino vaikuttaa keskeisesti paine-eroon. Liiallinen alipaine aiheuttaa hallitsemattoman korvausilman tulon väärästä paikasta ohi suunnitellun reitin. Tämä aiheuttaa epäpuhtauksien pääsyn sisäilmaan ulkoilmasta tai rakenteista. Liiallinen ylipaineisuus aiheuttaa merkittävän riskin sisäilman kosteuden tiivistymisen rakenteisiin, mikä saattaa johtaa mikrobivaurioihin.

Kaikki haastatteluun osallistuneet ammattilaiset pitivät ilmanvaihdon säädön ja tasapainotuksen haasteita suurena ongelmana: ”Lähes jokaisessa kohteessa on haastavaa päästä vaadittuihin ilmamääriin päätelaitteissa.” (Vastaaja 1). Rakennukset rakennetaan nykyään niin tiiviiksi, että rakennusten terminen paine-ero on jo itsestään suuri. ”Kanavistot ja päätelaitteet suunnitellaan pienillä paine-eroilla, jolloin niiden säätäminen on todella hankalaa. Nämä olisi vältettävissä hyväksymällä rakennuksen sisällä suuremmat vaihtelut paine-eroissa ja suunnittelemalla päätelaitteisiin suuremmat painehäviöt.” (Vastaaja 4.)

5.4.5 Käyttö ja ylläpito

Hyvän sisäilmaston takaaminen vaatii riittäviä valmiuksia ja tietotaitoja kiinteistön käyttäjiltä ja huoltohenkilöstöltä. Hyvät lähtökohdat luodaan rakennuksen luovutusvaiheessa tilaajalle luovutettavalla luovutusaineistolla. Luovutusaineisto sisältää kaiken tarpeellisen materiaalin järjestelmän toteutuksesta sekä tarvittavasta huollosta ja ylläpidosta. Haastatteluissa tuli selkeästi esille, että ilmanvaihtojärjestelmien huoltoon ja kunnossapitoon ei ole panostettu tarpeeksi resursseja. Taloutomaation lisääntyminen on auttanut ilmanvaihtojärjestelmän ohjausta sekä

vikatilanteiden havaitsemista. Toisaalta taloautomaatio-osaamisen puute kiinteistön käyttäjien ja ylläpitohenkilöstön osalta saattavat jopa pahentaa tilannetta, kun ei osata tulkita automatiikkaa.

"Ilmanvaihtokoneen suodattimien vaihtoa laiminlyödään tiedon puutteen vuoksi. Rakennuksen käyttäjällä ei ollut tietoa, miten usein suodattimet pitäisi vaihtaa. Rakennuksessa oli pitkään kärsitty huonosta sisäilmasta, joka korjaantui välittömästi suodattimien vaihdon jälkeen." (Vastaja 5.) "Rakennuksessa oli kärsitty huonosta sisäilmasta yli kahden vuoden ajan. Tarkastuksessa selvisi, että ilmanvaihtokoneen puhallin oli epäkunnossa." (Vastaja 6.) Yksinkertaisesti huollettavissa tai korjattavissa olevat puutteet ja virheet kuormittavat usean kiinteistön sisäilmastoa. "Ilmanvaihtokanavien nuohousta laiminlyödään säästösyistä". (Vastaja 6). Varsinkin taloyhtiöissä ilmanvaihdon huolto- ja kunnossapitotoimenpiteitä on jouduttu pitkittämään heikon taloustilanteen vuoksi. Ilmanvaihtokanavien nuohous ja sen jälkeinen ilmanvaihtojärjestelmän säätö- ja mittaustyö ovat yleisimpiä säästökohteita.

6 POHDINTA

Opinnäytetyön tuloksena tuotettiin tietoa ilmastointitekniikan tekijöistä, jotka vaikuttavat merkittävästi rakennuksen sisäilmastoon. Tutkimuksen tulokset pohjautuvat teoriakatsaukseen sekä suoritettuihin henkilöhaastatteluihin. Haastattelujen tulokset pohjautuvat henkilöiden kokemuksiin, joita he ovat kohdanneet uransa aikana. Haastatteluista muodostui yhteensä 124 kappaleen otos tekijöitä, jotka vaikuttavat sisäilman laatuun. Tutkimus oli kvalitatiivinen eli laadullinen tutkimus. Laadullinen tutkimus määritellään tyypillisesti kokonaisvaltaiseksi tiedonhankinnaksi, jossa aineisto koostetaan autenttisissa tilanteissa siten, että tutkittavien oma ääni pääsee esille.

Tutkimuksen avulla oli tarkoitus tuoda esille rakennushankkeiden ilmastointitekniikkaan liittyviä virheitä, ongelmia ja puutteita. Näiden seikkojen pohjalta oli tarkoituksena kehittää ilmastointitekniikan laadunvarmistusta. Haastattelun tavoitteet tulivat täyteen yli 100 tekijän otoksella. Tutkimuksessa haastateltavien laaja-alainen ammattitaito sekä pitkä kokemus alalta varmistivat laajan perspektiivin tutkittavana olleeseen aiheeseen. Haastateltavat edustivat rakennushankkeen ilmastointitekniikan eri rooleja, mikä antoi asioihin erilaisia näkökantoja. Tutkimuksessa tuli tietyt seikat toistuvasti esiin eri haastatteluissa, joskin syy ja seuraus saattoivat poiketa haastattelun roolista rakennushankkeessa.

Haastatteluissa toistuivat samat ongelmat ja puutteet, jotka ovat vallitsevina myös rakennushankkeen muillakin osa-alueilla. Suuriksi ongelmiksi laadunvarmistamisessa koettiin tiukan aikataulun tuoma kiire, rakennushankkeeseen osallistuvien henkilöiden tiedon vaihdon puute sekä puutteet valvonnassa ja työnjohdossa. Selkeimmäksi virheeksi nousi, ettei ilmastointijärjestelmän säädössä ja tasapainotuksessa päästy suunniteltuihin ilmamääriin. Syitä virheeseen löytyi virheellisestä suunnittelusta sekä asennusvirheistä. Ratkaisevimmissa roolissa hyvän sisäilmaston takaamiseksi on ilmastointijärjestelmän oikeanlainen käyttö sekä ajantasaiset korjaus- ja huoltotoimenpiteet. Taloautomaatiojärjestelmällä voidaan helpottaa ilmastointijärjestelmän toimivuutta. Panostamalla talotekniikan laadunvarmistukseen ja vastaanottomenettelyyn voidaan välttää monet virheet, ongelmat ja puutteet rakennushankkeen aikana. Kiinteistöjen huoltoa ja ylläpitoa on parannettava. Tämän lisäksi on lisättävä huomattavasti valistusta kiinteistöjen

omistajille ja käyttäjille. Kiinteistöjen olosuhteisiin on alettu kiinnittää enemmän huomiota, ja vaatimustaso on kasvanut. Elinkaarimallilla on pystytty vastaamaan tilaajien tarpeeseen ja vaatimuksiin, kun rakentaja vastaa rakennuksen ylläpidosta pitkään valmistumisen jälkeen. Tämä on nostanut rakentamisen laatua sekä käytön olosuhteita.

LÄHTEET

Finlex Maankäyttö- ja rakennuslaki (132/1999). 1999. Viitattu 24.5.2024. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1999/19990132>

Hengitysliitto. n.d. Huoneilman kosteus. Viitattu 20.1.2024 <https://www.hengitysliitto.fi/kodin-sisailma-ja-kunnossapito/sisailman-laatu/sisailman-olosuhteet/huoneilman-kosteus/>

Motiva. 2023. Sisäilmasto. Viitattu 3.1.2024. https://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/energiatehokas_taloyhtio/sisailmasto

Peltomaa, A. 2018. Rakennushankkeen laadunvarmistus sisäilmaston näkökulmasta. Opinnäyte, Tampereen teknillinen yliopisto.

Rakennustieto. 2018. Sisäilmaluokitus 2018. RT 07-11299.

Rakennustieto. 2018. Talotekniikan laadunvarmistus ja vastaanottomenettely. Prosessikuvaus. RT 10-11301.

Rakennustieto. 2018. Talotekniikan laadunvarmistus ja vastaanottomenettely. Tehtävät ja dokumentointi. RT 10-11302.

Sandberg, E. 2016. Sisäilmasto ja ilmastointijärjestelmät. Ilmastointiteknikka Osa 1. Talotekniikka Julkaisut Oy.

Sisäilmayhdistys. n.d. Sisäilmaluokitus 2018. Viitattu 15.1.2024. <https://www.sisailmayhdistys.fi/Julkaisut/Sisailmastoluokitus>

Tuomi, J. Sarajärvi, A. 2018. Laadullinen tutkimus ja sisällönanalyysi. Helsinki: Tammi. Uudistettu laitos.

Työsuojeluhallinnon verkkopalvelu. n.d. Sisäilmasto. Viitattu 2.1.2024. <https://tyosuojelu.fi/tyoolot/tyoymparisto/sisailmasto>

Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta 1009/2017. 2017. Viitattu 3.3.2024. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20171009>

Ympäristöministeriön Suomen rakentamismääräyskokoelma. 1999. Viitattu 25.5.2024. <https://ym.fi/rakentamismaaraykset>

LIITTEET

Liite 1. Saatekirje

Opinnäytetyö Ruohomäki

10.10.2022

Saatekirje

Hei,

olen LVI-talotekniikan insinööriopiskelija Tampereen ammattikorkeakoulusta. Opinnäytetyöni käsittelee ilmastointitekniikan laatua rakennushankkeissa.

Tutkimukseni tavoitteena on selvittää ilmastointitekniikan ammattilaisia haastatteleamalla, mitkä seikat aiheuttavat laatuongelmia ilmanvaihdossa.

Opinnäytetyöni tavoitteena on tunnistaa listauksen avulla yleisesti esiintyviä ja toistuvia virheitä sekä ongelmia. Haastateltavien anonymiteetti säilytetään koko tutkimuksen ajan. Tutkimus on täysin vapaaehtoinen. Kaikkiin kysymyksiin ei tarvitse vastata. Voit valita ne kysymykset, joihin sinulla on oma näkökanta tai kokemus.

Parhain terveisin

Kristian Ruohomäki

Lähtetäjä

Kristian Ruohomäki
petri.ruohomaki@tuni.fi

Liite 2. Haastattelukysymykset

Haastattelukysymykset

1. Millaisia ilmastointitekniikkaan liittyviä virheitä, ongelmia ja puutteita olet kohdannut urasi varrella?
2. Miten nämä virheet, ongelmat ja puutteet ilmenivät?
3. Miten kyseiset virheet, ongelmat ja puutteet olisi voitu välttää?

Aihealueet

Suunnittelu
Asennus
Työnjohto
Valvonta
Säädettävyys
Käyttö/ylläpito