



Samuli Laitinen

Pientaloaluerakennushankkeen LVI-valvonnan ja dokumentoinnin kehittäminen

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (YAMK)

Talotekniikka

Opinnäytetyö

23.10.2023

Tiivistelmä

Tekijä:	Samuli Laitinen
Otsikko:	Pientaloaluerakennushankkeen LVI-valvonnan ja dokumentoinnin kehittäminen
Sivumäärä:	59 sivua + 9 liitettä
Aika:	23.10.2023
Tutkinto:	Insinööri (YAMK)
Tutkinto-ohjelma:	Talotekniikka
Ohjaajat:	Yliopettaja, Rauno Holopainen Talotekniikkaosaston päällikkö, Timo Mäenpää

Opinnäytetyön tavoitteena oli kehittää Easyin-rakennushankkeiden LVI-valvontaa ja dokumentointia. Uuden asunnon ostaminen on suurimpia hankintoja. Asunnon ostaja yleensä olettaa, että asunnon rakenteet ja LVI-tekniset järjestelmät ovat suunnitelman mukaiset ja että ne on asennettu virheettömästi.

Opinnäytetyön tutkimuskohteina oli kaksi Easyin-ryhmärakennushanketta. Kohteet rakennettiin pääkaupunkiseudulle vuosina 2022–2023. Kohteiden LVI-töiden asennusvirheistä kerättiin tietoa työmaakäyntien yhteydessä. Havaitut asennusvirheet kirjattiin ja analysoitiin opinnäytetyötä varten.

Tutkimuskohteista kerätyn aineiston ja työmaalla tehtyjen havaintojen mukaan urakkasopimusten mukainen toteutuksen taso oli kohteissa hyväksyttävä. Yleisimpiä asennusvirheitä oli kanavien ja putkien liian suurissa kannakointiväleissä ja liian pienissä lämmöneristyspaksuuksissa. Myös muita asennusvirheitä havaittiin, mitkä korjattiin huomautuksen jälkeen.

Ryhmärakennushankkeessa, jossa rakennetaan monta erillistä pientaloa samalle tontille, jää usein tarkistamatta osa asennuksista. Tämän vuoksi kohteisiin jää suurella todennäköisyydellä virheellisiä asennuksia. Asiantuntevalla LVI-valvonnalla ja selkeällä dokumentoinnilla voidaan vähentää asennusvirheitä. LVI-järjestelmien virheetön asennus varmistaa osaltaan LVI-tekniikan suunnitelman mukaisen toiminnan rakennuksessa. Opinnäytetyön pohjalta tehtiin jokaiseen LVI-työvaiheeseen tarkastusasiakirjat, jotka ovat opinnäytetyön liitteinä.

Avainsanat: LVI-valvonta, LVI-pöytäkirja, tarkastusasiakirja, asetukset, ohjeet, Easyin-rakennushanke, rakentamisen laatu

Abstract

Author: Samuli Laitinen
Title: Development of HVAC Supervision and Documentation for Project for Construction of Group of Single-family Houses
Number of Pages: 59 pages + 9 appendices
Date: 23 October 2023

Degree: Master of Engineering
Degree Programme: Building Services Engineering
Supervisors: Rauno Holopainen, Principal Lecturer
Timo Mäenpää, Head of the Technical Services Department

The aim of the master's thesis was to improve the HVAC supervision and documentation of construction projects. Two construction projects in the Helsinki metropolitan area between 2022 and 2023 were monitored as sample cases. Information on installation faults in the HVAC works on the sites was collected during site visits. The observed installation faults were documented and analysed for the thesis.

According to the materials collected from the surveyed sites and the observations made on the sites, the level of execution of the contracts was acceptable. The most common installation faults were too large spacing between brackets on ducts and pipes and too small thermal insulation thicknesses.

The final year project confirmed that some of the installations in a group building project, where several single-family houses are built on the same property, are often left unchecked. Therefore, the probability of incorrect installations left on sites is high. It was established that professional HVAC supervision and proper documentation can reduce installation faults, which in turn contributes to ensuring that the HVAC system function as planned. The thesis includes inspection documents for each HVAC work phase, which assist the work of supervisors.

Keywords: HVAC supervision, HVAC protocol, inspection document, regulations, guidelines, Easyin-construction project, quality of construction

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
1.1	Tavoite	1
1.2	Easyin-rakennushanke	2
1.3	Kastelli-talot Oy	3
1.4	Tutkimusmenetelmät	3
1.5	10Pro-sovellus	4
2	Yleiset laatuongelmat	6
3	Asetukset ja ohjeet	8
3.1	Maankäyttö- ja rakennuslaki	8
3.2	Rakentamislaki	9
3.3	TalotekniikkaRYL	10
3.4	RT- ja LVI-kortisto	10
3.5	Talotekniikkainfo	11
3.6	Topten-käytännöt	12
4	Tutkimuskohteet	13
4.1	Kohde A	13
4.2	Kohde B	15
5	Rakennusvaihe talotekniikka LVI	18
5.1	Viemärit, vesijohdot ja lattialämmitys	18
5.2	Ilmanvaihto	28
5.3	Lämmönlähde	31
5.4	LVI-kalustusvaihe	34
5.5	Virtaussäädöt	39
6	Työmaakatselmukset	40
6.1	Mallikatselmukset	40
6.2	Tarkastusasiakirjat	40
7	Pöytäkirjat	41

8	Viranomaistarkastukset	45
8.1	Kaukolämpölaitteiston käyttöönottotarkastus	45
8.2	Kaukolämpölaitteiston säätökeskuksen viritys	46
8.3	Kaukolämpölaitteiston lopputarkastus	47
8.4	Talotekniikan loppukatselmus	48
9	Pohdinta	49
10	Yhteenveto	51
	Lähteet	53
	Liitteet	
	Liite 1: Tutkimuskohde A pohjakuva	
	Liite 2: Tutkimuskohde B pohjakuva	
	Liite 3: Kaukolämmön asennusvalvontapöytäkirja	
	Liite 4: Kaukolämmön virituspöytäkirja	
	Liite 5: Kaukolämmön valmistumispöytäkirja	
	Liite 6: Tarkastusasiakirja viemärit ja vesijohdot	
	Liite 7: Tarkastusasiakirja ilmanvaihto	
	Liite 8: Tarkastusasiakirja lämmönlähde	
	Liite 9: Tarkastusasiakirja LVI-kalustus	

Lyhenteet

- Easyin: Kastelli-talojen pientalorakennushanke, samalle tontille rakennetaan useampi pientalo.
- HSY: Helsingin seudun ympäristöpalvelut.
- E-luku: Energiamuotojen kertoimilla painotettu rakennuksen vakioituun käyttöön perustuva vuotuinen ostoenergiankulutus lämmitettyä nettoalaa kohden.
- Topten: Rakennusvalvontojen sekä alan toimijoiden yhdessä laatimia rakentamisen käytäntöjä ja ohjeita.
- 10Pro: Rakennusalalle luotu ohjelmisto, jolla parannetaan työmaiden tehokkuutta ja turvallisuutta.
- ePermit: Espoon rakentamisen ja maankäytön sähköinen asiointipalvelu.

1 Johdanto

Viime vuosina pientalorakentaminen on ollut Suomessa määrällisesti suurta, mikä on vaikuttanut rakentamisen laatuun. Pientalorakentaminen on vuonna 2023 pudonnut määrällisesti alle puoleen verrattuna edeltäviin vuosiin, eikä tuleva vuosi 2024 näytä Rakennusteollisuuden ennusteiden mukaan paremmalta [1]. Rakentamisen laatuun liittyvien valitusten määrä on ollut kasvussa viimeisten vuosien aikana. Vuoden 2025 voimaan tulevalla rakentamislilla pyritään parantamaan vastuusäätelyllä rakentamisen laatua sekä vähentämään uudis- ja korjausrakentamisen virheitä.

Rakennushankkeeseen ryhtyvällä on useita velvollisuuksia rakennushankkeessa. Keskeisiä tavoitteita ovat rakentamisen virheetön lopputulos ja sujuva rakentamisprosessi. Suunnittelun ja rakentamisen laatua valvotaan rakentamisprosessin aikana monella tasolla. Rakentamisen laadun valvonta tapahtuu työmaalla.

LVI-valvonnan tarkoitus on varmistaa, että urakkaan kuuluvat LVI-työt on tehty urakkasopimusten mukaisesti. LVI-valvonta on rakennuttajan edun valvontaa, jossa varmistetaan työn laatu, työturvallisuus ja aikataulu. LVI-töiden valvonnasta on olemassa tehtäväluettelo, jolla pyritään yhtenäistämään käytännöt eri työmailla. [2]

Tässä opinnäytetyössä käsitellään Easyin-rakennushankkeita, joiden toteutus on samanlainen paikkakunnasta riippumatta. Vaadittavat tarkastusasiakirjat ja pöytäkirjat vaihtelevat paikkakunnittain.

1.1 Tavoite

Opinnäytetyön tavoitteena on parantaa Easyin-rakennushankkeiden LVI-valvontaa ja samalla kehittää rakennushankkeiden laadunvarmistusta. Opinnäytetyön

ohella tehdään eri LVI-työvaiheille omat tarkastusasiakirjat, joita Kastelli-talojen LVI-työnjohtajat voivat käyttää työmaan valvonnassa ja mallikatselmuksissa.

Opinnäytetyössä tehtävät tarkastusasiakirjat on tarkoitus tulevaisuudessa yhteensovittaa 10Pro-sovellukseen, jolloin tarkastusasiakirjat ovat täytettävissä mobiililaitteella, kuten esimerkiksi tabletilla tai puhelimella.

1.2 Easyin-rakennushanke

Easyin-rakennushankkeissa hankitaan isoja tyhjiä tontteja tai esimerkiksi purkukuntoisia vanhoja taloyhtiöitä. Tontille rakennetaan Kastelli-talot Oy:n toimesta muuttovalmiita asuntoyhtiöitä. Yleensä Easyin-kohteet ovat erillistaloja, paritaloja tai rivitaloja. [3]

Easyin-rakennushanke koostuu Kastelli-talojen muuttovalmiista pientaloista, mutta kokonaisuudessaan Easyin-rakennustyömaa poikkeaa tavallisesta pientalotyömaasta siten, että työmaa on vaativampi. Työmaa vaatii tarkempaa aikataulutusta ja yhteensovitusta eri työvaiheiden osalta. Rakentamisen alusta alkaen työmaalla on monta eri urakoitsijaa samaan aikaan.

Maatyövaiheessa tontille asennetaan maaurakoitsijan toimesta kaikki sokkelien ulkopuolinen tekniikka, kuten jäte- ja sadevesiviemärit, tarkastuskaivot ja -putket sekä esimerkiksi hulevesien viivytysjärjestelmät. Käyttövesi- ja lämmityskanaalit asennetaan myös maatyövaiheessa. Sokkelin ulkopuolisten LVI-järjestelmien valvonnasta vastaa erikseen Easyin-rakennushankkeeseen nimetty ulkopuolinen KVV-vastaava.

Easyin-rakennushankkeet toteutetaan yleensä erillisellä teknisellä tilalla. Lämmönlähteenä on yleensä kaukolämpö tai maalämpö. Teknisestä tilasta lähtee yleensä vähintään kaksi lämmitys- ja käyttövesikanaalia. Lämmitys- ja käyttövesikanaalit haaroitetaan maan alla ja haaroitetut kanaalit viedään asuntojen tekniseen tilaan.

Easyin-rakennushankkeen asunnot koostuvat yleensä muutamasta erilaisesta talomallista. Yhden asunnon rakennusprosessi ja LVI-työvaiheet ovat samat kuin minkä tahansa erillisen pientalon, mutta useamman urakoitsijan yhteensovittaminen ja työmaan kokonaisuakataulun ylläpitäminen tekee työmaasta haastavamman. Yhden asunnon LVI-työvaiheita ovat viemärien ja vesijohtojen asentaminen, lattialämmitys, ilmanvaihtoputkien asennukset, asunnon teknisen tilan kanaalien kytkennät ja LVI-kalustus. Lopuksi tehdään asuntokohtaiset mittaukset ja säädöt.

Easyin-rakennushankkeen LVI-valvonnasta vastaa LVI-valvoja, KVV- ja IV-vastaava sekä yleensä erikseen nimetty ulkopuolinen KVV-vastaava. Kohteen tulevat asukkaat palkkaavat myös erillisen asukastarkkailijan, joka valvoo työmaata.

1.3 Kastelli-talot Oy

Opinnäytetyön tilaajana on Kastelli-talot Oy, joka kuuluu perheyhtiö Harjavalta Oy -konserniin. Kastelli perustettiin vuonna 1989. Yrityksen nimi muuttui Kastelli-talot Oy:ksi vuonna 2017. Yritys toimittaa talopaketit ja kokovuotiseen käyttöön tarkoitettut loma-asunnot asiakkaan haluamaan vaiheeseen asti rakennettuna. [4]

Kastelli-talot Oy valmistaa talopaketit kolmena erilaisena vaihtoehtona; peruspaketti-, viittä vaille valmis- tai muuttovalmiina toimituksena. Peruspaketti on tarkoitettu rakentajille, jotka haluavat rakentaa itse ja omatoimisesti. Viittä vaille valmiissa-toimituksessa rakentaja pääsee itse tekemään talon sisätilojen pintamateriaalit, kiintokalusteet sekä kodinkoneiden hankinnat ja asennukset. Muuttovalmis on avaimet käteen-toimitus, joka on muuttovalmis talo. [5]

1.4 Tutkimusmenetelmät

Opinnäytetyö perustuu empiiriseen tutkimukseen, jossa tutkimuskohteena on kaksi pääkaupunkiseudulla sijaitsevaa pientaloaluetta, jotka on rakennettu

Easyin-hankkeena. Opinnäytetyö on laadullinen tutkimus, jossa aineisto on kerätty tutkimuskohteista LVI-valvonnan ja laadunvarmistuksen yhteydessä. Tutkimuskohteita seurattiin asuntojen sokkelien sisäpuolisista LVI-asennuksista lähtien aina rakennushankkeiden valmistumiseen asti.

Opinnäytetyössä on analysoitu kerättyä aineistoa ja verrattu rakennusalalla vallitseviin asetuksiin ja ohjeistuksiin. Opinnäytetyön keskeisiä kirjallisuuslähteitä ovat rakentamismääräyskokoelma, RT- ja Topten-kortit sekä rakennusvalvonnan ohjeistus.

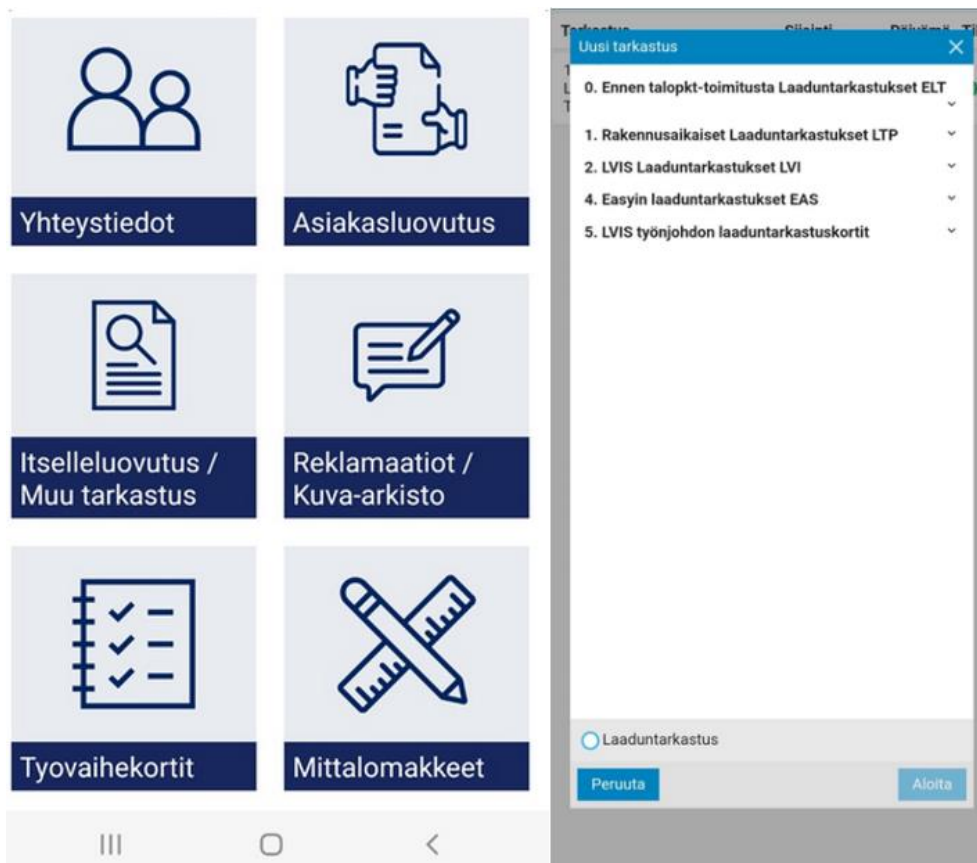
1.5 10Pro-sovellus

10Pro-sovelluksella pystyy tekemään kaikki työmaan työvaiheiden tarkastuslistat, työmaan vika- ja puutelistat sekä itselle luovutukset kätevästi mobiililaitteella. Sovelluksella pystyy ottamaan valokuvia työmaahavainnoista ja liittämään ne osaksi sähköistä dokumenttia. 10Pro-sovellus tallentaa dokumentit pdf-muodossa ja ne voidaan siirtää muualle arkistoon. 10Pro-sovellus arkistoi kaikki työmaan aikana tehdyt tarkastukset ja havainnot koko työmaan ajalta. [6]

10Pro-sovellukseen voidaan dokumentoida myös turvallisuushavaintoja ja esimerkiksi TR-mittauksia. Työturvallisuushavaintoja ja mittaustuloksia pystytään seuraamaan koko työmaan ajan sovelluksesta. [6]

Mobiililaitteella 10Pro-sovellusta käytettäessä, aukeaa alla oleva näkymä jokaisesta työmaaprojektista (kuva 1, s. 5). Sovelluksesta löytyy kaikki tarvittavat tiedot työmaasta, kuten kaikkien työmaahan osallistuvien yhteystiedot, kaikki LVI- ja rakennesuunnitelmat, tehdyt reklamaatiot ja työmaatarkastukset. Kun tarkastusasiakirjat yhteensovitetaan 10Pro-sovellukseen, löytyvät ne Työvaihekorttikohdan takaa.

Työvaihekorttikohdan avattua, aukeaa kuvan 1 mukainen näkymä (kuva 1, s. 5). Työvaihekorteista löytyy tarkastusasiakirjoja rakennuspuolen työnjohdon, asentajien sekä talotekniikan työnjohdon käyttöön.



Kuva 1. 10Pro-sovelluksen mobiililaitteen päävalikko sekä työvaihekortit. [6]

Rakennusaikaiset Laaduntarkastukset LTP on tarkoitettu kirvesmiehille. Tämän kohdan takaa löytyvät tarkastuslistat työmaan vastaanotosta, elementtien asennuksesta ja rungon pystytyksestä aina viimeistelytöihin asti.

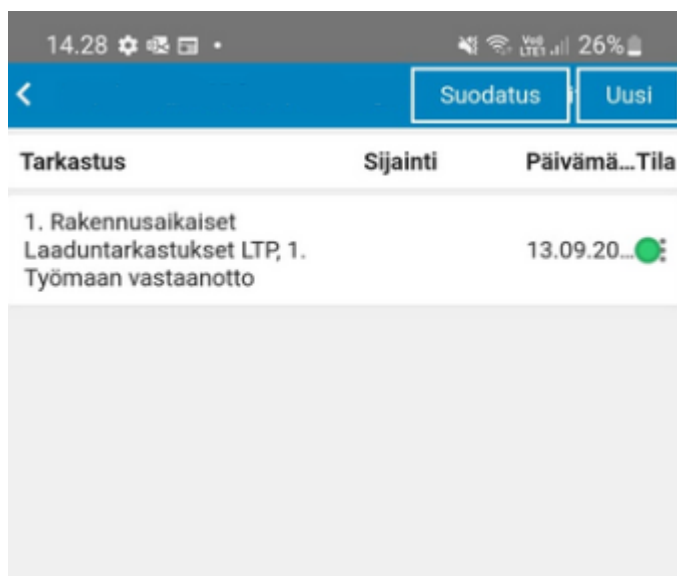
LVIS Laaduntarkastukset LVI on tarkoitettu LVIS-asentajille, ja kohdan alta löytyvät jokaiseen talotekniikan työvaiheeseen asentajien tarkistuslistat. Tarkastuslistat on tehty valuvaiheisiin, sähköjohdotuksiin, ilmanvaihdon asennuksiin, lämmönlähteeseen ja sähkö- ja LVI-kalustukseen.

Easyin laaduntarkastukset EAS kohdan takaa löytyy rakennuspuolen itselle luovutuksen tarkastuslista. Itselle luovutuslistaan on listattu jokaisen huonetilan ja huonepintojen tarkastuskohdat, jotka tulee käydä läpi asunnon valmistuttua.

LVIS työnjohdon laaduntarkastuskortteihin tullaan myöhemmin lisäämään tämän opinnäytetyön ohella valmistuvat LVI-tarkastusasiakirjat. Tämä kohta on

tarkoitettu talotekniikan työnjohdon käyttöön. Tarkastusasiakirjat tehdään jokaisesta LVI-työvaiheesta.

Kun asentajat tai työnjohtajat ovat tehneet tarkastuslistansa, ne tulevat näkyään Työvaihekortit-kohdan etusivulle (kuva 2). Tarkastuksista jää näkyviin päivämäärä ja kyseisen henkilön nimi, joka on tarkastuksen tehnyt. Valmiita tarkastusasiakirjoja pääsevät katsomaan 10Pro-sovelluksella kaikki henkilöt, joilla on oikeus kyseiseen työmaaprojektiin.



Kuva 2. 10Pro-sovellus valmiit tarkastukset. [6]

2 Yleiset laatuongelmat

Pientaloaluerakennushankkeissa on havaittu toistuvan saman tyyppiset laatuongelmat ja asennusvirheet. Pientaloaluerakennushankkeissa asennuksen laadun ja kädenjäljen tulee pysyä samanlaisena jokaisessa asunnossa. Kun rakennetaan monta samanlaista tai samantyylistä asuntoa vierekkäin, asennuksen laatua ja esteettisyyttä on helppo vertailla viereisiin asuntoihin. Tällaisia kohtia ovat esimerkiksi pesualtaiden bideesuihkujen paikat, seinäpidikkeet ja saippuatelineet, pesukoneventtiilien ja lattialämmityksen huonetermostaattien sijainti. [7]

Suurimpana ongelma on suunnitelmista poikkeaminen. Työmaalla ei aina välttämättä pystytä tekemään asennuksia suunnitelmien mukaan, tai asentajat keksivät työmaalla parempia ja helpompia keinoja asennuksiin. Suunnitelmista poikkeamista tapahtuu yleisesti viemärien ja vesijohtojen sekä ilmanvaihtokanavien asennuksissa. Muutoksista on tehtävä punakynäsuunnitelmat heti, kun kyseinen työvaihe on valmis, jotta se ehditään hyväksyä ennen seuraavaa työvaihetta.

Työmaa-aikainen tavaran varastointi ja säilytys ovat usein toistuvia ongelmia, joihin tulee kiinnittää huomiota. Tavarat tulee säilyttää säältä suojattuina ja puhtaina. Kaikki materiaalit eivät kestä esimerkiksi suoraa auringonvaloa. Uudisrakennukseen asennettujen tuotteiden tulee olla uusia, ehjiä ja puhtaita.

Asennusteknisiä yleisiä ongelmia työmaalla ovat puutteelliset kannatukset ilmanvaihtokanavissa ja vesijohdoissa. Vesijohtojen asennuksessa yleinen ongelma on muoviputkien lämpölaajeneminen ja mahdolliset paineiskut. Vesijohdot tulee asentaa riittävän kaarelle, niin lattiaeristeissä kuin putkikuiluissa tai väliseinien sisällä. Yleisin ongelmakohta on 2-kerroksissa taloissa yläkertaan väliseinän sisällä nousevat vesijohdot. Väliseinän sisään asennetut vesijohdot jäävät usein ilman kannakkeita, jolloin vesijohdot paukkuvat seinän sisällä paineiskujen takia. [8]

LVI-kalustuksessa asennetaan LVI-suunnitelmissa määritetyt vesikalusteet ja ilmanvaihdon päätelaitteet. Työmaalla tulee välillä tilanteita, että ilmanvaihdon päätelaitteita joudutaan vaihtamaan suunnitelmista poikkeaviksi, esimerkiksi liian ylös tehdyn alaslasketun katon takia joudutaan käyttämään jousiventtiiliä. Päätelaitteiden vaihdot tulee muistaa päivittää IV-suunnitelmiin. Vesikalusteiden osalta yleisin virhe työmaalla on se, että unohdetaan rajoittaa vesihanojen juoksuputkien kääntyvyys. Keittiön allaskaappiin asennetut tiskikoneen imusuojat jäävät helposti vinoon, jolloin ne tiputtavat vettä.

Asuntojen riittävään työmaa-aikaiseen siivoukseen tulee panostaa. Yleinen ongelma, mikä esiintyy työmailla, on se, että asuntojen lattiakaivoja ja lattialämmityksen jakotukkikaappeja ei muisteta puhdistaa roskista ja rakennusjätteestä.

Huoltoluukut eivät ole esteettisesti kauniita, mutta niiden tarve on välttämätön. Suunnitelmissa esitettyjen huolto- / tarkastusluukkujen tulee olla paikallaan ennen kuin työmaa on luovutuskuntoinen. Tarvittavat potkusuojat, esimerkiksi asuntojen varastoissa sijaitseviin vesipostien putkiin, tulee olla myös tehtynä.

3 Asetukset ja ohjeet

3.1 Maankäyttö- ja rakennuslaki

Maankäyttö- ja rakennuslaissa määritellään rakentamista koskevat yleiset edellytykset, tekniset vaatimukset, lupamenettelyt ja viranomaisvalvonta. Laissa olevat tekniset vaatimukset koskevat rakenteiden lujuutta, terveellisyyttä, paloturvallisuutta, käyttöturvallisuutta, esteettömyyttä, meluntorjuntaa, ääniolosuhteita ja energiatehokkuutta. Laissa annetaan teknisten vaatimusten lisäksi asetuksenantovaltuutus koskien rakennusten käyttö- ja huolto-ohjetta. [9]

Rakennushankkeeseen ryhtyvä huolehtii siitä, että rakennus suunnitellaan ja rakennetaan rakentamista koskevien määräysten, säännösten ja myönnetyn luvan mukaisesti. Rakennushankkeeseen ryhtyvällä on siis oltava riittävät edellytykset rakennushankkeen toteuttamiseen, hankkeen vaativuus huomioon ottaen. Rakennushankkeeseen ryhtyvä huolehtii myös siitä, että rakennushankkeessa on kelpoisuusvaatimukset täyttävät suunnittelijat ja työnjohtajat. Myös muilla rakennushankkeessa toimivilla henkilöillä on oltava heidän tehtäviensä vaativuus huomioon otettuna riittävä asiantuntemus. [9]

Kunnan rakennusvalvontaviranomaisen tehtävä on valvoa rakennustoimintaa ja huolehtia, että rakentamisessa noudatetaan, mitä laissa määrätään. Rakennusvalvontaviranomaisen tehtävän laajuutta harkittaessa otetaan huomioon rakennushankkeen vaativuus, luvan hakija ja rakennushankkeen suunnittelusta ja toteuttamisesta vastaavien henkilöiden asiantuntemus ja ammattitaito. Rakennustyöt on tehtävä siten, että ne täyttävät rakentamista koskevien säännösten ja

määräysten ja hyvän rakennustavan vaatimukset. Viranomaisvalvonta alkaa rakennustyön aloittamisesta ja päättyy rakennushankkeen loppukatselmukseen. [9]

Maankäyttö- ja rakennuslaki 132/1999 ja -asetus 895/1999 sisältävät säännöksiä muun muassa:

- kaavoituksesta
- kuntien rakennusjärjestyksestä
- ranta-alueiden suunnitellusta ja rakentamisesta
- tonttijaosta
- yhdyskuntarakentamiseen liittyvästä lunastamisesta
- rakentamiselle asetettavista yleisistä vaatimuksista
- rakentamisen luvista ja rakentamisen valvonnasta. [10]

3.2 Rakentamislaki

Eduskunta on hyväksynyt rakentamislain, joka tulee voimaan 1.1.2025. Rakentamislaki tuo ilmastonmuutoksen torjunnan kattavaksi osaksi rakentamista koskevaan lainsäädäntöön. Rakentamislaki myös sujuvoittaa rakentamista, vauhdittaa kiertotaloutta ja parantaa rakentamisen laatua. [11]

Suurin muutos maankäyttö- ja rakentamislakiin on ilmastonmuutoksen hillinnän tuominen osaksi rakentamisen lainsäädäntöä. Rakentamislain tarkoitus on ohjata rakentamaan vähähiilisesti, huomioiden rakennuksen koko elinkaaren aikana syntyvät ilmastohaitat ja -hyödyt. Ilmastaselvityksestä, materiaaliselosteesta ja hiilijalanjäljen raja-arvoista annetaan uudet asetukset, jotka tulevat osaksi Suomen rakentamismääräyskokoelmaa. [11]

Rakentamislain tarkoitus on parantaa rakentamisen laatua selkeyttämällä vastuita. Rakentamislaisissa säädetään vastuu päävastuulliselle toteuttajalle, joka vastaa rakentamishankkeen toteutuksen kokonaisuudesta. Rakentamishankkeeseen ryhtyvä voi ottaa tehtävän itse vastattavakseen tai nimetä rakentamishankkeeseen päävastuullisen toteuttajan. Rakentamislaisissa rakennushankkeen

osapuolia velvoitetaan tekemään yhteistyötä hyvän rakentamisen laadun ta-
keeksi. [11]

3.3 TalotekniikkaRYL

TalotekniikkaRYL, eli taloteknisten rakennustöiden yleiset laatuvaatimukset, on rakennusalalla yleisesti tunnetun hyvän rakentamistavan kuvaus. TalotekniikkaRYL:n on tarkoitus toimia rakennuttajan, suunnittelijoiden ja urakoitsijoiden välisissä toiminnoissa hyvän taloteknisen rakennustavan määrittelyssä, toteutuksessa ja valvonnassa. [12]

TalotekniikkaRYL:ssä määritellään LVI-perusjärjestelmien yleiset laatuvaatimukset. TalotekniikkaRYL:in sisältö koostuu yleisestä osasta, lämmitys-, vesi- ja viemäri-, ilmastointi-, jäähdytys-, paloturvallisuus- sekä rakennusautomaatiojärjestelmistä.

TalotekniikkaRYL on tarkoitettu käytettäväksi hyvän asennustavan ohjeena ja apuna kustannuslaskennassa. Rakennuttajat ja tilaajat voivat käyttää TalotekniikkaRYL:iä hankkeiden laadunmäärittelyyn ja käyttää apuna valvonnassa ja laadunvarmistuksessa. Suunnittelijat voivat käyttää TalotekniikkaRYL:iä eri järjestelmien ominaisuuksien määrittämiseen ja työselostusten laadintaan. [12]

3.4 RT- ja LVI-kortisto

Rakennustieto on kiinteistö- ja rakentamisalan tietopalveluiden ja julkaisujen kustantaja ja kaikkia Rakennustiedon julkaisemia ohjekortteja kutsutaan RT-kortteiksi. LVI-kortistoon julkaistaan kaikki sellaiset ohjekortit, joiden sisältö on tarkoitettu LVI-suunnittelijoille tai LVI-urakoitsijoille, tai niiden sisältö katsotaan tarpeelliseksi LVI-kortiston tilaajille. RT-tietoväylän arkistosta löytyy kaikki uudet ja vanhat ohjekortit. [13]

Ohjekortit eivät ole määräyksiä tai asetuksia, vaan ne ovat nimensä mukaisesti ohjeita. Ohjekorteissa esitetään hyvän rakennustavan mukaisia ratkaisuja. [13]

LVI-kortisto on tarkoitettu tietolähteeksi taloteknisiin ratkaisuihin. LVI-kortistosta löytyy yksityiskohtaiset ja tekniset ohjeet suunnitteluun ja asennukseen. LVI-kortistosta löytyy myös tuotekortit, joissa esitetään tietoa eri valmistajien tuotteista ja tarvikkeista, joita voidaan käyttää apuna suunnittelussa. LVI-kortistosta löytyy myös kiinteistönpidon lainsäädäntö, valtioneuvoston ja eri ministeriöiden päätökset ja ohjeet. LVI-kortisto on tarkoitettu LVI-suunnittelijoille, -urakoitsijoille ja -asentajille sekä rakennuttajille ja rakennusvalvonnalle. LVI-kortteja voidaan käyttää apuna rakennushankkeiden valvonnassa. [14]

3.5 Talotekniikkainfo

Talotekniikkainfo on sähköinen palvelu, jonne on koottu kaikki keskeiset talotekniikka-alan oppaat ja ohjeistukset. Talotekniikkainfon oppaat koostuvat kolmesta pääosiosta, jotka ovat oppaat, esimerkit ja konseptit. Mikäli rakennushanke tehdään talotekniikkainfon oppaiden opastavien tekstien pohjalta, täyttää se silloin rakentamismääräysten vaatimukset. [15]

Talotekniikkainfoon oppaat on tallennettu kirjoina, jotka ovat ladattavissa pdf-muodossa. Oppaat ovat Sisäilmasto ja ilmanvaihto-, Vesi- ja viemärlaitteistot-, Ilmanvaihtolaitteiston paloturvallisuus- ja Rakennusten koneellisen savunhallinnan suunnitteluopas sekä sen lisäksi talotekniikkainfosta löytyy Ilmanvaihdon mitoituksen perusteet ja oppaita tukevia esimerkkejä. [16]

Oppaat on tehty yhteistyössä alan toimijoiden kanssa ympäristöministeriön eri asetusten soveltamisen tueksi. Oppaiden asetustekstit on kopioitu suoraan ympäristöministeriön asetuksista ja ohjeet on järjestetty asetuksien pykälien alle opastaviksi teksteiksi. Kaikki asetustekstit ovat velvoittavia. Velvoittavien asetustekstien alla olevat opastavat tekstit eivät ole velvoittavia, vaan ne on kirjoitettu yleisellä tasolla, joten on muistettava, että opastavien tekstien lisäksi, on muitakin toteutustapoja, joilla päästään määräysten mukaiseen vaatimustasoon. [16]

3.6 Topten-käytännöt

Topten-käytännöt ovat rakennusvalvontojen ja alan muiden toimijoiden kanssa laatimia käytäntöjä, joiden tarkoitus on yhtenäistää rakentamista. Topten-käytäntöjen tavoitteena on edistää hyvää rakentamistapaa ja ennaltaehkäistä virheitä. Käytäntöjen tavoite on myös tukea säännösten soveltamista. Topten-käytännöissä on esitetty yksi mahdollinen käytäntö tai ratkaisu, mutta myös muita käytäntöjä voidaan käyttää, jos ne vain täyttävät rakentamista koskevat säädökset ja ovat hyvän rakentamistavan mukaisia. [17]

Topten-käytännöt sivustolta löytyy pks-korttiluettelo ja Topten-korttiluettelo. Pks-korttiluetteloon on koottu Helsingin, Espoon, Vantaan ja Kauniaisten rakennusvalvonnan yhtenäisiä käytäntöjä. Topten-korttiluettelosta löytyy tulkintakortteja kaikkiin kuntiin, jotka ovat mukana Topten-käytännöissä. [17]

Tällä hetkellä Topten-käytännöissä mukana olevat kunnat ovat Helsinki, Espoo, Tampere, Vantaa, Oulu, Turku, Jyväskylä, Kuopio, Lahti, Pori, Kouvola, Joensuu, Lappeenranta, Vaasa, Lohja, Tuusula, Rauma, Kerava, Kaarina, Raasepori, Mäntsälä, Valkeakoski, Naantali, Forssa, Akaa, Janakkala, Uusikaupunki, Ylivieska, Kalajoki, Kauniainen, Masku, Tammela, Jokioinen, Ypäjä ja Humpila. [17]

Topten-korttiluettelosta löytyy tulkintakortit rakentamista koskeviin määritelmiin, rakentamisen yleisiin edellytyksiin, rakentamisen ja muiden toimenpiteiden luvanvaraisuuteen ja rakennustyön suoritukseen. Korttiluettelosta löytyy myös ohjeita pääsuunnitteluun ja arkkitehtuuriin, rakennetekniikkaan, paloturvallisuuteen ja yleisiä ohjeita. Korttiluettelossa on myös lomakkeita rakennetekniikkaan, ilmanvaihtolaitteistoon, paloturvallisuuteen ja muita yleisiä lomakkeita rakennushankkeisiin ja pätevyyskelpoisuuksien osoittamiseen. [17]

4 Tutkimuskohteet

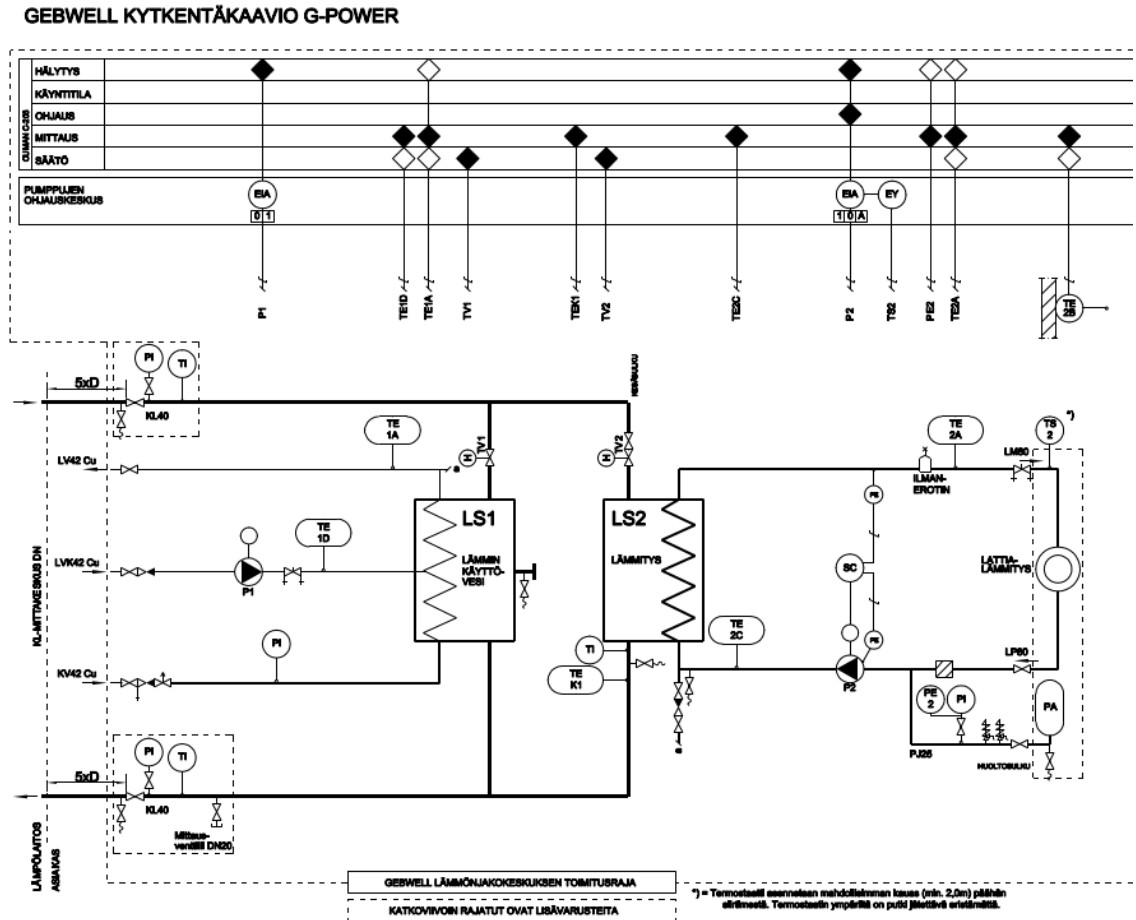
4.1 Kohde A

Kohde A sijaitsee pääkaupunkiseudulla ja se koostuu 25 asunnosta ja erillisestä talousrakennuksesta, jossa on väestönsuoja ja tekninen tila (liite 1). Väestönsuoja toimii myös irtaimistovarastona. Kohteessa on 5 kappaletta 2-kerroksisia erillistaloja, 6 kappaletta 1-kerroksisia erillistaloja ja 7 kappaletta 2-kerroksisia paritaloja, jotka ovat kooltaan 99–133,5 m². Kaikki talot ovat puutaloja ja niissä on maanvarainen perustus.

Asunnot on liitetty HSY:n sadevesiviemäri-, jätevesiviemäri- ja vesijohtoverkostoihin. Tontille tulee yksi vesiliittymä sekä yksi päävesimittari, joka sijaitsee teknisessä tilassa. Tämän lisäksi asuntoihin on asennettu etäluettavat huoneisto-kohtaiset vesimittarit kuumalle ja kylmälle käyttövedelle. Kohteen sadevedet ohjataan katoilta ja pihoilta kaivojen ja viivytysjärjestelmän kautta sadevesiverkoston.

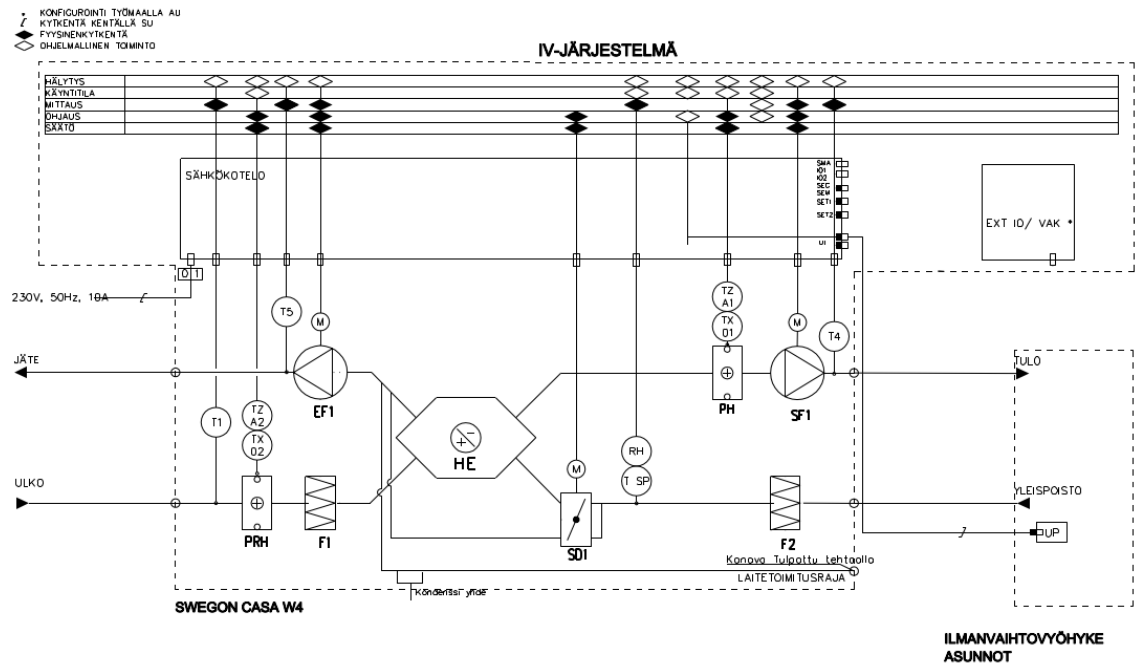
Asuntojen lämmöntuotto on toteutettu kaukolämmöllä, ja kohde on liitetty Fortumin kaukolämpöverkkoon. Lämpöenergia mitataan energiamittarilla. Asuntojen lämmityskauden suunniteltu tavoitelämpötila on +21 °C. Kaikissa asunnoissa on vesikiertoinen lattialämmitys. Lämmitysverkosto teknisestä tilasta asuntoihin tuodaan putkielementeillä, jotka haaroitetaan maan alla. Asunnoissa lämmitysverkosto tuodaan alapohjan kautta sisälle asuntojen varastoon / tekniseen tilaan, jossa se jaetaan lattialämmityksen jakotukeille. Kaukolämpö mitoitetaan käyttöveden osalta ensiöpuolelle 70/20 °C ja toisiopuolelle 10/58 °C. Lämmityspuoli mitoitetaan ensiöpuoli 90/33 °C ja toisiopuoli 30/35 °C. Käyttövesisiirrin on teholtaan 292 kW ja lämmityssiirrin 108 kW.

Kohteen kaukolämmön kytkentäkaavio (kuva 3, s. 14) poikkeaa K1/2021:ssä esitetystä pientalon kytkentäkaaviosta siten, että lämmityksen toisiopuolelle on asennettu paine-eromittaus, joka ohjaa lämmityksen kiertovesipumpun pyörimisnopeutta. Lämmönsiirtimeltä lähtevään lämpimän käyttöveden johtoon ei ole myöskään lisätty tasaussäiliötä.



Kuva 3. Kaukolämmön kytkentäkaavio. [Gebwell]

Kaikissa asunnoissa on koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmä lämmöntalteenotolla (kuva 4, s. 15), jota voidaan ohjata erillisestä ilmanvaihtokoneen ohjainpaneelistä. Kuvan 4 säätökaaviossa oleva "jäte" tarkoittaa ulospuhallusilmaa. Tämän lisäksi kaikkiin asuntoihin tulee liesituuletin, joka on liitetty vesikatolle nousevaan erilliseen kanavaan. Liesituuletinta käytettäessä virranvalvontarele muuttaa ilmanvaihtokoneen tulo- ja poistoilmavirtojen suhdetta siten, että liesituulettimen käytön vaatima lisäulkoilmavirta saavutetaan ja ettei rakennus ei mene liian alipaineiseksi.



Kuva 4. Ilmanvaihtokoneen säätökaavio. [Swegon Casa]

Kohteessa on siis kolmea erilaista talomallia, joista 2-kerroksisten asuinpinta-ala on 133,5 m², 1-kerroksisten pinta-ala on 108 m² ja paritalojen pinta-ala on 99 m². Asuntojen huonejaot ja pohjat ovat täysin samanlaisia. 2-kerroksisten asuntojen laskennallinen E-luku on 105 kWh/m² vuosi, 1-kerroksisten asuntojen laskennallinen E-luku on 114 kWh/m² vuosi ja paritalojen E-luku on 106 kWh/m² vuosi. Asunnot ovat siis energiatehokkuusluokaltaan luokkaa B. [Vesitaito Oy]

4.2 Kohde B

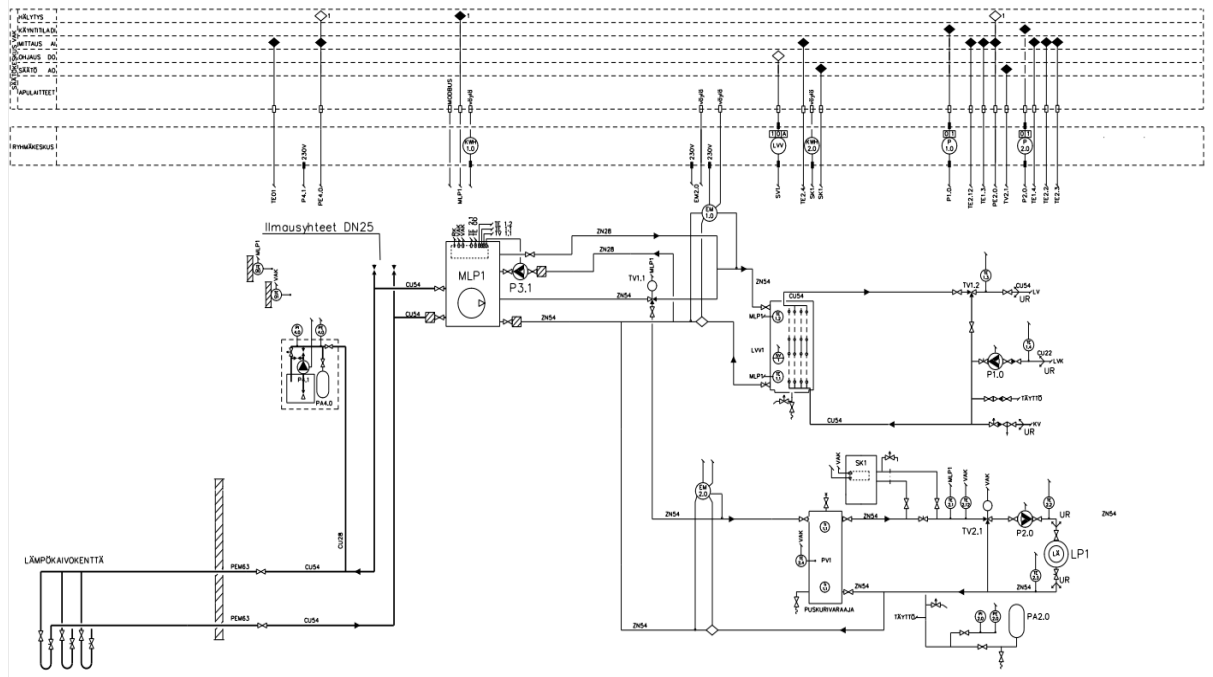
Kohde B sijaitsee myös pääkaupunkiseudulla ja se koostuu 16 asunnosta ja erillisestä teknisestä tilasta (liite 2). Kohteessa on 12 kappaletta erillistaloja ja 2 kappaletta paritaloja. Kaikki erillistalot ovat 2-kerroksisia puutaloja, jotka ovat kooltaan 75–133 m². Paritalot ovat kellarillisia 2-kerroksisia taloja. Kohteen rakennuksissa on maanvaraisia perustuksia, tuulettuvia alapohjia sekä paritalojen kellarilliset perustukset.

Kohde on liitetty HSY:n vesijohto- ja viemäriverkostoon. Päävesimittari sijaitsee erillisessä teknisessä tilassa, josta käyttövesiverkosto tuodaan asuntoihin putkielementeillä ja muoviputkella. Asuntojen teknisissä tiloissa on tämän lisäksi etäluettavat vesimittarit kuumalle ja kylmälle käyttövedelle. Hulevedet johdetaan sadevesiverkostoon viivytysputkiston kautta. Asuntojen jätevedet johdetaan jätevesiverkostoon.

Asunnot lämmitetään maalämpöpumpulla, joka sijaitsee erillisessä teknisessä tilassa. Kohteeseen on porattu 4 energiakaivoa. Kaikissa asunnoissa on vesikiertoinen lattialämmitys. Lämmitysverkosto tuodaan putkielementeillä alapohjan kautta sisälle asuntojen teknisiin tiloihin, joista se jaetaan lattialämmityksen jakotukeille. Kohteen lattialämmitysverkosto on mitoitettu +35/30 °C lämpötiloille ja lämmin käyttövesi +58 °C. Mitoituslämpötilat asuintiloissa on +21 °C ja lämpimissä varastoissa +17 °C.

Kohteen kaikki neljä energiakaivoa ovat pituudeltaan 320 metriä. Maalämpöpumppu on teholtaan 44 kW, jonka lisälämmönlähteenä on 26 kW sähkökattila. Käyttövesivaraaja on kooltaan 750 litraa ja lämmityksen puskurivaraaja 300 litraa.

Maalämpöpumppu on taajuusohjattu, jonka teho nousee portaattomasti anturin TE2.1 asetusarvon perusteella (kuva 5, s. 17). Maalämpöpumpun ohjausautomaatiikka säätää sisäisiä kiertovesipumppuja. Maalämpöpumppu tekee ensisijaisesti käyttövettä, joka puskuroidaan varaajaan. Kun lämpötila-anturit TE1.1 ja TE1.2 ovat asetusarvossaan, kääntyy TV1.1 lämmitystilaan. Mikäli TE2.1 ei ole saavuttanut asetusarvoaan, käyttövesivaraajaan puskuroidaan lämmityksen aikana syntyvää tulistuslämpöä. TV1.2 sekoittaa tarvittaessa varaajilta tulevaa vettä kylmään veteen, jotta asuntoihin menevä käyttövesi ei ylitä +65 °C. Säätojärjestelmä ohjaa lämmityspiirin LP1 menoveden lämpötilaa TE2.1 ulkoilman mittausarvojen perusteella.



Kuva 5. Maalämpöpumpun kytkentäkaavio. [Helen]

Kaikissa asunnoissa on koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmä lämmöntalteenotolla. Asuntokohtaisia ilmanvaihtokoneita ohjataan erillisillä ohjainpaneeleilla. Ilmanvaihto on mitoitettu ympäristöministeriön asetuksen 1009/2017 mukaisesti asuintiloissa 6 dm³/s henkilöä kohden.

Tilakohtaiset mitoitusilmavirrat ympäristöministeriön asetuksen ja ohjeiden mukaan seuraavasti: keittiö -8 dm³/s, pesuhuone WC:llä -10 dm³/s, vaatehuone -6 dm³/s, päämakuuhuone +12 dm³/s, muut makuuhuoneet +8 dm³/s ja sauna +6 dm³/s. Liesituulettimen kompensointi on tehty virranvalvontareleellä.

Kohteessa on neljää erilaista talomallia. Kaksikerroksisten puutalojen laskennalliset E-luvut ovat 118 kWh/m² vuosi, 108 kWh/m² vuosi, 120 kWh/m² vuosi ja kellarillisten paritalojen laskennallinen E-luku on 107 kWh/m² vuosi. Kaikki asunnot ovat siis energiatehokkuusluokaltaan luokkaa B. [Vesitaito Oy]

5 Rakennusvaihe talotekniikka LVI

Pientalon LVI-työvaiheet käydään läpi alla olevissa kappaleissa ja niissä käydään läpi tärkeitä kohtia, jotka havaittiin työmaan LVI-valvonnan aikana. Näiden alla olevien kappaleiden pohjalta on tehty työvaihekohtaiset tarkastusasiakirjat, jotka ovat opinnäytetyön liitteinä.

5.1 Viemärit, vesijohtot ja lattialämmitys

Pientalon ensimmäinen työvaihe oli viemärien, vesijohtojen ja lattialämmitysputkien asennus. Tässä vaiheessa, kun putkimiehet tulivat työmaalle, talon lämmitysvalmius oli tehty valmiiksi, ja työmaa oli siivottu poistamalla ylimääräiset tavarat ja puhdistamalla likaantuneet pinnat.

Ensimmäisenä työvaiheena asennettiin viemärit. Maanvaraisissa kohteissa viemärit kaivettiin sisätäyttöön. Ennen viemäriputkien asennusta varmistettiin, että sisätäyttö ja täyttömateriaali ei ollut jäässä. Sisätäytön kiviaineen koko tarkistettiin, että siinä ei ole yli 16 mm:n kiviainesta. Sisätäyttöön asennettavien viemärien vähimmäiskoko on DN 70. [18, s. 2] Viemärit asennettiin sisätäytön tasaussorakerrokseen, jolloin viemärit eivät tarvitse eristystä tai kannakointia. Viemäreille kaivettiin urat ja viemäriputket asennettiin oikeaan kaltevuuteen tehdyille asennusalustalle. Kokoojaviemäriin vähimmäiskaltevuus on 20 ‰, ja kytkentäviemärien vähimmäiskaltevuus on 10 ‰. [19]

Viemäreiden suunnanmuutokset tehtiin tehdasvalmisteisia viemäriyhteitä käyttäen. Vaaka- ja pystykokoojaviemäriin suunnanmuutokset tehtiin maksimissaan 45° yhteillä. Kytkentäviemäriin suunnanmuutokset voitiin tehdä poikkeustapauksissa loivilla 88,5° yhteillä, mutta pääsääntöisesti käytettiin 45° yhteitä. Pystykytkentäviemäriin ensimmäinen suunnanmuutos tehtiin välittömästi viemäripisteen jälkeen, joka voitiin tehdä jyrkällä 88,5° kulmalla. [20, s. 47]

Kun viemärit oli asennettu kaivantoon, viemärikaivanto täytettiin ja tiivistettiin siten, ettei viemäri pääse myöhemmin liikkumaan tai painumaan. Peittämisessä

huomioitiin, että viemärin alla oli tasaisesti hiekkaa tai sepeliä. Viemärit peitettiin siten, että viemärin selkä jäi näkyviin (kuva 6). Viemäriputken alle ja reunoille laitettava hiekka / sepeli tiivistettiin lapiolla.



Kuva 6. Pientalon pohjaviemärit.

Mikäli kyseessä oli tuulettuva alapohja, viemärit asennettiin ja kannakoitiin ontelolaatan alle, tuuletettuun ja kuivaan tilaan. Alapohjan alapuolelle asennettavat kannakkeet olivat haponkestävää terästä. Kannakkeiden sisäpinta tulee olla siileä ja kannakkeen kulmat pyöristettyjä. [20, s. 57]

Alla olevassa kuvassa on tuulettuvaan alapohjaan asennetut viemärit (kuva 7, s. 20). Kuvassa näkyvät myös alapohjaan nousevat sähkövaraukset sekä käytövesi- ja lämmityskanaalit, jotka nousevat tekniseen tilaan.



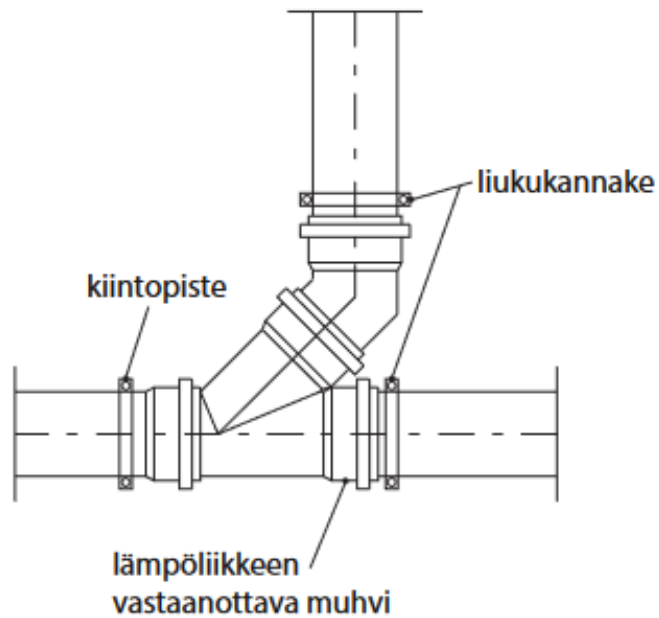
Kuva 7. Tuulettuvan alapohjan viemärit ja niiden kannatuksia.

Muoviviemärien kannakointi tehtiin alla olevan taulukon mukaan (taulukko 1). Muoviviemäreiden muhvit, haara- ja kulmayhteet kannakoitiin siten, että kanake asennettiin viemäriin muhvin juureen. Jokainen haarakohta kannakoitiin kiintopisteellä siten, että viemäri ei pääse liikkumaan pituus- tai sivuttaissuunnassa. [21, s. 18]

Taulukko 1. Muoviviemäreiden kannatusvälit. [21, s. 18]

Putkikoko d_u	Suurin sallittu kannatusväli mm			
	Vaakaviemäri		Pystyviemäri	
	Luokka1	Luokka 2	Luokka 1	Luokka 2
32	500	2000	1200	2000
50	1000	2000	1500	2000
75	1000	3000	2600	3000
110	1500	3000	2600	3000
160	2000	3000	2600	3000

Jos viemäriin tuli monta perättäistä putkiyhdetettä, niin viemäri kannakoitiin vähintään joka toisen yhteen kohdalta. Viemärin haarakohdan kannatus on esitetty alla olevassa kuvassa (kuva 8).



Kuva 8. Vaakaviemärin haaroituksen kannatus. [21, s. 18]

Jätevesilaitteiston on oltava helposti puhdistettavissa. Jokaiseen asuntoon asennettiin puhdistusluukut, jotka sijoitettiin siten, että koko viemäriputkisto voidaan puhdistaa kokonaan (taulukko 2, s. 22). [22]

Taulukko 2. Puhdistusaukkojen sijoitus jätevesilaitteistoon. [22]

Viemärin sijainti	Viemäri	Puhdistusaukko	Puhdistusaukkojen enimmäisvälimatka	Huomaus
Rakennus	Kytkentäviemäri	Vesilukko		Vesilukoissa puhdistusmahdollisuus
	Pystykokoojaviemäri	Lattiakaivo, tarkastuskaivo, tarkastusputki tai puhdistusyhte		Jätevesiviemärin puhdistus myös tuuletusviemärin kautta. Hulevesiviemärin puhdistus myös tarkastuskaivon tai kattokaivon kautta.
	Vaakakokoojaviemäri	Puhdistusyhte	20 m	
Alapohjan alla	Vaakakokoojaviemäri	Puhdistusyhte tai tarkastusputki	20 m	Puhdistusyhteen ympärillä vähintään DN 600 kaivo.
Perusmuurin ulkopuolella	Vaakakokoojaviemäri	Tarkastuskaivo tai tarkastusputki	40 m	Tarkastuskaivon koko vähintään DN 400 mm. ^(1, 2)

Puhdistusluukkujen tulee sijaita niin, että niihin on helppo päästä käsiksi ja että puhdistusvälineiden käyttö on mahdollista. Yleensä pientaloissa viemärin puhdistusluukku on sijoitettu katolle nousevaan tuuletusviemärin pystyputkeen. [22] Tutkimuskohteissa puhdistusluukut asenettiin tuuletusviemärin pystyputkeen ja luukuille tehtiin tarkastusluukut, mikäli pystyviemäri nousi seinän sisällä tai putkikulussa (kuva 9, s. 23).



Kuva 9. Viemäriin puhdistusluukku.

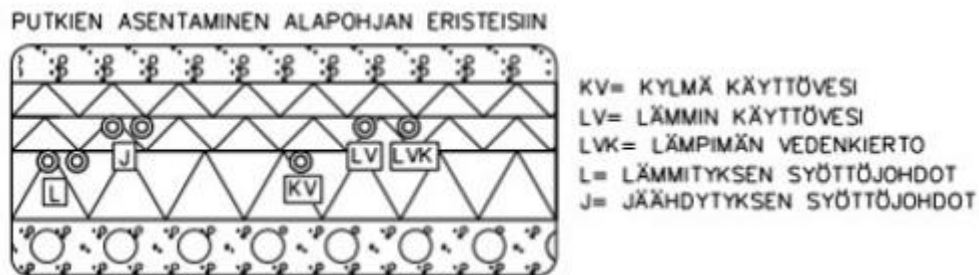
Rakennuksen viemäreiden tulee olla yhteydessä vesikaton yläpuolelle menevään tuuletusviemäriin. Tutkimuskohteissa jokaisesta asunnosta nostettiin tuuletusviemäri 110 mm:n viemäriputkella vesikaton yläpuolelle. Tuuletusviemäri eristettiin kylmässä tilassa 100 mm:n lämmöneristeellä. Tuuletusviemäriin suun tulee sijaita vähintään 0,5 m vesikatosta, 1 m ulospuhalluslaitteesta ja 8 m ulkoilmalaitteesta vaakasuunnassa. Tuuletusviemäriin tulee olla kylmässä tilassa, kuten vesikatolla DN 100. Enintään kolme tuuletusviemäriä voidaan liittää yhdeksi DN 100 kokoiseksi tuuletusviemäriksi. [23]

Radonin poistoilmakanava tehtiin muovisesta viemäriputkesta. Radonin poistoilmakanava eristettiin koko matkaltaan solukumieristeellä kondenssin estämiseksi. Maanvaraisissa kohteissa solukumieriste lähti lattiaeristeen pinnasta ja tuulettuvissa alapohjissa ontelolaatan alapinnasta (kuva 10). Sisätiloissa riittää 13 mm solukumieriste, mutta kylmissä tiloissa radonkanavisto eristettiin jäteilmakanavalle annettujen eristysohjeiden mukaan. Yläpohjassa kulkeva radonin poistoilmakanava eristettiin 19 mm:n solukumieristeellä ja 50 mm:n lämmöneristeellä kattoläpiviennille asti. [24]



Kuva 10. Solukumilla eristetystä radonin poistoilmakanava.

Kun viemärit oli asennettu ja lattiaeristeet oli laitettu paikalleen, uritettiin seuraavaksi vesijohdot, lattialämmityksen syöttöputket ja mahdolliset jäähdytysputket alapohjan lämmöneristekerrokseen. Kaikki lattiavalun alla lattiaeristeissä kulkevat vesijohdot ja lämmitysputket asennettiin suoja-putkeen, jotta mahdolliset vuoto-vedet tulevat esille ja jotta putkien vaihtaminen on mahdollista. Kylmät vesijohdot uritettiin alimpaan eristekerrokseen lämmityksen syöttöputkien kanssa. Keskimmaiseen eristekerrokseen uritettiin lämpimän käyttövesijohdot, lämpimän veden kiertojohto ja mahdolliset jäähdytysputket (kuva 11). [18, s.1]



Kuva 11. Esimerkki vesijohtojen asentamisesta alapohjan eristekerrokseen. [Airion]

Vesijohtojen urittamisen jälkeen käyttövesiputket lyhennettiin oikean mittaisiksi, mihin asennettiin hanakulmat valmistajan ohjeiden mukaan, huomioiden seinän rakennusmateriaali. Vesijohtojen molemmat päät merkittiin teipillä, lämpimän käyttöveden johdot merkittiin punaisella ja kylmän sinisellä. Tällä varmistettiin, että vesijohdot eivät mene ristiin LVI-kalusteiden asennusvaiheessa. Avonaiset vesijohtojen päät tulpattiin teipillä tai tulpilla (kuva 12, s. 26).



Kuva 12. Lämpimän ja kylmän käyttövesiputket merkittyinä ja tulpattuina.

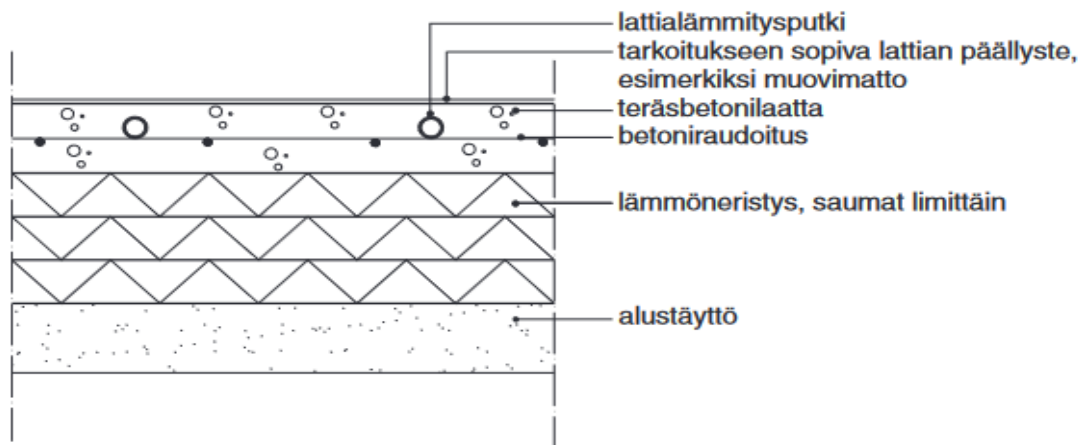
Alapohjan eristekerrokseen asennettuja vesijohtoja ei yleensä kannakoida, vaan hanakulmat kiinnitetään valmistajan ohjeiden mukaisesti seinärakenteesseen. Väliseinän sisään asennettiin myös kannake vesijohdon suoja-putkeen, estämään mahdollisia paineiskuja. Muualla rakenteissa, kuten välipohjassa ja alaslaskuissa kulkevat muoviset vesijohdot kannakoitiin tuotevalmistajan ohjeen mukaisesti. Alla olevassa kuvassa on esitetty muoviputkien suurimmat sallitut kannatusvälit (taulukko 3, s. 26–27). [21]

Taulukko 3. Muovisten vaakaputkien kannatusvälejä. [21, s. 14]

Muoviputket (mm)		
d_u (mm)	PVC, PEH, PEM	PL, PEX, PB
<20	700	300
20	700	300
25	900	400
32	1000	400
40	1100	500
50	1200	500
63	1400	600

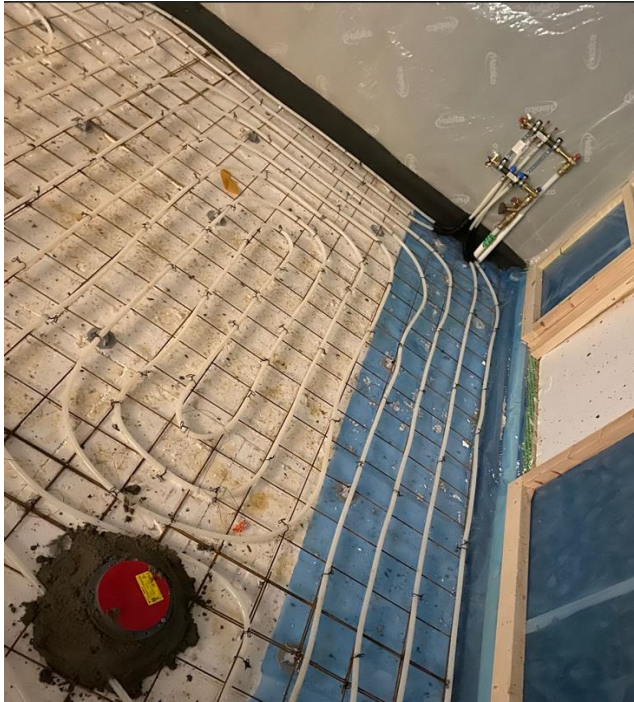
75	1500	600
90	1600	700
110	1700	700

Viimeisenä LVI-työvaiheena, ennen lattiavalua, oli lattialämmitysputkien asennus. Lattialämmitysputket sidottiin raudoitusverkkoon kiinni valmistajan ohjeiden mukaisesti yhtenäisenä lenkkinä, ilman lattiaan jääviä liitoksia (kuva 13). Lattialämmitysputkena käytettiin happidiffuusiolla suojattua muoviputkea. Lattialämmitysputket asennettiin lattialämmityssuunnitelman mukaan, yleensä lattialämmitysputket asennetaan 150 mm:n tai 300 mm:n jaolla. [25, s.2]



Kuva 13. Lattialämmitysputkien asennusohje. [25, s. 5]

Lattialämmitysputket koepainettiin ennen lattiavalun tekemistä (kuva 14, s. 28). Painekeo tehtiin paineilmalla, jossa koepaine oli 1,5 baria, joka jätettiin putkistoon. Kun lattialämmitys otetaan käyttöön, tehdään lattialämmitysputkille vielä koepaine vedellä, tällöin koepaine on 6 baria, jolloin painetta ylläpidetään yksi tunti. [26, s. 11]



Kuva 14. Lattialämmitysputket asennettuina.

5.2 Ilmanvaihto

Rakennushankkeeseen ryhtyvä huolehtii, että ilmanvaihtojärjestelmän tiiviys on mitattu ennen rakennuksen käyttöönottoa. Pientaloissa ilmanvaihdon tiiviysmittaus voidaan korvata asennustarkastuksella, jos koko kanavisto on tehty vähintään tiiviysluokan C mukaisilla osilla ja kanavilla. [27] Molemmat tutkimuskohdetettiin tiiviysluokan C osilla ja kanaviston ja liitosten asennus tarkastettiin, joten erillistä tiiviysmittausta ei kohteisiin tarvittu.

Ilmanvaihtokanavat eristettiin siten, ettei tuloilma pääse jäähtymään tai lämpenemään kanavistossa haitallisesti. Kohteissa varmistettiin myös kondenssieristykset, ettei kosteus tiivisty kanaviston pinnoille. Eristykset tehtiin LVI-suunnittelijan määrittämällä lämmöneristetuotteilla ja eristepaksuuksilla. Kylmässä ullakotilassa ilmanvaihtokanavat eristetään siten, että eristekerrosten lämmönvastus on vähintään $2,0 \text{ m}^2\text{K/W}$ [28]. Pääkaupunkiseudun työmailla on lähtökohtaisesti aina ullakolla 100 mm:n eriste jokaisessa ilmanvaihtokanavassa (kuva 15, s. 29). Muualla päin Suomea voidaan tehdä kylmässä tilassa myös 50 mm:n

eristeellä, jos kanavan ympärillä on vähintään 150 mm puhallusvillaa. Puhallusvillan yläpuolella kuitenkin aina 100 mm:n lämmöneriste.

Ulospuhallus- ja ulkoilmakanavaan laitettiin vähintään 19 mm:n solukumieriste estämään kondensointia. Ulospuhallus- ja ulkoilmakanava eristettiin myös lämpimissä tiloissa solukumieristeellä, koska ilmanvaihtokoneiden lämmöntalteenotot ovat niin tehokkaita, että ulospuhallettava ilma voi olla niin kylmää, että kanavan ulkopinnalle voi muodostua kondenssia.

Liesituulettimen poistokanava paloeristettiin yläpohjatilassa, ettei mahdollinen palo pääse leviämään yläpohjassa. Liesituulettimen poistoilmakanavaan laitettiin paloluokaltaan EI30 paloeriste ja paloeristeen päälle 50 mm:n lämmöneriste. Eristeet asennettiin höyrynsulkumuovin pinnasta kattoläpiviennille asti. [29]

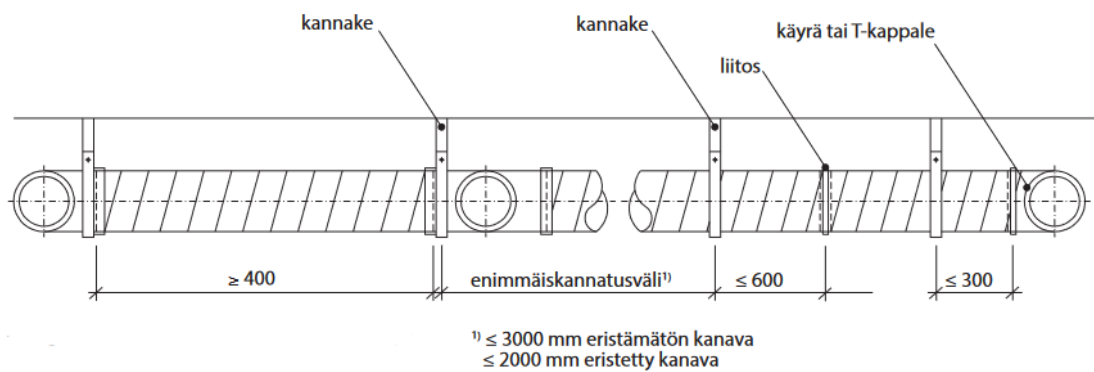


Kuva 15. Yläpohjassa lämmöneristetyt ilmanvaihtokanavat.

Ilmanvaihtokanavat kannakoitiin siten, että ilmanvaihtokanavat pysyvät tukevasti paikallaan. Kannakoinnissa huomioitiin myös se, että ilmanvaihtokanavien kannatus kestää mahdolliset kanaviston puhdistukset ja rasitukset. Ilmanvaihtokanavat kannakoitiin massiivisiin rakenteisiin siten, ettei kanavan runkoääni pääse etenemään kannatuksen kautta rakenteisiin ja huonetiloihin. Liitoskohdat kannakoitiin siten, etteivät liitokset pääse aukeamaan. Mikäli ilmanvaihtokanava

oli eristetty, kannakoitiin ilmanvaihtokanava aina eristyksen sisällä olevasta kanavasta. Ainoastaan EI120-luokan tai suurempien kannatus tehdään myös eristeiden päältä. [21, s. 23]

Ilmanvaihtokanavien suurin sallittu kannatusväli on yleensä 3 m; tarkat kannatusvälit saadaan tuotevalmistajilta. Alla olevassa kuvassa on esitetty liitososien vaikutus kannakointiväleihin (kuva 16). Ilmanvaihtokanavien vaatimat aukkovauraukset ovat yleensä 20–50 mm kanavakokoa suurempia.



Kuva 16. Liitososien vaikutus kanavien kannatusväleihin. [21, s. 23]

Ilmanvaihtokanavat pidettiin tulpattuina koko työmaan ajan (kuva 17, s. 31), jotta kanavien sisään ei päässyt kertymään epäpuhtauksia. Työmaalla huolehdittiin myös siitä, että valmis kanavisto on puhdistettavissa kokonaisuudessaan. Yleensä pientaloissa kanavistot voidaan puhdistaa päätelaitteiden kautta. Tarvittaessa kanavistoon asennetaan erillisiä puhdistusluukkuja. Kahden puhdistusluukun välissä saa olla enintään kaksi yli 45°:n käyrää. Vaakasuurille osuiksille puhdistusluukkuja asennetaan yleensä 10 metrin välein. [30]



Kuva 17. Asennettu ilmanvaihtokanavisto tulpattuna ennen alakaton ja pääte-laitteiden asennusta.

5.3 Lämmönlähde

Kummassakin tutkimuskohteessa lämmönlähteet asennettiin erillisiin teknisiin tiloihin. Erilliset tekniset tilat varustettiin lattiakaivolla ja kaukolämpökohteeseen asennettiin myös tekniseen tilaan vesipiste.

Lämmönlähteiden asennuksessa ja sijoittelussa huomioitiin vaadittavat huoltotilat (kuva 18, s. 32). Maalämpöpumpulle tarvittavat laitetilan vaatimukset oli määritelty laitevalmistajan asennusohjeessa. Kaukolämpökohteissa teknisen laitetilan koon tilantarve on esitetty Rakennusten kaukolämmitys, Määräykset ja ohjeet, K1/2021 julkaisussa. Kaukolämmön mittauskeskukselle varattiin huoltotilaa 800 mm eteen ja 600 mm sivuille. Huoltotilan korkeuden tulee olla kauttaaltaan 2000 mm. Itse kaukolämpöpakettile varattiin huoltotilaa vähintään 600 mm huoltoa tarvitseville sivuille. [31, s. 5]



Kuva 18. Maalämpöpumpun, lämminvesivaraajan ja paisunta-astian sijoitus tekniseen tilaan.

Teknisiin tiloihin toimitettiin lämmönlähteiden käyttö- ja huolto-ohjeet sekä sähkö- ja säätölaitekytkentäkaaviot. Teknisten tilojen seinälle laminoitiin myös lämmönlähteen kytkentäkaavio.

Teknisen tilan putkikytkennät tehtiin LVI-suunnittelijan määrittelemillä putkimateriaaleilla ja putkikoilla. Tutkimuskohteiden teknisten tilojen kytkennät tehtiin teräs- ja kupariputkillä. Teknisen tilan putkiasennuksissa huomioitiin myös lämmöneristeiden vaatimat tilat (taulukko 4, s. 33). LVI-suunnittelija oli määrittänyt kohteiden työselosteille vaadittavat eristepaksuudet. Valmiit ja eristetyt putket merkittiin teknisessä tilassa virtaussuuntanuolilla ja merkintätarroilla.

Taulukko 4. Putkien asennusvälit villaeristeen paksuuden mukaan. [21, s. 7]

Putken ulkohalkaisija d_u mm	Sarja 21			Sarja 22			Sarja 23			Sarja 24			Sarja 25			Sarja 26		
	s mm	a mm	b mm	s mm	a mm	b mm	s mm	a mm	b mm	s mm	a mm	b mm	s mm	a mm	b mm	s mm	a mm	b mm
10...49	20	140	95	30	160	105	40	180	115	50	200	125	60	220	135	80	260	155
50...89	30	200	125	40	220	135	50	240	145	60	260	155	80	300	175	100	350	195
90...169	40	300	175	50	310	180	60	330	190	80	370	210	100	420	230	120	460	260
170...219	50	370	210	60	390	220	80	430	240	100	480	260	120	520	290	140	560	310
220...273	50	425	240	60	445	250	80	485	270	100	535	290	120	575	320	140	615	340
274...325	50	465	265	60	485	275	80	535	295	100	585	315	120	625	345	140	665	365
325...356	60	530	290	80	570	310	100	620	330	120	660	360	140	700	380	160	740	400

s = eristepaksuus, a = eristettävien putkien keskilinjojen väli, b = eristettävän putken keskilinjan ja rakenteen väli

Putkien suurimmat kannakointivälit saatiin tuotevalmistajilta, mutta alla olevassa kuvassa on esitetty suuntaa antavat kannakointiväliden enimmäispituudet yleisimmille putkimateriaaleille (taulukko 5). [21, s. 14]

Taulukko 5. Vaakaputkien suurimmat sallitut kannatusvälit. [21, s. 14]

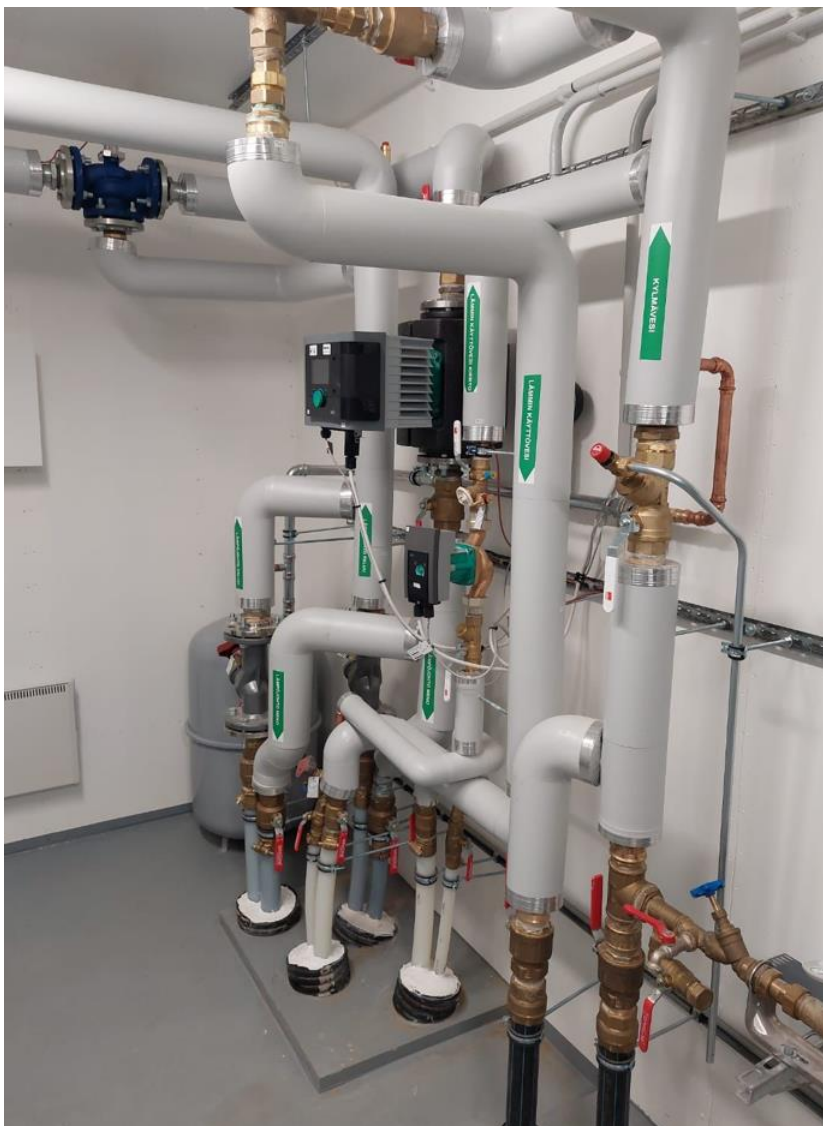
Teräsputket		Kupariputket ^{1) 2)}		Muoviputket			Monikerrosputket ³⁾	
DN	mm	d_u mm	mm	d_u mm	PVC, PEH, PEM mm	PEL, PEX, PB mm	d_u mm	mm
< 20	2500	< 22,0	1250	< 20	700	300	< 20	1200
20	2500	22,0	2500	20	700	300	20	1300
25	2500	28,0	2500	25	900	400	25	1300
32	2500	35,0	2500	32	1000	400	32	1400
40	2500	42,0	2500	40	1100	500	40	1400
50	3000	54,0	2500	50	1200	500	50	1500
65	4000	63,0	2500	63	1400	600	63	1500
80	4000	76,1	3000	75	1500	600	75	1500
100	5000	88,9	3000	90	1600	700		
120	5000	108,0	3000	110	1700	700		

¹⁾ ei koske hehkutettua kupariputkea

²⁾ d_u 8...15 mm putkien kannatusvälit pinta-asennuksessa lämmitysputkille 400...500 mm ja käyttövesiputkille 600 mm

³⁾ pinta-asennuksessa putkien kannatusväli 500...800 mm

Teknisten tilojen putket kannakoitiin siten, ettei lämpölaajenemisesta tai veden virtauksesta syntyvät voimat aiheuta putkien irtoamista, rikkoontumista tai häiritsevää ääntä. Erityisesti kiinnitettiin huomioita putkien kannakoinnissa kohtiin, joissa materiaali vaihtuu. Materiaalin vaihtuessa, kannakoitiin molemmista putkista (kuva 19, s. 34).



Kuva 19. Teknisen tilan putkikytkennät, putkien kannakointi ja merkinnät.

Ennen lämmönlähteiden käyttöönottoa, huolehdittiin, että kaikki teknisestä tilasta lähtevät putkikanaalit oli huuhdeltu ja koepainettu.

5.4 LVI-kalustusvaihe

Jokaiseen asuntoon asennettiin huoneistokohtaiset vesimittarit asuntoon tuleviin kylmään ja kuumaan käyttöveteen. Huoneistokohtaisten vesimittarien tulee olla etäluettavia. Huoneistokohtaiset vesimittarit asennettiin sellaiseen paikkaan, jossa ne ovat helposti huollettavissa ja luettavissa. Yleensä vesimittarit asennetaan heti kanaalinousujen läheisyyteen (kuva 20, s. 35). [32]



Kuva 20. Huoneistokohtaisten vesimittarien asennus.

Huoneistokohtaiset vesimittarit asennettiin valmistajan ohjeiden mukaisesti valmistajan määrittämään asentoon. Vesimittareiden ja kanaalikytkentöjen asennuksissa huomioitiin, että vesimittareilla oli riittävän pitkät suorat putkiosuudet, joihin mittarit asennettiin (taulukko 6, s. 36). [33, s. 2]

Koska molemmat tutkimuskohteet sijaitsivat pääkaupunkiseudulla, vesimittareiden asennuksessa huomioitiin myös Rakentamisen Topten-käytännöistä löytyvää yhteistä tulkintakorttia 117 c 04, jonka mukaan huoneistokohtaiset vesimittarit tulee olla luettavissa ilman apulaitteita. Vesimittareita ei saa asentaa yli 2500 mm korkeudelle, eikä yli 100 mm luukun yläpuolelle. Mahdollisten luukkujen tulee olla helposti avattavissa ilman työkaluja. Mikäli luukku avautuu siihen tarkoitetulla avaimella tai työkalulla, tulee se jakaa jokaiseen asuntoon. [34]

Taulukko 6. Vesimittarin sallitut asennot. [33]

Vesimittarin sallitut asennusasennot ja niiden merkinnät		
Merkintä vesimittarissa	Sallittu asennusasento	Näyttötaulun suunta
H	Vain vaakaputkeen	Ylös
V	Vain pystyputkeen	Vapaa
H ja V	Vaaka- tai pystyputkeen	Vaakaputkessa ylös tai sivulle Pystyputkessa vapaa
Ei H-, V- tai H/V-merkintää	Vaakaputkeen Pystyputkeen Vinoputkeen	Ylös tai sivulle Vapaa Ylös tai sivulle

Mahdollisten liesituulettimien kompensoinnit toteutettiin LVI-kalustusvaiheessa. LVI-suunnittelijan on suunniteltava liesituulettimen käytön vaatima lisäulkoilma-virta siten, että rakennus ei mene liian alipaineiseksi. Työmaalla liesituulettimen kompensointi toteutettiin virranvalvontareleellä, jolloin ilmanvaihtokoneen kompensointi lähti automaattisesti päälle, kun liesituulettimen laittoi päälle. Liesituulettimen kompensoinnin riittävyys todettiin mittaamalla sisä- / ulkoilman paine-ero esimerkiksi pääovesta. Liesituulettimen ja kompensoinnin ollessa päällä, sisä- / ulkoilman paine-ero saa maksimissaan olla -15 Pa. [35]

LVI-kalustusvaiheessa varmistettiin, että asennetut vesikalusteet olivat suunnitelmien mukaiset ja vesikalusteiden virtaamat oli mitattu ja säädetty suunnitelmien mukaisiksi. [36] Vesikalusteet, joissa oli kääntyvä juoksuputki, rajoitettiin siten, että juoksuputki ei päässyt kääntymään altaan yli. Samalla, kun vesikalusteiden virtaamia säädettiin, testattiin altaiden ylivuotoputkien toiminta ja riittävyys.

Ilmanvaihto mitattiin ja säädettiin suunnitelmien mukaisesti. Ennen mittaus- ja säätötyön aloittamista, varmistettiin, että rakennus oli siivottu ja ilmanvaihtokanavien puhtaus oli varmistettu. Ilmanvaihdon säätötyö tehtiin siten, että huone-

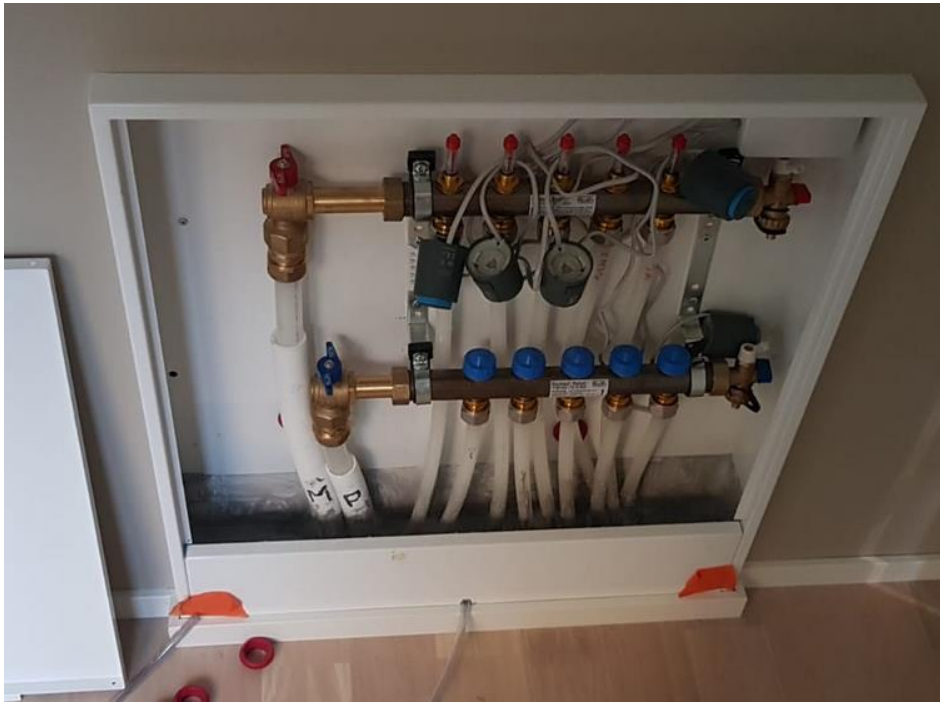
kohtaisesti ilmavirrat olivat ± 20 % sisällä ja koko ilmanvaihtojärjestelmän ilmavirrat olivat ± 10 % sisään. Ilmanvaihto mitattiin paine-eromittauksella, ja paine-eron venttiilin yli tuli olla vähintään 10 Pa kaikissa venttiileissä, jotta mittaustulos oli luotettava. [37] Kun ilmanvaihdon mittaus ja säätötyö oli tehty, mitattiin rakennuksen sisä- / ulkoilman paine-ero ja varmistettiin, että rakennus oli alipaineinen. Ympäristöministeriön rakentamismääräyksissä olevan ohjeen mukaan asuinpienitalon sisä- / ulkoilman paine-eron tavoitetaso normaali käyttötilanteessa on 0 – -2 Pa. Mikäli kyseessä on 2-kerroksinen talo, sisä- / ulkoilman paine-ero tulisi mitata molemmista kerroksista. Ilmanvaihdon mittauksen jälkeen ilmanvaihtoventtiilit lukittiin säädettyihin asentoihin. [38]

LVI-kalustuksen lopuksi varmistettiin, että kaikki mahdolliset vuotovedet ohjautuivat hallitusti esille. Tällaisia kriittisiä kohtia olivat esimerkiksi lattialämmityksen jakotukkikaapit ja keittiön allaskaapit. Keittiön astianpesukoneen alle asennettiin aina vuotokaukalo, jonka etureuna oli näkyvässä ja joka ohjasi mahdolliset vuotovedet näkyville. Keittiön allaskaapin alle olisi voitu asentaa myös vuotokaukalo, mutta työmaalla tiivistettiin allaskaapin pohjalevy käyttäen pohjalevyn läpivientikappaleita, jotka tiivistettiin vesitiiviiksi. Tällä ratkaisulla vuotovedet ohjautuivat kaapin oven alta näkyville (kuva 21, s. 38). [39]



Kuva 21. Keittiön allaskaapin pohjalevy tiivistetty ja putkien asennuksessa on käytetty läpivientikappaleita.

Lattialämmityksen jakotukkikaappeja on useaa erilaista mallia, joten riippuu käytetystä tuotteesta, miten vuotovedet ohjataan näkyville. Mikäli jakotukkikaapin pohja oli avonainen, tehtiin kaapin pohjalle korokevalu ja vuotovedet ohjattiin jakotukkikaapin edessä olevasta reiästä näkyville (kuva 22, s. 39). Mikäli käytettiin valmiiksi tiivistä jakotukkikaappia, tuotiin vuotovedet letkulla jakotukkikaapista näkyvään paikkaan.



Kuva 22. Lattialämmityksen jakotukkikaappi, jonka vuotovedet tulevat vuotovesiletkusta näkyville.

5.5 Virtaussäädöt

Rakennusten lämmityksen ja käyttöveden virtaussäädöt pystyttiin tekemään, kun lämmitysverkoston ja käyttövesiverkoston asennukset olivat valmiita, verkostot oli huuhdeltu, ilmattu ja lianerottimet oli puhdistettu. Virtaussäädöt tehtiin LVI-suunnittelijan virtaus- ja painehäviölaskelmien perusteella. Linjasäätöventtiilien esisäätöarvot ja virtaamat löytyivät asuntokohtaisesti LVI-suunnitelmista. [40]

Ennen virtaamien säätötyön aloittamista varmistettiin, että kaikki lattialämmityksen jakotukkien toimilaitteet oli otettu irti ja että esisäädöt oli laitettu lattialämmitysjakotukkeihin ja linjasäätöventtiileihin. Linjasäätöventtiilien virtaamien tuli olla $\pm 10\%$ sisällä suunnittelijan mitoittamista arvoista. Kun virtaamien mittaus- ja säätötyö saatiin tehtyä, varustettiin kaikki linjasäätöventtiilit kyltillä, josta näki venttiilin tunnuksen, nimelliskoon, esisäätöarvon, mitatun virtauksen ja mitatun paine-eron. Samalla myös lukittiin linjasäätöventtiilit säädettyyn arvoon. [40]

Lämpimän käyttöveden kiertojohto mitattiin ja säädettiin siten, että veden lämpötila oli koko järjestelmässä vähintään 55 °C ja virtausnopeus oli maksimissaan 0,5 m/s. [41]

6 Työmaakatselmukset

6.1 Mallikatselmukset

Työmailla pidettiin mallikatselmuksia rakennushankkeiden edetessä. Mallikatselmukset pidettiin jokaisesta LVI-puolen työvaiheesta ja jokaiseen talomalliin erikseen. Easyin-rakennushankkeissa on yleensä useampi samanlainen talomalli, joten riitti, että mallikatselmus pidettiin ensimmäiseen taloon. Pidetyistä mallikatselmuksista tehtiin pöytäkirjat. Pöytäkirjoihin kirjattiin mallikatselmuksiin osallistuvat henkilöt, kyseisen mallikatselmuksen aikana havaitut puutteet ja mahdolliset muut havainnot. Mallikatselmuksissa tarkistettiin aina, että asennukset olivat suunnitelmien mukaiset. Mallikatselmuksissa oli aina paikalla LVI-valvoja, LVI-työnjohtaja ja LVI-asentajat.

Mikäli kyseisen työvaiheen mallikatselmuksessa havaittiin puutteita, tai jos esimerkiksi työvaihetta ei ole pystytty tekemään suunnitelmien mukaan, ehdittiin tehdä tarpeelliset toimenpiteet ennen seuraavaan taloon siirtymistä, kuten punakynien piirtäminen ja lvi-suunnitelmien päivitys. Mikäli mallikatselmuksessa havaittiin asennusvirheitä, toimitettiin korjatuista asennuksista kuvat mallikatselmuksen pöytäkirjan pitäjälle.

6.2 Tarkastusasiakirjat

Molemmissa tutkimuskohteissa täytettiin rakennustyön tarkastusasiakirjaa rakennushankkeen aikana. Eri tarkastusvaiheiden vastuuhenkilöt oli sovittu rakennusluvassa tai työmaan aloituskokouksessa. Vastuuhenkilöt kirjasiivat tekemänsä tarkastukset tarkastusasiakirjaan, joten tarkastusasiakirjaan tehdyt kirjatukset muodostivat tarkan kuvauksen rakennustyön kulusta. Tarkastusasiakirja

luovutettiin rakennusvalvontaviranomaiselle loppukatselmuspöytäkirjan liitteeksi. [9]

Rakennushankkeen aikana, voidaan käyttää myös muita tarkastusasiakirjoja, kunnan IV- ja KVV-tarkastusasiakirjojen lisäksi. Tämän opinnäytetyön pohjalta on tehty jokaiselle työvaiheelle omat tarkastusasiakirjat, joilla voidaan ylläpitää rakennushankkeen laadunvarmistusta ja LVI-valvontaa. Tarkastusasiakirjat löytyvät opinnäytetyön liitteistä.

7 Pöytäkirjat

Käyttöveden koepaineesta tehtiin pöytäkirja, koko käyttövesiverkoston tulee olla koepainettu. Käyttövesiverkon putkisto tehtiin vaaditulla PN10-luokan putkilla ja liittimillä, joten käyttöveden koepaine tehtiin 10 barin paineella. Käyttövesiverkosto tehtiin muoviputkella, joten koepaine suoritettiin siten, että ensin ylläpidettiin 10 barin painetta 30 minuutin ajan, jonka jälkeen paine puolitettiin 5 bariin, jota seurattiin 90 minuutin ajan. Tällä tavalla tehtynä, paineen tulisi aina nousta paineen puolituksen jälkeen, kun käytetään muoviputkea. [42]

Lämmitysverkon putket tehtiin paineluokan PN6 putkilla ja osilla, joten lämmityspuolen koepaine tehtiin 6 barin paineella. Lämmitysverkosto täytettiin ja ilmatiivis huolella, jonka jälkeen verkostoon pumpattiin 6 barin paine. Muoviputkien joustavuuden ja lämpölaajenemisen takia, paine saattoi tippua, joten painetta jouduttiin välillä lisäämään. [25, s. 11]

Ilmanvaihdon mittauksista ja säädöistä tehtiin pöytäkirjat jokaisesta asunnosta. Ilmanvaihdon mittauksesta ja säätötyöstä on kerrottu tarkemmin tämän opinnäytetyön luvussa LVI-kalustusvaihe. Ilmavirtojen perussäätö tehtiin yleisimmän käyttötilanteen mukaisella käyttöajan tehostamattomalla ilmavirralla, mutta asunnoissa ilmavirrat tarkistettiin myös tehostetulla mitoitusilmavirralla. [37] Pöytäkirjapohjana olisi hyvä käyttää Rakentamisen Topten-käytännöistä löytyvää lomaketta, lomake IV01 ilmanvaihtojärjestelmän käyttöönottopöytäkirja ja IV-mittauspöytäkirja (kuva 23, s. 42).

täkirja, josta kävi ilmi vesikalusteen suunniteltu virtaama ja mitattu virtaama. Vesikalusteen virtaaman tulisi olla vähintään 70 % ja maksimissaan 150 % suunnitellusta virtaamasta. [44, s. 8]

Maalämpöpumpusta toimitettiin lämmönlähteen käyttöönottopöytäkirja, joka löytyi lämmönlähteen mukana tulleista dokumenteista. Käyttöönottopöytäkirjan täyttäminen on myös lähtökohtaisesti ehto laitteen takuun voimassaololle. Kaukolämpökohteesta toimitettiin kaukolämmön lopputarkastuksessa täytetty valmistuspöytäkirja sekä kaukolämmön virityspöytäkirja. Molempien lämmönlähteiden osalta toimitettiin myös käyttö- ja huolto-ohjeet, jotka jätettiin teknisen tilan huoltokansioon.

Liesituulettimien poistokanavissa käytetyistä paloeristeistä toimitettiin valmistajan antama asennuspöytäkirja. Pöytäkirjaan merkittiin käytetty paloeristetuote, paloluokka, eristepaksuus, asennuskohteen tiedot sekä asennusliikkeen tiedot. Mikäli kohteeseen oli asennettu myös palopeltejä, täytettiin palopeltien asennuksesta asennusohjeen mukana tuleva tarkastusasiakirja. Palopellin tarkastusasiakirjaan yksilöitiin palopellin asennuspaikka. Vastuuhenkilö allekirjoitti palopeltien ja paloeristysratkaisujen asennustodistukset ja liitti ne kohteen luovutusmateriaaleihin. [45]

Tutkimuskohteissa rakennusten sisä- ja ulkopuolisten viemärien tiiviys todennettiin viemärikuvauksella. Viemärikuvauus tehtiin jokaisesta viemäripisteestä putkikohtaisesti huuhtelun jälkeen. Viemärikuvauksesta toimitettiin laadunvarmistuspöytäkirja, mikä liitettiin rakennushankkeen asiakirjoihin. Mikäli viemärikuvauksissa löytyi korjattavia kohtia, kuvattiin viemärit uudelleen korjauksen jälkeen, josta toimitettiin uusi laadunvarmistuspöytäkirja. Rakennusvaiheen vastuuhenkilö teki merkinnän rakennustyön tarkastusasiakirjaan jätevesilaitteiston tiiviiden toteamisesta. [46]

Kumpaankin tutkimuskohteeseen tehtiin äänimittaukset pistokokeina erilaisiin talomalleihin. Äänimittaukset voitiin tehdä vasta, kun asunto oli kokonaan valmis ja ilmanvaihtokone oli päällä ja ilmanvaihto oli säädetty suunnitelmien mukaisesti. Äänimittauksissa pyrittiin huomioimaan, että taustamelu olisi noin 10 dB

pienempi kuin mitattava ääni, jolloin se ei vaikuta mittaustuloksiin merkittävästi. Äänimittaukset tehtiinkin aikaisin aamulla. LVIS-laitteiden aiheuttamat äänitasot mitattiin keskeltä huonetta ja noin 1,5 metrin korkeudelta. Jos äänimittaukset suoritettiin kalustamattomassa asunnossa, voitiin mittaustuloksista vähentää huonevaimennus (taulukko 7). LVIS-laitteiden suurimmat sallitut äänitasot löytyvät taulukosta 8 (taulukko 8). [47]

Taulukko 7. Eri huonetilojen suuntaa antavia huonevaimennuksen arvoja. [48, s. 25]

Tilatyyppe	Huonevaimennus (dB)
Asuinhuone, tilavuus 30 m ³	4
Asuinhuone, tilavuus 60 m ³	7
Keittiö	2
Kylpyhuone, WC	-4...-7
Toimistohuone	3
Potilashuone	2
Opetustila	10

Taulukko 8. LVIS-laitteiden aiheuttama suurin sallittu äänitaso asunnossa. [49, s. 3]

Huone- ja ulkotila	Jatkuva laajakaistainen ääni		Impulssimainen tai kapeakaistainen ääni	
	Keskiäänitaso $L_{Aeq,T}$ (dB)	Enimmäisäänitaso $L_{AFmax,T}$ (dB)	Keskiäänitaso $L_{Aeq,T}$ (dB)	Enimmäisäänitaso $L_{AFmax,T}$ (dB)
Asuin-, majoitus- tai potilashuone	28	33	25	30
Asunnon keittiö tai rakennuksen harrastustila	33	38	30	35
Porrashuone tai uloskäytävä	38	43	35	40
Ulkotila	45	50	40	45

8 Viranomaistarkastukset

8.1 Kaukolämpölaitteiston käyttöönottotarkastus

Tutkimuskohteessa, jonka lämmönlähteenä oli kaukolämpö, toimitettiin kohteen LVI-suunnitelmat energialaitokselle tarkistettavaksi ja hyväksyttäväksi ennen kaukolämpötöiden aloitusta. LVI-suunnitelmat toimitettiin sähköiseen tarkastuskansioon, joka on käytössä Vantaan energian, Fortumin ja Turun energian alueilla. Ennen suunnitelmien toimitusta, suunnitelmiin täydennettiin laitetiedot sekä urakoitsijan allekirjoitus ja yhteystiedot.

Kun kohteen kaukolämpöasennukset saatiin valmiiksi ja kaukolämmön toiminta oli tarkastettu, tilattiin energialaitokselta käyttöönottotarkastus. Käyttöönottotarkastuksen tekee lämmönmyyjä. [31, s. 46]

Käyttöönottotarkastuksessa tarkistetaan alla olevat asiat:

- liitosten tiiviystarkastus
- kaukolämpölaitteiden sijoitus ja huoltotilat
- lämmönsiirtimien kilpiarvot
- CE-merkinnät ja vaatimustenmukaisuus
- säätöventtiilien kilpiarvot
- ensiö- ja toisiopuolen kytkennät
- paisunta- ja varolaitteet
- venttiilit ja muut kaukolämpöpaketin varusteet ja niiden kytkennät
- ilmanpoistot ja tyhjennykset
- paine- ja lämpömittarit
- säätölaitteet ja lämpötila-anturit
- putkikoot ja käytetyt materiaalit
- lämpöenergiamittarin sähkönsyöttö.

Kaukolämpölaitteiston tiiviys todettiin painekokeella, jonka lämpöurakoitsija teki käyttöönottotarkastuksen yhteydessä. Painekokeeseen otettiin mukaan ensiöpuolen kytkennät ja lämmönsiirtimet. Koepaine tehtiin 2,1 MPa paineella,

joka on 1,3 x suurin sallittu käyttöpaine. Koepaine tehtiin ennen ensiöpuolen putkien eristämistä ja koepainetta ylläpidettiin vähintään 15 minuutin ajan. [31, s. 47]

Hyväksytyin käyttöönottotarkastuksen jälkeen, lämmönmyyjä toimitti käyttöönottotarkastuksesta pöytäkirjan (liite 3). Mikäli käyttöönottotarkastuksessa havaittiin puutteita, tai jotain korjattavaa, kirjattiin ne käyttöönottotarkastuksen pöytäkirjaan. Havaitut puutteet on korjattava ennen kaukolämmön lopputarkastusta.

Lämmöntoimituksen aloituksen tekee lämmönmyyjä. Kohteen lämmöntoimitus aloitettiin, kun käyttöönottotarkastus oli tehty hyväksytysti ja se täytti lämmönmyyjän asettamat tekniset vaatimukset ja valmius lämpöenergian mittaukselle oli olemassa. Kaukolämmön mittarointi tuli noin viikon kuluessa käyttöönottotarkastuksesta. [31, s. 47]

Eri energialaitosten alueilla on aluekohtaisia vaatimuksia, jotka on muistettava kaukolämpölaitteistoa asennettaessa. Esimerkiksi Vantaalla on kaikkiin lämmönjakokeskuksiin asennettava paine-erosäädin, joka pitää kaukolämpöliittymän paineolosuhteen vakiona. Lämmönjakokeskuksen yli vaikuttava paine-erosäädetään 130 kPa [50]. Fortumin alueella on muistettava asentaa DN20 mittausventtiili ensiöpuolen paluuputkeen.

8.2 Kaukolämpölaitteiston säätökeskuksen viritys

Kun lämmöntoimitus oli aloitettu, tehtiin kaukolämmön säätökeskuksen viritys. Viritys tehtiin LVI-suunnitelmissa esitettyjen lähtöarvojen pohjalta. Virittäjä tarvitsi kaukolämpösuunnitelman, josta näki laitetiedot, kuten säätökeskuksen, toimilaitteet ja venttiilit. Virittäjä tarvitsi myös LVI-suunnitelmista mitoitustiedot, kuten tehontarpeet ja niiden vaihtelut, virtaamat, lämpötilat ja paine-erot. [31, s. 47]

Kaukolämpövirittäjän tehtäviin kuuluu kaikkien anturien mittausviestien kalibrointi, ulostulojen toimintapisteiden ja toiminta-alueiden asettelu, säätöparametrit, kompensointien vaikutusten asettelu, pääsäätöjen ja raja-arvojen asetusarvot ja

asetusnappien asteikonäyttämien tarkistukset. Säätokeksen virityksen jälkeen, kaukolämpövirittäjä teki laitteistosta virityspöytäkirjan (liite 4).

Kaukolämmön virittäjä teki myös säätöpiirien toimintakokeen. Toimintakokeessa varmistettiin, että kaikki säätölaitteet toimivat virityksen jälkeen vaatimusten mukaisesti. Etenkin varmistettiin, että lämpimän käyttöveden lämpötila oli yli 55 °C koko käyttövesijärjestelmässä. [31, s. 48]

Lämminvesilaitteiston lämpötilat on määritelty ympäristöministeriön asetuksessa rakennusten vesi- ja viemärlaitteistoista 1047/2017, § 6, jonka mukaan lämminvesilaitteistossa olevan veden tulee olla vähintään 55 °C, mutta korkeintaan 65 °C. [41]

8.3 Kaukolämpölaitteiston lopputarkastus

Kun kaukolämpölaiteasennukset olivat täysin valmiit ja mahdolliset käyttöönottotarkastuksessa havaitut puutteet oli korjattu, tilattiin energialaitokselta kaukolämpölaitteiden lopputarkastus. Lopputarkastus on pidettävä hyväksytysti ennen kohteen muuttokatselmusta.

Kaukolämpölaitteiston lopputarkastuksessa tarkistettiin seuraavat asiat [31, s.48]:

- käyttöönottopöytäkirjassa havaittujen puutteiden korjaukset
- laitteiston käyttö- ja huoltotilat
- kaukolämpösiirtimien toiminta
- säätölaitteiden toiminta
- paine- ja lämpömittarit
- putkien eristykset ja niiden merkinnät
- laitteiston toimintakaavio, joka pitää olla laitetilassa
- käyttö- ja huolto-ohjeet, joiden on oltava myös laitetilassa
- säätö- ja virityspöytäkirjat
- laitetilän ilmanvaihto, viemärointi ja vesipiste
- laitetilän valaistus ja viestiyhteydet

- huoltoreitti
- käytönopastus.

Lopputarkastuksen yhteydessä tehtiin kaukolämmityslaitteiden toimintakoe. Toimintakokeessa käyttövesisiirrintä kuormitettiin avaamalla lämminvesihanoja niin monta, että käyttövesivirtaama oli vähintään 50 % mitoitusvirtaamasta. Lämmityksen lämmönsiirtimen toiminta testattiin sillä teholla, mikä testauksen aikana vallitsi. Siirrinten testauksessa mitattiin vähintäänkin kaukolämpöveden virtaama, paineet lämmönsiirtimien ensiö- ja toisiopuolilta ja lämpötilat ensiö- ja toisiopuolen meno- ja paluuputkista. [31, s. 49]

Kohteen lopputarkastuksessa tehtiin myös säätöjärjestelmän toiminnan testaus. Testauksessa varmistettiin, että virituspöytäkirjassa esitetyt arvot olivat voimassa ja säätökäyrät olivat suunniteltujen toimintalämpötilojen mukaisia. Säätöjärjestelmästä tarkistettiin siirtimien ensiö- ja toisiopuolen meno- ja paluulämpötilat, ulkoilman lämpötila ja ulkolämpötila-anturin kytkentä sekä viritys- ja asetusarvot. [31, s. 49]

Hyväksytystä kaukolämmön lopputarkastuksesta tehtiin valmistuspöytäkirja (liite 5), jonka jälkeen kaukolämpölaitteisto voitiin luovuttaa asiakkaalle. Mikäli kaukolämmön lopputarkastuksessa havaitaan virheitä ja puutteita, voidaan määrätä uusintatarkastus.

8.4 Talotekniikan loppukatselmus

Kun tutkimuskohteiden talotekniikan järjestelmät toimivat suunnitelmien mukaisesti ja rakennushankkeet olivat talotekniikan osalta valmiit käyttöön otettaviksi, tilasi kohteen KVV- / IV-vastaava työnjohtaja talotekniikan loppukatselmuksen kunnan LVI-tarkastajalta. Talotekniikan loppukatselmuksessa olivat läsnä kunnan LVI-tarkastaja, IV-vastaava työnjohtaja, KVV-vastaava työnjohtaja sekä sisä- että ulkopuolisille asennuksille, LVI-valvoja ja rakennushankkeeseen ryhtyvä.

Lopputarkastuksessa käytiin läpi talotekniikan osalta vaadittavat dokumentit, joita ovat:

- käyttöveden koepainepöytäkirjat
- lämmityksen koepainepöytäkirjat
- IV-mittauspöytäkirjat
- huuhtelupöytäkirjat
- virtaussäätöjen pöytäkirjat, käyttövesi ja lämmitys
- lämmönlähteen käyttöönottopöytäkirja ja valmistumispöytäkirja
- paloeristepöytäkirjat
- äänimittauspöytäkirjat
- vesikalusteiden virtaamien säätöpöytäkirjat
- viemäreiden kuvaus- ja laadunvarmistuspöytäkirja
- kunnan KVV- ja IV-tarkastusasiakirjat.

KVV- / IV-vastaava työnjohtaja latasi kaikki tarkastusasiakirjat ja talotekniikan pöytäkirjat ePermittiin [51] tai Lupapisteeseen [52] ennen loppukatselmusta. Talotekniikan loppukatselmus tulee pitää ennen rakennushankkeen käyttöönotto-tarkastusta tai loppukatselmusta. Kunnan LVI-tarkastaja teki talotekniikan loppukatselmuksesta pöytäkirjan.

9 Pohdinta

Rakennushankkeen LVI-valvonta on vaativa työ, jonka tarkoitus on varmistaa LVI-töiden toteutus urakkasopimuksen mukaisesti ja virheettömästi. LVI-valvonta vaatii ulkopuolisilta valvojilta, työnjohtajilta sekä asentajilta eri osa-alueiden tietämystä ja osaamista rakentamisen eri vaiheissa. Työmaa etenee yhden päivän aikana paljon, joten LVI-valvojan tulee olla tietoinen töiden etenemisestä ja tehtävä yhteistyötä työnjohtajien ja LVI-asentajien kanssa. Työnjohtajilla ja asentajilla täytyy olla luottamus toisiinsa, jotta työmaa etenee virheettömästi ja ongelmitta.

Tutkimuskohteista kerätyn aineiston ja työmaalla tehtyjen havaintojen mukaan urakkasopimusten mukainen toteutuksen taso oli hyväksyttävä. TalotekniikkaRYL:in määrittämä hyvä rakentamistapa toteutui molemmissa tutkimuskoh-teissa. TalotekniikkaRYL:ssä esitetty vaatimus näkyville jäävien asennusten esteettisistä vaatimuksista täyttyi tutkimuskohteissa hyvin, mutta esteettisiin vaatimuksiin tulee kiinnittää huomiota myös esimerkiksi yläpohjaan asennettujen ilmanvaihtokanavien ja niiden lämmöneristeiden asennustyössä. Siistit asennukset antavat luotettavan kuvan työn laadusta tuleville asukkaille sekä kohteen LVI-valvojille.

Tuotevalmistajien antamiin asennusohjeisiin ja RT- ja LVI-ohjekorttien ohjeisiin tulisi työmaalla perehtyä tarkemmin. Tutkimuskohteissa talotekniikan asennukset onnistuivat asennusteknisesti oikein, mutta esimerkiksi RT- ja LVI-ohjekorteissa esitetyt kannakoinnit olivat tietyissä kohdin puutteellisia. Asentajat tietävät suurimmat sallitut kannakointivälit, mutta esimerkiksi viemäriasennuksissa tulee kiinnittää huomiota haarakohtien kannakointiin. Mikäli esimerkiksi puisen välipohjarakenteen sisälle asennetuissa vesijohdoissa, viemäriputkissa tai ilmanvaihtokanavissa huomataan jälkikäteen asennusvirheitä, on niiden korjaaminen työlästä ja kallista.

Tutkimuskohteissa havaitut puutteelliset kannakoinnit ja muut asennusvirheet korjattiin. Kun rakennetaan monta erillistä pientaloa samalle tontille, ei välttämättä ehditä tarkistamaan kaikkia mahdollisia asennusvirheitä tai kannakoiteja jokaisesta asunnosta. Tämä tarkoittaa sitä, että kohteisiin jää suurella todennäköisyydellä puutteellisia kannakoiteja esimerkiksi yläpohjiin tai tuulettuviin alapohjiin.

Eristäminen oikeilla materiaaleilla ja oikeilla eristepaksuuksilla on tärkeä työvaihe, vaikka usein työmaalla oletetaan, että putket voisi myös eristää ohuem-malla putkieristeellä. KVV- ja IV-vastaavan työtehtävissä olevien tulee kiinnittää huomiota eristykseen työmaalla käyntien aikana.

Työmaapalaverit ja mallikatselmuksukset ovat tärkeä osa laadunvalvontaa. Viikoit-taisissa työmaapalavereissa tulee käydä läpi rakennushankeen eteneminen.

Mallikatselmuksissa keskitytään yhteen tiettyyn rakennusvaiheeseen. Palaverien ja mallikatselmusten tarkoitus on puuttua havaittuihin ongelmakohtiin, ennen kuin siirrytään seuraavaan rakennusvaiheeseen.

Eri työvaiheiden LVI-pöytäkirjojen teko on yleensä LVI-asentajien vastuulla. LVI-asentajia tulee muistuttaa pöytäkirjojen tärkeydestä ja niiden täyttämisestä ajoissa. Ajoissa täytetyt ja toimitetut pöytäkirjat tuovat myös luottamusta rakennushankkeen etenemisen kannalta.

Rakennushankkeen viranomaiskatselmuksset ja niiden käytännöt vaihtelevat paikkakunnittain, vaikka tarvittavat asiakirjat ja pöytäkirjat ovat saatavissa Topen- ja RT-korteista (10-11301, 10-11302 ja 103172). Yhteisten asiakirjojen ja käytäntöjen käyttöönotto tulee mahdollisesti paranemaan sähköisen rakentamislupamenettelyn yleistyessä.

Opinnäytetyön liitteissä olevat tarkastusasiakirjat toimivat muistilistana eri LVI-työvaiheiden LVI-valvonnassa. Tarkastusasiakirjoilla täydennetään Topen- ja RT-kortteja.

Kastellin Easyin-rakennushankkeiden valvonnassa tullaan tulevaisuudessa käyttämään liitteinä olevia tarkastusasiakirjoja. Tarkastusasiakirjojen sisältöä tullaan päivittämään, mikäli se koetaan tarpeelliseksi. Tarkastusasiakirjat ovat myös asentajille, jotta he osaavat kiinnittää huomioita LVI-valvonnan kannalta kriittisiin asioihin.

10 Yhteenveto

Pientalorakentaminen on nopeaa ja isommatkin työmaat etenevät nopeasti, joten LVI-valvontaan ja työmaan katselmuksiin tulee panostaa. Kastelli-talojen tavoite on parantaa ja yhtenäistää Easyin-rakennushankkeiden LVI-valvontaa ja työmaan katselmuksia. Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli tuottaa yhtenäisiä

käytäntöjä LVI-valvontaan. Tämä opinnäytetyö tehtiin kahden Easyin-rakennushankkeen pohjalta, jotka molemmat sijaitsevat pääkaupunkiseudulla. Opinnäytetyö tehtiin paikallisen kunnan rakennusvalvonnan vaatimusten mukaan.

Opinnäytetyössä on esitelty asetukset ja ohjeet, jotka ohjaavat pientalorakentamista. Asetuksista ja ohjeista on esitetty eri LVI-työvaiheiden oleellisia tekijöitä, joihin tulee kiinnittää huomiota LVI-valvonnassa.

Opinnäytetyön pohjalta tehtiin tarkastusasiakirjat jokaiseen LVI-työvaiheeseen, jotka ovat opinnäytetyön liitteinä. Tarkastusasiakirjoja tullaan tulevaisuudessa päivittämään, mutta ne toimivat pohjana pientalotyömaan valvonnassa. Tarkastusasiakirjat on tarkoitus viedä 10Pro-sovellukseen, jolloin niiden käyttäminen on helpompaa.

Opinnäytetyössä esiteltiin pientalotyömaan viranomaistarkastukset ja niissä tarvittavat asiakirjat ja pöytäkirjat. Rakennushankkeen hyvin hoidettu LVI-valvonta takaa toimivan ja laadukkaan rakennuksen. LVI-valvojien ja kunnan rakennustarkastajien toimenkuva on laaja, joten riittävä resurssointi valvontaan tulee järjestää hyvissä ajoin ennen rakennushankkeen aloitusta. Rakennushankkeen LVI-valvonta vaatii tietämystä laajalta sektorilta, joten on varmistettava, että LVI-valvojilla on riittävä pätevyys ja kokemus rakennushankkeen valvontaan.

Lähteet

- 1 Jouni Vihmo. Aleksi Randell. Pudotuksen jälkeen. Suhdannekat-
saus 2/2023. 26.9.2023. Rakennusteollisuus RT.
- 2 Talotekniikkatöiden työmaavalvonnan tehtäväluettelo. 2019. RT-oh-
jekortti. RT 103172. Rakennustieto.
- 3 Tietoa meistä. Verkkoaineisto. Easyin. [https://easyin.fi/tietoa-
meista/](https://easyin.fi/tietoa-meista/). Luettu 7.7.2023.
- 4 Meistä-tietoa Kastellista. Verkkoaineisto. Kasteli-talot Oy.
<https://www.kastelli.fi/fi/kastelli-yritys/tietoa-kastellista/>. Luettu
7.7.2023.
- 5 Talopaketti. Verkkoaineisto. Kastelli-talot Oy. [https://www.kas-
telli.fi/fi/talopaketti/](https://www.kas-
telli.fi/fi/talopaketti/). Luettu 7.7.2023.
- 6 Tehoa työnjohtoon. Verkkoaineisto. KymppiPro.
<https://www.10pro.fi/kymppipro/>. Luettu 11.7.2023.
- 7 Uuden asunnon virhe. Mikä katsotaan uuden asunnon virheeksi.
Verkkoaineisto. KKV. Kilpailu- ja kuluttajavirasto.
[https://www.kkv.fi/kuluttaja-asiat/asuminen/uudisasunnot/uuden-
asunnon-virhe/#mika-katsotaan-uuden-asunnon-virheeksi](https://www.kkv.fi/kuluttaja-asiat/asuminen/uudisasunnot/uuden-
asunnon-virhe/#mika-katsotaan-uuden-asunnon-virheeksi). Luettu
14.10.2023
- 8 Kotivakuutus. Pesukoneen vuotovahinko. Asennusvirhe. Vahinko-
numero 560-1401864.P. 29.6.2018. Verkkoaineisto. Kuluttajariita-
lautakunta. [https://www.kuluttajariita.fi/fi/index/lautakunnanratkai-
suja/1530268191102.html](https://www.kuluttajariita.fi/fi/index/lautakunnanratkai-
suja/1530268191102.html). Luettu 14.10.23

- 9 Suomen rakentamismääräyskokoelma. Suunnittelu ja valvonta. Verkkoaineisto. Ympäristöministeriö. <https://ym.fi/rakentamis-maaraykset>. Luettu 18.7.2023.
- 10 Maankäyttö ja rakennuslaki. Verkkoaineisto. Ympäristöministeriö. <https://ym.fi/maankaytto-ja-rakennuslaki>. Luettu 18.7.2023.
- 11 Eduskunta hyväksyi rakentamisen päästöjä pienentävät ja digitalisaatiota edistävät lait. 1.3.2023. Tiedote. Verkkoaineisto. Ympäristöministeriö. <https://ym.fi/-/eduskunta-hyvaksyi-rakentamisen-paastoja-pienentavat-ja-digitalisaatiota-edistavat-lait>. Luettu 14.8.2023.
- 12 Tervetuloa käyttämään TalotekniikkaRYLiä. TalotekniikkaRYL 2022/1. 23.12.2022. Verkkoaineisto. Rakennustieto. https://ryl-rakennustieto-fi.ezproxy.metropolia.fi/ryl/TalotekniikkaRYL/2022_1/. Luettu 18.7.2023.
- 13 LVI-kortiston laatiminen on yhteistyötä, jossa sinunkin mielipidettäsi arvostetaan. 26.8.2020. Verkkoaineisto. Suomen LVI-liitto SuLVI ry. <https://sulvi.fi/lvi-kortiston-laatiminen-on-yhteistyota-jossa-sinunkin-mielipidettasi-arvostetaan/>. Luettu 19.7.2023.
- 14 LVI-kortisto – kaikki talotekniikkaan. Verkkoaineisto. Rakennustieto. <https://www.rakennustieto.fi/palvelut/tietoa-rakentamiseen/kortistot/lvi-kortisto>. Luettu 19.7.2023.
- 15 Hyvä tietää. Talotekniikkainfo. Verkkoaineisto. Talteka. Talotekninen teollisuus ja kauppa. <https://talteka.fi/hyva-tietaa/talotekniikkainfo/>. Luettu 20.7.2023.
- 16 Tervetuloa talotekniikkainfoon. 7.6.2023. Verkkoaineisto. Talteka. Talotekninen teollisuus ja kauppa. <https://talotekniikkainfo.fi/>. Luettu 20.7.2023.

- 17 Rakentamisen Topten-käytännöt. Verkkoaineisto. <https://www.top-tenrava.fi/asp2/default.aspx>. Luettu 19.7.2023.
- 18 Putkistojen asennus. 2004. LVI-ohjekortti. LVI 20-10348. Rakennustieto.
- 19 Vesi- ja viemäri-laitteistot -opas. Päivitetty 7.6.2023. 31 Olosuhteiden huomioon ottaminen viemäriin sijoituksessa. Verkkoaineisto. Talotekniikkainfo. <https://talotekniikkainfo.fi/vesi-ja-viemarilaitteistot-opas/31-olosuhteiden-huomioon-ottaminen-viemarin-sijoituksessa>.
- 20 Kiinteistöviemäriointi. Suunnittelu- ja asennusohje Uponor Decibel- ja HTP-kiinteistöviemärijärjestelmille. 2/2019. Uponor.
- 21 Putkistojen ja kanavien kannatus. 2022. RT-ohjekortti. RT 103447. Rakennustieto.
- 22 Vesi- ja viemäri-laitteistot -opas. Päivitetty 7.6.2023. 34 Jätevesiviemärien puhdistusaukot. Verkkoaineisto. Talotekniikkainfo. <https://talotekniikkainfo.fi/vesi-ja-viemarilaitteistot-opas/34-jatevesiviemarien-puhdistusaukot>.
- 23 Vesi- ja viemäri-laitteistot -opas. Päivitetty 7.6.2023. 28 Viemärihaju- jen leviämisen estäminen. Verkkoaineisto. Talotekniikkainfo. <https://talotekniikkainfo.fi/vesi-ja-viemarilaitteistot-opas/28-viemari-hajujen-leviamisen-estaminen>.
- 24 Radonin torjunta. 2019. RT-ohjekortti. RT 103123. Rakennustieto.
- 25 Vesikiertoinen lattialämmitys. 2003. RT-ohjekortti. RT 52-10801. Rakennustieto.

- 26 Vesikiertoinen lattialämmitys. 1996. LVI-ohjekortti. LVI 13-10261. Rakennustieto.
- 27 Sisäilmasto ja ilmanvaihto -opas. Päivitetty 7.6.2023. 26 Tiiviys. Verkkoaineisto. Talotekniikkainfo. <https://talotekniikkainfo.fi/sisailmasto-ja-ilmanvaihto-opas/26-tiiviys>.
- 28 Sisäilmasto ja ilmanvaihto -opas. Päivitetty 7.6.2023. 25 Ilmanvaihtojärjestelmien eristäminen. Verkkoaineisto. Talotekniikkainfo. <https://talotekniikkainfo.fi/sisailmasto-ja-ilmanvaihto-opas/25-ilmanvaihtojarjestelman-eristaminen>.
- 29 Liesituulettimen poistokanava. Verkkoaineisto. Paroc. <https://www.paroc.fi/kayttokohteet/talotekniikka/liesituulettimen-poistokanava>. Luettu 1.8.2023.
- 30 Sisäilmasto ja ilmanvaihto -opas. Päivitetty 7.6.2023. 24 Ilmanvaihtojärjestelmän puhdistettavuus ja huollettavuus. Verkkoaineisto. Talotekniikkainfo. <https://talotekniikkainfo.fi/sisailmasto-ja-ilmanvaihto-opas/24-ilmanvaihtojarjestelman-puhdistettavuus-ja-huollettavuus>.
- 31 Rakennusten kaukolämmitys. Määräykset ja ohjeet. Julkaisu K1/2021. Verkkoaineisto. Energiateollisuus ry. https://energia.fi/files/6412/Julkaistu_K1_2021_Rakennusten_kaukolammitus_Maaraykset_ja_ohjeet_%28pdf%29.pdf.
- 32 Vesi- ja viemärlaitteistot -opas. Päivitetty 7.6.2023. 10 Vesimittarit. Verkkoaineisto. Talotekniikkainfo. <https://talotekniikkainfo.fi/vesi-ja-viemarilaitteistot-opas/10-vesimittarit>.
- 33 Huoneistokohtaisten vesimittareiden asennuspaikan suunnittelu. 31.1.2018. Verkkoaineisto. Tukes. Turvallisuus ja kemikaalivirasto.

- https://talotekniikkainfo.fi/sites/default/files/tukes_vesimittariohje_lvi-suunnittelijat.pdf. Luettu 2.8.2023.
- 34 Rakentamisen Topten-käytännöt. Tulkintakortti. 117 c 04. Huoneisto-kohtaiset vesimittarit. 13.10.2022. Verkkoaineisto. Toptenrava. <https://toptenrava.fi/doc/tulkintakortit/MRL-117c04.pdf>.
- 35 Sisäilmasto- ja ilmanvaihto -opas. Päivitetty 7.6.2023. 22 Tulisija ja erillispoistot. Verkkoaineisto. Talotekniikkainfo. <https://talotekniikkainfo.fi/sisailmasto-ja-ilmanvaihto-opas/22-tulisija-ja-erillispoistot>.
- 36 Vesi- ja viemärlaitteistot -opas. Päivitetty 7.6.2023. 23 Vesilaitteiston paineen ja vesikalusteiden virtaamien mittaus ja säätö. Verkkoaineisto. Talotekniikkainfo. <https://talotekniikkainfo.fi/vesi-ja-viemarilaitteistot-opas/23-vesilaitteiston-paineen-ja-vesikalusteiden-virtaamien-mittaus-ja>.
- 37 Sisäilmasto- ja ilmanvaihto -opas. Päivitetty 7.6.2023. 27 Ilmanvaihtojärjestelmän suunnitelmanmukaisuuden toteaminen. Verkkoaineisto. Talotekniikkainfo. <https://talotekniikkainfo.fi/sisailmasto-ja-ilmanvaihto-opas/27-ilmanvaihtojarjestelman-suunnitelmanmukaisuuden-toteaminen>.
- 38 Marko Björkroth. Lari Eskola. Rakennusten paine-erojen mittausohje-projektin loppuraportti. 14.10.2019. A-Insinöörit.
- 39 Vesi- ja viemärlaitteistot -opas. Päivitetty 7.6.2023. 13 Vuotojen havaittavuus. Verkkoaineisto. Talotekniikkainfo. <https://talotekniikkainfo.fi/vesi-ja-viemarilaitteistot-opas/13-vuotojen-havaittavuus>.
- 40 Nestekiertoiset lämmitys- ja jäähdytysverkot. Virtauksien säätö. 2022. RT-ohjekortti. RT 103452. Rakennustieto.

- 41 Ympäristöministeriön asetus rakennusten vesi- ja viemärlaitteistoista. 1047/2017. 2 luku. Rakennusten vesilaitteisto. 6 § Veden lämpötila. 22.12.2017. Verkkoaineisto. Ympäristöministeriö.
- 42 Vesi- ja viemärlaitteistot -opas. Päivitetty 7.6.2023. 20 Vesilaitteiston tiiviiden toteaminen. Verkkoaineisto. Talotekniikkainfo. <https://talotekniikkainfo.fi/vesi-ja-viemarilaitteistot-opas/20-vesilaitteiston-tiiviiden-toteaminen>.
- 43 Rakentamisen Topten-käytännöt. Lomakkeet. Lomake IV01. Ilmanvaihtojärjestelmän käyttöönottopöytäkirja ja IV-mittauspöytäkirja. 11.10.2018. Verkkoaineisto. Toptenrava. <https://www.top-tenrava.fi/asp2/korttiluettelo.aspx?s=54>. Excel-tiedosto.
- 44 Talotekniikan laadunvarmistus ja vastaanottomenettely. Tehtävät ja dokumentointi. 2018. LVI-ohjekortti. LVI 03-10631. Rakennustieto.
- 45 Ilmanvaihtolaitosten paloturvallisuus -opas. Päivitetty 22.6.2022. 6.1 Tuotekelpoisuus. Verkkoaineisto. Talotekniikkainfo. <https://talotekniikkainfo.fi/ilmanvaihtolaitosten-paloturvallisuus-opas/61-tuotekelpoisuus>.
- 46 Vesi- ja viemärlaitteistot -opas. Päivitetty 7.6.2023. 32 Jätevesilaitteiston tiiviys. Verkkoaineisto. Talotekniikkainfo. <https://talotekniikkainfo.fi/vesi-ja-viemarilaitteistot-opas/32-jatevesilaitteiston-tiiviys>.
- 47 Ilmanvaihtolaitteiden äänitekniinen suunnittelu ja äänenvaimennus asuinrakennuksissa. 2002. LVI-ohjekortti. LVI 30-10333. Rakennustieto.
- 48 Ari Saarinen. Ääniympäristö. Ympäristöministeriön ohje rakennuksen ääniympäristöstä. 28.6.2018. Ympäristöministeriö.

- 49 Suomen säädöskokoelma. 796/2017. Ympäristöministeriön asetus rakennuksen ääniympäristöstä. 5.12.2017. Oikeusministeriö.
- 50 Lämpöurakoitsijat. Paine-erosäädin lämmönjakokeskuksiin. Verkkoaineisto. Vantaan energia. <https://www.vantaanenergia.fi/lampo/ammattilaiset/lampourakoitsijat/>. Luettu 21.7.2023.
- 51 ePermit. Espoon rakentamisen ja maankäytön sähköinen asiointipalvelu. Verkkoaineisto. Espoo. <https://easiointi.espoo.fi/ePermit/>. Luettu 15.8.2023.
- 52 Lupapiste. Rakentamisen kaikki luvat ja lupien hankintaan liittyvät palvelut. Verkkoaineisto. Cloudpermit Oy. www.lupapiste.fi. Luettu 15.8.2023.

Tutkimuskohde A pohjakuva



Kuva 1. Tutkimuskohde A pohjakuva.

Tutkimuskohde B pohjakuva



Kuva 1. Tutkimuskohde B pohjakuva.

Kaukolämmön asennusvalvontapöytäkirja

Energiateollisuus ry
Lämmönkäyttöryhmä

ASENNUSVALVONTAPÖYTÄKIRJA

Kiinteistö		Asiakas no			
Osoite		Kiinteistön edustaja			
Urakoitsija		Puh.nro			
Suunnittelija		Puh.nro			
Lämmönsiirtimet	Käyttövesi	Lämmitys	Ilmanvaihto		
Valmistaja					
Malli					
Valmistusnumero/ -vuosi					
Teho kW					
Virtaus ensiö / toisiö dm ³ /s	/ /	/ /	/ /		
Mitoituslämpötilat ensiö / toisiö °C	- / -	- / -	- / -		
Painehäviö ensiö / toisiö kPa	/ /	/ /	/ /		
Lämmönsiirtimet suunnitelman mukaiset	<input type="checkbox"/> on <input type="checkbox"/> ei	<input type="checkbox"/> on <input type="checkbox"/> ei	<input type="checkbox"/> on <input type="checkbox"/> ei		
Säätöventtiilit	Valmistaja				
	DN / kvs	/ /	/ /		
Säätöventtiilit suunnitelman mukaiset	<input type="checkbox"/> on <input type="checkbox"/> ei	<input type="checkbox"/> on <input type="checkbox"/> ei	<input type="checkbox"/> on <input type="checkbox"/> ei		
Lämmönjakokeskus (putkistot, liitokset, varusteet, asennus), tekninen laitetila					
Ensiöpuoli	on	ei	Lisäselvitykset	on	ei
Rikkiäistä, pölyvää asbestia näkyvissä			Käyttö- ja huoltotilat riittävät		
Lämmönmyyjän laitteiden huolto-ohje mukainen			Lämpömittarimittarin sähkökykyttö asennettu		
Kytkennät suunnitelman mukaiset			DN-koot suunnitelman mukaiset		
Tarittavat ilmanpoistot ja tyhjennykset			Vahinkokäyttö estetty		
Tarittavat lämpö- ja painemittarit			Tulppaus suoritettu		
Säätöventtiilit oikein asennettu			Luettavuus esteetön		
Lämpötila-anturit oikein asennettu			Käsitölköt kunnossa		
Sulkulaitteet, varusteet ja rakenneaineet hyväksyttävää			Säätölaitteet toimintakunnossa		
Asennustyö hyväksyttävää			Liitokset hyväksyttävää		
Putkiston ja siirtimien huudonta suoritettu			Tuenta riittävä		
Tiivistystarkastus hyväksyttävää			Vedenpoisto lattiatasolta järjestetty		
Toislopuoli			Käyttövesi	Lämmitys	Ilmanvaihto
			on	on	on
			ei	ei	ei
Kytkenä ja DN-koot suunnitelman mukaiset					
Paisunta- ja varolaitteet suunnitelman mukaiset					
Tarittavat ilmanpoistot ja tyhjennykset					
Tarittavat paine- ja lämpömittarit sekä hälytykset					
Verkon täyttö hyväksyttävää					
Sulkulaitteet, varusteet ja rakenneaineet hyväksyttävää					
Pumppulaitteet suunnitelman mukaiset					
Säätölaitteet oikein asennettu					
Asennus ja tuenta hyväksyttävää					
Lämmönsiirtimet asennettu ja oikein kytketty					
Lämmönjakokeskus	CE-merkintä (jos ei kyseessä hyvän konepajakäytännön mukainen painelaite)				
Huomautuksia:					
Lämmönkäytön aloituspäivämäärä	<input type="checkbox"/> Laitteisto hyväksytty käyttöön <input type="checkbox"/> Uusintatarkastus pidettävä				
Päiväys	Kiinteistön edustaja				
Urakoitsijan vastuhenkilö	Lämmönmyyjän edustaja				
Lämmönmyyjän yhteystiedot (Nimi, osoite, puhelin, Y-tunnus, kotipaikka)					

Kuva 1. Kaukolämmön asennusvalvontapöytäkirja. [31, s. 51]

Tarkastusasiakirja viemärit ja vesijohdot

Viemärit ja vesijohdot	Tarkastettu	Päivämäärä	Huomautukset
KVV-suunnitelmat			
Sisätäytön tarkastus			
Talotekniikkanousujen tarkastus, (päävesijohto, kanaalit, viemäriin purku ja sähkövaraukset)			
Pohjaviemäreiden asennustarkastus			
Kerrosviemäreiden asennustarkastus			
Yläpohjan viemäreiden asennustarkastus			
Viemäriin puhdistusluukku			
Viemäreiden kannakointi			
Radonin asennustarkastus			
Viemäreiden ja radonin eristeet			
Viemäreiden työmaa-aikainen tulppaus			
Käyttövesijohtojen asennustarkastus			
Hanakulmien asennustarkastus			
Käyttövesijohtojen kannakointi			
Käyttövesijohtojen merkinnät			
Käyttövesijohtojen työmaa-aikainen tulppaus			
Lattialämmitysputkien asennustarkastus			
Lattialämmitysjakotukkien asennustarkastus			
Lattialämmityspiirien merkinnät			
Lattialämmityksen koepaine			

Tarkastusasiakirja lämmönlähde

Lämmönlähde	Tarkastettu	Päivämäärä	Huomautukset
LVI-suunnitelmat			
Laitteiden sijoittelu teknisessä tilassa			
Huoltotila			
Lämpöjohtojen asennustarkastus			
Lämpöjohtojen eristyksien asennustarkastus			
Lämpöjohtojen kannakointi			
Lämpöjohtojen merkinnät			
Kanaalien huuhtelu			
Kanaalien koepaine			
Lattialämmityspirien huuhtelu			
Lattialämmityspiirien koepaine			
Käyttöönottotarkastus			
Kytkenäkaavio teknisessä tilassa			
Käyttö- ja huolto-ohjeet			
Käyttöönottopöytäkirja			
Virtaussäädöt			

Tarkastusasiakirja LVI-kalustus

LVI-kalustus	Tarkastettu	Päivämäärä	Huomautukset
LVI-suunnitelmat			
Vesikalusteet suunnitelmien mukaiset			
IV-päätelaitteet suunnitelmien mukaiset			
Huoneistokohtaisten vesimittareiden asennustarkastus			
Vesikalusteiden asennustarkastus			
Juoksuputkien rajoittimet			
Käyttövesiputkien huuhtelu			
Käyttövesiputkien koepaine			
Altaiden ylivuotoputkien koekäyttö			
APK/PPK koekäyttö			
Vesikalusteiden virtaamat säädetty			
Käyttövesiverkoston virtaussäädöt			
Huoneistokohtaisten vesimittareiden käyttöönotto			
IV-järjestelmän puhtaus			
Ilmamäärien mittaus ja säätö			
Liesituulettimen kompensointi			
IV-päätelaitteet lukittu			
Äänimittaukset			
Käyttö- ja huolto-ohjeet			
Pöytäkirjat			