

Metropolia Ammattikorkeakoulu
Talotekniikan koulutusohjelma

Jarno Haapamäki

JCAD-ohjelma tarjouslaskennan apuvälineenä

Insinööritö 25.3.2009

Ohjaaja: LVI-laskentapäällikkö Kirsi-Marja Juurinen

Ohjaava opettaja: lehtori Hanna Sulamäki

| | |
|--|--|
| Tekijä | Jarno Haapamäki |
| Otsikko | JCAD-ohjelma tarjouslaskennan apuvälineenä |
| Sivumäärä | 44 sivua |
| Aika | 25.3.2009 |
| Koulutusohjelma | talotekniikan koulutusohjelma |
| Tutkinto | insinööri (AMK) |
| Ohjaaja | LVI-laskentapäällikkö Kirsi-Marja Juurinen |
| Ohjaava opettaja | lehtori Hanna Sulamäki |
| <p>Insinööriyön tarkoituksena oli tehdä Tekmänni Oy:lle tutkimus mahdollisesta putkiurakoinnin tarjouslaskennan tehostamisesta JCAD quantum -ohjelman avulla. Työssä tutkittiin pääasiassa massoittelemisen nopeuttamista ja massojen syöttämisen nopeuttamista SAP-tarjouslaskentaohjelmaan. Tarkoitus oli myös selvittää tarvikemäärien paikkansapitävyys JCAD quantum -ohjelmalla laskettaessa.</p> <p>Vertailtavia kohteita oli kolme, joiden tarvikemäärät laskettiin käsin ja JCAD quantum -ohjelmalla. Ensimmäinen vertailukohde oli 10-kerroksinen asuinkerrostalo, jossa uusittiin vesi- ja viemärijärjestelmät sekä lämmitysjärjestelmästä nousulinjat. Toinen vertailukohde oli 9-kerroksinen liike- ja hotellirakennus, jossa uusittiin vesi- ja viemärijärjestelmät, lämmitysjärjestelmän kytkentäjohdot sekä jäähdytysjärjestelmä. Kolmas vertailukohde oli 6-kerroksinen uusi liikerakennus, johon tuli vesi-, viemäri-, lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmät.</p> <p>Vertailuissa saatujen tulosten perusteella voitiin todeta, että massoittelevaiheessa ajan säästö JCAD quantum -ohjelmalla massoiteltaessa on merkittävä. Massojen syötössä SAP-tarjouslaskentaohjelmaan aikaa säästettiin 14–46 %. Tarvikemäärien vertailussa ilmeni, että tarvikkeista saatava säästö oli keskimäärin 11–15 %. Vertailun perusteella voitiin todeta, että JCAD quantum -ohjelmalla saatu massalista kohteesta riippumatta pitää paikkansa. Lisäksi vertailukohteen 1 käsinmassoittelevaiheessa huomattiin tapahtuneen virhe JCAD quantum -ohjelmalla saatujen tulosten perusteella. Uusintalaskelmien perusteella voitiin todeta JCAD quantum -ohjelmalla saadut massat oikeiksi. Kuitenkin ohjelman käytön aikana havaittiin muutamia ongelmia, jotka vielä vaativat kehitystä.</p> <p>Tarjouslaskennan apuvälineeksi JCAD quantum -ohjelma soveltuu pienen kehittämisen jälkeen hyvin. Ohjelman kehittämiseen vaikuttavat myös ohjelmasta riippumattomat asiat, kuten tarjouslaskijoiden asenteet ja halukkuus opetella ohjelman käyttöä. Tulevaisuudessa JCAD quantum -ohjelman käyttöönotto on kannattavaa, jos ohjelman muutamien ongelmien pystytään ratkaisemaan.</p> | |
| Hakusanat | JCAD, tarjouslaskenta, massoittelemis |

| | |
|--|---|
| Author | Jarno Haapamäki |
| Title | JCAD program as a tool in offer calculation |
| Number of Pages | 44 pages |
| Date | 30 March 2009 |
| Degree Programme | Building Services Engineering |
| Degree | Bachelor of Engineering |
| Instructor | Kirsi-Marja Juurinen, Manager of HPAC Offer Calculation |
| Supervisor | Hanna Sulamäki, Senior Lecturer |
| <p>The aim of this final year project was to make investigation about making offer calculation more effective for Tekmanni Plc with the help of the JCAD quantum program. The toans of this final year project was mainly to study the speed increase of measuring and materials input for the SAP-offer calculation program. Also a goal was to compare the measuring results when using the JCAD quantum program.</p> <p>Three targets were, compared in the project their materials were calculated manually and with the JCAD quantum program. The first target was a 10-storey block of flats, the water and sewage systems and also the uprising pipes of the heating system were replaced. The second target was a 9-storey office and hotel building, where water and sewage systems and the connection pipes of the heating system and cooling system where replaced. The third target was a new 6-storey office building, where water, sewage, heating and cooling systems were installed.</p> <p>The results showed that in the materials measuring phase when the JCAD quantum program was used. The time saving was significant. In materials input in the SAP offer calculation program, the time saving was 14-46 %. In the comparison of the materials list, the materials saving was 11-15 %. The results of the comparison showed that the JCAD quantum program material list was correct, no matter which target was compared. Besides, a calculation fault was noticed in the manual calculation method in the first compared target when it was compared with the JCAD quantum program material list. After recalculations the JCAD quantum program material list was found correct. However, some problems were noticed in using the program, and they demand development.</p> <p>After little development the JCAD quantum program will be suited for the offer calculation. There is, also issues which have an effect on the program development, such as offer calculators attitudes and willingness to learn how to use the program. In the future introduction of the program will be profitable, if some problems in the program can be solved.</p> | |
| Keywords | JCAD, offer calculation, measuring |

Sisällys

Tiivistelmä

Abstract

| | |
|---|----|
| 1 Johdanto | 5 |
| 2 Tarjouslaskenta..... | 6 |
| 3 Käsinmassoittelu..... | 8 |
| 4 JCAD quantum -ohjelma..... | 11 |
| 5 Vertailtavat kohteet | 15 |
| 6 Vertailukohde 1 | 16 |
| 6.1 Käsinmassoittelu | 16 |
| 6.2 Massoittelu JCAD quantum -ohjelmalla..... | 17 |
| 6.3 Massoittelutapojen vertailu | 19 |
| 7 Vertailukohde 2 | 22 |
| 7.1 Käsinmassoittelu | 22 |
| 7.2 Massoittelu JCAD quantum -ohjelmalla..... | 24 |
| 7.3 Massoittelutapojen vertailu | 26 |
| 8 Vertailukohde 3..... | 29 |
| 8.1 Käsinmassoittelu | 29 |
| 8.2 Massoittelu JCAD quantum -ohjelmalla..... | 31 |
| 8.3 Massoittelutapojen vertailu | 33 |
| 9 Lopputulokset..... | 35 |
| 10 Yhteenveto..... | 38 |
| | |
| Lähteet..... | 39 |
| | |
| Liitteet | |
| | |
| Liite 1: Vertailukohde 1, massalista..... | 40 |
| Liite 2: Vertailukohde 2, massalista..... | 41 |
| Liite 3: Vertailukohde 3, massalista..... | 43 |

1 Johdanto

Insinööriyön tarkoituksena on tehdä Tekmanni Oy:lle tutkimus mahdollisesta tarjouslaskennan tehostamisesta JCAD quantum -ohjelman avulla. Työssä tutkitaan pääasiassa massoittelemisen nopeuttamista ja massojen syöttämisen nopeuttamista SAP-tarjouslaskentaohjelmaan. Tarkoituksena on myös selvittää tarvikemäärien paikkansapitävyys JCAD quantum -ohjelmalla laskettaessa. Vertailtavia kohteita on kolme, joiden tarvikemäärät lasketaan käsin ja JCAD quantum -ohjelmalla. Työssä kerrotaan lyhyesti yleisesti tarjouslaskennasta, laskennan eri osa-alueista tarjouspyynnön saapumisesta tarjouksen lähettämiseen.

Tällä hetkellä yrityksessä tarjouksien massoittelemenetelmänä on perinteinen käsinmassoittelemis. Käsinmassoittelemisessä tarvikemäärät kerätään paperille ja syötetään sen jälkeen Tekmannilla käytössä olevaan SAP-tarjouslaskentaohjelmaan. Tarvikkeet voidaan myös merkitä kynällä tai tietokoneella valmiisiin Excel-pohjaisiin laskentakaavakkeisiin. Käsinmassoittelemis saattaa olla hidasta laskijan työkokemuksesta riippuen, ja virheiden mahdollisuus on kohtuullisen suuri. Virheen mahdollisuus on suuri, koska käsin täytettyjä massalistoja tulee lähes poikkeuksetta kohteesta riippumatta useita sivuja, jotka syötetään tarjouslaskentaohjelmaan. Massoittelemisvaihetta tehostamalla varmistetaan tarjouksien valmistuminen ajallaan ja vältytään mahdollisesti ajan puutteen takia tarjoamatta jääviltä tarjouspyynnöiltä.

2 Tarjouslaskenta

Tarjouslaskentavaihe on erittäin oleellinen osa koko urakointia. Laskentavaiheessa määritetään kyseessä olevalle urakalle kokonaishinta toimitettujen asiakirjojen perusteella.

Tarjouspyynnön saavuttua tarkastetaan saatu aineisto. Selvitetään urakkaohjelmasta urakan laajuus ja aika, urakkarajaliitteestä urakoitsijoiden väliset työt ja veloitteet ja LVI-työselityksestä asennusmateriaalit ja -tavat.

Tarjouspyyntöaineistoon tutustumisen jälkeen kerätään kohteesta laitteet ja tarvikkeet, joista pyydetään tarjous laite- ja tarviketoimittajilta (pumput, kaivot, lämmönjakokeskukset, yms.). Tarjouspyyntöjä laadittaessa on tärkeää liittää pyyntöön kaikki tarpeellinen tieto ao. laitteesta tai tarvikkeesta tarjouksen oikeellisuuden varmistamiseksi. Tarjousten saapuessa on kuitenkin tärkeää vielä itse varmistaa, että tarjous on tarjouspyynnön mukainen. Tarjous valitaan kokonaisvaltaisesti edullisimman tarjouksen mukaan, mikä ei aina tarkoita välttämättä halvinta tarjousta.

Massoitteluvaiheessa pyritään selvittämään kohteen tarvikemenekki ja työhön tarvittava aika eli normitunnit. Normitunnit sisältävät kaikki putkien ja kojeiden sekä niiden varusteiden kaikki työvaiheet valmiiksi asennettuna [1, s. 98 Mom. 2, kohta 1 a]. Massoittelu on eniten aikaa vievä vaihe koko tarjouslaskentaprosessissa, siksi olisikin tärkeää saada tehostettua massoitteluvaihetta, jotta varmistetaan tarjouksien valmistuminen ajallaan, ja tällöin vältytään mahdollisen ajan puutteen takia tarjoamatta jääviltä tarjouspyynnöiltä.

Putkimateriaalien ja -kokojen huomioiminen on ensisijaisen tärkeää laskentavaiheessa, koska eri materiaalien ja isojen putkikokojen hintaerot voivat olla huomattavia. Kerros- ja asennuskorkeus ja tilat, joissa asennus tehdään, ovat myös oleellisia asioita, jotka täytyy huomioida. Tällöin putkiston

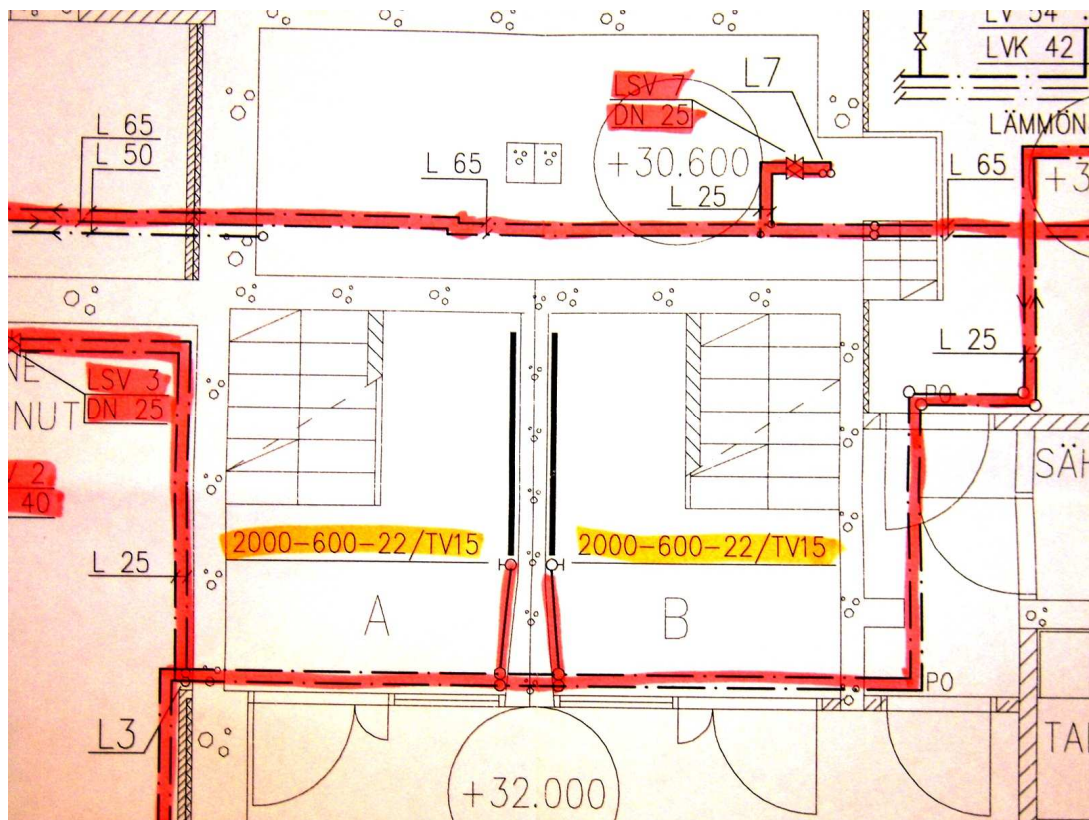
asennustyölle tulee enemmän vaikeusastetta. ja näin ollen LVI-toimialan työehtosopimuksen (TES) mukaan normiaikoja korotetaan määrättyllä prosentilla [1, s. 100 taulukko olosuhdelisät]. Vaikeusaste on suurempi myös konehuoneissa tehtävissä asennustöissä. Nousulinjoihin kannattaa myös kiinnittää erityistä huomiota, koska kerroskorkeudet saattavat muuttua melkoisesti eri kerroksissa.

Massoitteluvaiheen jälkeen syötetään kaikki massat käytettävissä olevaan tarjouslaskentaohjelmaan. Tarjouslaskentaohjelma laskee tarvikekustannukset ja asennukseen tarvittavat normitunnit.

Katelaskelma tehdään, kun on saatu kaikki tarvikkeet syötettyä laskentaohjelmaan ja tiedetään tarvikkeiden kokonaiskustannukset ja normitunnit. Katelaskelmassa täytyy ottaa huomioon rakennustyyppi, mahdolliset haitta- ja saneerauslisät [1, s. 103 Mom. 2, kohta 7]. Tärkeitä huomioitavia asioita on myös urakka-aika, purkutöistä, tarvikkeiden nostoista, telineistä, järjestelmien säädöistä, alihankinnoista ja projektinhoidosta aiheutuvat kustannukset. Näiden edellä mainittujen töiden ja asioiden summasta ja määritetystä kateprosentista saadaan urakalle kokonaishinta.

3 Käsinmassoittelu

Käsinmassoittelu tarkoittaa, että kohteen tarvikkeet kerätään kynällä merkiten paperille tai valmiisiin Excel-pohjaisiin laskentakaavakkeisiin. Tarvikkeen kirjaamisen jälkeen merkitään tussilla kyseessä oleva laite tai putkiosa tasokuvaan (kuva 1), näin vältetään laitteen tai putkiston massoittelu kahteen kertaan. Eri järjestelmiä massoiteltaessa on suositeltavaa erivärisien kynien käyttö, kuvien lukemisen helpottamiseksi.



Kuva 1. Esimerkki käsinmassoittelussa käytettävästä putkiston ja laitteen merkitsemistavasta. Kuvassa on lämmitysputkisto ja kaksi patteria tyypitietoineen.

Putkistojen massoittelu on erittäin paljon aikaa vievä prosessi. Varsinkin talousvesiputkistoa massoiteltaessa täytyy olla tarkkana, koska pääsääntöisesti järjestelmässä menee kolme putkea (kylmä, lämmin ja lämmin kiertovesi) rinnakkain tai päällekkäin. Useasti talousvesiputkistossa edellä mainitut kolme putkea ovat kaikki erikokoisia, ja koot muuttuvat vielä eri kohdissa. Eri kohdissa muuttumisella tarkoitetaan sitä, että runkolinjasta otetaan jako- tai

kytkentähaara kalusteelle. Runkolinjassa esim. kylmän veden putkikoko pysyy samana kuin ennen jakohaaraa ja lämpimän veden putkikoko muuttuu. Tämä hidastaa massoittelua jonkin verran, koska putkistot joudutaan mittaamaan erikseen jakohaarasta eteenpäin.

Lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmien massoittelu on talousvesijärjestelmään vertailtaessa huomattavasti nopeampaa, koska molemmissa järjestelmissä on kaksi putkea (meno- ja paluuputki) rinnakkain tai päällekkäin. Pääsääntöisesti meno- ja paluuputket ovat samaa kokoa ja muuttuvat samoissa haarakohdissa.

Lopuksi kun massoittelu on saatu valmiiksi, syötetään massat SAP-tarjouslaskentaohjelmassa syöttötaulukoihin (kuva 2). Tarvike- ja laitetoimittajilta saadut tarjoukset kirjataan käsin SAP-tarjouslaskentaohjelmaan (kuva 3).

| Talleta PS | | KOHDE: | POSITIO: | LASKUA: | | | | | | | |
|---------------------------|-----------------------------|---------------------------------------|--------------------------|-------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|------------------------------------|----------------|-------------------------|------------------------|----------------------------|
| | | Ebuskulle | HANKEOSA: | PÄIVÄYS: | | | | | | | |
| L 504 Kupariputket | | | | | | | | | | | |
| 4 | Kupariputket | As. sisään | As. sisään | Kaari 90° | Haara | Kytöntä Cu | Mudanerotin | Paltoventtiili | Säätöventtiili | Takaiskiv. | Laipallinen |
| 5 | 1582 | As. sisään, yli 5 m | As. sisään, yli 8 m | | | | 3921 R | 3711 | 4012 | 3911 | luistiventt. |
| 6 | DU 10 | | | | | | | | | | |
| 7 | DU 12 | | | | | | | | | | |
| 8 | DU 15 | | | | | | | | | | |
| 9 | DU 18 | | | | | | | | | | |
| 10 | DU 22 | | | | | | | | | | |
| 11 | DU 28 | | | | | | | | | | |
| 12 | DU 35 | | | | | | | | | | |
| 13 | DU 42 | | | | | | | | | | |
| 14 | DU 54 | | | | | | | | | | |
| 15 | DU 64 | | | | | | | | | | |
| 16 | DU 76,1 | | | | | | | | | | |
| 17 | DU 88,9 | | | | | | | | | | |
| 18 | DU 108 | | | | | | | | | | |
| 19 | | | | | | | | | | | |
| 20 | Muovitetut kupariputket | As. sisään | Krom. kupariputket 1581 | As. sisään | Krom. pus.litiin, suora | | Krom. pus.litiin, kulma | | Krom. pus.litiin, taara | | Kromattu kannake 1-os. |
| 21 | 1581 | | | | | | | | | | |
| 22 | DU 10 | | DU 8 | | 8:8 | | 8:8 | | 8:8 | | |
| 23 | DU 12 | | DU 10 | | 10:10 | | 10:10 | | 10:10 | | |
| 24 | DU 15 | | DU 12 | | 12:12 | | 12:12 | | 12:12/12 | | |
| 25 | DU 18 | | DU 15 | | 15:15 | | 15:15 | | 15:15/15 | | |
| 26 | DU 22 | | DU 18 | | 18:18 | | 18:18 | | 18:18/18 | | |
| 27 | | Riippokann., erist. HIRI MIP (jäähd.) | Riippokannake, eristetty | Konsooli-kannake tuella (300) | Putkipidin, 1-os., muovi | Putkipidin, 2-os., muovi | Lämpömittarit | | Painemittarit | Kromattu kannake 2-os. | Pumppu-venttiili Oras 3730 |
| 28 | DU 10 | | | | | | | | | | |
| 29 | DU 12 | | | | | | | | | | |
| 30 | DU 15 | | | | | | | | | | |
| 31 | DU 18 | | | | | | | | | | |
| 32 | DU 22 | | | | | | Vesimittarit 1/2" | | | | |
| 33 | DU 28 | | | | | | Unimaj 3 | | | | |
| 34 | DU 35 | | | | | | Imp. Zenner | | | | |
| 35 | DU 42 | | | | | | | | | | |
| 36 | DU 54 | | | | | | | | | | |
| 37 | DU 64 | | | | | | | | | | |
| 38 | DU 76,1 | | Kiinto- ja ohjipiste -35 | Kiinto- ja ohjipiste 36-60,2 | Kiinto- ja ohjipiste 60,3-114,4 | Kiinto- ja ohjipiste nousu -35 | Kiinto- ja ohjipiste nousu 36-60,2 | | Putkilytisy Armaflex | | |
| 39 | DU 88,9 | | | | | | | | | | |
| 40 | DU 108 | | | | | | | | | | |
| 41 | | | | | | | | | | | |
| 42 | Putkien kytkentä (muuputki) | Sisälle | Ulos | San | Kyttyt. | | | | | | |
| 43 | - 22,0 | | | | | | | | | | |
| 44 | - 35,0 | | | | | | | | | | |
| 45 | - 63,0 | | | | | | | | | | |

Kuva 2. SAP-tarjouslaskentaohjelman kupariputkien syöttötaulukko.

| Oma tuotanto Alihankinta Ensisij.kust Yhteensä | | | | | | |
|---|--|-------|---------|---------------|------------|---------------|
| Ku... | Kuvaus | Summa | Valu... | Kustannusl... | Järj. tila | PRR-osa |
| 0060 | LJK, Alfa Laval | | EUR | 9410604 | AUKI | Q-09658-01-01 |
| 0100 | Spirovent mikropkuplien poistaja,Kolmeks | | EUR | 9410701 | AUKI | Q-09658-01-01 |
| 0105 | Automaattinen alipaineilmanpoistin, Kolm | | EUR | 9410701 | AUKI | Q-09658-01-01 |
| 0180 | | | EUR | | | Q-09658-01-01 |
| 0185 | | | EUR | | | Q-09658-01-01 |
| 0190 | | | EUR | | | Q-09658-01-01 |
| 0195 | | | EUR | | | Q-09658-01-01 |
| 0200 | | | EUR | | | Q-09658-01-01 |
| 0205 | | | EUR | | | Q-09658-01-01 |
| 0210 | | | EUR | | | Q-09658-01-01 |
| 0215 | | | EUR | | | Q-09658-01-01 |
| 0220 | | | EUR | | | Q-09658-01-01 |
| 0225 | | | EUR | | | Q-09658-01-01 |
| 0230 | | | EUR | | | Q-09658-01-01 |
| 0235 | | | EUR | | | Q-09658-01-01 |
| 0240 | | | EUR | | | Q-09658-01-01 |
| 0245 | | | EUR | | | Q-09658-01-01 |
| 0250 | | | EUR | | | Q-09658-01-01 |
| 0255 | | | EUR | | | Q-09658-01-01 |
| 0260 | | | EUR | | | Q-09658-01-01 |
| 0265 | | | EUR | | | Q-09658-01-01 |
| 0270 | | | EUR | | | Q-09658-01-01 |
| 0275 | | | EUR | | | Q-09658-01-01 |
| 0280 | | | EUR | | | Q-09658-01-01 |
| 0285 | | | EUR | | | Q-09658-01-01 |
| 0290 | | | EUR | | | Q-09658-01-01 |

Kuva 3. SAP-tarjouslaskentaohjelman tarjouksien kirjausikkuna.

4 JCAD quantum -ohjelma

JCAD quantum -ohjelma on Jidea Oy:n kehittämä ja se on suunniteltu helpottamaan ja tehostamaan LVIS-urakoitsijan massalaskentaa ja työmaan tarvikehankintaa. Ohjelma hyödyntää CAD-ohjelmistolla tehtyjä LVI-suunnitelmia ja se on suunniteltu yhteensopivaksi kaikkien suosituimpien LVIS-tarjouslaskentaohjelmien kanssa [2]. JCAD quantumista on kaksi eri versiota: LVI, joka on tarkoitettu LVI-urakoitsijoille, [3] ja Electra, joka on tarkoitettu sähköurakoitsijoille [4]. Jidea Oy valmisti Tekmanni Oy:lle JCAD quantumista version, jolla on mahdollista suorittaa massalaskentaa sekä LVI- että sähköurakoiden tarjousvaiheessa. Tämä versio tehtiin JCAD quantum electra-ohjelman pohjalle. Insinööriyössä käytetään kuitenkin ohjelman nimenä JCAD quantumia mahdollisten sekaannusten välttämiseksi. Ohjelmaan syötettiin Tekmanni Oy:n oma paketti- ja tuoterekisteri.

Ohjelman käytön oppii erittäin nopeasti ja helposti. Yhden päivän koulutuksen jälkeen ohjelman käyttäminen onnistuu sujuvasti hieman kokemattomammaltakin tietokoneen käyttäjältä. Ohjelman suomenkieliset valikot edesauttavat ohjelman sisäistämistä ja selkeyttävät sen käyttämistä.

JCAD-ohjelmalla voidaan luoda siirtotiedosto mitatuista putkista tarvikkeineen [5, s. 28]. Siirtotiedosto avataan Excel-pohjaiseen syöttötaulukkoon (kuva 4), jonka avulla putket ja tarvikkeet saadaan siirrettyä suoraan SAP-tarjouslaskentaohjelmaan haluttuihin positioihin. Varsinkin tarvikkeiden SAP:iin syötössä ajan säästö on huomattava ja mahdollisen virhesyötön tekemisen mahdollisuus on hyvin pieni. JCAD quantum -ohjelmasta saadaan myös luotua Excel-pohjainen massalista [5, s. 28]. Lista on kirjattu kaikki mitatut putket, osat ja laitteet. Varsinkin putkistoihin tarvittavien kannakkeiden määrä on helppo laskea Excel-pohjaisesta massalistasta, koska listaan saa kaikkien putkien kokonaismäärät.

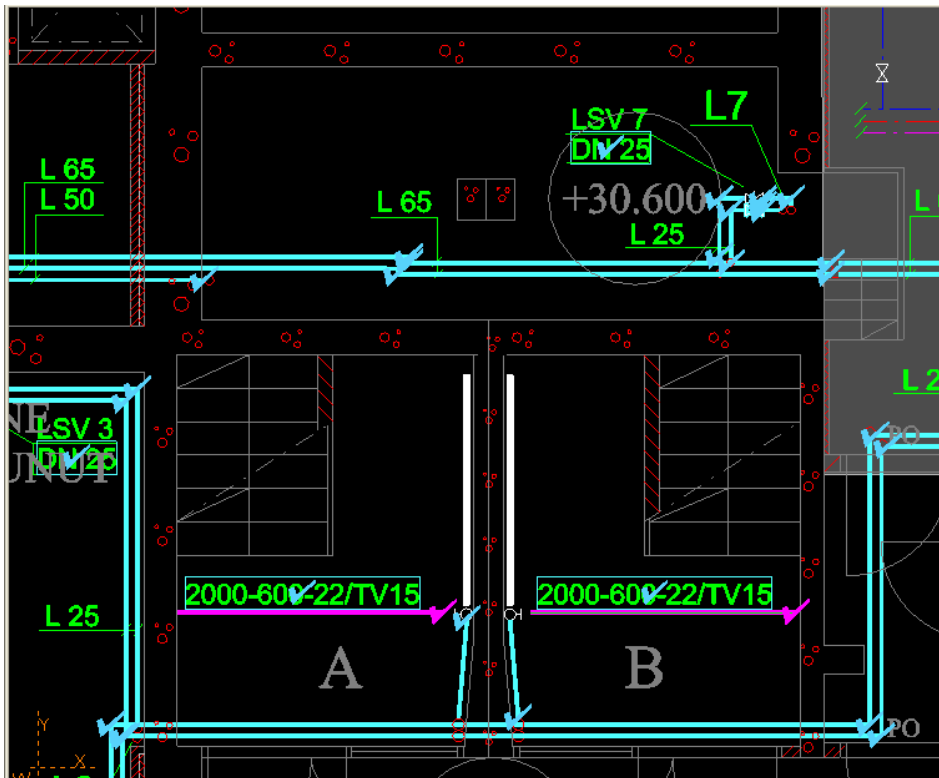
| | POSITIO | NIMIKE | MÄÄRÄ |
|----|-----------|------------|-------|
| 10 | Jäähdytys | LP11001231 | 7,4 |
| 11 | Jäähdytys | LP11001231 | 1,7 |
| 12 | Jäähdytys | LP11000831 | 1,8 |
| 13 | Jäähdytys | LP11000831 | 1,1 |
| 14 | Jäähdytys | LP11001230 | 75,0 |
| 15 | Jäähdytys | LP11000820 | 29,5 |
| 16 | Jäähdytys | LP11000550 | 99,1 |
| 17 | Jäähdytys | LP15821290 | 15,9 |
| 18 | Jäähdytys | LP15821260 | 9,1 |
| 19 | Jäähdytys | LP15821230 | 35,5 |
| 20 | Jäähdytys | LP15821200 | 6,1 |
| 21 | Jäähdytys | LP15821170 | 8,6 |
| 22 | Jäähdytys | LP40142040 | 1,0 |
| 23 | Jäähdytys | LP40142060 | 1,0 |
| 24 | Jäähdytys | LP40142080 | 2,0 |
| 25 | Jäähdytys | LP37110120 | 2,0 |
| 26 | Jäähdytys | LP37110100 | 1,0 |
| 27 | Jäähdytys | LP37110081 | 1,0 |
| 28 | Jäähdytys | LP37110160 | 1,0 |
| 29 | Jäähdytys | LP40142120 | 1,0 |
| 30 | Jäähdytys | L1161029 | 4,0 |
| 31 | Jäähdytys | L1151051 | 2,0 |
| 32 | Jäähdytys | L1140046 | 2,0 |
| 33 | Jäähdytys | L1151089 | 10,0 |
| 34 | Jäähdytys | LP11000370 | 7,1 |
| 35 | Jäähdytys | L1140038 | 2,0 |
| 36 | Jäähdytys | LP15821290 | 182,7 |
| 37 | Jäähdytys | LP15821320 | 350,5 |
| 38 | Jäähdytys | LP15821260 | 45,4 |
| 39 | Jäähdytys | LP15821230 | 104,9 |
| 40 | Jäähdytys | LP15821200 | 62,1 |

Kuva 4. Syöttötaulukkoon avattu JCAD quantum -ohjelmalla luotu siirtotiedosto.

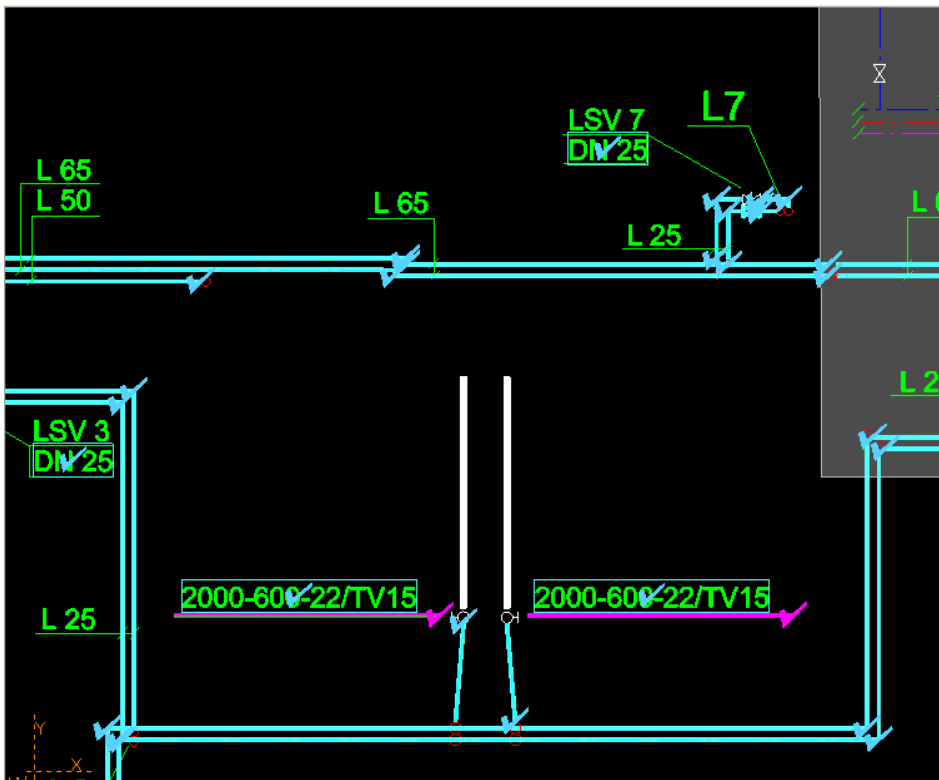
Massoitteluvaiheessa JCAD quantum -ohjelma merkitsee kaikki mitatut putket ja lasketut osat samankaltaisella tyyllillä kuin käsin laskennassa (kuva 5).

Halutessaan massoittelija voi piilottaa kuvasta ylimääräiset tasot esimerkiksi arkkitehtipohjan. Joissakin kohteissa tasojen piilottaminen on erittäin kätevä toiminto, koska sen avulla tasokuvasta saadaan huomattavasti selkeämpi.

Kuvassa 6 on esitetty sama tasokuvan osa kuin kuvassa 5, mutta arkkitehtipohja piilotettuna. Kuten kuvasta 6 voi huomata, selkeyttää arkkitehtipohjan piilottaminen tasokuvaa huomattavasti.



Kuva 5. Esimerkki JCAD quantum -ohjelman putkiston ja laitteen merkitsemistavasta. Kuvassa on lämmitysputkisto ja kaksi patteria tyyppitietoineen.



Kuva 6. Arkkitehtipohjan piilotus ominaisuus on hyödyllinen JCAD quantum -ohjelmassa. Vertaa kuvaan 5.

JCAD quantum -ohjelma on tarjouslaskentavaiheessa hyödyllinen ohjelma. Ohjelmalla massoittelu on tarkkaa ja nopeaa. Tarkkuus ja nopeus ovat nykypäivän työ- ja kilpailutilannetta ajatellen oleellisimpia asioita, mitä tulisi tehostaa. Ohjelmaa käytettäessä on etuna se, että kaikkia asiakirjoja ei tarvitse tarkastella paperimuodossa työpöydällä. Lähes poikkeuksetta laskennassa tarvittavia asiakirjoja on erittäin paljon, ja ne vievät työpöydältä lähes kaiken tilan. Sähköisessä muodossa olevat tasokuvat säästävät erittäin paljon tilan tarvetta työhuoneesta, ja samalla kaikki asiakirjat pysyvät paremmin tallella ja käden ulottuvilla.

JCAD quantum -ohjelmalla massoiteltaessa vastaan tuli muutamia ongelmia, jotka vielä vaativat kehitystä. Tekmanni Oy:lle valmistettu versio ohjelmasta ei kyennyt tunnistamaan LVI-tuotteita, ellei tuotteen LVI-numeron ensimmäinen numero vastaa jonkun sähkötuotteen sähkönumeron ensimmäistä numeroa. Ongelma johtui siitä, että ohjelman Tekmannille luotu versio on valmistettu JCAD quantum electra -ohjelman pohjalle, joka on sähköurakoitsijalle tarkoitettu versio ohjelmasta. Tuoterekisteristä puuttui esimerkiksi kaikki kalusteet ja kupariosat. Tästä johtuen massoittelu jouduttiin osaksi suorittamaan alkuperäisellä JCAD quantum LVI -ohjelmalla.

Kaikki ongelmat eivät kuitenkaan johtuneet JCAD quantum -ohjelmasta. Suunnitelmista löytyi puutteita, jotka vaikuttivat massalaskennassa putkimetriä mittaamiseen. Putket täytyi mitata manuaalisesti osoittamalla putken jokainen merkitsevä piste yksi kerrallaan. Jos suunnitelmissa olisi kaikki tarvittavat tiedot, tarvitsisi vain haluttu putki valita aktiiviseksi, ja ohjelma mittaisi putken pituuden. CAD-kuvien ammattitaitoisempi ja huolellisempi suunnittelu loisi paremmat edellytykset JCAD quantum -ohjelmalla massoitteluun. Laskennassa ei kuitenkaan täysin voida jättää pois kynää ja paperia, koska tällä hetkellä ohjelman paketti- ja tarvikerekisteriin ei ole kirjattu kaikkia tuotteita. Tällaisia ovat tällä hetkellä esimerkiksi vuodonilmaisimet ja harvemmin tarvittavat kalusteet ja kaivot.

5 Vertailtavat kohteet

Käsinmassoittelun ja JCAD quantum -ohjelmalla massoittelun vertailussa on kolme kohdetta. Kohteiden massoittelussa vertaillaan massoitteluun kulunutta aikaa ja saatuja massalistoja. Vertailukohteista käydään lyhyesti läpi, mitä kohteessa tehdään ja kerrotaan käsinmassoittelun ja JCAD quantum -ohjelmalla massoittelun vaiheista. Lopuksi analysoidaan eri massoittelutavoilla saatuja tuloksia ja pohditaan mahdollisia työn aikana huomattuja ongelmia.

Vertailukohde 1 on 10-kerroksisen asuinkerrostalon peruskorjaus. Kohteessa uusitaan vesi- ja viemärijärjestelmät ja lämmitysjärjestelmän nousulinjat.

Vertailukohde 2 on 9-kerroksisen liike- ja hotellirakennuksen peruskorjaus. Kohteessa uusitaan vesi- ja viemärijärjestelmät lukuun ottamatta pohjaviemäreitä, lämmitysjärjestelmä uusitaan ja kohteeseen lisätään jäähdytysjärjestelmä.

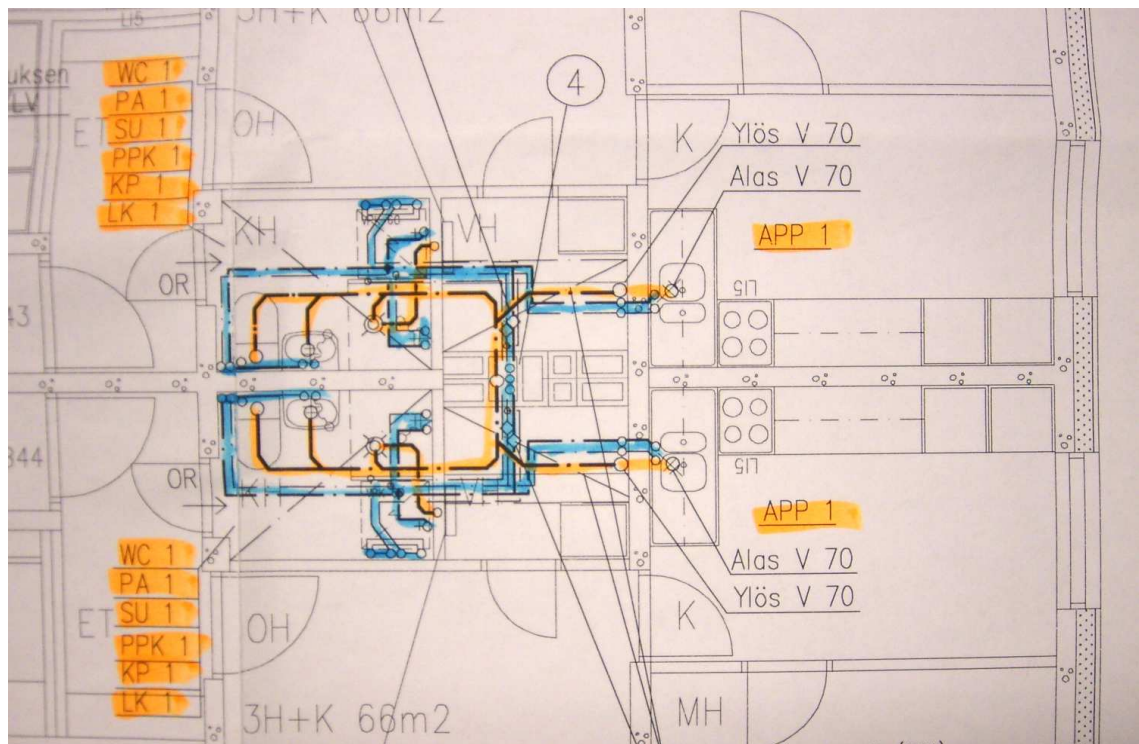
Vertailukohde 3 on 6-kerroksinen uudisrakennus, johon tulee toimistotiloja. Rakennukseen tulee lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmät ja vesi- ja viemärijärjestelmät.

6 Vertailukohde 1

Ensimmäinen vertailtava kohde on kymmenkerroksinen asuinkerrostalo, jossa on myös kellari- ja ullakkokerros. Urakkaan sisältyy vesijohtojen ja viemäreiden uusiminen, sekä lämmitysputkiston runkolinjan ja lämmönjakokeskuksen uusiminen. Yhdessä asuinkerroksessa on yhdeksän huoneistoa, joissa kaikissa tehdään edellä mainitut peruskorjaukset.

6.1 Käsinmassoittelu

Kohteen käsinmassoittelu oli melko yksinkertaista, koska kaikki asuinkerrokset 1–10 ovat lähes identtisiä. Kohteesta ei tarvinnut laskea kuin kellari- ja 1. kerros ja kertoa ensimmäisen kerroksen tarvikemäärä kymmenellä, josta saatiin kaikkien kymmenen asuinkerroksen tarvikemenekki selville. Kuvassa 7 on esitetty kahden vierekkäisen huoneiston vesi- ja viemärijärjestelmän tasokuva. Jokaisessa kymmenessä kerroksessa tasokuva on samanlainen.



Kuva 7. Kahden huoneiston vesi- ja viemärijärjestelmien tasokuva.

Kokonaisuudessaan kohteen massoitteluun kului aikaa putkiurakan osalta noin 7 tuntia (taulukko 1). Yleensä massoitteluun kuluu huomattavasti enemmän aikaa rakennustyypiltään samankaltaisissa kohteissa. Syy nopeaan massoitteluun on 1–10 kerroksien samankaltaisuus.

SAP-tarjouslaskentaohjelmaan massalistojen syöttämisessä kului aikaa noin 4 tuntia (taulukko 1).

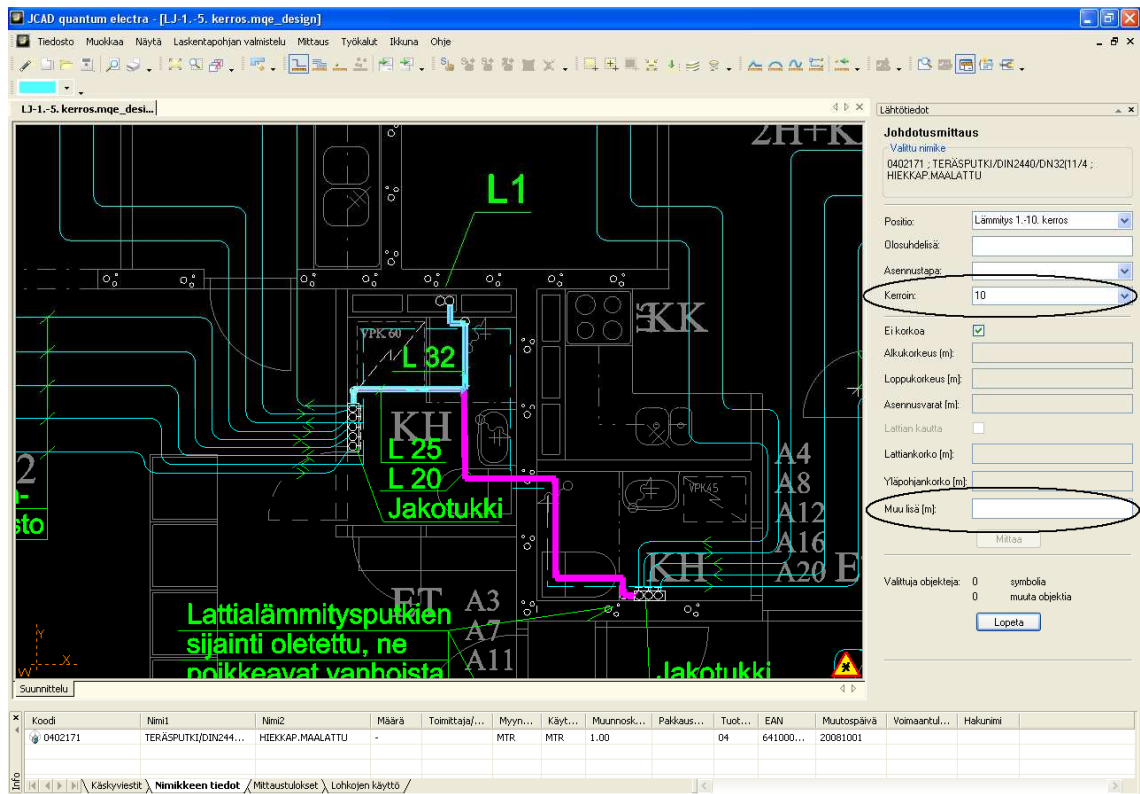
Taulukko 1. Massoitteluun ja SAP:iin syöttöön kuluneet työtunnit järjestelmittäin.

| Järjestelmä | Massoittelu, h | Massojen syöttö SAP:iin, h |
|-------------|----------------|----------------------------|
| Lämmitys | 2,30 | 1,40 |
| Vesi | 2,40 | 1,85 |
| Viemäri | 2,10 | 0,40 |

6.2 Massoittelu JCAD quantum -ohjelmalla

JCAD quantum -ohjelmalla suoritettu massoittelu osoittautui nopeaksi ja käteväksi. Kerroksien identtisyyden pystyi käyttämään mainiosti hyväkseen. Ohjelmaan sai syöttää kertoimen (kuva 8), joka automaattisesti kertoi mitatut materiaalit mittaustuloksiin. Mittauksissa on myös helppo lisätä putkimetrejä ”muu lisä” -sarakkeeseen (kuva 8). Esimerkiksi nousulinjoja tai kytkentäjohtoja ei ole aina esitetty tasokuvassa, joten niihin kuluva materiaali täytyy itse lisätä.

Myös tyypiltään samanlaiset patterit tai kalusteet on erittäin helppo ja nopea kerätä tasokuvasta vain osoittamalla yhden patterin tyyppitietoja ja tämän jälkeen ”valitse kaikki etsittävät” -komennolla ohjelma kerää kaikki samantyyppiset patterit tasokuvasta.



Anna Käsky:
 Kuva 8. Kuvassa on esitetty "kerroin"-sarake, jonka avulla identtiset kerrokset voidaan kätevästi kertoa. "Muu lisä"-sarakeeseen voidaan lisätä nousulinjoihin tai kytkentäjohtoihin kulunut materiaali, jos niitä ei ole piirretty tasokuvaan.

Kokonaisuudessaan kohteen massoitteluun JCAD quantum -ohjelmalla aikaa kului putkiurakan osalta noin 6 tuntia (taulukko 2).

SAP-tarjouslaskentaohjelmaan massalistojen syöttämisessä ei kulu aikaa käytännössä lainkaan (taulukko 2). JCAD quantum -ohjelmalla luodaan siirtotiedosto, jonka avulla massat saadaan syötettyä suoraan SAP:iin.

Taulukko 2. Massoitteluun ja SAP:iin syöttöön kuluneet työtunnit järjestelmittäin.

| Järjestelmä | Massoittelu, h | Massojen syöttö SAP:iin, h |
|-------------|----------------|----------------------------|
| Lämmitys | 0,85 | 0 |
| Vesi | 1,80 | 0 |
| Viemäri | 3,20 | 0 |

Kuitenkin tasokuvien puutteellisten tietojen vuoksi ei JCAD quantum -ohjelman kaikkia ominaisuuksia voida käyttää. Putket täytyi mitata manuaalisesti osoittamalla putken merkitsevät pisteet yksi kerrallaan. Tästä syystä ei mitattuja putkia tai osia voi piilottaa, joten tasokuvat eivät selkeydy paperiversioihin verrattaessa. Jos tasokuvissa olisi kaikki tarvittavat tiedot, pystyttäisiin putket mittaamaan pelkästään klikkaamalla hiirellä haluttu putki, jonka jälkeen ohjelma laskee putken pituuden. Tämän ansiosta myös mitattu putki voitaisiin piilottaa tasokuvasta, joka taas selkeyttäisi tasokuvaa huomattavasti ja massoittelu olisi nopeampaa.

6.3 Massoittelutapojen vertailu

Vertailtaessa kohteen massalistoja eri massoittelutavoilla voidaan todeta, että varsinkin lämmitysjärjestelmässä teräsputkea on 30 % ja vesijärjestelmässä muovitetun kupariputkea on 25 % enemmän käsinmassoittelumenetelmällä. Muut tarvikemäärät ovat hyvin lähellä toisiaan ja voidaan näin ollen todeta oikeiksi molemmilla massoittelutavoilla. Teräs- ja muovitetun kupariputken menekistä suoritettiin tarkistuslaskenta käsinmassoittamalla, jonka jälkeen huomattiin JCAD quantum -ohjelmalla saadut massat oikeiksi. Käsinmassoittelussa tapahtunut virhe on huomattava. Tarvikekustannuksista ja työn osuudesta muodostuva ylimääräinen kustannus on tuntuva ja voi myös olla tiukassa tarjouskilpailussa ratkaiseva tekijä.

Keskimäärin JCAD quantum -ohjelmalla saadut massat ovat 14,8 % pienemmät kuin käsinmassoittelussa (taulukko 3). Tämä johtuu kuitenkin teräsputken ja muovitetun kupariputken käsinmassoittelussa tapahtuneesta laskentavirheestä, joka todennäköisesti tapahtui 1.–10. kerroksen massoittelussa hyödyksi käytettävää kertolaskua suoritettaessa. Liitteessä 1 on esitetty kaikkien putkikokojen ja materiaalien tarvikemenekki ja vertailu.

Taulukko 3. Merkittävimpien putkien vertailu käsin ja JCAD quantumilla. Erotusprosentti kertoo kuinka paljon pienempiä (-) tai suurempia (+) ovat JCAD:llä mitatut putkimetrit.

| | Käsin | JCAD | Erotus |
|-------------------------|--------------|-------------|---------------|
| Teräsputket | m | m | % |
| 20 | 410 | 220 | -46,3 |
| 25 | 506 | 333 | -34,2 |
| 65 | 126 | 85 | -32,5 |
| Kupariputket | m | m | % |
| 18 | 135 | 132 | -2,2 |
| 28 | 145 | 158 | +8,2 |
| 35 | 225 | 222 | -1,3 |
| Kromattukupari | m | m | % |
| 12 | 1565 | 1606 | +2,6 |
| Muovittukupari | m | m | % |
| 12 | 970 | 594 | -38,8 |
| 15 | 900 | 1071 | +16,0 |
| 18 | 480 | 220 | -54,2 |
| 22 | 280 | 212 | -24,3 |
| Valurautaviemäri | m | m | % |
| 70 | 265 | 273 | +2,9 |
| 100 | 515 | 444 | -13,8 |
| Muoviviemäri | m | m | % |
| 32 | 120 | 75 | -37,5 |
| 50 | 110 | 68 | -38,2 |

Osa syy suuriin erotuksiin putkimetreissä johtuvat JCAD quantum -ohjelman mittaustarkkuudesta, mutta suurin syy merkittäviin eroihin on eri massoittelutavoilla tehdyt manuaaliset lisäykset kuten kytkentäjohtojen tiputuksiin kalusteelle tai patterille lasketuista metreistä. Käsinmassoittelu suoritettiin lähes neljä kuukautta ennen JCAD quantum -ohjelmalla massoittelua. Näin ollen kytkentäjohtojen tiputuksia ei ole välttämättä laskettu samalla tavalla. Jos esimerkiksi oletetaan, että kytkentäjohtoon kalusteelle on laskettu käsinmassoittelussa 2,5 metriä putkea ja JCAD quantum -ohjelmalla massoiteltaessa 2 metriä putkea ja yhdessä kerroksessa tällaisia kytkentäjohtoja on 30 kappaletta ja rakennuksessa on kymmenen kerrosta, saadaan käsinmassoittelutavalla kytkentäjohtojen meneksi 150 metriä enemmän.

Ajan käyttöä vertailtaessa käy ilmi, että ajan säästö ei ole huomattava eri massoittelumenetelmillä. Tämä johtuu siitä, että kohteen kerrokset 1–10 ovat identtisiä ja näin ollen käsinmassoitteluun ei kulunut niin paljon aikaa kuin normaalisti. Kuitenkin JCAD quantum -ohjelmalla massoiteltaessa saatu yhden tunnin ajan säästö saadaan edellä mainitun kerroksien identtisyyden kertomisen avulla. Sen sijaan tarvikkeiden SAP-tarjouslaskentaohjelmaan syötössä saatava ajansäästö on huomattava, koska JCAD quantum -ohjelmalla luodaan siirtotiedosto, jonka avulla massat saadaan syötettyä suoraan SAP:iin. Siirtotiedoston avulla voidaan jättää pois yksi manuaalinen työvaihe, jossa mahdollisen virhelyönnin merkitys on suuri. Yhteensä aikaa säästyi 5 tuntia (taulukko 4) eli 46 %, joka on melkein yksi työpäivä ilman taukoja.

Taulukko 4. Aikavertailu työvaiheittain.

| | Käsin | JCAD |
|-------------------------|--------------|-------------|
| Työvaihe | h | h |
| Massoittelu | 7 | 6 |
| Massojen syöttö SAP:iin | 4 | 0 |
| yhteensä | 11 | 6 |

Massoittelu JCAD quantum -ohjelmalla olisi ollut varmasti hieman nopeampaa, tarkempaa ja selkeämpää, jos tasokuvista olisi löytynyt kaikki tarvittavat tiedot, joita ohjelma pystyy hyödyntämään. Putket täytyi mitata osoittamalla putken merkitsevät pisteet yksi kerrallaan hiiren cursorilla. Jos suunnitelmissa olisi kaikki tarvittavat tiedot, tarvitsisi vain haluttu putki valita aktiiviseksi, ja ohjelma mittaisi putken pituuden.

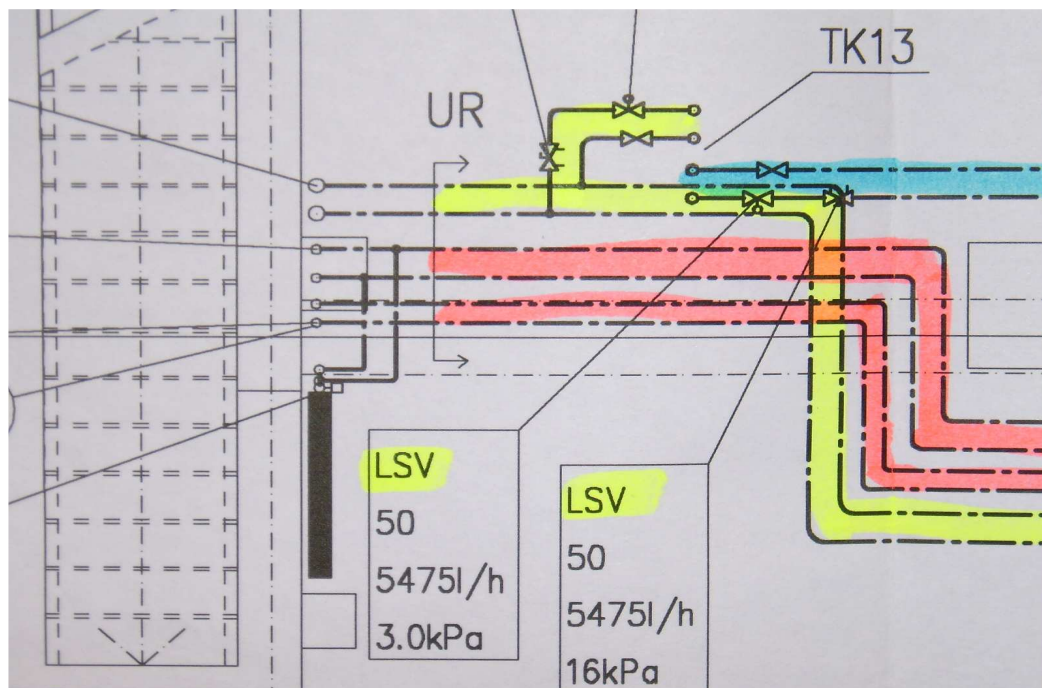
7 Vertailukohde 2

Toinen tutkittavista kohteista on liike- ja hotellirakennuksen peruskorjaus. Rakennuksen 1.–2. kerros ovat liiketiloja ja 3.–9. kerroksen tilat muutetaan hotellikäyttöön. Rakennuksessa on myös kaksi kellarikerrosta.

Urakka sisältää rakennuksen vesi-, viemäri- ja lämmitysjärjestelmien uusimisen lukuun ottamatta pohjaviemäreitä ja lämmityksen nousulinjoja, jotka säilytetään. Rakennukseen tehdään myös kokonaan uusi jäähdytysjärjestelmä.

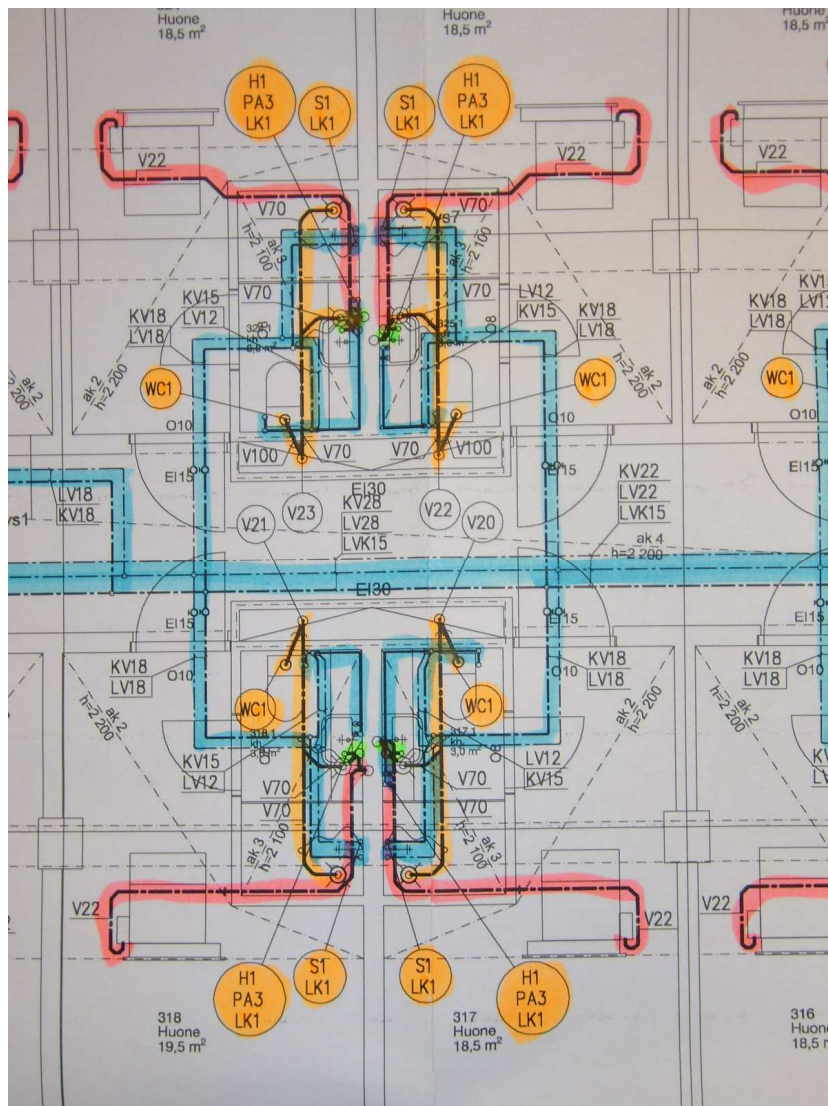
7.1 Käsinmassoittelu

Kohteen massoittelu oli jonkin verran nopeampaa kuin yleensä samantyyppisissä rakennuksissa, koska kaikkia järjestelmiä ei uusittu kokonaan. Kellarikerroksen urakkarajojen kanssa täytyi kuitenkin olla huolellinen, koska varsinkin lämmitysjärjestelmässä urakkarajoja oli paljon vanhojen runkojohtojen säilymisen takia (kuva 9).



Kuva 9. Urakkaraja esitetään kuvassa näkyvällä nuolimerkinnällä ja kirjainyhdistelmällä UR.

Ensimmäisestä kohteesta poiketen tässä kohteessa täytyi massoitella jokainen kerros erikseen, koska kohteen tilaratkaisut poikkesivat huomattavasti toisistaan. Massoittelu vei erittäin paljon aikaa tässä kohteessa, varsinkin 3.–8. kerroksen vesi- ja viemärijärjestelmää massoiteltaessa aikaa kului paljon. Tämä johtui siitä, että kyseessä oli hotellikäyttöön tulevat tilat ja huoneistoja oli kerroksista riippuen 21–27 kappaletta (kuva 10).



Kuva 10. Neljän hotellihuoneen vesi- ja viemärijärjestelmän tasokuva.

Kokonaisuudessaan kohteen massoitteluun kului aikaa putkiurakan osalta noin 26 tuntia (taulukko 5). Kuten tuntitaulukosta käy ilmi, vesi- ja viemärijärjestelmien massoitteluun kului suurin osa koko massoitteluajasta.

Lämmitysjärjestelmän massoittelu vei vähiten aikaa, koska urakassa uusitaan ainoastaan patterit ja kytkentäjohtot kerroksissa.

SAP-tarjouslaskentaohjelmaan massalistojen syöttämisessä kului aikaa noin 7 tuntia (taulukko 5).

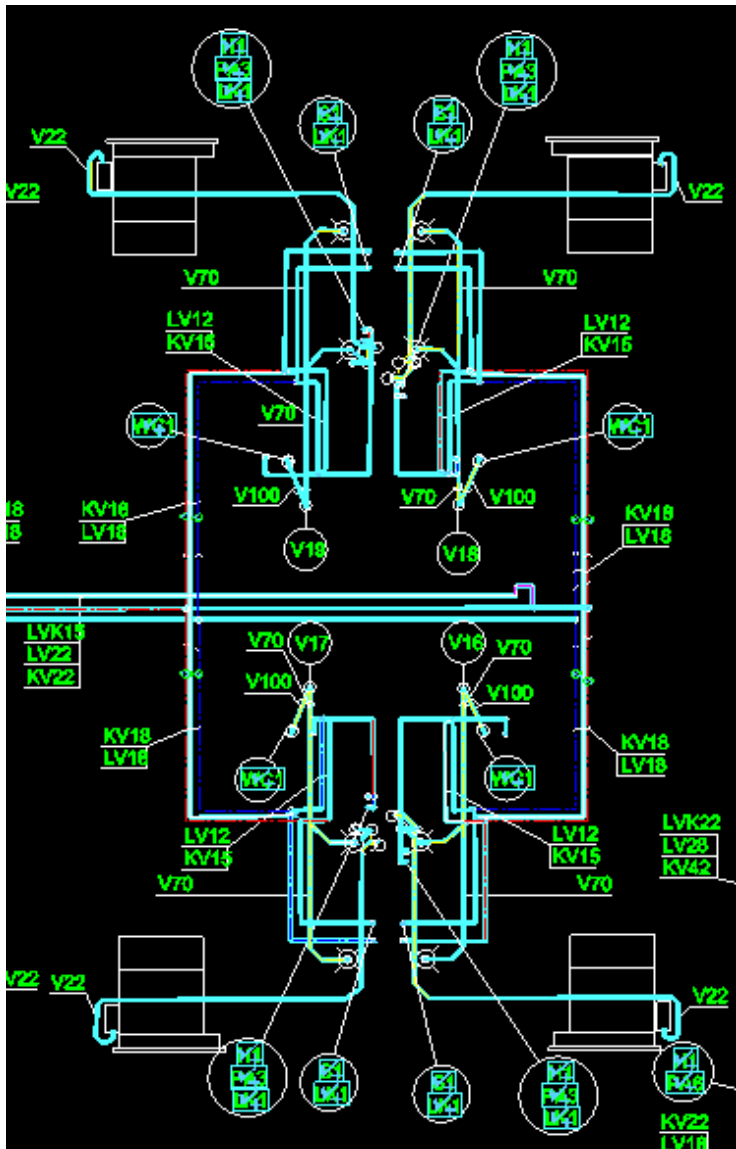
Taulukko 5. Massoitteluun ja SAP:iin syöttöön kuluneet työtunnit järjestelmittäin.

| Järjestelmä | Massoittelu, h | Massojen syöttö SAP:iin, h |
|------------------|----------------|----------------------------|
| Lämmitys | 4,15 | 1,35 |
| Jäähdytys | 3,10 | 1,65 |
| Vesi | 10,50 | 3,25 |
| Viemäri | 8,35 | 1,00 |

7.2 Massoittelu JCAD quantum -ohjelmalla

Massoittelu JCAD quantum -ohjelmalla oli yksinkertaista ja selkeää. Tasokuvien massoittelussa auttoi hieman JCAD quantum -ohjelman tasojen piilottusominaisuus. Lämmitysjärjestelmää massoiteltaessa oli mahdollista piilottaa jäähdytysjärjestelmää koskevat tasot. Jäähdytysjärjestelmää massoiteltaessa oli myös mahdollista piilottaa lämmitysjärjestelmää koskevat tasot, mutta piilottamisesta ei kuitenkaan ollut paljoa apua, koska mitatun lämmityspotken merkitsemisviiva jäi tasokuvaan. Sama toimenpide tehtiin myös vesi- ja viemärijärjestelmiä massoiteltaessa. Tällaisella ominaisuudella saatiin tasokuvista hieman selkeämmät ja helpommin tulkittavat. Järjestelmien tasoja piilottaessa kannattaa varmistaa, ettei esimerkiksi jäähdytysjärjestelmän putkien mittatekstejä katoa tasokuvasta, kun piilottaa lämmitysjärjestelmää koskevia putkia, osia tai mittatekstejä. Tämän välttämiseksi kannattaa silmäillä tasokuva huolellisesti läpi ennen varsinaisen massoittelun aloittamista.

Kuvassa 11 on esitetty neljän hotellihuoneen tasokuva JCAD quantum -ohjelmalla massoiteltuna.



Kuva 11. Neljän hotellihuoneen vesi- ja viemärijärjestelmän tasokuva JCAD quantum -ohjelmassa.

JCAD quantum -ohjelmalla olisi saatettu päästä hieman parempiin tuloksiin, jos tasokuvissa olisi ollut riittävästi tietoa. Tiedon puutteesta johtuen ei kaikkia ohjelman ominaisuuksia päästy hyödyntämään. Putket täytyi mitata manuaalisesti osoittamalla putken reitti piste kerrallaan. Tästä johtuen ei myöskään kaikkien järjestelmien putkistojen piilottamisesta ollut hyötyä.

Kokonaisuudessaan kohteen massoitteluun JCAD quantum -ohjelmalla aikaa kului putkiurakan osalta noin 22 tuntia (taulukko 6).

Massalistojen syöttämisessä SAP-tarjouslaskentaohjelmaan ei kulu aikaa käytännössä lainkaan (taulukko 6). JCAD quantum -ohjelmalla luodaan siirtotiedosto, jonka avulla massat saadaan syötettyä suoraan SAP:iin.

Taulukko 6. Massoitteluun ja SAP:iin syöttöön kuluneet työtunnit järjestelmittäin.

| Järjestelmä | Massoittelu, h | Massojen syöttö SAP:iin, h |
|-------------|----------------|----------------------------|
| Lämmitys | 3,30 | 0 |
| Jäähdytys | 2,85 | 0 |
| Vesi | 9,95 | 0 |
| Viemäri | 6,35 | 0 |

7.3 Massoittelutapojen vertailu

Massoittelutapojen vertailussa käy ilmi, että JCAD-ohjelmalla massoittelussa säästettiin aikaa 14 % eli noin 4 tuntia, joka on puolet työpäivästä. Tämä johtuu siitä, että toisin kuin ensimmäisessä kohteessa, tässä täytyi massoitella jokainen kerros erikseen.

Tarvikemääriä vertailtaessa voidaan todeta, että massoittelutavasta riippumatta päästiin hyvin lähelle samaa tarvikemäärää ja näin ollen tarvikemäärät voidaan todeta luotettaviksi. Keskimäärin JCAD quantum -ohjelmalla saadut massat ovat 11,4 % pienemmät kuin käsinmassoittelussa (taulukko 7). Kiristyneen kilpailutilanteen vuoksi 11,4 %:n erotus tarvikkeissa voi olla ratkaiseva seikka tarjouskilpailussa. Vertailussa suurin ero prosentti saatiin koon 200 valurautaviemärille. Tarkistuslaskennan jälkeen todettiin JCAD quantum -ohjelmalla saatu metrimäärä oikeaksi. Teräspuutken DN10 ja kuparipuutken koon 12 suuri ero prosentti johtuu todennäköisesti kytkentäjohtojen tiputuksiin manuaalisesti lisätyistä metreistä. Liitteessä 2 on esitetty kaikkien putkikokojen ja materiaalien tarvikemenekki ja vertailu.

Kalusteluetteloita vertailtaessa todettiin JCAD-ohjelmalla saatu kalusteluettelo puutteelliseksi. Tämä voi johtua huolimattomuudesta kalusteita kerätessä tai kalusteen viitetekstin puuttumisesta tasokuvasta. Joten tasokuvan läpikäyminen kalusteiden keräämisen jälkeen on suositeltavaa, jotta vältettäisiin suunnitelmien puutteellisuudesta johtuvia virheitä.

Taulukko 7. Merkittävimpien putkien vertailu käsin ja JCAD quantumilla. Erotusprosentti kertoo, kuinka paljon pienempiä (-) tai suurempia (+) ovat JCAD:llä mitatut putkimetrit.

| | Käsin | JCAD | Erotus |
|-------------------------|--------------|-------------|---------------|
| Teräsputket | m | m | % |
| 10 | 1195 | 995 | -16,7 |
| 15 | 260 | 262 | +0,8 |
| 32 | 120 | 139 | +13,7 |
| 65 | 190 | 205 | +7,3 |
| Kupariputket | m | m | % |
| 12 | 1380 | 1181 | -14,4 |
| 15 | 1435 | 1184 | -17,5 |
| 18 | 1335 | 1232 | -7,7 |
| 22 | 2150 | 1994 | -7,3 |
| 28 | 1040 | 1010 | -2,9 |
| 35 | 515 | 477 | -7,4 |
| Kromattukupari | m | m | % |
| 12 | 2015 | 1835 | -8,5 |
| 15 | 492 | 495 | +0,6 |
| Valurautaviemäri | m | m | % |
| 70 | 837 | 726 | -13,3 |
| 100 | 1753 | 1684 | -4 |
| 150 | 210 | 232 | +9,5 |
| 200 | 121 | 70 | -42,1 |

Massoittelutapojen vertailukohteena tämä kohde on huomattavasti parempi kuin ensimmäinen kohde, koska jokainen kerros on erilainen ja kerrokset joudutaan laskemaan kaikki erikseen. Massoittelussa saatu ajan säästö ei kuitenkaan ole suuri, vaikka kerrokset poikkeavat toisistaan. JCAD quantum -ohjelmalla luotavan siirtotiedoston avulla aikaa säästetään noin 7 tuntia tarvikkeiden syötössä SAP-tarjouslaskentaohjelmaan. Yhteensä aikaa säästyi 11 tuntia (taulukko 8) eli 33 %. Työpäiviin verratessa ajan säästö on jopa 1,5 työpäivää, joka on jo tuntuva säästö, koska yleensä tarjouksien viimeinen jättöpäivä tulee vastaan yllättävän nopeasti. Kohteiden laskenta-aika saattaa tuntua joskus

hyvinkin pitkältä ja tulee ajatelleeksi, että tällaisia kohteita voisi laskea tässä ajassa kaksikin kappaletta, kuitenkin laskenta-ajan lähestyessä loppuaan kiireeltä ei yleensä vältytä. Joten 1,5 työpäivän ajan säästö on jo tuntuva.

Taulukko 8. Aikavertailu työvaiheittain.

| Työvaihe | Käsin JCAD | |
|-------------------------|-------------------|-----------|
| | h | h |
| Massoittelu | 26 | 22 |
| Massojen syöttö SAP:iin | 7 | 0 |
| yhteensä | 33 | 22 |

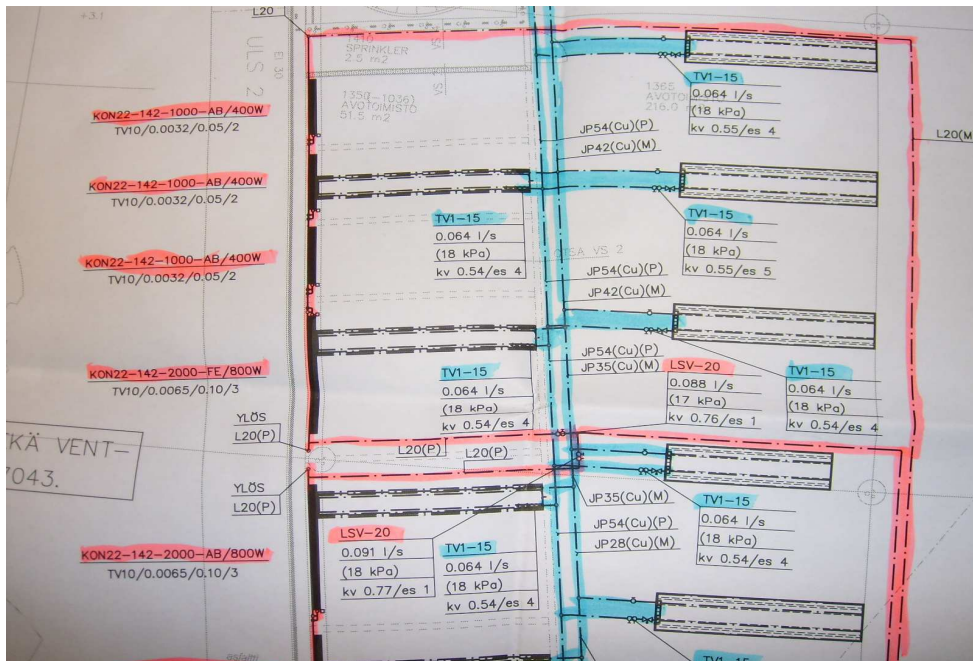
8 Vertailukohde 3

Kolmas vertailussa oleva kohde on kuusikerroksinen uudisrakennus, johon tulee toimistotiloja. Rakennuksessa on lisäksi kellarikerros ja konehuone katolla. Rakennukseen tehdään lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmät sekä vesi- ja viemärijärjestelmät.

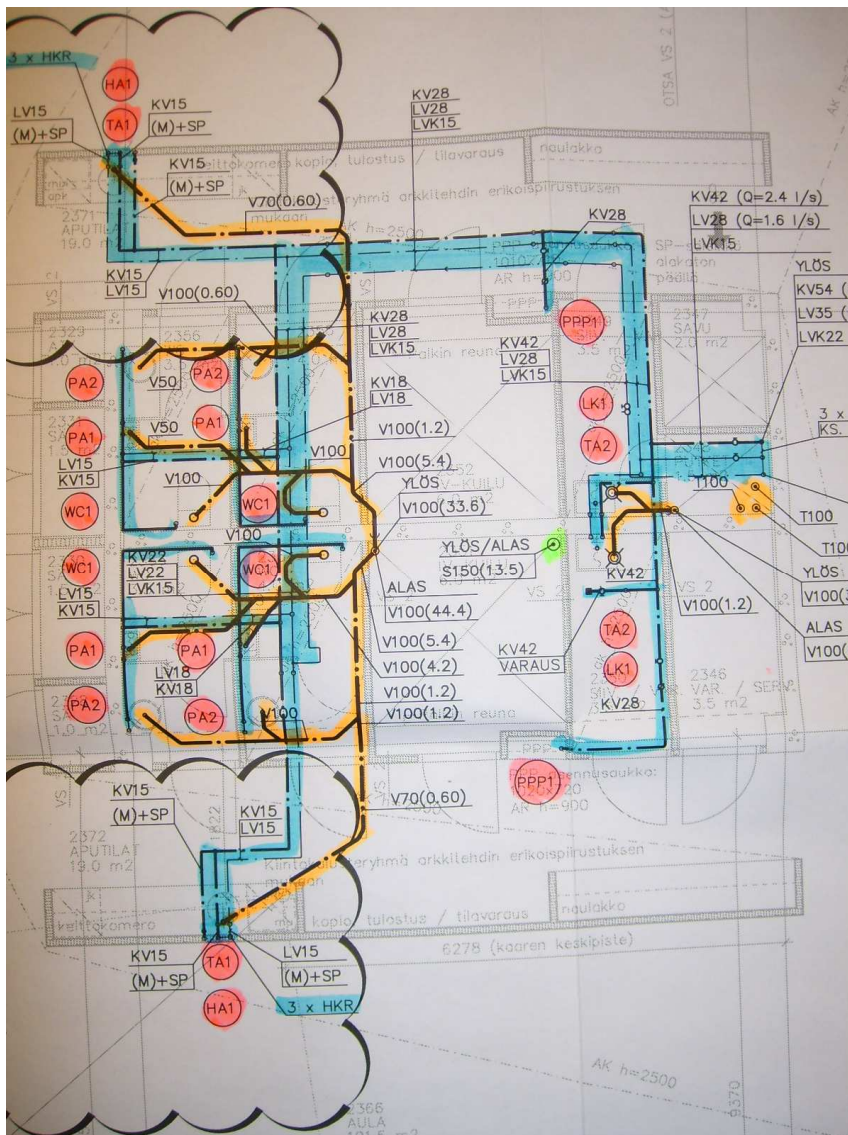
8.1 Käsinmassoittelu

Kohteen massoittelu oli huomattavasti edellisiä kohteita helpompaa, koska kyseessä on uudisrakennus. Kaikki järjestelmät ovat täysin uusia, ja näin ollen massoitteluvaihe oli huomattavasti nopeampi työvaihe vertailtaessa saneerauskohteen massoitteeluun.

Kohteen suunnitelmat olivat selkeät ja helposti luettavat. Lämmitys ja jäähdytys-tasokuvissa (kuva 12) kerrokset 3–5, ja vesi ja viemäritasokuvissa kerrokset 2–5 (kuva 13) ovat identtiset. Näin ollen voidaan massoitteelussa käyttää hyväksi kertolaskua.



Kuva 12. Kuvassa on esitetty osa rakennuksen 1. kerroksen lämmitys- ja jäähdytysratkaisuista.



Kuva 13. Rakennuksen kerroksissa 2–5 on kuvassa esitetty vesi- ja viemäri ratkaisut.

Kokonaisuudessaan kohteen massoitteluun kului aikaa noin 14 tuntia, tarkempi erittely ajankulusta on esitetty taulukossa 9. Kuten taulukosta käy ilmi on vesi- ja viemärijärjestelmien massoittelussa kulunut selkeästi eniten aikaa, tämä todettiin myös kahdessa aikaisemmassa vertailukohteessa. Massoittelua nopeutti olennaisesti kerrosten samankaltaisuus.

Massalistojen syöttö SAP-tarjouslaskentaohjelmaan kulutti aikaa noin 4 tuntia (taulukko 9)

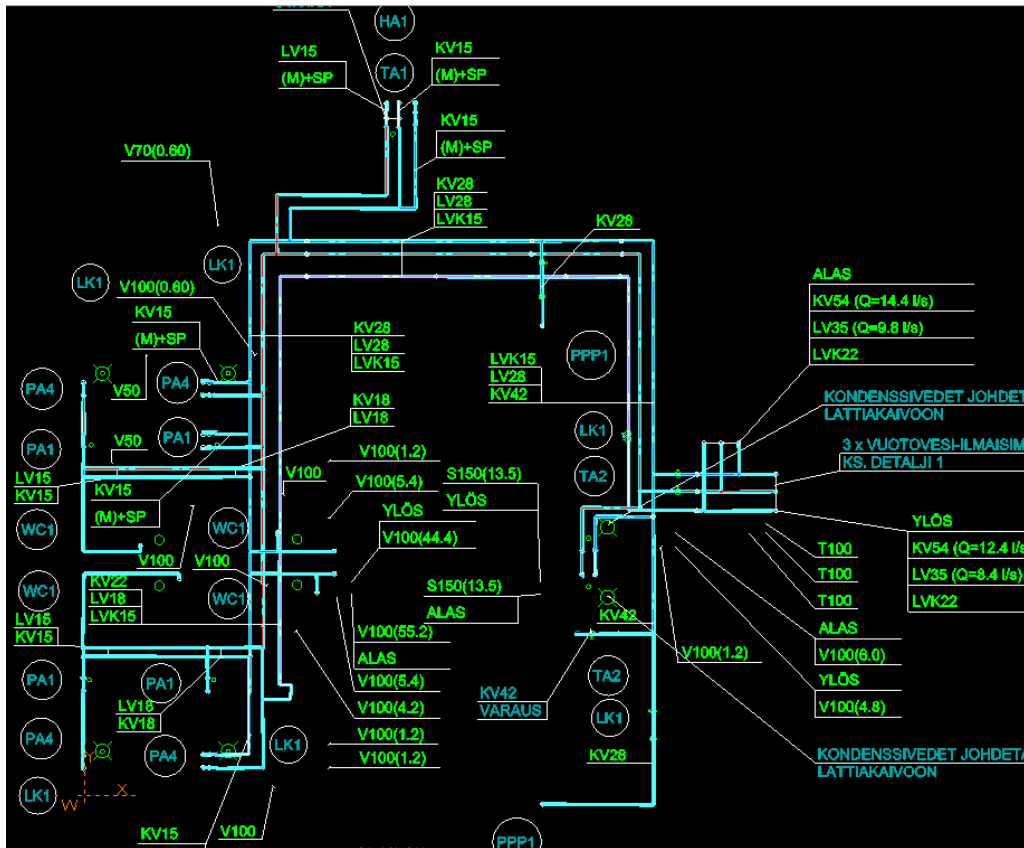
Taulukko 9. Massoitteluun ja SAP:iin syöttöön kuluneet työtunnit järjestelmittäin.

| Järjestelmä | Massoittelu, h | Massojen syöttö SAP:iin, h |
|-------------|----------------|----------------------------|
| Lämmitys | 4,75 | 1,00 |
| Jäähdytys | 3,15 | 0,50 |
| Vesi | 4,00 | 2,00 |
| Viemäri | 2,55 | 0,50 |

8.2 Massoittelu JCAD quantum -ohjelmalla

Massoittelu JCAD quantum -ohjelmalla oli kerroksien identtisyydestä johtuen erittäin nopea ja selkeä työvaihe. Ennen kohteen massoittelun aloittamista täytyy luoda projekti kyseiselle kohteelle. Projektiin luodaan laskentapohjat, joihin liitetään kohteen kaikki tasokuvat. Kahden aikaisemman vertailukohteen massoittelu suoritettiin kuten käsinmassoittelussa, eli vesi- ja viemäri-järjestelmät samoissa tasokuvissa ja lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmät samoissa tasokuvissa. JCAD quantum -ohjelmalla on kuitenkin mahdollista avata sama tasokuva samaan projektiin niin monta kertaa kuin on tarvetta. Tämän kohteen projektiin luotiin jokaiselle järjestelmälle omat laskentapohjat. Esimerkiksi yhdessä tasokuvassa oli ainoastaan vesijärjestelmä (kuva 14), kun normaalisti samassa tasokuvassa on vesi- ja viemärijärjestelmät. Jokaisen järjestelmän omat laskentapohjat selkeyttivät tasokuvia erittäin paljon ja näin ollen massoittelu oli myös sujuvampaa.

Massoittelu JCAD quantum -ohjelmalla olisi saattanut olla hieman nopeampaa ja tarkempaa, mutta tasokuvien puutteellisista tiedoista johtuen ohjelman kaikkia ominaisuuksia ei päästy hyödyntämään. Siten suunnitelmien osalta sama ongelma toistui tässäkin kohteessa kuten kahdessa aikaisemmassa.



Kuva 14. 1. kerroksen vesijärjestelmä on huomattavasti selkeämpi, koska viemärijärjestelmä on piilotettu kuvasta.

Kokonaisuudessaan kohteen massoitteluun JCAD quantum -ohjelmalla aikaa kului putkiurakan osalta noin 13 tuntia (taulukko 10).

JCAD quantum -ohjelmalla luodaan siirtotiedosto jonka avulla massat saadaan syötettyä suoraan SAP-tarjouslaskentaohjelmaan, näin ollen massalistojen syöttämisessä aikaa ei kulu käytännössä lainkaan (taulukko 10).

Taulukko 10. Massoitteluun ja SAP:iin syöttöön kuluneet työtunnit järjestelmittäin.

| Järjestelmä | Massoittelu, h | Massojen syöttö SAP:iin, h |
|-------------|----------------|----------------------------|
| Lämmitys | 4,65 | 0 |
| Jäähdytys | 2,65 | 0 |
| Vesi | 3,75 | 0 |
| Viemäri | 2,00 | 0 |

8.3 Massoittelutapojen vertailu

Massoittelutapojen vertailussa käy ilmi, että merkittävää ajansäästöä JCAD quantum -ohjelmalla massoiteltaessa ei saada. JCAD-ohjelmalla massoittelussa säästettiin aikaa yksi tunti. Tämä johtuu siitä, että useat kerrokset olivat samanlaiset. Kuitenkin SAP-tarjouslaskentaohjelmaan tarvikkeiden syötössä kuluneessa ajassa säästettiin siirtotiedoston avulla 4 tuntia, joka on jo puolet työpäivästä. Kokonaisuudessaan aikaa säästy 28 % eli 5 tuntia (taulukko 11). Kokonaisuudessaan aikaa säästetään $\frac{2}{3}$ työpäivästä.

Taulukko 11. Aikavertailu työvaiheittain.

| | Käsin | JCAD |
|-------------------------|--------------|-------------|
| Työvaihe | h | h |
| Massoittelu | 14 | 13 |
| Massojen syöttö SAP:iin | 4 | 0 |
| yhteensä | 18 | 13 |

Tarvikemääriä vertailtaessa voidaan todeta, että massoittelutavasta riippumatta päästiin hyvin lähelle samaa tarvikemäärää. Suurimmat eroavaisuudet ovat teräsputken DN10 koon ja kupariputken 18 koon metreissä. Teräsputken DN10 suuri erotusprosentti johtuu todennäköisesti siitä, että käsinmassoittelu-menettelmällä on pattereiden kytkentäjohdot laskettu osaksi DN15 mukaan ja JCAD-ohjelmalla laskettaessa kytkentäputket on laskettu koolla DN10. Mittaustarkkuus vaikuttaa myös oleellisesti eroprosentteihin; käsinmassoittelussa käytetään kokonaislukuja ja pyöristetään jokainen mitattu putkiston osa seuraavaan metriin, kun taas JCAD quantum -ohjelmalla pyöristys tehtiin vasta, kun kokonaismäärät ovat selvillä. Eri putkimateriaalien kokonaismääriä tarkasteltaessa putkimetrien erot ovat erittäin pieniä. Keskimäärin JCAD quantum -ohjelmalla saadut massat ovat 12,3 % pienemmät kuin käsinmassoittelussa (taulukko 12). Liitteessä 3 on esitetty kaikkien putkikokojen ja materiaalien tarvikemenekki ja vertailu.

Tässäkään kohteessa ei sähköisistä tasokuvista löytynyt kaikkia tarvittavia tietoja, joiden avulla massoittelu JCAD quantum -ohjelmalla olisi varmasti ollut huomattavasti nopeampaa ja tarkempaa.

Taulukko 12. Tarvikemäärien vertailu käsin ja JCAD quantumilla. Erotusprosentti kertoo, kuinka paljon pienempiä (-) tai suurempia (+) ovat JCAD:llä mitatut putkimetrit.

| | Käsin | JCAD | Erotus |
|-------------------------|--------------|-------------|---------------|
| Teräsputket | m | m | % |
| 10 | 385 | 1383 | +72,2 |
| 15 | 2772 | 2161 | -22 |
| 20 | 515 | 505 | -1,9 |
| 25 | 265 | 278 | +4,7 |
| 32 | 238 | 191 | -19,7 |
| 50 | 257 | 249 | -3,1 |
| Kupariputket | m | m | % |
| 15 | 625 | 541 | -13,4 |
| 18 | 1135 | 1809 | +37,3 |
| 22 | 642 | 376 | -41,4 |
| 28 | 865 | 764 | -11,7 |
| 35 | 305 | 243 | -20,3 |
| 42 | 765 | 741 | -3,1 |
| 54 | 1085 | 1059 | -2,4 |
| Kromattukupari | m | m | % |
| 12 | 485 | 350 | -27,8 |
| 15 | 340 | 295 | -13,2 |
| Valurautaviemäri | m | m | % |
| 70 | 350 | 305 | -12,9 |
| 100 | 902 | 797 | -19,1 |
| 150 | 169 | 141 | -41,2 |

9 Lopputulokset

Insinööriyön tavoitteena oli tutkia tarjouslaskennan mahdollista tehostamista JCAD quantum -ohjelman avulla. Työssä tutkittavia kohteita oli kolme, joista suoritettiin tarvikemäärien laskenta perinteisellä käsinmassoittelevalla ja JCAD quantum -ohjelman avulla.

Massoittelevatapa vertailtaessa voidaan todeta, että JCAD quantum -ohjelmalla laskettaessa laskenta-aika lyhenee kohteesta riippumatta. Täytyy myös huomioida, että ohjelma on ollut käytössä vasta noin kaksi kuukautta. Uskoisin, että ohjelman käyttö on huomattavasti sujuvampaa muutaman kuukauden kuluttua, mikä vaikuttaa massalaskennan nopeuteen. Merkittävin säästö saadaan kuitenkin tarvikkeiden syötössä SAP-tarjouslaskentaohjelmaan kuluneessa ajassa. Yhteensä aikaa säästettiin kohteesta riippuen 14–46 %, joka on 5–11 työtuntia (taulukko 13). Luultavasti kokeneempi tarjouslaskija pääsisi hyvin lähelle tai jopa parempiin tuloksiin kokonaisaikaa tarkasteltaessa.

Taulukko 13. Kokonaisaikavertailu

| | Käsin | JCAD |
|-----------------|--------------|-------------|
| Kohde | h | h |
| Vertailukohde 1 | 11 | 6 |
| Vertailukohde 2 | 33 | 22 |
| Vertailukohde 3 | 18 | 13 |
| yhteensä | 62 | 41 |

Käsinlaskennassa virhesyötön mahdollisuus on suuri, kun taas JCAD quantum -ohjelmalla ei kyseistä virheen mahdollisuutta ole käytännössä lainkaan. Virhelyönnin mahdollisuutta ei ole, koska ohjelmalla luodaan saaduista tarvikkeista siirtotiedosto, jonka avulla tarvikkeet saadaan siirrettyä suoraan tarjouslaskentaohjelmaan ja näin ollen yksi manuaalinen vaihe jää kokonaan pois tarjouslaskentavaiheesta.

Tarvikemääriä vertailtaessa ei ilmene suuria eroavaisuuksia massoittelutapojen välillä. Näin ollen voidaan todeta JCAD quantum -ohjelmalla saadut tarvikemäärät oikeiksi ja luotettaviksi. Kuitenkin tarvikemäärissä saatu säästö kohteesta riippuen oli keskimäärin 11–15 %. Jos lasketaan kohteiden kaikkien järjestelmien putket yhteen materiaalista riippumatta, säästö on ainoastaan 1–13 %. Ohjelman mittaustarkkuus putkimetrieni osalta on kuitenkin huomattavasti parempi kuin käsinlaskennassa. Osien kerääminen tasokuvista ei kuitenkaan ole nopeampaa tai tarkempaa kuin käsinlaskennassa. Jokainen osa täytyy laskea erikseen tasokuvasta, eikä niitä voi etsiä samalla tavalla kuin esimerkiksi kalusteita ja pattereita. Tämä johtuu siitä, että kaikkien järjestelmien putket piirretään saman vahvuisella viivatyypillä putken koosta riippumatta. Näin ollen jos osat kerättäisiin samalla tavalla kuin kalusteet ja patterit, ohjelma keräisi esimerkiksi kaikki 90°:n kulmat riippumatta siitä, onko kyseessä koko DN10 tai DN125.

Kuitenkin massoittelua suoritettaessa JCAD quantum -ohjelmalla huomattiin muutamia ongelmia, jotka vielä vaativat kehitystä. Tekmanni Oy:lle valmistettu versio ei tunnistanut LVI-tuotteita, ellei tuotteen LVI-numeron ensimmäinen numero vastaa jonkun sähkötuotteen sähkönumeron ensimmäistä numeroa. Tämä johtui siitä, että Tekmannille valmistettu versio JCAD quantumista on tehty JCAD quantum electra -ohjelman pohjalle. Esimerkiksi kaikki kalusteet ja kupariosat puuttuivat tuoterekisteristä kokonaan. Tästä johtuen massoittelu jouduttiin osaksi suorittamaan alkuperäisellä JCAD quantum LVI -ohjelmalla.

Ongelmia ei kuitenkaan ole pelkästään JCAD quantum -ohjelmassa vaan, myös suunnitelmista löytyy puutteita, jotka hidastavat ohjelman käyttöä, pääasiassa putkimetrieni mittaamisessa. Putket täytyi mitata osoittamalla putken merkitsevät pisteet yksi kerrallaan hiiren cursorilla. Jos suunnitelmissa olisi kaikki tarvittavat tiedot, tarvitsisi vain haluttu putki valita aktiiviseksi ja ohjelma mittaisi sen. Laskennassa ei myöskään voida kokonaan jättää pois kynää ja paperia, koska ohjelman paketti- tai tarviketietokannasta ei välttämättä löydy kaikkia

kohteeseen tarvittavia tarvikkeita. Tällaisia ovat tällä hetkellä esimerkiksi vuodonilmaisimet ja harvemmin tarvittavat kalusteet ja kaivot.

Vertailusta saatujen tuloksien pohjalta suoritettiin laskenta ohjelman takaisinmaksuajasta (kaava 1). Oletetaan, että tarjouslaskijan kuukausipalkka on 3 000 € [6] ja ohjelman hankintakustannukset ovat 1 680 € ja ohjelman koulutus maksaa 750 € [7]. Vertailusta saatu ajallisen säästön keskiarvo on 35,7 % ja oletetaan, että ajallinen säästö saadaan koko työajasta.

$$TMA = \frac{(H + K)}{(A * T)} = \frac{(1680 + 750)€}{(3000€ * 0,357)} \approx 2,3kk \quad (\text{kaava 1})$$

TMA on ohjelman takaisinmaksuaika

H on ohjelman hankintakustannukset

K on ohjelman koulutuskustannus

A on tarjouslaskijan kuukausipalkka

T on ajallisen säästön keskiarvo.

Ohjelman takaisinmaksuajaksi saatiin 2,3 kuukautta, joka on todella lyhyt aika. Voidaan lisäksi olettaa, että JCAD quantum -ohjelmalla saatavat säästöt tarvikemäärissä saattavat parantaa putkiurakoiden kiinniottoprosenttia yrityksessä.

10 Yhteenveto

Mielestäni insinööriyön tavoitteet täyttyivät, ja saatiin hyvät ja luotettavat tulokset käsinmassoittelun ja JCAD quantum -ohjelmalla massoittelun vertailusta. Uskoisin kuitenkin, että JCAD:llä saadut tulokset olisivat olleet hieman parempia, jos ohjelman käyttöä olisi ehtinyt harjoitella enemmän ennen kuin aloittaa varsinaista massoittelua insinööriyötä varten. Työtä aloittaessani ohjelman oli tarkoitus olla käytössäni kuukauden kuluttua, mutta siihen menikin kolme kuukautta, ja näin ollen ei ylimääräistä aikaa jäänyt ohjelman käytön opetteluun.

Työtä aloittaessani ensimmäinen ongelmakohta oli tasokuvien saanti sähköisessä muodossa. Pääasiassa kuvat saatiin kuitenkin vaivattomasti, kun otettiin yhteyttä suunnittelijaan. Poikkeuksena mainittakoon, että yhden kohteen tasokuvat olivat hankala saada. Epäilyksenä oli, että tasokuvia muokataan, jos ne luovutetaan sähköisessä muodossa.

Mielestäni voidaan todeta, että JCAD quantum -ohjelma on hyvä apuväline massalaskennassa, mutta ohjelmassa on vielä kehitettävää. Ohjelmasta saadaan varmasti hyvä työkalu tarjouslaskentaan pienen kehittämisen jälkeen. Ohjelman käyttöönottoon ja kehitykseen vaikuttavat myös tarjouslaskijoiden asenteet. Haastateltuani laskijoita ennakoasenteet ohjelmaa kohtaan olivat pääasiassa positiivisia, ja kaikki kehitys otetaan mielellään vastaan, vaikka pieniä epäilyksiäkin ohjelman toimivuudesta oli havaittavissa. Tarjouslaskijat kuitenkin olivat suostuvaisia itsekkin kokeilemaan ohjelmaa, jos vain saisivat asiaan kuuluvan koulutuksen ja riittävästi aikaa opetella ohjelman käyttöä [8][9]. Olen itsekkin sitä mieltä, että jos yrityksessä tarjouslaskijat ovat halukkaita kokeilemaan ohjelmaa ja valmiita auttamaan ohjelman kehittämisessä, voidaan melko pienellä aikavälillä saada moitteettomasti toimiva versio aikaiseksi.

Lähteet

- 1 LVI-Tekniset Urakoitsijat. LVI-toimialan työehtosopimus 2008–2010. Keuruu: Otavan Kirjapaino Oy, 2008.
- 2 JCAD quantum electra käyttöönotto-opas. Jidea Oy, 2008.
- 3 Tietoa JCAD quantum lvi -ohjelmasta. (WWW-dokumentti.) Jidea Oy. <http://www.jcad.fi/tuotteet/lvi/jcad_quantum_lvi.html>. Luettu 15.2.2009.
- 4 Tietoa JCAD quantum electra -ohjelmasta. (WWW-dokumentti.) Jidea Oy. <http://www.jcad.fi/tuotteet/sahko/jcad_quantum_electra.html>. Luettu 15.2.2009.
- 5 JCAD quantum electra -kurssi ohjelman käyttöopas. Jidea Oy.
- 6 Juurinen, Kirsi-Marja. LVI-laskentapäällikkö, Tekmanni Oy, Pääkaupunkiseutu. Keskustelu 26.3.2009.
- 7 Vähämäki, Tapio. Johtaja/logistiikka, Tekmanni Oy, Pääkaupunkiseutu. Keskustelu 27.3.2009.
- 8 Ratinen, Harri. Tarjouslaskija, Tekmanni Oy, Pääkaupunkiseutu. Keskustelu 12.3.2009.
- 9 Ronkainen, Marko. Tarjouslaskija, Tekmanni Oy, Pääkaupunkiseutu. Keskustelu 12.3.2009.

Liite 1: Vertailukohde 1, massalista

| | Käsin | JCAD | Erotus |
|-------------------------|-------------|-------------|--------------|
| Teräsputket | m | m | % |
| 10 | 65 | 85 | +23,5 |
| 15 | 25 | 27 | +7,4 |
| 20 | 410 | 221 | -46,1 |
| 25 | 506 | 334 | -34,0 |
| 32 | 75 | 35 | -53,3 |
| 40 | 80 | 102 | +21,6 |
| 50 | 11 | 142 | +92,3 |
| 65 | 126 | 85 | -32,5 |
| 100 | 15 | 14 | -6,7 |
| Kupariputket | m | m | % |
| 12 | 30 | 17 | -43,3 |
| 15 | 70 | 95 | -26,3 |
| 18 | 135 | 132 | -2,2 |
| 22 | 50 | 31 | -38,0 |
| 28 | 145 | 158 | +8,2 |
| 35 | 225 | 222 | -1,3 |
| 42 | 80 | 77 | -3,8 |
| 54 | 30 | 27 | -10,0 |
| Kromattukupari | m | m | % |
| 12 | 1565 | 1606 | 2,6 |
| Muovitettukupari | m | m | % |
| 12 | 970 | 594 | -38,8 |
| 15 | 900 | 1071 | +16,0 |
| 18 | 480 | 220 | -54,2 |
| 22 | 280 | 212 | -24,3 |
| Valurautaviemäri | m | m | % |
| 70 | 265 | 273 | +2,9 |
| 100 | 515 | 444 | -13,8 |
| 150 | 5 | 5 | 0 |
| Muoviviemäri | m | m | % |
| 32 | 120 | 75 | -37,5 |
| 50 | 110 | 68 | -38,2 |
| 75 | 10 | 14 | +28,6 |
| 110 | 40 | 30 | -25 |
| 160 | 55 | 55 | 0 |
| Yhteensä | 7393 | 6471 | -12,5 |

| | Käsin | JCAD | Eotus |
|---------------------|------------|------------|------------|
| Kaluste/hana | kpl | kpl | kpl |
| keittiöhana | 93 | 93 | 0 |
| pesuallashana | 91 | 91 | 0 |
| suihku | 94 | 94 | 0 |
| pesukoneventtiili | 40 | 40 | 0 |
| vesipostiventtiili | 3 | 3 | 0 |
| pesuallas | 91 | 91 | 0 |
| rst-allas | 2 | 2 | 0 |
| WC | 93 | 93 | 0 |
| lattiakaivo | 96 | 96 | 0 |

| | Käsin | JCAD | Eotus |
|--------------------|------------|------------|------------|
| Tyyppi | kpl | kpl | kpl |
| 1800 - 600 - PC 21 | 7 | 7 | 0 |
| 1200 - 600 - PC 21 | 2 | 2 | 0 |
| 2000 - 600 - PC 22 | 2 | 2 | 0 |

Liite 2: Vertailukohde 2, massalista

| | Käsin | JCAD | Erotus |
|-------------------------|--------------|--------------|-------------|
| Teräsputket | m | m | % |
| 10 | 1195 | 995 | -16,7 |
| 15 | 260 | 262 | +0,8 |
| 20 | 100 | 105 | +4,8 |
| 25 | 80 | 66 | -17,5 |
| 32 | 120 | 139 | +13,7 |
| 40 | 35 | 7 | -80,0 |
| 50 | 60 | 82 | +26,8 |
| 65 | 190 | 205 | +7,3 |
| RST- putket | m | m | % |
| 80 | 35 | 32 | -8,6 |
| 100 | 135 | 129 | -4,4 |
| Kupariputket | m | m | % |
| 12 | 1380 | 1181 | -14,4 |
| 15 | 1435 | 1184 | -17,5 |
| 18 | 1335 | 1232 | -7,7 |
| 22 | 2150 | 1994 | -7,3 |
| 28 | 1040 | 1010 | -2,9 |
| 35 | 515 | 477 | -7,4 |
| 42 | 275 | 267 | -2,9 |
| 54 | 130 | 111 | -14,6 |
| 64 | 255 | 256 | +0,4 |
| 76 | 155 | 145 | -6,5 |
| 89 | 15 | 10 | -33,3 |
| Kromattukupari | m | m | % |
| 12 | 2015 | 1835 | -8,9 |
| 15 | 492 | 495 | +0,6 |
| 18 | 28 | 12 | -57,1 |
| Sinkittyteräs | m | m | % |
| 40 | 15 | 5 | -66,7 |
| 80 | 60 | 53 | -11,7 |
| Valurautaviemäri | m | m | % |
| 70 | 837 | 726 | -13,3 |
| 100 | 1753 | 1684 | -3,9 |
| 150 | 210 | 232 | +9,5 |
| 200 | 121 | 70 | -42,2 |
| Muoviviemäri | m | m | % |
| 32 | 10 | 21 | +52,4 |
| 50 | 190 | 219 | +13,2 |
| Yhteensä | 16626 | 15241 | -8,3 |

| | Käsin | JCAD | Eotus |
|---------------------|------------|------------|------------|
| Kaluste/hana | kpl | kpl | kpl |
| keittiöhana | 5 | 4 | -1 |
| seinähana | 23 | 19 | -4 |
| pesuallashana | 164 | 164 | 0 |
| suihku | 160 | 155 | -5 |
| pesukoneventtiili | 2 | 2 | 0 |
| pesuallas | 13 | 8 | -5 |
| rst-allas | 18 | 17 | -1 |
| WC | 164 | 160 | -4 |
| lattiakaivo | 324 | 316 | -8 |

Liite 2: Vertailukohde 2, massalista

| | Käsin | JCAD | Erotus |
|--------------------------|------------|------------|----------|
| Tyyppi | kpl | kpl | kpl |
| 800 - 300 - PC 11 | 1 | 1 | 0 |
| 1600 - 300 - PC 11 | 3 | 3 | 0 |
| 1800 - 300 - PC 11 | 20 | 12 | -8 |
| 2000 - 300 - PC 11 | 30 | 30 | 0 |
| 2300 - 300 - PC 11 | 8 | 8 | 0 |
| 2000 - 400 - PC 11 | 2 | 2 | 0 |
| 700 - 600 - PC 11 | 2 | 2 | 0 |
| 1000 - 600 - PC 11 | 1 | 1 | 0 |
| 1400 - 600 - PC 11 | 1 | 1 | 0 |
| 1800 - 600 - PC 11 | 1 | 1 | 0 |
| 2600 - 600 - PC 11 | 1 | 1 | 0 |
| 600 - 900 - PC 11 | 8 | 7 | -1 |
| 3000 - 900 - PC 11 | 1 | 1 | 0 |
| 1200 - 300 - PC 22 | 3 | 3 | 0 |
| 1600 - 300 - PC 22 | 17 | 17 | 0 |
| 1800 - 300 - PC 22 | 60 | 69 | 9 |
| 2000 - 300 - PC 22 | 23 | 23 | 0 |
| 2600 - 300 - PC 22 | 3 | 3 | 0 |
| 1100 - 400 - PC 22 | 1 | 1 | 0 |
| 2300 - 400 - PC 22 | 25 | 25 | 0 |
| 3000 - 400 - PC 22 | 2 | 2 | 0 |
| 900 - 600 - PC 22 | 1 | 1 | 0 |
| 1000 - 600 - PC 22 | 1 | 1 | 0 |
| 1100 - 600 - PC 22 | 1 | 1 | 0 |
| 1200 - 600 - PC 22 | 3 | 3 | 0 |
| 2000 - 600 - PC 22 | 2 | 2 | 0 |
| 2300 - 600 - PC 22 | 1 | 1 | 0 |
| 2600 - 600 - PC 22 | 3 | 3 | 0 |
| 3000 - 600 - PC 22 | 6 | 6 | 0 |
| 1000 - 900 - PC 22 | 1 | 1 | 0 |
| 2000 - 900 - PC 22 | 2 | 2 | 0 |
| 2300 - 900 - PC 22 | 2 | 2 | 0 |
| 3000 - 900 - PC 22 | 2 | 2 | 0 |
| 2000 - 300 - PC 33 | 6 | 6 | 0 |
| 2300 - 300 - PC 33 | 10 | 10 | 0 |
| 2600 - 600 - PC 33 | 1 | 1 | 0 |
| 2600 - 900 - PC 33 | 1 | 1 | 0 |
| 3000 - 900 - PC 33 | 2 | 2 | 0 |
| PURMO KON PK 22-286-1400 | 1 | 1 | 0 |
| PURMO KON PK 22-286-1800 | 1 | 1 | 0 |
| PURMO KON PK 22-286-2000 | 6 | 6 | 0 |
| PURMO KON PK 33-286-1800 | 2 | 2 | 0 |
| PURMO KON PK 33-286-2000 | 1 | 1 | 0 |
| PURMO KON PK 33-286-2300 | 4 | 4 | 0 |
| PURMO KON PK 33-286-2600 | 1 | 1 | 0 |
| Yhteensä | 274 | 274 | 0 |

Liite 3: Vertailukohde 3, massalista

| | Käsin | JCAD | Erotus |
|-------------------------|--------------|--------------|-------------|
| Teräspotket | m | m | % |
| 10 | 385 | 1383 | +72,2 |
| 15 | 2772 | 2161 | -22,0 |
| 20 | 515 | 505 | -1,9 |
| 25 | 265 | 278 | +4,7 |
| 32 | 238 | 223 | -6,3 |
| 40 | 145 | 134 | -7,6 |
| 50 | 257 | 249 | -3,1 |
| 65 | 105 | 95 | -9,5 |
| 80 | 28 | 12 | -57,1 |
| 100 | 129 | 73 | -43,4 |
| 125 | 20 | 18 | -10,0 |
| RST- putket | m | m | % |
| 40 | 10 | 9 | -10,0 |
| 50 | 150 | 129 | -14,0 |
| 65 | 380 | 329 | -13,4 |
| 80 | 155 | 70 | -54,8 |
| 100 | 93 | 133 | +30,1 |
| 125 | 121 | 149 | +18,8 |
| 150 | 19 | 15 | -21,1 |
| 200 | 161 | 148 | -8,1 |
| 250 | 30 | 24 | -20,0 |
| Kupariputket | m | m | % |
| 12 | 85 | 141 | +39,7 |
| 15 | 625 | 541 | -13,4 |
| 18 | 1135 | 1809 | +37,6 |
| 22 | 642 | 376 | -41,4 |
| 28 | 865 | 764 | -11,7 |
| 35 | 305 | 243 | -20,3 |
| 42 | 765 | 741 | -3,1 |
| 54 | 1085 | 1059 | -2,4 |
| 64 | 10 | 8 | -20,0 |
| Kromattukupari | m | m | % |
| 12 | 485 | 351 | -27,6 |
| 15 | 340 | 295 | -13,2 |
| 18 | 45 | 6 | -86,7 |
| PEX | m | m | % |
| 15 | 265 | 251 | -5,3 |
| Valurautaviemäri | m | m | % |
| 70 | 350 | 305 | -12,9 |
| 100 | 902 | 797 | -11,6 |
| 150 | 169 | 141 | -16,4 |
| 200 | 65 | 48 | -26,2 |
| Muoviviemäri | m | m | % |
| 32 | 75 | 62 | -17,3 |
| 50 | 25 | 12 | -52,0 |
| Yhteensä | 14216 | 14087 | -0,9 |

| | Käsin | JCAD | Eotus |
|---------------------|------------|------------|------------|
| Kaluste/hana | kpl | kpl | kpl |
| seinähana | 21 | 21 | 0 |
| pesuallashana | 134 | 128 | -6 |
| suihku | 3 | 3 | 0 |
| pesukoneventtiili | 29 | 29 | 0 |
| pesuallas | 56 | 69 | +13 |
| rst-allas | 30 | 30 | 0 |
| WC | 43 | 53 | +6 |
| lattiakaivo | 52 | 57 | +5 |

Liite 3: Vertailukohde 3, massalista

| | Käsin | JCAD | Erotus |
|--------------------------|------------|------------|-----------|
| Tyyppi | kpl | kpl | kpl |
| 800 - 300 - PC 11 | 144 | 144 | 0 |
| 1600 - 300 - PC 11 | 4 | 4 | 0 |
| 1800 - 300 - PC 11 | 4 | 4 | 0 |
| 2000 - 300 - PC 11 | 112 | 118 | 6 |
| 2300 - 300 - PC 11 | 4 | 4 | 0 |
| 3000 - 300 - PC 11 | 8 | 8 | 0 |
| 1200 - 500 - PC 11 | 6 | 6 | 0 |
| 1600 - 500 - PC 11 | 3 | 3 | 0 |
| 800 - 300 - PC 21s | 36 | 36 | 0 |
| 2000 - 300 - PC 21s | 38 | 32 | -6 |
| 2300 - 300 - PC 21s | 1 | 1 | 0 |
| 3000 - 300 - PC 21s | 2 | 2 | 0 |
| 1000 - 500 - PC 21s | 1 | 1 | 0 |
| 1200 - 500 - PC 21s | 1 | | 1 |
| 1400 - 500 - PC 21s | 1 | 1 | 0 |
| 1600 - 500 - PC 21s | 9 | 9 | 0 |
| 1800 - 500 - PC 21s | 2 | 2 | 0 |
| 2000 - 500 - PC 21s | 2 | 2 | 0 |
| 2300 - 500 - PC 21s | 1 | 1 | 0 |
| 1600 - 300 - PC 22 | 1 | 1 | 0 |
| 1800 - 300 - PC 22 | 1 | 1 | 0 |
| 2000 - 300 - PC 22 | 1 | 1 | 0 |
| 2600 - 500 - PC 22 | 2 | 2 | 0 |
| 800 - 900 - PC 33 | 1 | 1 | 0 |
| PURMO KON PK 22-142-800 | 1 | 1 | 0 |
| PURMO KON PK 22-142-1000 | 10 | 10 | 0 |
| PURMO KON PK 22-142-1800 | 2 | 2 | 0 |
| PURMO KON PK 22-142-2000 | 11 | 11 | 0 |
| PURMO KON PK 22-142-2300 | 10 | 10 | 0 |
| PURMO KON PK 22-142-3000 | 2 | 2 | 0 |
| PURMO KON PK 22-286-600 | 1 | 1 | 0 |
| PURMO KON PK 33-286-2300 | 4 | 4 | 0 |
| PURMO KON PK 33-142-2300 | 12 | 12 | 0 |
| PURMO KON PK 33-142-3000 | 1 | 1 | 0 |
| PURMO KON PK 33-214-1400 | 2 | 2 | 0 |
| Yhteensä | 441 | 440 | -1 |