



TAMPEREEN
AMMATTIKORKEAKOULU

TIETOMALLINNUKSEN HYÖDYNTÄMINEN PIENTALOSSA

Taneli Väyrynen

Opinnäytetyö
Lokakuu 2016
Rakennustekniikka
Talonrakennustekniikka



TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Rakennustekniikka
Talonrakennustekniikka

VÄYRYNEN TANELI

Tietomallinnuksen hyödyntäminen pientalossa

Opinnäytetyö 57 sivua, joista liitteitä 6 sivua
Lokakuu 2016

Tässä opinnäytetyössä suunniteltiin 1,5-kerroksinen omakotitalo Lempäälään. Omakotitalo on puurunkoinen ja perustettiin maanvaraisesti. Asiakkaana oli viisihenkinen perhe Lempäälästä. Opinnäytetyö sisältää sekä rakennussuunnittelun että rakennesuunnittelun. Suunnitelmat toteutettiin pääasiassa ArhciCAD-ohjelmalla, mutta apuna käytettiin myös Microsoft Exceliä sekä AutoCAD-suunnitteluohjelmaa.

Suunnittelu aloitettiin hankeselvityksellä, jossa kartoitettiin hankkeen tiedot, tavoitteet, aikataulut ja suunnittelun lähtökohdat. Rakennussuunnitteluvaiheeseen sisältyi luonnosvaihe ja lopullisten kuvien tuottaminen. Rakennesuunnittelussa suunniteltiin kohteelle rakenteet. Rakenteet mitoitettiin FINWOOD-laskentaohjelmalla.

Lisäksi pohditaan, mitä mahdollisuuksia tietomallinnuksella on pientalo kohteissa. Tietomallilla tarkoitetaan rakennuksen tietojen yhdistämistä yhdeksi kolmiulotteiseksi kokonaisuudeksi. Tietomallia hyödynnettiin tässä opinnäytetyössä lähinnä määrälaskentaan ja kuvien tuottamiseen. Tietomallinnuksesta oli suuri taloudellinen ja käytännöllinen hyöty tässä kohteessa. Suurimpia hyötyjä olivat muunneltavuus, arkkitehtikuvien tuottaminen ja määrälaskenta. Tietomallinnuksen hyötyjen määrä riippuu paljon ohjelmasta ja käyttäjän ammattitaidosta.

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Construction Engineering
Building construction

Taneli Väyrynen
BIM invocation of small building

Bachelor's thesis 57 pages, appendices 6 pages
October 2016

In this Bachelor's thesis 1,5-level house is designed to Lempäälä. As customer, is a 5-member family from Lempäälä. House is designed with wooden structure and the site is corner plot in the layout area. Bachelor's thesis prepared project planning and architectural design of new building. ArchiCAD-program is used to design the house, but in addition AutoCAD-program and Microsoft Excel-program are used.

Design begins from project planning where prepared knowledges, goals, schedule and basic data for design of the project. In architectural plans outline drawing and architecture drawings is produced of the project. In structure plans all the structures are designed. Structures are dimensioned by FINNWOOD-dimension program. Additionally, in this Bachelor's thesis how the BIM invocation can be reasonable of small buildings. In this project BIM invocation only quantity surveying and creating drawings.

Key words: Architecture plans, structure plans, BIM

SISÄLLYS

| | | |
|-------|--|----|
| 1 | JOHDANTO..... | 6 |
| 2 | HANKESUUNNITTELU | 7 |
| 2.1 | Hankkeen tiedot | 7 |
| 2.2 | Hankkeen tavoitteet | 10 |
| 2.2.1 | Aikataulu | 11 |
| 2.3 | Suunnittelun lähtökohdat | 11 |
| 3 | RAKENNUSSUUNNITTELU..... | 16 |
| 3.1 | LUONNOSVAIHE..... | 16 |
| 3.1.1 | Sijointu tontille ja korkeusasemat | 21 |
| 3.1.2 | Pohja ja julkisivu..... | 22 |
| 3.1.3 | Esteettömyys | 26 |
| 3.1.4 | Paloturvallisuus | 27 |
| 3.1.5 | Leikkaus | 28 |
| 4 | RAKENNESUUNNITTELU | 30 |
| 4.1 | Kokonaistabiliteetti | 30 |
| 4.2 | Kantavat rakenteet | 30 |
| 4.2.1 | Kantava runko | 31 |
| 4.2.2 | Välipohja..... | 35 |
| 4.2.3 | Yläpohja | 37 |
| 4.2.4 | Perustus | 38 |
| 5 | TIETOMALLI..... | 39 |
| 5.1 | Lupakuvien tuottaminen | 39 |
| 5.2 | Rakennekuvien tuottaminen..... | 40 |
| 5.3 | Tietomallin hyödyntäminen | 41 |
| 5.3.1 | Määrälaskenta | 41 |
| 5.3.2 | Tietomallin eri mahdollisuudet ja hyödyt | 45 |
| 6 | POHDINTA..... | 46 |
| | LÄHTEET..... | 48 |
| | LIITTEET | 49 |
| | Liite 1. ASEMAKUVA | 49 |
| | Liite 2. HAVAINNEKUVA | 50 |
| | Liite 3. 1.krs LUPAKUVA..... | 51 |
| | Liite 4. 2.krs LUPAKUVA..... | 52 |
| | Liite 5. JULKISIVUKUVA..... | 53 |
| | Liite 6. RAK LEIKKAUS | 54 |
| | Liite 7. RAK PERUSTUSPLAANI | 55 |

| | |
|-----------------------------|----|
| Liite 8. RAK TASOKUVA | 56 |
| Liite 9 RAK VESIKATTO..... | 57 |

1 JOHDANTO

Tässä opinnäytetyössä suunnitellaan omakotitalo Lempäälään. Talo suunnitellaan rakennusmääräysten mukaisesti ja suunnittelussa otetaan huomioon viisihenkisen perheen tarpeet. Taloa varten tehdään Lempäälän kunnan vaatimat rakenne- ja arkkitehtikuvat. Lisäksi perehdytään tietomallin määrälaskentaan ja hyötyihin pientalorakentamisessa. Lopuksi pohditaan, mitä mahdollisuuksia tietomallintamisella on pientalorakentamisessa. Tietomallista tuotetaan tämän opinnäytetyön kohteelle määrälaskenta. Määrälaskentaa tuotetaan eri tarkoituksiin ja pohditaan kuinka tarpeellista ja tehokasta mallintaminen on. Lisäksi pohditaan kuinka pitkälle malli kannattaa pientalopuolella mallintaa.

Rakennettavan talon tontti sijaitsee Lempäälän Vanattarassa. Käyntiosoite on Vaihdetie 5. Tontin pinta-ala on 1224 m^2 ja tontilla on rakennusoikeutta $183,6 \text{ m}^2$. Lempäälän kunnan kaavamääräyksiensä mukaan tontille saa rakentaa 1,5 kerroksisen omakotitalon. Työ tehdään ArchiCAD-ohjelmalla ja apuna käytetään myös Microsoft Exceliä sekä AutoCAD-ohjelmaa.

Opinnäytetyön aihe tuli työn tekijän siskon puolisoilta. Hän oli suunnitellut rakennusprojektia, johon tarvitsi suunnittelijaa. Asiakkaalla ja työn suunnittelijalla on kiinnostusta kehittää pientalopuolen rakentamista.

Suunniteltava talo on asiakkaan tarpeet huomioon ottava ja tuotantotehokkaasti suunniteltu. Talo on neliskulmainen ja siinä on puolitoista kerrosta. Kerrosala alakerrassa on $121,1 \text{ m}^2$ ja yläkerrassa on $54,2 \text{ m}^2$. Pihalla autokatoksen yhteydessä on 8 m^2 varasto. Koko kohteen bruttoala on $183,3 \text{ m}^2$. Talo on tilavuudeltaan 533 m^3 . Tontilla on korkeuseroa noin 5 metriä, joka otettiin suunnittelussa huomioon.

2 HANKESSUUNNITTELU

2.1 Hankkeen tiedot

Hankkeen tontti sijaitsee Lempäälän Vanattarassa. Tontin pinta-ala on 1224 m² ja e-luku 0,15. Näin tontilla on rakennusoikeutta 183,6 m². Tontti sijaitsee taajama-alueella ja lähellä palveluita (KUVA 1).



KUVA 1. Tontti

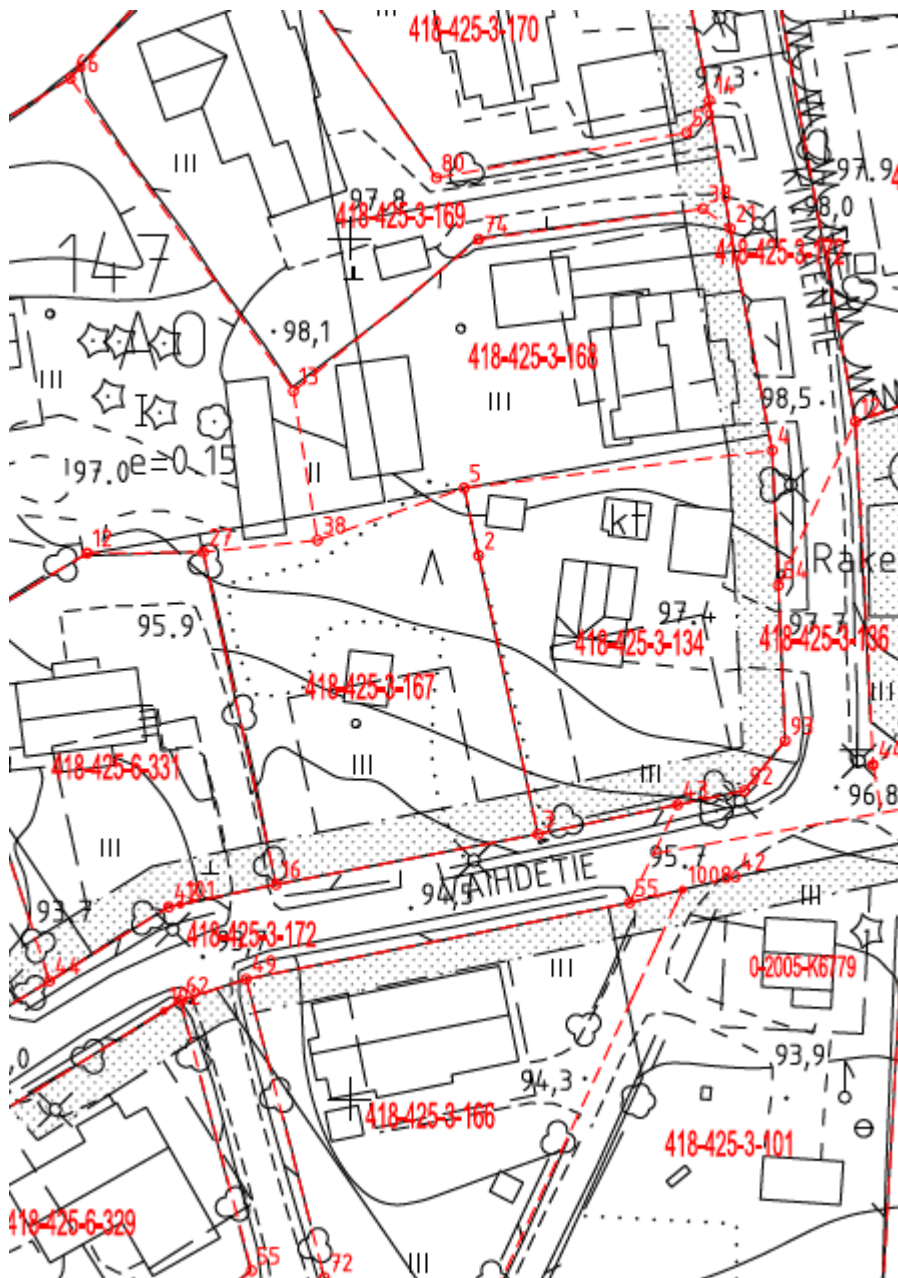
Hankkeen asiakkaana toimii viisihenkisen lapsiperheen isä. Perheen tarpeet tulee ottaa talon suunnittelussa huomioon. Perheeseen kuuluvat 26-vuotiaat vanhemmat sekä kolme 1-5 vuotiasta lasta. Asiakas on itse toteuttanut aiemmin kaksi rakennusprojektia, joista toinen on kerrostalon pintaremontti ja toinen rintamamiestalon raskassaneeraus. Asiakas työskentelee seitsemättä vuotta pientalojen uudisrakennuspuolella Ervee Oy:ssä. Opin- näytetyön tekijä on työskennellyt asiakkaan kanssa samassa työpaikassa noin vuoden ver- ran. Tämän opinnäytetyön kohteeseen saatiin asiakkaalta vankka tuotannon näkemys suunnittelun tueksi. Asiakkaan vaimo on ammatiltaan lähihoitaja ja tekee tällä hetkellä pätkätöitä Lempäälän kunnalle ja hoitaa omia lapsia. Perhe asuu Lempäälässä omistus- asunnossa, joka on edellä mainittu rintamamiestalo.

Asiakas on laatinut alustavan tilaluettelon kohteelle (KUVA 2.). Tilaluettelolla tarkoitetaan listaa, jossa ilmenee tilojen tarve. Tilaluettelo on vielä alustava, mutta toimii tilasuunnittelun runkona.

| | kpl | m2 | m2 yht | |
|-----|-----|-----|--------|----|
| MH | 4 | 12 | 48 | |
| OH | 1 | 20 | 20 | |
| KT | 1 | 20 | 20 | |
| KKH | 1 | 14 | 14 | |
| WC | 2 | 3 | 6 | |
| K | 1 | 5 | 5 | |
| S | 1 | 4 | 4 | |
| TN | 1 | 4 | 4 | |
| VAR | 1 | 20 | 20 | |
| AT | 1 | 25 | 25 | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | yht | 166 | m2 |

KUVA 2. Tilaluettelo alustava

Kaavamääräykset rajaavat rakennettavaa kohdetta. Kaavamääräykset antaa kunnan rakennusvalvonta. Kyseiselle tontille Lempäälään kaavamääräykset ovat melko vanhoja, joten suunnittelijalle jää paljon vapauksia talon suunnitteluun. Kaavamääräysten mukaan kohteen tulee olla 1,5-kerroksinen ja harjakattoinen. Myös harjan suunta oli annettu. Kaavamääräykset ja asemakaava (KUVA 3.) saatiin Lempäälän kunnalta. Lisäksi suunnittelusarja sisälsi kartan, tiedot kiinteistön rajoista, lähimmän kiintopisteen sijainnin ja tontin laskennallisen kulmapisteen sijainnin. Lisäksi kunta velvoitti, että kohde on suunniteltava maankäyttö- ja rakennuslain puitteissa ja sen rakentamisessa on noudatettava Lempäälän kunnan nettisivuilla olevaa rakennusjärjestyksen määräystä.



KUVA 3. Kunnasta saatu asemakaavan sähköinen versio.

Hanke suunnitellaan kaikkien nykyisten rakennussäädösten puitteissa. Suunnittelun tukena toimii maankäyttö- ja rakennuslaki. Maankäyttö- ja rakennuslain tarkoituksena on luoda edellytykset hyvälle elinympäristölle sekä edistää ekologista, taloudellista, sosiaalista ja kulttuurillista kehitystä. Tässä kohteessa tarvittiin maankäyttö- ja rakennuslaista lukuja 7 asemakaava, 17 Rakentamisen yleiset edellytykset, 18 Rakentamisen ja muiden toimenpiteiden luvanvaraisuus, 19 Lupamenettely ja lupaharkinta, 20 Rakennustyön suoritus. Suunnittelussa otetaan huomioon myös energiatehokkuus.

Kohteessa tulee todennäköisesti olemaan maalämpö. Lähtökohtaisesti kohde perustetaan maanvaraisesti ja se tulee olemaan puutalo. Nämä suunnittelun lähtökohdat tulivat asiakkaan toimesta.

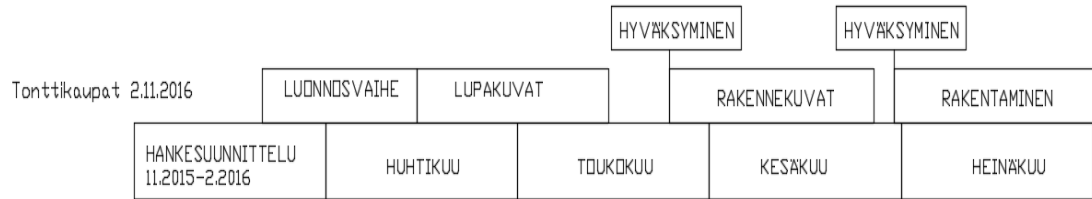
2.2 Hankkeen tavoitteet

Hankkeella on olemassa tavoitebudjetti, jonka rajoissa työ pyritään tekemään unohtamatta kuitenkaan laadukasta ja määräysten mukaista rakentamista. Alustavan tavoitebudjetin laskennassa käytettiin tilaluettelon pinta-aloja. Tavoitebudjetiksi saatiin 230 000 euroa. Hankkeen edetessä kustannusarvio tarkentui. Asiakas piti kustannusarviossa pysymistä tärkeänä. Käytännössä tämä tarkoitti sitä, että suunnittelussa pyrittiin taloudellisesti järkevimpiin ratkaisuihin sekä rakenteellisesti että arkkitehtonisesti Suunnittelun kannalta tämä tavoite tarkoittaa monesti kompromisseja rakentamissäästösten ja lakien raja-
mailla.

Asiakas antoi hankkeen tavoitteeksi budjetissa pysymisen lisäksi käytännöllisyyden ja viihtyvyyden. Arkkitehtisuunnittelussa asiakas arvostaa etenkin käytännöllisyyttä, mutta myös tilasuunnittelu, näkymät ja kulkuyhteydet olivat asiakkaalle tärkeitä. Tavoitteista puhuttaessa tuli usein esille sana koti. Suurin tavoite olikin rakentaa nuorelle perheelle talo, joka tuntuisi kodille.

Asiakkaalla on paljon kokemusta elementtirakentamisesta, joten hän osasi antaa hankkeelle tuotannollisia tavoitteita ja kehitysideoita. Asiakas halusi, että talon ulkovaippa tehdään suurelementeistä. Suunnittelun kannalta kohteen rakentaminen suurelementeistä tarkoitti sitä, että kohde ei saisi olla liian monimutkainen. Kehitysideat, joita oli tavoitteena päästä kokeilemaan, liittyivät suurelementtien tekoon ja liitoksiin. Elementtikuviin ja elementtien tekoon ei tässä opinnäytetyössä muutoin keskitytä, mutta ne otetaan huomioon suunnittelussa.

2.2.1 Aikataulu



KAAVIO 1. Aikataulukaavio

Kohteen tonttikauppa varmistui 02.11.2015, jolloin hankesuunnittelu alkoi. Hankkeen tuotanto alkoi kesäkuun lopussa. Hankkeen tarkkaa valmistumisaikaa ei ole määritetty. Asiakkaalla ei ole tarkkaa suunnitelmaa toteutumisaikataulusta.

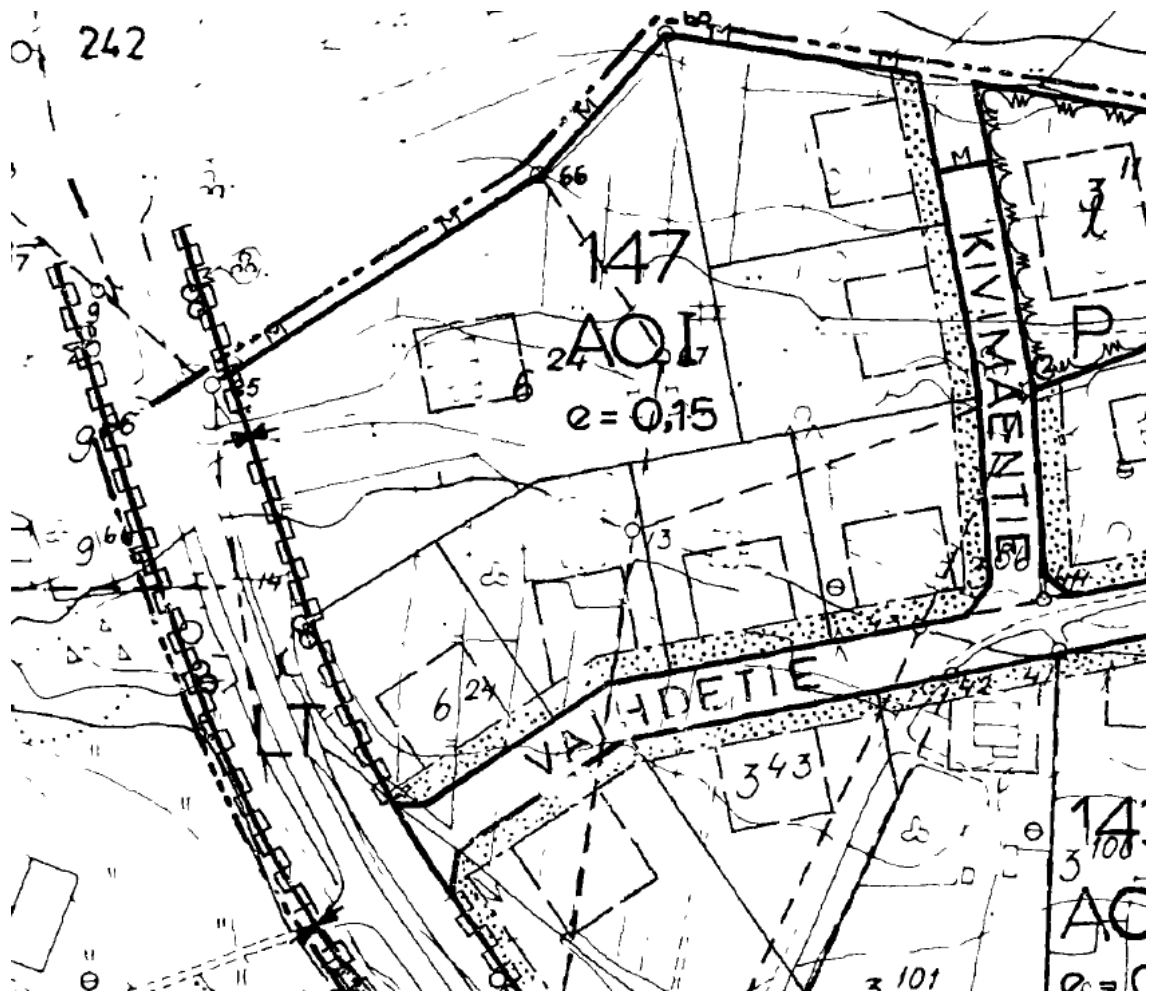
Suunnittelun ja lupaprosessin aikataulu suunniteltiin seuraavasti. Luonnosvaiheen suunnittelulle annettiin kuukausi aikaa ja sen tulisi olla valmiina 10.4.2016. Kuukauden päästä tästä tulisi lupakuvat olla valmiina kuntaan lähetettäväksi.

Lupakuvat lähetettiin Lempäälän rakennusvirastoon 14.05.2016 ja rakennuslupa myönnettiin 20.06.2016. Kun lupakuvat oli toimitettu kuntaan ja kunnalta varmistettu ettei suuria muutoksia tule, voitiin aloittaa LVIS- ja rakennesuunnittelu. Rakennesuunnitteluun varattiin aikaa noin kuukausi ja suunnitelmat toimitettiin kuntaan 28.6.2016 ja kuvat hyväksyttiin 5.7.2016. Tiivis yhteistyö kunnan kanssa lupaprosessin aikana auttoi ja selvensi lupaprosessin kulkua.

Aikataulun suunnittelusta tuotannon osalta vastaa asiakas kaikin puolin itse. Asiakas hoi-
taa hankinnat, alihankkijat ja niiden aikataulutuksen. Tässä opinnäytetyössä ei suunnitella
tuotannon aikataulua.

2.3 Suunnittelun lähtökohdat

Suunnittelun lähtökohtana toimii tontille annetut kaavamääräykset (KUVAT 4,5,6) sekä asiakkaan toiveet ja tarpeet. Asiakas teki tilaohjelman, joka toimi rakennussuunnittelun pohjana. Tilaohjelma oli alustava ja siihen tehtiin tarvittaessa muutoksia. Asiakas toivoi suunnittelussa yksinkertaisuutta.










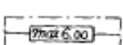
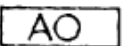
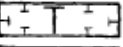

KUVA 4. Kunnasta saatu asemakaava paperiversiona

LEMPÄÄLÄ

MOISIO-HAKKARI




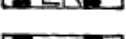
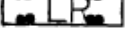

RAKENNUSKAAVAN MUUTOS KORTTELEISSA 136, 136a, 137, 143 JA 144 SEKÄ 145 KORTTELIN OSA. LÄNTISELLÄ TAMPEHEENTIELLÄ, VAIHDETIELLÄ, MESTARINTIELLÄ, VANATTARAN TEOLLISUUSTIELLÄ JA VIEREISILLÄ PUISTO-, MAATALOUS-, TIELIIKENNE-, RAUTATIELIIKENNE-, SEKÄ RAUTATIEALUEELLA JA KORTTELIN 147 OSAN, 143 OSAN, 136 b OSAN JA TIELIIKENNEALUEEN OSAN RAKENNUSKAAVA, UUDET KORTTELIT: 136 b, 146 JA 147

Rakennuskaavamerkintöjen selitykset ja määräykset:

| | |
|---|---|
|  | 3 m sen kaava-alueen ulkopuolella oleva viiva, jota vahvistaminen koskee |
|  | korttelin, korttelinosan ja alueen raja |
|  | Ohjeellinen rakennuspaikan raja |
|  | Ajoneuvoliikenteelle tarkoitettun tieliittymän rakentaminen sallittu |
|  | Ajoneuvoliikenne korttelin tai alueen rajan yli kielletty |
|  | Istutettava rakennuspaikan osa |
|  | Ohjeellinen leikkialue |
|  | Rakennuksen julkisivupinnan ja vesikaton leikkauskohdan enimmäiskorkeus |
| OOOOO | Istutettava puurivi |
| 136 | Korttelin numero |
| VAIHDETIE | Rakennuskaavatien nimi |
| I | Roomalainen numero, joka osoittaa rakennusten, rakennuksen tai sen osan suurimman sallitun varsinaisen kerrosluvun |
| 1/2 I | Murtoluku roomalaisen numeron edessä osoittaa keilarikerroksessa sallitun, kerrosalaan laskettavan rakennusoikeuden |
| e=0,15 | Tonttienokkuusiuku eli tontin kerrosalan suhde tontin pinta-alaan |
|  | Omakotirakennusten ja muiden enintään kahden perheen talojen korttelialue |
|  | Teollisuus- ja varastorakennusten korttelialue |
|  | Puistoalue |

KUVA 5. Kunnasta saadut kaavamerkinnot, osa 1.

Koordinaattijärjestelmä KKJ
Korkeusjärjestelmä N60

| | |
|---|-------------------------|
|  | Maatalousalue |
|  | Tieliikennealue |
|  | Kautatieliikennealue |
|  | Rautatiealue |
|  | Ohjeellinen rakennusala |
|  | Rakennusala |

LEMPÄÄLÄ
52:171

Lempäälässä 16 päivänä helmikuuta 1978

Rakennustoimenjohtaja 
Pentti Soininen

Tämän rakennuskaavan muutoksen on Lempäälän kunnanvaltuusto hyväksynyt 26.06.1978 ja Hämeen lääninhallitus vahvistanut päätöksellään 22.09.1978 / n:o 1339 / A 31 12874 / 301 78 A3 Lem, todistaa Lempäälässä 02.10.1978, virallisesti

hallintotoimenjohtaja 
Heimo Puustinen

KUVA 6. Kunnasta saadut kaavamerkinnot, osa 2.

Asiakas ja hänen vaimonsa antoivat käytännön vinkkejä suunnitteluun. Esimerkiksi kulku keittiöön tulisi olla selkeä ja pääsisäänkäynnin näköala tulisi olla avara. Ennen suunnit-

telun aloittamista asiakkaiden kanssa pidettiin kaksi palaveria, joissa käytiin läpi suunnittelun lähtötietojen määrittämistä. Asiakas halusi myös autokatoksen sekä riittävän määrän lämmintä varastotilaa

Tontille tehtyjen maaperätutkimuksien perusteella voitiin todeta kohteen sopivan perustettavaksi maanvaraiseksi. Asiakkaan ja suunnittelijan kokemuksen ja tietotaidon hyödyntämiseksi mahdollisimman tehokkaasti, päädyttiin tekemään 1,5-kerroksinen puurunkoinen talo.

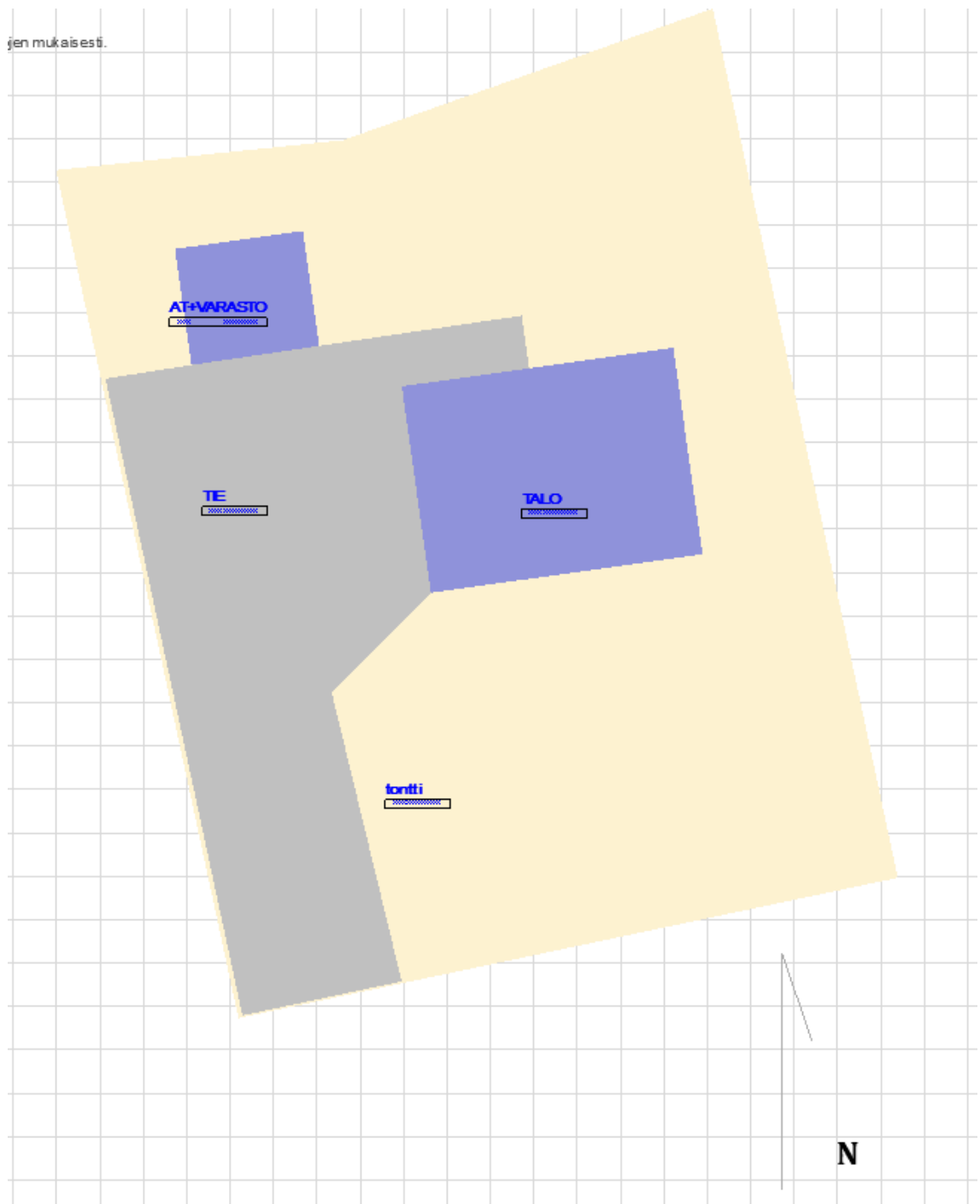
3 RAKENNUSSUUNNITTELU

3.1 LUONNOSVAIHE

Luonnosvaihe toteutettiin asiakkaan kanssa yhteistyössä. Pohjana toimivat suunnittelun lähtökohdat ja tilaohjelma. Asiakas halusi kaksi makuuhuonetta alakertaan. Kohteen luonnostelu aloitettiin ensin paperille, jonka jälkeen siirryttiin mallinnukseen.

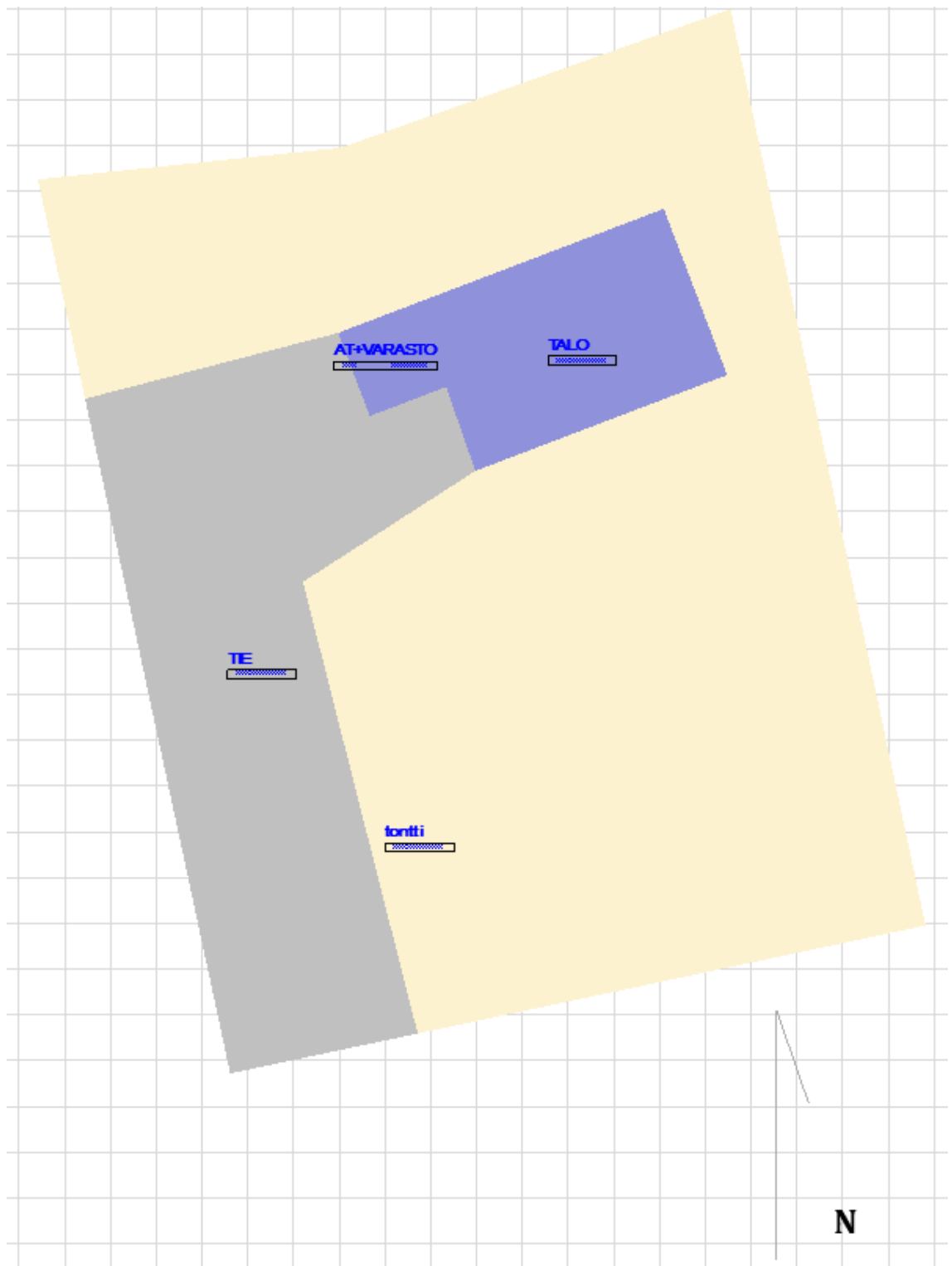
Luonnosteluvaiheessa mallinnuksella oli iso rooli, koska mallista kohteen kokonaisuus oli helppo hahmottaa. Luonnostelua tehtiin mallintamalla vyöhykkeitä. Ensin luonnosteltiin talo tontille ja tämän jälkeen pohjaratkaisu ja korkeusasemat. Talo luonnosteltiin tontille ilmansuuntien ja tontin muodon mukaan. Talon pohjakoko määräytyi alustavasti tilaohjelmasta. Tontin ja talon paikan hahmottelussa täytyi ottaa huomioon myös etäisyydet rajasta. Talon paikasta tehtiin neljä luonnosta, (KUVAT 7,8,9,10), joista yhtä lähdettiin työstämään eteenpäin. Asiakkaan kanssa käytiin kaikki luonnokset läpi ja keskusteltiin luonnosten hyvistä ja huonoista puolista.

Luonnosvaiheesta tuli yllättävän haastava, koska luonnoksia piti suunnitella monta näkökohtaa huomioiden. Esimerkiksi korkeusaseman luonnostelu vaikuttaa talon sijaintiin tontilla, joka taas vaikuttaa oleellisesti pohjaratkaisuun. Sama pätee myös toiseen suuntaan. Kokonaisuuden hahmottaminen ja asioiden lukitseminen tuotti välillä haasteita. (ks. Liitteet 1 ja 2)



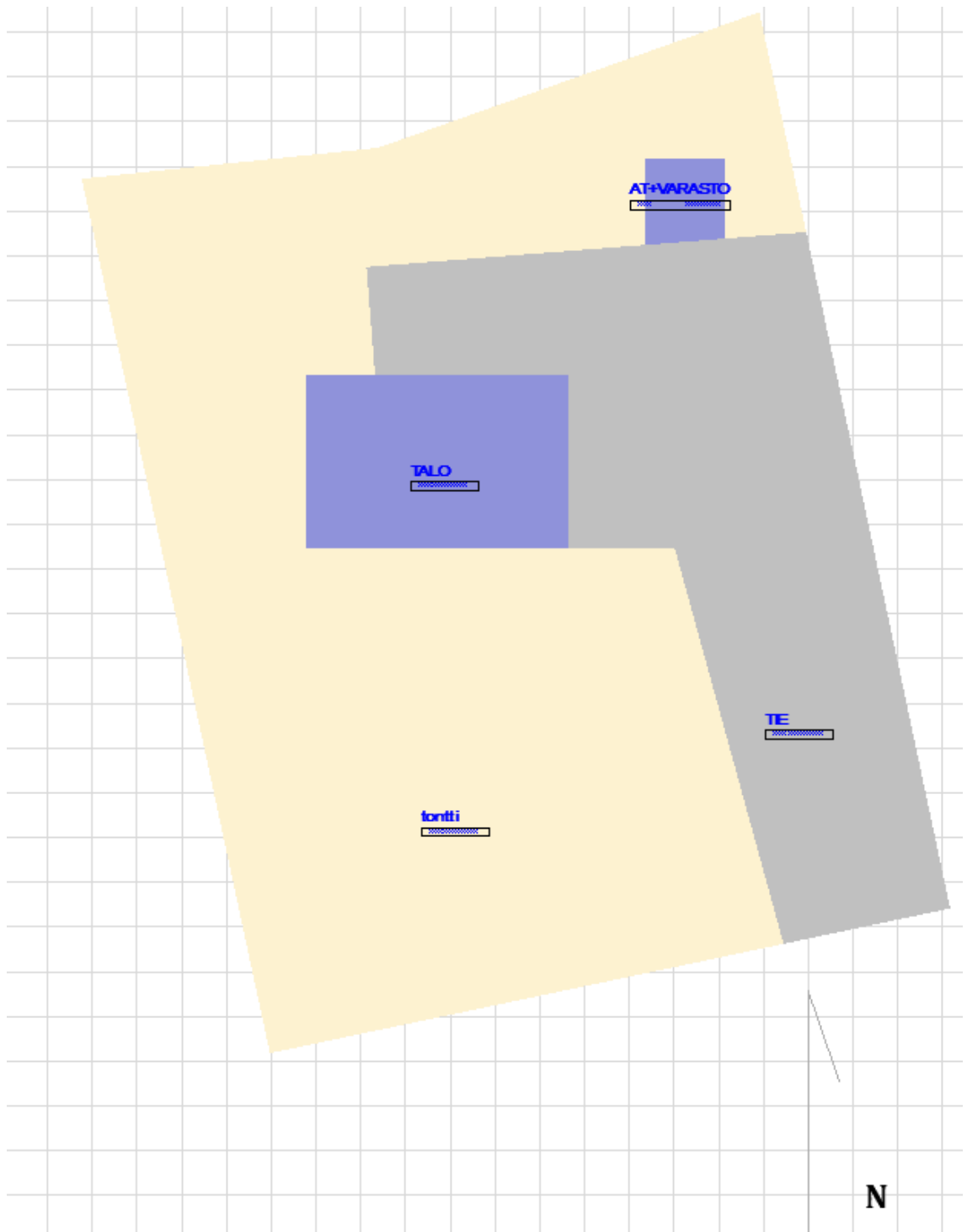
KUVA 7. Tonttiluonnos 1

Asiakkaan mielestä tämä luonnosvaihtoehto oli paras. Kulku taloon on hyvä, ilmansuunnat otettu hyvin huomioon, autokatos ja autotie eivät ole vaarallisissa paikoissa ja luonnoksessa on riittävästi tilaa pihalle. Korkeusasemien alustavien suunnitelmien mukaan tämä luonnos toimisi myös varsin hyvin.



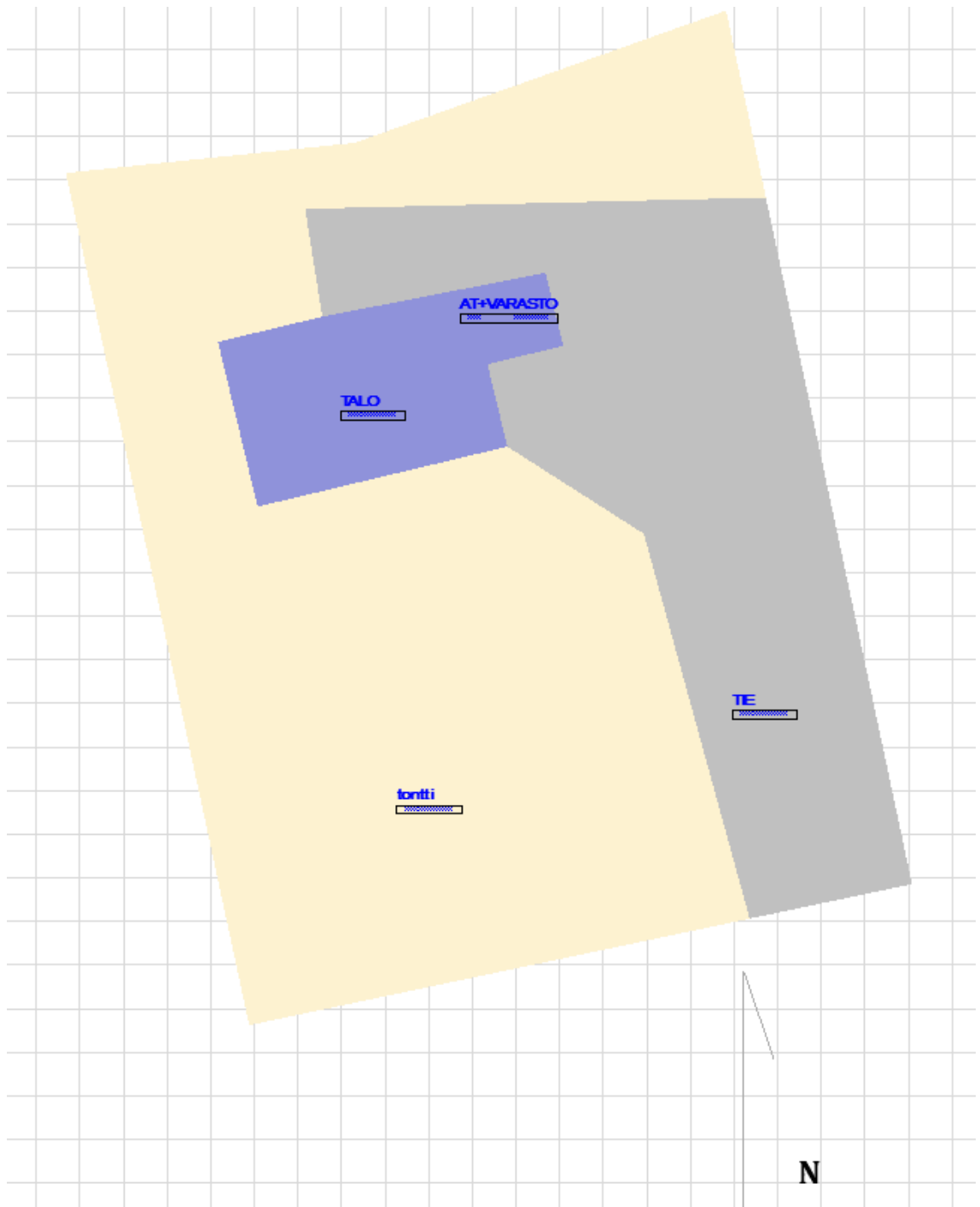
KUVA 8. Tonttiluonnos 2

Tämä luonnos oli pitkään toisena hyvänä vaihtoehtona. Muuten samanlainen kuin luonnos 1, mutta autokatos on kiinni talossa, jolloin kulkuyhteydet eivät ole niin käytännöllisiä. Esteettisesti tämä luonnos ei asiakasta miellyttänyt yhtä paljon kuin ensimmäinen luonnos.



KUVA 9. Tonttiluonnos 3

Luonnoksena tämäkin oli hyvä, mutta toteutuksen ja korkeusasemien kannalta hiukan hankala toteuttaa. Tämä luonnos olisi ollut tosin ilmansuuntien kannalta ehkä järkevin.



KUVA 10. Tonttiluonnos 4

Tällä luonnoksella haettiin maksimaalista piha-aluetta sekä ilmansuuntien huomiointia. Tässä luonnoksessa käytännöllisyys kärsii ja pääsisäänkäynnin sijainti aiheutti ongelmia.

Tonttiluonnoksista ensimmäinen oli eniten asiakkaan mieleen. Myös suunnittelija näki ensimmäisessä luonnoksessa eniten hyviä asioita. Ensimmäinen luonnos oli myös ympäristöön suhteutettuna paras. Rajoittavaksi tekijäksi muodostui korkeusasemat ja niiden suunnittelu yhtä aikaa tontin luonnostelun kanssa.

3.1.1 Sijoitus tontille ja korkeusasemat

Kohteen sijoittaminen tontille ja korkeusasemien suunnittelu aloitettiin mallintamalla olemassa oleva maanpinta, jonka jälkeen maanpinnalle mallinnettiin rakennusta. Sijoituksessa otettiin huomioon ilmansuunnat ja kuinka tontille saataisiin mahdollisimman paljon yksityistä- ja puoliyksityistä tilaa. Itse päärakennuksen lisäksi rakennuksessa tulisi olemaan autokatos sekä pieni ulkovarasto. Myös päärakennuksessa tulisi olemaan katoksia ja muutama terassi. Melko alkuvaiheessa oli jo selvää, että rakennus sijoitettaisiin tontin pohjoispäähän ja eteläpäähän jäisi piha-alue. Rakennukselle kulku hoidettaisiin ajotiellä tontin jommaltakummalta sivulta.

Korkeusasemien suunnittelussa käytettiin hyväksi jo olemassa olevaa mallia maanpinnasta sekä ympäristöstä. Rakennuksen tuleva korkeus tiedettiin alustavasti, joten se pysytettiin luonnostelevaan tontille karkeasti. Tontilla korkeuseroa oli noin 5 metriä, mikä toi jonkin verran haasteita rakentamiseen. Tavoitteena oli kuitenkin saada tontin eteläpuolelle melko suoraa pihaa niin paljon kuin mahdollista.

Kun luonnosvaiheessa talon sijainti tontilla oli alustavasti päätetty, mallinnettiin siihen talo tontteineen suunnilleen oikeilla koroilla. Korkeita muuteltiin hieman ja talo löysi paikkansa. Yhtä aikaa tontin suunnittelun kanssa suunniteltiin myös taloa sisältä.



KUVA 11. 3D-luonnoskuva



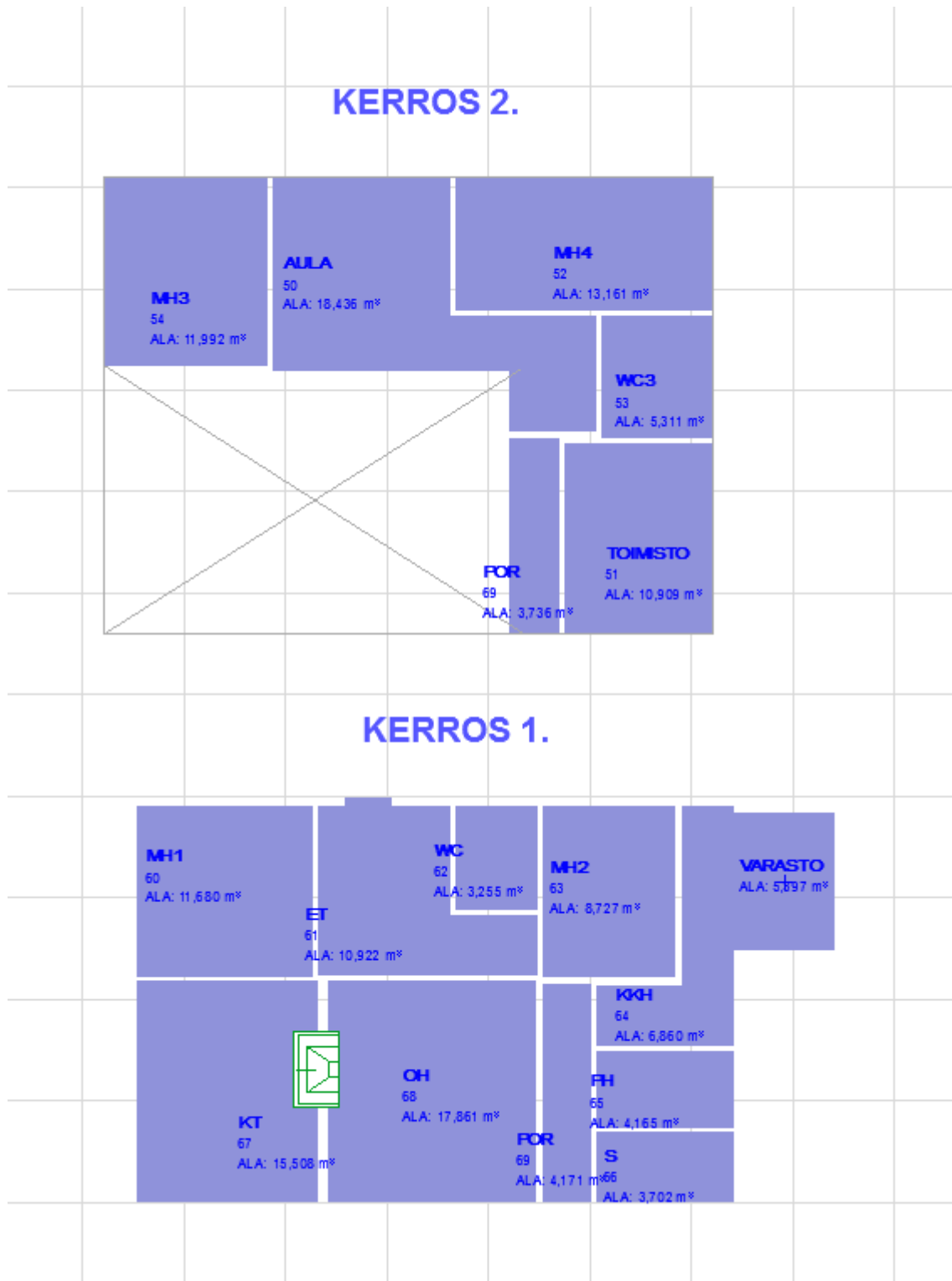
KUVA 12. 3D-luonnoskuva

3.1.2 Pohja ja julkisivu

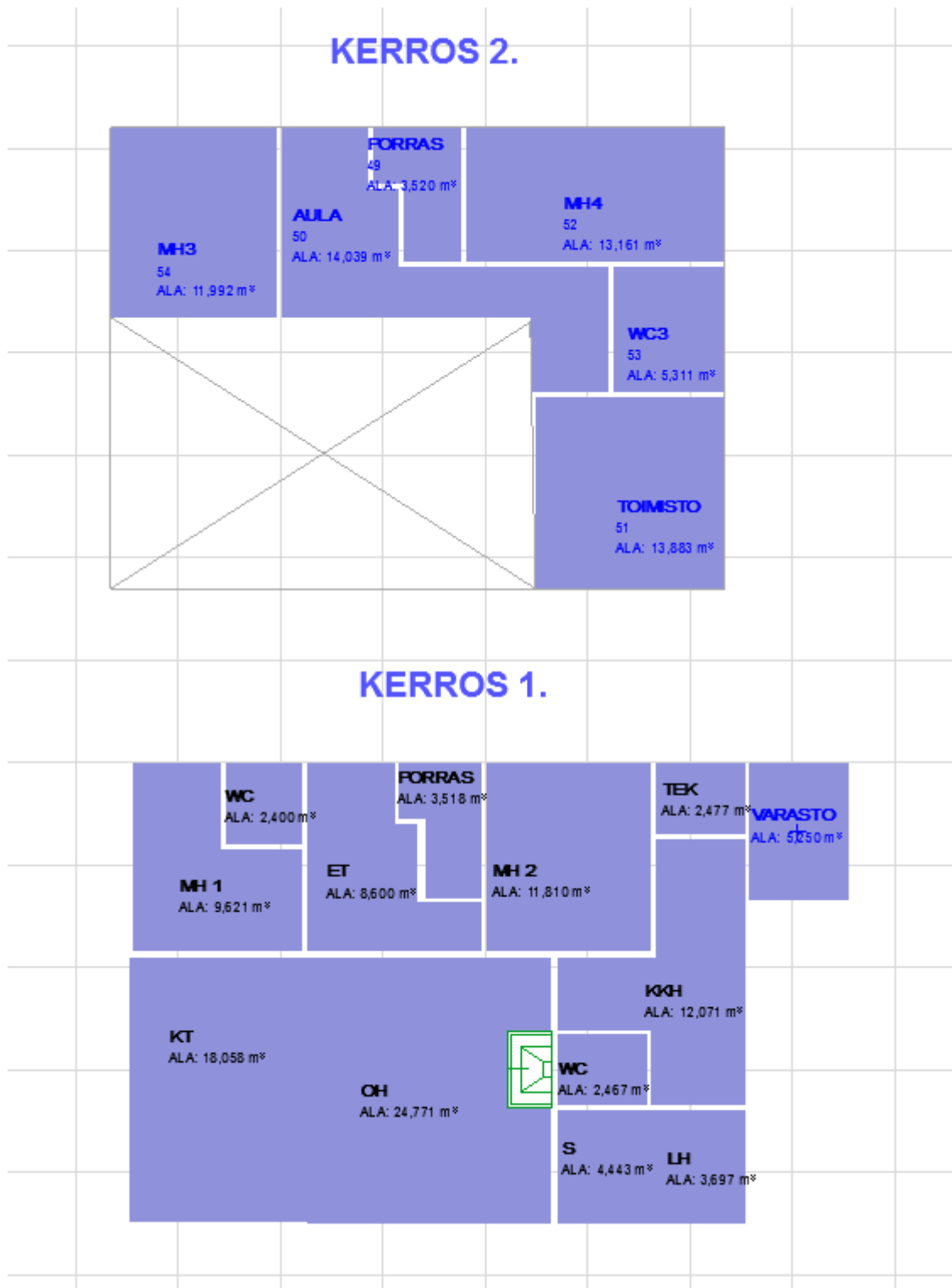
Pohjaratkaisuja mietittäessä kohteesta pyrittiin tekemään käytännöllinen ja viihtyisä. Rakennus on puolitoistakerroksinen, mikä rajoittaa pohjaratkaisujen suunnittelemista, koska yläkerta ei ole täyskorkea. Lisäksi asiakas halusi, että alakertaan tulisi kaksi makuuhuonetta. Pohjaratkaisuihin vaikuttavia tekijöitä olivat myös tontti ja ilmansuunnat. Näillä tiedoilla toteutettiin neljä pohjaratkaisuluonnosta, (KUVAT 13,14,15,16), joista yksi osoittautui parhaaksi. Pohjaratkaisun luonnostelussa käytettiin apuna 3D-mallia, jota muokattiin koko projektin ajan.

Julkisivun suunnittelussa 3D-mallista oli myös suuri apu. Kun tontista ja pihasta oli mallinnettu alustavasti näkymät, oli ikkunoiden sijainnit helppo suunnitella. Julkisivun värimaailman hahmottelu ja suunnittelu onnistui hienosti mallin avulla.

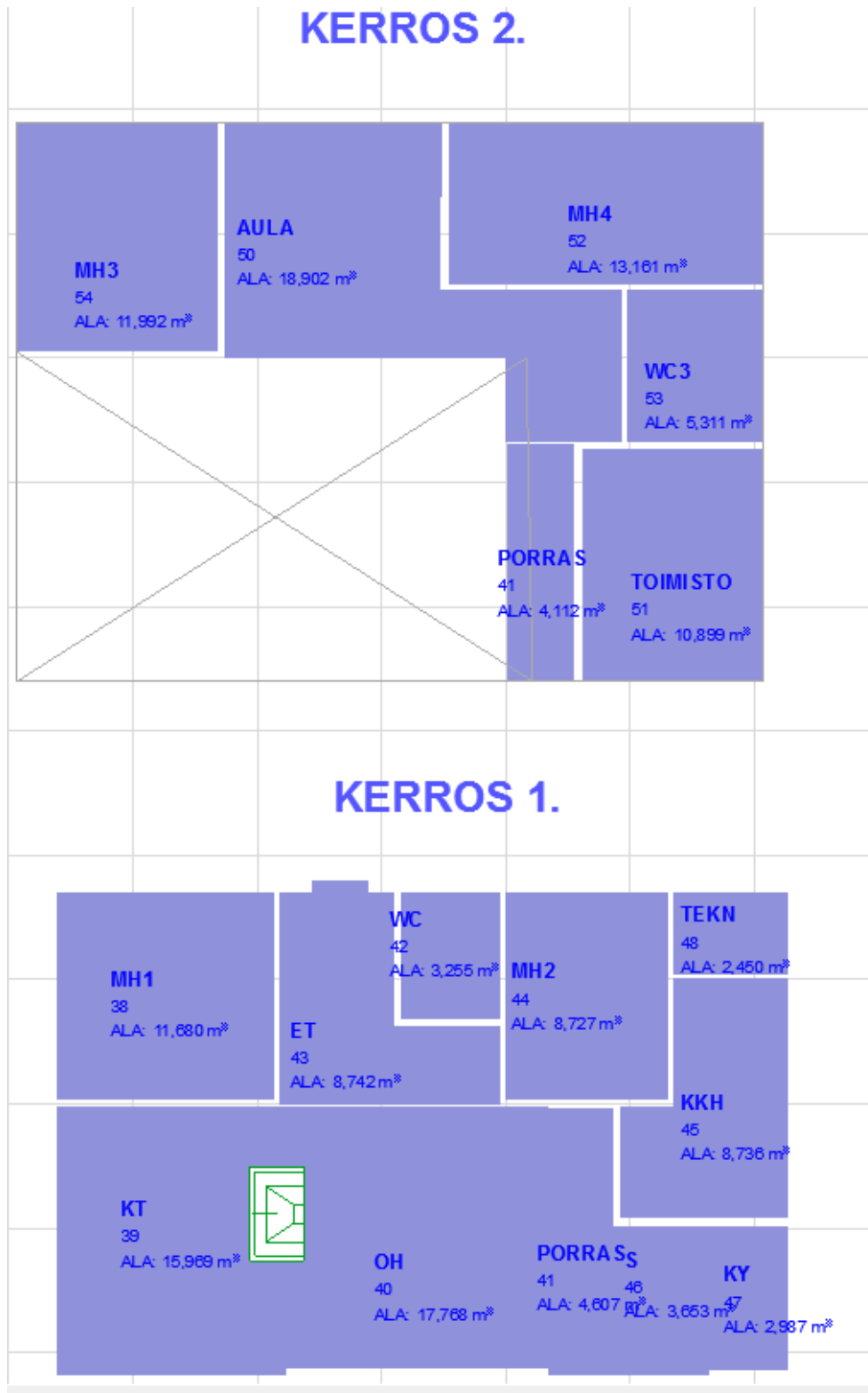
Alla olevista pohjaratkaisuluonnoksista valikoitui Pohjaluonnos 2 jatkomuokkaukseen. Pohjaluonnos 2:ssa tilasuunnitelma onnistuttiin tekemään sekä asiakkaan, että suunnittelijan haluamalla tavalla ja se on käytännöllisesti ja esteettisesti paras. Tässä luonnoksesakin on puutteita, mutta kokonaisuus on paras mahdollinen. Pohjaratkaisujen luonnostelu oli haastavaa, sillä asiakas halusi ensimmäiseen kerrokseen kaksi makuuhuonetta ja kaksi WC:tä. Muut alakerran tilat oli pakko sijoittaa alakertaan, koska yläkerta ei ole täysi korkea. (ks. Liitteet 3,4)



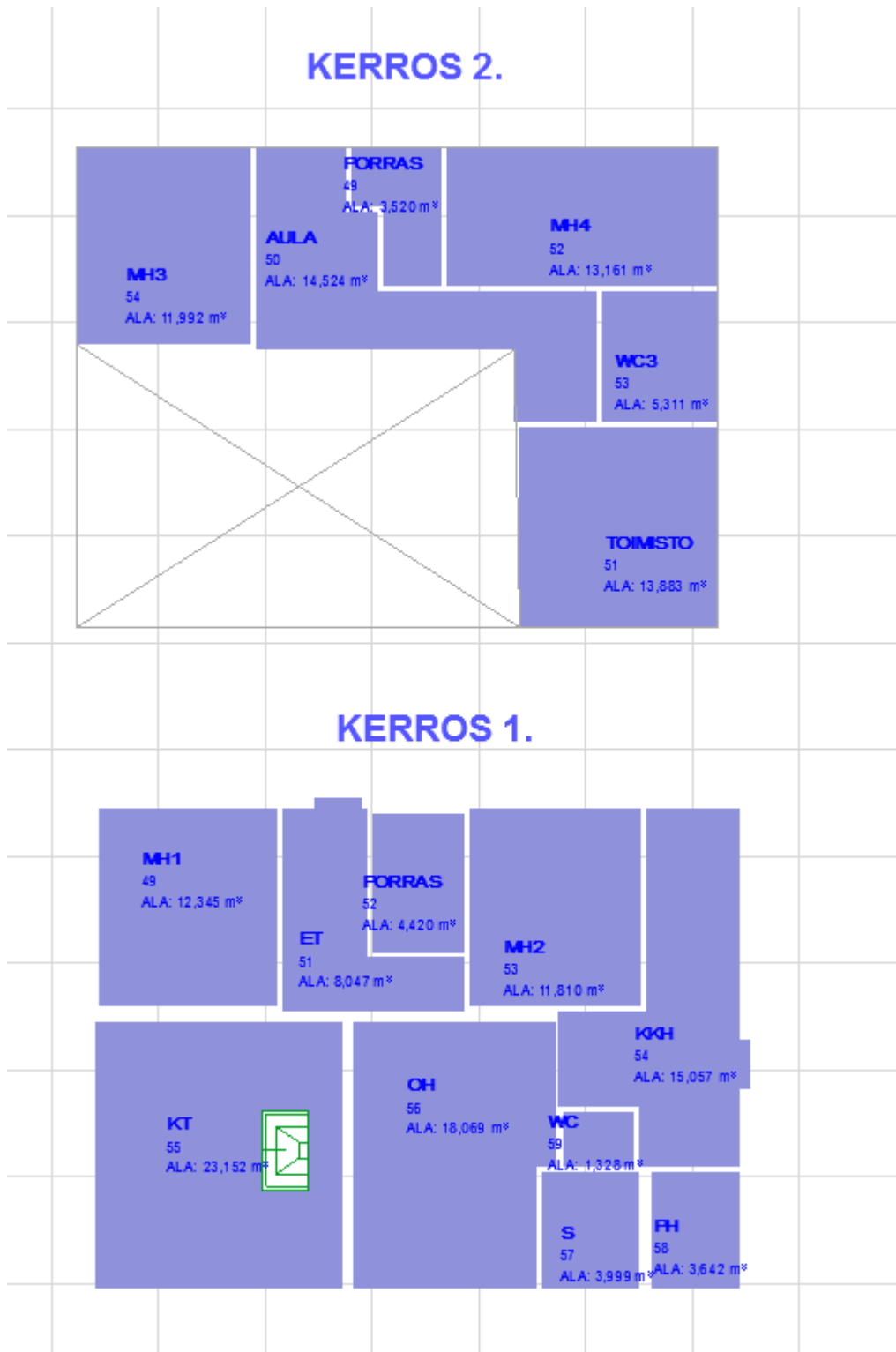
KUVA 13. Pohjaluonnos 1



KUVA 14. Pohjaluonnos 2 VALITTIIN.



KUVA 15. Pohjaluonnos 3



KUVA 16. Pohjaluonnos 4

3.1.3 Esteettömyys

Esteettömyyskeskus ESKE:n mukaan esteettömyydellä tarkoitetaan laajaa kokonaisuutta joka mahdollistaa ihmisten asumisen ja sujuvan osallistumisen mm. työntekoon harrastuksiin, kulttuuriin ja opiskeluun. Esteettömyydellä myös tarkoitetaan palvelujen saata-

vuutta, välineiden käytettävyyttä ja mahdollisuutta osallistua päätöksentekoon, eli yhdenvertaisuutta ja osaa kestävästä kehityksestä. Paitsi että esteetön ympäristö on välttämätön monille ihmisryhmille se auttaa myös monella tapaa kaikkia tilojen käyttäjiä esimerkiksi logistiikka, siivous ja tilojen huolto helpottuvat.

<http://www.esteeton.fi/portal/fi/esteettomyys/> 5.10.2016

Maankäyttö- ja rakennuslaki (117 § 3 mom.) velvoittaa, että rakennus tulee soveltua myös sellaisten ihmisten käyttöön, joiden koku liikkuu ja toimia on rajoittunut. Rakentamisessa se käytännössä otetaan huomioon sisääntuloissa, luiskissa, tasoeroissa ja monessa muusakin asiassa. On hyvä muistaa, ettei esteetön suunnittelu oli juurikaan kalliimpaa rakentamista ja suunnittelua, eikä esteetön suunnittelu rajaa käyttäjiä. Todellisuudessa täysin esteetön suunnittelu ei ole kuitenkaan käytännössä mahdollista talotekniikan ja ympäristön takia.

Tässä kohteessa esteettömyys on otettu huomioon suunnittelussa. Oviaukot ovat säädösten mukaisia ja kerros, mihin esimerkiksi pyörätuolipöytä pääsee vaivattomasti, on suunniteltu siten, että siellä on kaikki asumiseen olennaiset tarpeet. 1.kerrokseen on ajateltu kaksi invaympyrää, jotka ovat halkaisijaltaan 1300 mm. Ne ovat sijoitettu vessoihin ja keittiöön. Kohteeseen tultaessa korkoerot ovat niin pienet, että niihin saa vaivattomasti rakennettua nykysäädöksiin mukaiset luiskat pyörätuolipöydille.

3.1.4 Paloturvallisuus

Suomen rakentamismääräyskokoelma E1 antaa korkeintaan 9 metriselle ja enintään kaksikerroksiselle rakennukselle paloluokan P3. Luokassa P3 ei kantaville rakenteille vaadita palonkestoa.

Paloturvallisuus tässä kohteessa on huomioitu monella tapaa. Ensinnäkin asunto on sijoitettu tontille siten, että se on paloturvallinen. Autokatoksen ja päärakennuksen etäisyys on yli 5 metriä. Myös naapuritonttien rakennuksiin on etäisyyttä yli 10 metriä (Oulun kaupunki. Pientalon paloturvallisuus 2016, 2).

Palovaroittimia tulisi olla vähintään yksi makuuhuonetta tai yli 60 m² tilaa kohden. Palovaroittimien tulee olla joko patterikäyttöisiä tai suoraan sähköverkkoon kytkettyjä. Oikea

sijainti palovaroittimelle on katossa yli 50 cm:n päässä seinän ja katon rajasta (Oulun kaupunki. Pientalon paloturvallisuus 2016, 3).

Yläkertaan on osoitettu kaksi hätäpoistumistietä. Hätäpoistumistiet ovat suunniteltu RMK-E1 mukaan siten, että ikkunat ovat yli 700 mm lattian korosta ja ikkunoiden vapaa aukko on yli 500 mm*600 mm. Ikkunoista pääsee turvallisesti ulos tikkaita pitkin. Tikkaat edellytetään, kun vapaapudotus maahan on yli 3,5 metriä.

Myös tulisijassa ja kiukaassa tulee noudattaa annettuja vaatimuksia. Kiukaan varoetäisyydet ilmoitetaan kiukaan kilvissä. Näitä varoetäisyyksiä tulee ehdottomasti noudattaa. (RIL 195-1-2005, 32.) Tulisija ja sen hormin läpiviennit tulee tehdä asianmukaisesti.

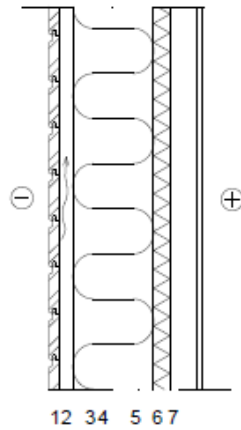
3.1.5 Leikkaus

Leikkauskuvissa tulisi ilmetä mitat, kattokaltevuudet, ainemerkinnot ja rakennetyypit. Rakennetyyppien valinnassa on monta huomioitavaa seikkaa. Rakenteen vahvuus on arvioitava sen mukaan onko eristävyys vai kantavuus määräävä tekijä. Rakennetyyppien valinnassa käytetään usein materiaalitoimittajien testaamia rakennetyypimalleja. On tärkeää tietää, että rakennetyypit toimivat rakennefysikaalisesti oikein, eivätkä kerää kosteutta ja vaurioitu ajan saatossa.

Tässä opinnäytetyössä käytettiin mallipohjina pääasiassa Kingspan tuotemerkin nettisivuilla olevia rakenneratkaisuja. Rakennetyypit käytiin läpi DOF-LÄMPÖ 2.2 ohjelmalla, jotta voitiin olla varmoja rakennetyyppien U-arvosta sekä fysikaalisesta toiminnasta Suomen kylmissä olosuhteissa. U-arvojen vertailuarvot löytyivät Rakentamismääräyskokoelman D3 kirjasta. (D3 Suomenrakentamismääräyskokoelma, 2012,12). Tässä opinnäytetyön kohteessa on vain neljä eri rakennetyyppeä, joten rakennetyypit eivät tuottaneet juurikaan päänvaivaa.

3D-mallista saatiin kaksi leikkauskuvaa, joita rakennusvalvonnassa tarvitaan lupaa haettaessa. Leikkauskuvat tuotettiin mallista, mutta kuviin piti lisätä korkeusmerkintöjä, mittoja, kattokaltevuudet sekä ainemerkinnot. Leikkauskuvat on todella tärkeä osa suunnittelua kohteen havainnollistamisen vuoksi.

| | | |
|----------------------------------|---|--------------------|
| Rakennuskohde Kohde Panssar | Sisätilä Puurunko, RakMk D3 vertailutaso | Tunnus US 1 |
| Suunnittelija Taneli Väyrynen | Pvm 23.6.2016 | Mittakaava 1:10 |
| | | Työ nro |



| | | |
|-----------------------|----------------|--|
| Rakenne | 1 | Ulkoverhoitus |
| | 2 | Tuuletusväli 32 mm |
| | 3 | Runkotolpat k600 rakennesuunnitelmien mukaan |
| | 4 | Isover Mineraalivilla 150mm |
| | 5 | Kingspan Therma™ TW55 40 mm, saumat vaahdotetaan |
| | 6 | Asennustila, pystykoolaus 48x48 mm |
| | 7 | Sisäverhoituslevy |
| U-arvo | | 0,17 W/m²K (TW55 λ_U 0,022 W/mK) |
| Ilmaääneneristävyyttä | R_w | ≥ 30 dB (mineraalivilla + lisäkipsilevy ~41 dB) |
| | $R_w + C$ | ≥ 29 dB (lentomelua vastaan) (mineraalivilla + lisäkipsilevy ~40 dB) |
| | $R_w + C_{tr}$ | ≥ 26 dB (liikennemelua vastaan) (mineraalivilla + lisäkipsilevy ~38 dB) |

Ilmaääneneristävyyttä voidaan parantaa asennustilaan asennettavalla tarkoitukseen sopivalla mineraalivillalla sekä toiselta kipsilevykerrokselta. (soveltuessa tarkasteltava kohdekohtaisesti)

Runko voidaan jäykistää rungon ulkopuolelle tai eristelevyjen väliin asennettavalla tarkoitukseen sopivalla rakennuslevyllä.

Kingspan Therma™-eristelevyistä ei tule poistaa laminaattia levyn kummaltakaan puolelta. Kahden Kingspan Therma™-eristelevyn väliin jääviä laminaatteja ei tule myöskään poistaa.

Kingspan Therma™-eristeiden asennus tehdään Kingspan vaahdotusohjekortin [nro 101] ja Kingspan kiinnitysohjekortin [nro 105] mukaan. Yhtenäinen Kingspan Therma™-eristekerros ja asennustilan koolaus kiinnitetään kantavaan runkoon mekaanisilla kiinnikkeillä.

U-arvot on laskettu EN ISO 6946:2007 mukaan. U-arvossa on otettu huomioon lämmön-eristekerrosten lisäksi sujuu ilmaväli ja sisäverhoituslevy. Puurungon aiheuttama kylmäsilta on otettu huomioon eristekerroksessa (x600) ja sujuu ilmavälissä (x600). Sisä- ja ulkopuolisen pintaväistuksen on käytetty 0,13 m²K/W.

KUVA 17. Esimerkkikuva rakennetyypistä. <http://www.spu.fi/suunnittelu/detaljikirjasto/ulkoseinat/> 20.09.2016

4 RAKENNESUUNNITTELU

4.1 Kokonaisstabiliteetti

Kokonaisstabiliteetilla tarkoitetaan rakennuksen jäykkyyttä, jonka tulee olla niin suuri, että vaakakuormat pystytään siirtämään perustuksille ilman rakennukseen koituvia muodonmuutoksia. Tässä kohteessa pääjäykisteenä toimii 9 mm tuulensuojalevy, joka kiinnitetään runkoon naulaamalla k 150 mm jaolla. Tuulensuojalevy tulee kiinnittää kauttaaltaan rungon ympärille.

Myös välipohja, joka on 3100 mm lattiapinnan yläpuolella, kiinnitetään seinään huolellisesti. Näin myös vanerilla jäykistetty välipohja toimii rakennusta jäykistävänä elementtiä. Kohde on suhteellisen matala ja pieni, joten tuulesta johtuvat vaakakuormat eivät kasva kovin suuriksi ja kokonaisstabiliteetin pystyy kohtuudella hallitsemaan.

Kohde muodostaa kehän, jonka liitokset tulee suunnitella siten, että sekä vaaka, että pystykuormat pystytään viemään liitosten kautta perustuksille. Liitoksissa käytetään liitoksiin tarkoitettuja erilaisia kulma- ja kiinnikerautoja, jotka tulee kiinnittää tarkoitukseen sopivilla ankkurinauloilla.

4.2 Kantavat rakenteet

Kantavilla rakenteilla tarkoitetaan rakenteita, joiden tarkoituksena on johtaa voimia paikasta toiseen. Esimerkiksi katolle satava lumikuorma pitää viedä kantavien rakenteiden kautta perustuksille ja sitä kautta maaperään. Tälle matkalle mahtuu eri rakenneosia ja erilaisia liitoksia rakenneosien välillä, joiden pitää kestää kuormasta aiheutuneet rasitukset ilman muodonmuutoksia.

Lähes kaikki kantavat rakenteet ovat puurakenteita. Betonisia rakenteita on käytetty maanvaraisessa laatassa ja perustuksissa. Kantavien rakenteiden tulee olla niille asetettujen säädösten mukaisia. Tässä työssä kantavat puurakenteet on laskettu RIL-205-1-2009 Puurakenteiden suunnitteluohjeiden mukaan. Myös suunnittelunormi eurokoodin mukaisesti on otettava huomioon.

Tässä opinnäytetyössä kantavia rakenteita ovat ulkoseinät, kantavat väliseinät, välipohja, yläpohja ja maanvarainen alapohja. Näistä muodostuu kantaviin seiniin perustuva kerrosittainen järjestelmä, jossa kantavat seinät sekä ylä- ja välipohja toimivat talon jäykisteenä. Aukoissa ja katoksissa voidaan käyttää kerto-s puuta tai GL 32 liimapuuta, mutta muuten tässä kohteessa suositaan C24 merkittyä sahatavaraa. Laskennat suoritetaan Finwood 2.3 SR1 ohjelmalla, joka soveltuu eurokoodinmukaiseen puurakenteeseen suunnitellun. Ohjelma on ladattavissa ilmaiseksi puuinfon nettisivuilta.

4.2.1 Kantava runko

Kantavalla rungolla tarkoitetaan pystysuorassa olevaa rakennuksen runko-osaa, jonka kautta kuorma kulkee pystysuoraan alaspäin. Kantava runko toimii myös vaakakuormien, esimerkiksi tuulikuorman siirtämisessä.

Lupakuvavaiheessa määrätyille ulkoseinän rakennetyypissä on annettu tilaa kantavalle rungolle 148 mm, joten ensimmäisenä selvitetään rungolle jako. Rakennusmateriaalit ovat monesti suunniteltu määrätyille tasajaoille, joten tässäkin kohteessa perusjaoksi arvioitiin alustavaa tutkimusta varten 600 mm. Laskenta aloitetaan peruskuormien määrittämisellä. Tässä kohteessa omapaino, lumi- ja hyötykuormat aiheuttavat kantavaan runkoon pystysuoraan kohdistuvia kuormia. Kun kuormat ovat laskettu ja tiedetään miltä alueelta kuorma vaikuttaa runkoon, voidaan tiedot kirjata laskentaa varten. Kuormat tulee olla laskettuna pistekuormiksi runkotolpan päähän. Seuraavaksi laskentaohjelma FINNWOOD 2.3 SR1:llä määritellään rakennemalli, joka on kantava ulkoseinätolppa, jossa kuormat ovat pistekuormina pilarin päässä 50 mm epäkeskeisyydellä, nurjahdustuettu heikompaan suuntaan ja nurjahdus on mahdollinen vahvempaan suuntaan. Laskennassa käyttöluokka on 2 ja kokonaistaipumaraja on L/300. Rakennemallin määrittämisessä tarvitaan myös runkotolpan kokonaispituutta. Laskennat suoritetaan aina epäedullisimman kohdan mukaan. Rakennemallin jälkeen ohjelmaan syötetään aiemmin lasketut kuormat, joiden perusteella ohjelma laskee eurokoodin mukaisen mitoituksen. Ohjelman mitoituskohdassa tarkastetaan nurjahdus-, kiepahdus- sekä taipumatarkastelu asianmukaisuus ja että taipumatarkastelu laskee maksimitaipuman halutulla L/300 rajaehdolla.

Tässä kohteessa epäedullisin kohta sijaitsee olohuoneen puoleisella sivuseinällä, johon kohdistuu välipohjasta hyötykuormaa ja omapainoa sekä yläpohjasta lumikuormaa ja omapainoa. Runkotolpan pituuden ollessa 4100 mm tähän kohtaan saatiin laskennassa kokonaiskäyttöasteeksi 98,1 %, joka täyttää vaatimukset. Mitoituksessa määrääväksi arvoksi tuli taivutus + puristus yhdistelmä. Tässä laskennassa on vielä tarkistettava erikseen tukipaine tekemällä erillinen rakennemalli, jolla tutkitaan vain tukipainetta. Tukipaineen tulokseksi saatiin 87 % käyttöaste epäedullisimmassa kohdassa.

MITOITUKSEN ÄÄRIARVOT:

| Tarkastelu: | Mitoitu sarvo: | Raja-arvo: | Käyttöaste *): | Sijainti x: | |
|---|----------------|------------|----------------|-------------|-----------------------------|
| Leikkaus (z): | 2.06 kN | 14.78 kN | 13.9 % | 4100 mm | Yhdistelmä 8/1, Hetkellinen |
| Puristus: | 17.27 kN | 27.49 kN | 62.8 % | 0 mm | Yhdistelmä 5/1, Keskipitkä |
| Taivutus (My): | 1.55 kNm | 2.46 kNm | 63.0 % | 1845 mm | Yhdistelmä 8/2, Hetkellinen |
| (ilman kiepahdusta): | 1.55 kNm | 3.27 kNm | 47.3 % | 1845 mm | Yhdistelmä 8/2, Hetkellinen |
| Taivutus+puristus: | 0.98 | 1.00 | 98.1 % | 4100 mm | Yhdistelmä 5/1, Keskipitkä |
| (My=0.85 kNm, Mz=0.00 kNm, Nx=17.10 kN) | | | | | |
| jänneväli 1, Winst: | 12.3 mm | -- mm | 0.0 % | 1948 mm | Yhdistelmä 12/2 |
| jänneväli 1, Wnet,fin: | 11.0 mm | 13.7 mm | 80.2 % | 1948 mm | Yhdistelmä 12/2 |

ÄÄRIARVOJEN KUORMITUSYHDISTELMÄT

Yhdistelmä 8/1 (Hetskellinen):

1.15*Omapaino + 1.05*Hyötykuorma + 1.05*Lumikuorma + 1.50*Tuulikuorma

Yhdistelmä 5/1 (Keskipitkä):

1.15*Omapaino + 1.05*Hyötykuorma + 1.50*Lumikuorma

Yhdistelmä 8/2 (Hetskellinen):

1.15*Omapaino + 1.05*Lumikuorma + 1.50*Tuulikuorma

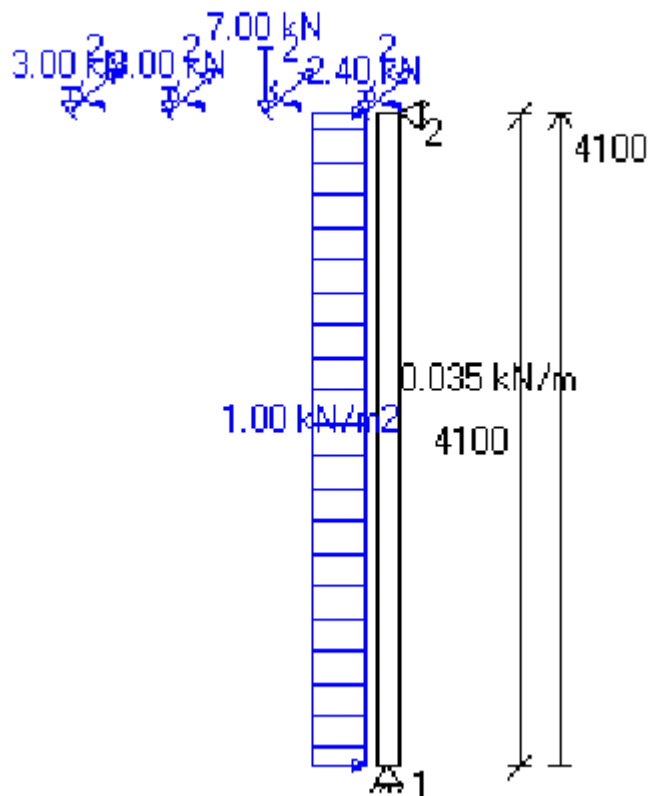
Yhdistelmä 12/2 :

1.00*Omapaino + 0.70*Lumikuorma + 1.00*Tuulikuorma

VOIMASUUREIDEN ÄÄRIARVOT:

| Tulos: | Maksimiarvo: | Sijainti x: |
|--------|--------------|-------------|
| Nx,max | 19.43 kN | 0 mm |
| Vz,max | 2.06 kN | 4100 mm |
| My,max | 1.55 kNm | 1845 mm |

KUVA 18. Runkotolpan rakennemitoitus FINNWOOD 2.3 SR1 laskentaohjelmalla



KUVA 19. Runkotolpan rakennemalli FINNWOOD 2.3 SR1 laskentaohjelmalla

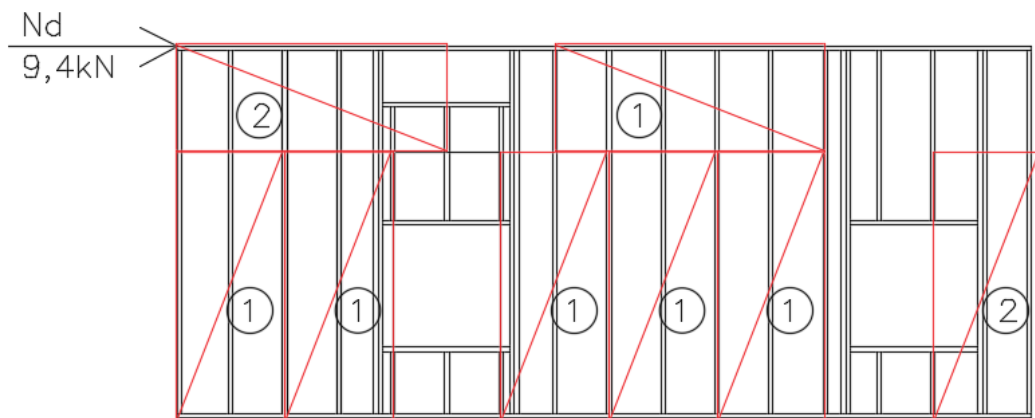
Samalla menetelmällä laskettiin kaikki runkotolpat ja huomattiin, että aukkojen kohdalle mitoittavaksi tekijäksi tuli tukipaine. Laskennassa tehtiin huomio, että yli 900 mm aukkoissa tukipaine ylittyi, joten yli 900 mm aukkojen pieliin tulee asentaa tuplarunkotolppa.

Myös kantavan väliseinärungon määrittäminen laskettiin muuten samalla menetelmällä, mutta väliseinälle ei tule tuulikuormia tai lumikuormia vaan pelkästään välipohjasta tulevat painot eli omapaino ja hyötykuorma. Laskennassa saatiin tulokseksi c24 48*98 kk600 sahatavara ja käyttöaste on epäedullisimmassa kohdassa 67 %, joten valittu materiaali kestää hyvin. Lovipalkiksi laskennassa tuli c24 48*198 ja se lovetaan runkotolpan yläpään.

Aukkopalkin laskennassa otettiin tarkasteltavaksi taas epäedullisin kohta, joka on tässä kohteessa 1600 mm aukko. Aukkopalkin mitoituksessa suunniteltiin aukkopalkki lovettavaksi suoraan kattotuoleihin, joten sekä lumikuorma että yläpohjan omapaino voidaan

olettaa tasaiseksi kuormaksi rungon päälle. Kuormat laskettiin jo aiemmin lasketuilla arvoilla, mutta kuormitusväliksi laskennassa syötettiin mitta, miltä alueelta kuorma tulee vaikuttamaan. Laskennassa saatiin tulokseksi kerto-s 51*200 ja käyttöasteeksi tuli 87 %, joten epäedullisimman kohdan mukaan tehdyn laskennan mukaan lovipalkki kestää jokaisessa kohdassa.

Viimeinen tutkittava asia rungon suunnittelussa on tuulensuojalevyn riittävyys jäykisteenä rungolle tuulta vastaan. Tämä laskenta suoritetaan Saint-Gobain Gyproc suunniteluohjeen ja mitoitustaulukkojen mukaisesti. Mitoituksessa vaakavoimat siirretään perustuksille kipsilevyn ja levyn kiinnikkeiden kautta. Laskentaan valitaan taas epäedullisin kohta, joka tässä kohteessa on päätyseinä, sillä harjansuuntaisella seinällä on suurin pinta-ala ja myös kantavat väliseinät jäykistävät harjan suuntaa. Ensiksi lasketaan tuulikuormasta aiheutuvat vaakavoimat päätyseinille. Laskennassa saatiin päätyseinille mitoittava laskennallinen voima 9,4 kN. Levyjä on yhteensä 6,5 kpl, koska ohjeen mukaan alueen kahdesta levystä saa ottaa kapasiteettia vain 25 % laskentaan. (KUVA 20.)

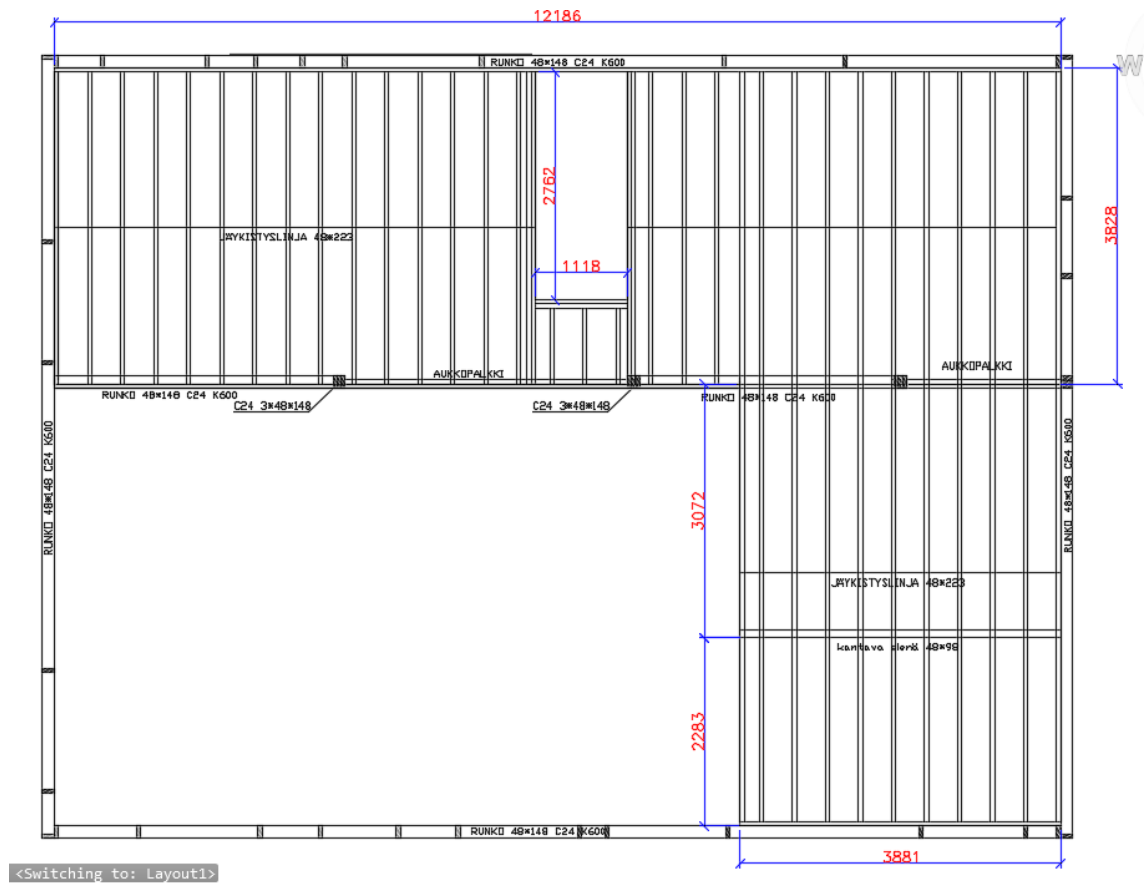


KUVA 20. Tuulensuojan jäykistekaavio

Laskennan tuloksien perusteella päädyttiin ratkaisuun, jossa 9 mm tuulensuojat kiinnitetään HJ15 konehuopanauloilla 100 mm välein. Tällä ratkaisulla päästiin 78 % käyttöasteeseen, joka on riittävän kestävä. Muille seinille tulevat kuormat ja jäykisteen määrittäminen laskettiin samalla menetelmällä, mutta esimerkkilaskenta osoittautui vaarallisimmaksi. (Liitteet 6 ja 8)

4.2.2 Välipohja

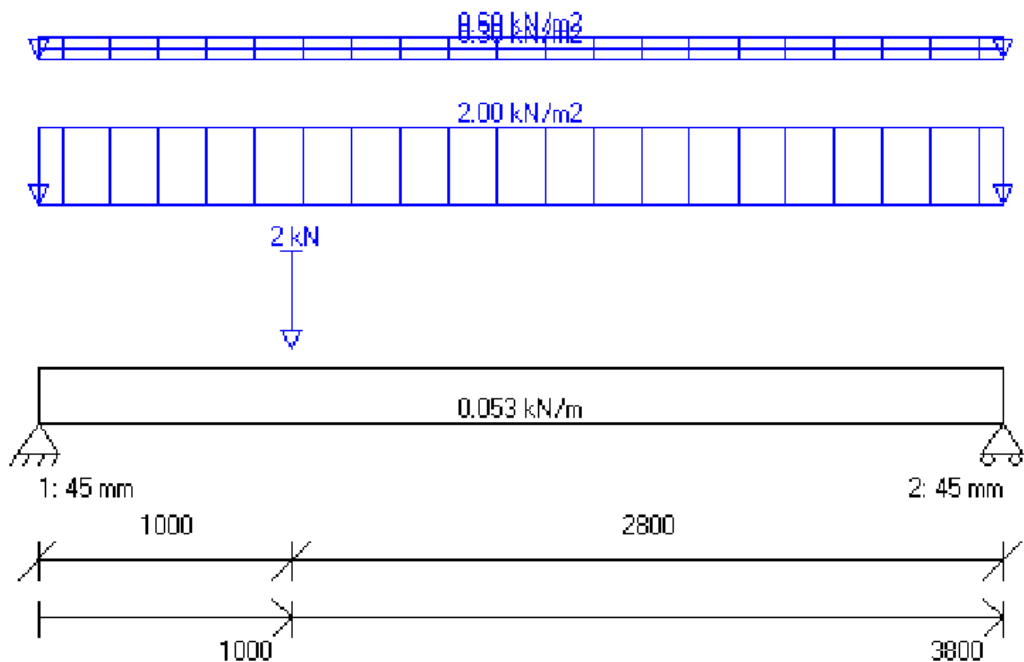
Välipohjan suunnittelun lähtötietona on välipohjan tukeutuminen ulkoseiniin sekä kanta-viin väliseiniin ja niiden ylityspalkkeihin. Palkiston päälle liimataan ja naulataan 20 mm havuvaneri, jolloin muodostuu T-rakenne. Tämä parantaa välipohjan värähtelyominaisuuksia. Palkistojen väleihin asennetaan tarvittaessa 2-3 kappaletta tukilinjoja värähtelyn parantamiseksi. Lähtötietona on myös mittakuva (KUVA 21), josta selviää, että pisin jänneväli on 3,8 metriä. Kuormana käytetään eurokoodin mukaisia hyötykuormia ja laskenta suoritetaan FINNWOODIN laskentaohjelmalla



KUVA 21. Välipohjan mittakuva

Kun rakennemallit ja kuormat on saatu laskettua, laitetaan ne ohjelmaan, jonka jälkeen valitaan kohta mitoitus, jonka värähtelytarkastelu valikosta käydään säätämässä liittora-

kennevaikutus ja jäykistelinjat. Menekki oli suuri, joten haluttiin saada aikaan taloudellisin ratkaisu. Päädyttiin sahatavaraan C24 48*223 kk400. Sahatavaran saatavuus piti tarkistaa. Tällä päästiin 77,8 % käyttöasteeseen, joka kestää hyvin.



KUVA 22. Välipohjan rakennemalli

MITOITUKSEN ÄÄRIARVOT:

| Tarkastelu: | Mitoitusarvo: | Raja-arvo: | Käyttöaste *): | Sijainti x: | |
|-------------------------|---------------|------------|----------------|-------------|----------------------------|
| Leikkaus (z): | 3.18 kN | 10.78 kN | 29.5 % | 0 mm | Yhdistelmä 2/1, Keskipitkä |
| Taivutus (My): | 3.02 kNm | 5.31 kNm | 56.9 % | 1900 mm | Yhdistelmä 2/1, Keskipitkä |
| (ilman kiepahdusta): | 3.02 kNm | 5.31 kNm | 56.9 % | 1900 mm | Yhdistelmä 2/1, Keskipitkä |
| Tukipaine, tuki 1: | 3.18 kN | 6.43 kN | 49.5 % | 0 mm | Yhdistelmä 2/1, Keskipitkä |
| Tukipainekerroin = 2.08 | | | | | |
| Tukipaine, tuki 2: | 3.18 kN | 6.43 kN | 49.5 % | 3800 mm | Yhdistelmä 2/1, Keskipitkä |
| Tukipainekerroin = 2.08 | | | | | |
| jännitys 1, W inst: | 7.4 mm | 9.5 mm | 77.8 % | 1900 mm | Yhdistelmä 14/1 |
| jännitys 1, W net, fin: | 9.8 mm | 12.7 mm | 77.2 % | 1900 mm | Yhdistelmä 14/1 |
| Taipuma U: | 0.4 mm | 0.6 mm | 73.9 % | | (Värähtelytarkastelu) |
| Taajuus f1: | 13.3 Hz | 9.0 Hz | 67.7 % | | (Värähtelytarkastelu) |

ÄÄRIARVOJEN KUORMITUSYHDISTELMÄT

Yhdistelmä 2/1 (Keskipitkä):
 1.15*Omapaino + 1.50*Hyötykuorma
 Yhdistelmä 14/1 :

KUVA 23. Välipohjan laskennan tulokset.

Laskennassa myös kiinnitys on huomioitava. Välipohja kiinnitetään ulkoseiniin porattavilla 6*120 osakierteisillä ruuveilla. Ruuveja asennetaan 4 kappaletta liitosta kohden. Välipohjapalkisto tulee kiinnittää palkkikengillä ja ankkurinauloilla, koska puun syiden suuntaisille ruuveille ei saada eurokoodin mukaisesti lujuutta (Liite 8).

4.2.4 Perustus

Lähtötiedoiksi perustuksen suunnitteluun on maapohjatutkimus, josta selviää maapohjan kantavuus. Maapohjatutkimuksen perusteella kohde voidaan perustaa alle metrin syvyyteen. Tämän opinnäytetyön kohteessa maaperä on omakotitalosta aiheutuviin kuormiin suhteutettuna hyvä, joten kohde voidaan perustaa maanvaraisesti. Myös lattia voidaan perustaa maanvaraisesti. Pohjatutkimuksen mukaan maapohjan geotekninen kantavuus on 200 kPa, joka on verrattain hyvä suhteutettuna pientalosta aiheutuviin kuormiin.

Jatkuva antura valetaan 300 mm korkean louhepatjan päälle. Anturan päälle muurataan neljän harkon sokkeli. Sokkeli muurataan kevytsoraharkkoista. Maaperän lisäksi perustusten suunnitteluun vaikuttaa paikkakunta ja kuormat. Näiden pohjalta kohteeseen suunnitellaan määräysten mukaiset perustukset.

Jatkuva antura louhepatjan päälle on tuotantosyistä suunniteltu 200 mm korkeaksi ja 600 mm leveäksi. Teräsbetonille asetettujen eurokoodien mukaan antura kestää raudoittamattomana, mutta anturaan on hyvä laittaa kutistumisterästä anturan suuntaisesti. Anturan päälle tuleva kevytsoraharkkosokkeli on suunniteltu kevytsoraharkkotoimittajan ohjeiden mukaisesti. Harkkoja tuli viisi kappaletta päällekkäin, joista päällimmäisin on RUH-150 ja loput neljä ovat RUH-200 harkkoja. Harkkojen saumoihin tulee materiaalivalmistajan (Leca, Suunnitteluohje, 2013, 9) mukaan kaksi kappaletta 8 mm halkaisijalta olevia harjateräksiä. Katso liitteenä olevat rakennekuvat.

Radon on hajuton maunon ja väritön radioaktiivinen jalokaasu, joka on joidenkin arvioiden mukaan tupakan jälkeen suurin keuhkosityövän aiheuttaja. Pirkanmaalla, jonne opinnäytetyön kohde rakennetaan, on suuri maaperän radonpitoisuus. Tämän vuoksi radonin tuuletus rakennuksessa on äärimmäisen tärkeää. Radon tuuletetaan 110 mm rei'itetyllä muoviputkella alapohjan eristeen alla olevassa 300 mm routimattomassa sorapatjassa. Putkeen liitetään 110 mm:n viemäriputki, joka vie radonin katolle. Näin estetään radonin pääseminen huoneilmaan. Myös kantavan rungon ja perustuksen väliin on syytä asentaa radonkatko. Radon suunnitelmat ovat näkyvillä rakennekuvuissa (Liite 7).

5 TIETOMALLI

Tietomallilla tarkoitetaan rakennuksen kokonaisvaltaista suunnittelua kolmiulotteisena mallina. Voidaan ajatella, että tietomalli on yksi kolmiulotteinen suunnitelma, jota työstävät kaikki hankkeen osapuolet. Tietomallisuunnittelun mahdollisuudet ovat lähes rajattomat, mutta kysymys on monesti enemmänkin siitä, kuinka pitkälle on taloudellisesti kannattavaa suunnitella. Itse mallintamiseen on olemassa monta eri ohjelmaa, ja ohjelmilla on myös eri päätarkoitukselliset käyttökohteet. Kaikki yleisesti hyväksytyt mallinusohtjelmat, jotka ovat IFC 2x3 setrifikoituja ovat yhteensopivia IFC-muodossa.

Tämä omakotitalo suunnitellaan ArchiCAD-ohjelmalla ja samalla tutkitaan mitä hyötyjä ja mahdollisia haittoja mallintamisessa voi olla pientalopuolella. Tietomalli kannattaa myös rajata johonkin, koska kuten edellä mainittiin, tietomallin mahdollisuudet ovat lähes rajattomat. Tässä työssä mietitään, kuinka tarkasti pientalo kannattaa mallintaa.

5.1 Lupakuvien tuottaminen

Kun mallintaminen on siinä vaiheessa, että mallissa on riittävästä dataa lupakuvia varten, voidaan aloittaa lupakuvien tuottaminen. Lempäälän kunnan nettisivuilla on lupakuvien vaatimukset, ja tämä kohde on mallinnettu niiden mukaisesti. Mallista tuotettiin kuusi kuvaa, jotka olivat:

- asemakuva
- 1. kerroksen pohja
- 2. kerroksen pohja
- leikkauskuvat
- julkisivukuvat
- pinnantasaussuunnitelma.

Kuvien tuottaminen mallista oli melko vaivatonta. Itse mallintaminenkin kolmiulotteisesti oli kannattavaa lupakuvia varten, juurikin sen havainnollistamisen takia. Myös mallinnuksen iso etu on muunneltavuus. Mallin ollessa valmis ohjelma tuottaa valmiit lupakuvat, joita tarvittaessa muokataan. Lupakuvien tuottamisessa mallintaminen on erittäin järkevää verrattuna kaksiulotteiseen suunnitteluun.

5.2 Rakennekuvien tuottaminen

Rakenteiden mallinnus ArchiCAD-ohjelmalla on melko yksinkertaista, vaikka ohjelma on enemmän ja alun perin rakennussuunnitteluun tarkoitettu. Muuten itse mallinnus on suhteellisen yksinkertaista, mutta koska kyseessä on enemmän rakennussuunnitteluun suunniteltu ohjelma, ei rakenteisiin ole niin hyvin eri komponentteja ja siksi oikeastaan kaikki rakenteet pitää ensin mallintaa poikkileikkaustyökalulla. Kun poikkileikkaustyökalulla mallintaa rakenteita on tärkeää panostaa aina kunkin rakenteen ominaisuuksiin. Mitä tarkemmin rakenteet mallinnetaan, sitä tarkemmin voidaan informaatiota käyttää jatkossa esimerkiksi määrälaskennassa.

Tässä opinnäytetyössä mallinnettiin kantavat rakenteet ja niistä tuotettiin seuraavat rakennekuvat:

- perusplaani
- tasokuva
- leikkaus
- vesikatto
- kattotuolikaavio
- perustusdetaljit
- puudetaljit.

Mallinnuksen jälkeen kuvien tuottaminen oli helppoa, mutta rakennekuviin tarvittavat tiedot piti itse kirjottaa. Tällä tarkoitetaan sitä, että on olemassa muita ohjelmia, jotka on suunniteltu nimenomaan rakennesuunnitteluun. Niissä on parempia työkaluja nimenomaan rakennekuvien tuottamiseen. Silti jos verrataan kaksiulotteiseen suunnitteluun niin ehkä, varsinkin jos kyseessä on monimutkaisempi talo, mallintaminen on vielä kannattavaa. Tämä tietenkin riippuu aina mallintajan ammattitaidosta.

5.3 Tietomallin hyödyntäminen

5.3.1 Määrälaskenta

Tietomallinnuksen yksi suurimmista hyödyistä on määrälaskennassa. Määrälaskennan tarkkuus ja laajuus on riippuvainen siitä mille tasolle malli on tehty. Myös eri ohjelmilla on erilaisia systeemejä määrälaskennan helpottamiseen, ja ohjelmat toimivat ja laskevat määriä eri tavoilla. Ohjelmat on monesti kustomoitu käyttäjälle parhaaseen mahdolliseen muotoon määrälaskentaa varten. Tällä tarkoitetaan, että määrälaskenta on selkeää ja siinä suoritetaan vain tarpeellinen laskenta.

Pientalon suunnittelussa määrälaskenta suoritetaan monesti yrityskohtaisesti varsin alkeellisilla laskennoilla. Se toimii, koska pientaloissa materiaalmäärät ovat suhteellisen pieniä ja laskenta sinällään helppoa. Pientalojen suunnittelussa mallinnuksessa ja sen hyödyntämisestä kokonaisprojektissa olisi paljon potentiaalia, mutta tietomallien tekemisen ja käyttämisen opettelu vaatii aikaa ja rahaa, joten tietomallinnus ei monesti ole tullut kysymykseen. Myös pientalopuolella on yhdessä kohteessa monesti monta tekijää, kuten alihankkijoita ja LVIS-suunnittelu. Nämä tekijät hankkivat tietomallin täydellistä ja tehokasta hyödyntämistä.

Tämä opinnäytetyön tietomalli mallinnettiin rakennusosamalliin asti, mikä tarkoittaa sitä, että mallin mallinnettiin kantavat rakenteet mutta liitoksia ei mallinnettu. Syy, miksi mallinnus rajattiin, oli rajallinen aika. Mallista saatiin kuitenkin määrälaskentaa paljon tietoja, joita verrattiin myös urakoitsijan omiin laskelmiin. Määrälaskentaa mallista toteutettiin siten että tuotettiin halutun materiaalin määrä Excel-pohjaan ja sieltä suodattamalla saatiin melko tarkasti laskettua eri materiaalin määriä.

Ensimmäisiä määriä laskelmia tuotettiin mallista jo luonnosvaiheessa, kun haluttiin tarkentaa budjettia. Luonnosvaiheessa tuotettiin yleisiä ohjelman täysin tuottamia listoja. Listoista saadut määreet tarkentuivat koko ajan mitä pidemmälle mallinnettiin. Luonnosvaiheessa listoista poimittiin karkeita määriä, esimerkiksi paljonko talossa on ulkoseinää metreinä suunnitteen ja kuinka monta juoksumetriä on jatkuvaa anturaa suunnilleen.

Kun lupakuvat valmistui ja malli oli mallinnettu lupakuvien vaatimalle tasolle, mallista tuotettiin tarkkaa määrälaskentaa asiakkaalle. Määrälaskentaa tuotettiin lähinnä ArchiCAD-ohjelman omista määräluetteloista suodattamalla yleistä ohjelman määrälaskenta listoista itselle sopivia listoja, joista saadaan haluttuja määriä. Kuvassa 25 on suodatettu

yleisestä listasta katon määreitä esimerkkinä. Rakenne tyytit on luotu halutut, joten niistä on paljon apua, kun ne on tehty huolellisesti.

| Tyyppi | Katto | Katto |
|---------------------------------|-----------|-----------|
| ID | Katto-009 | Katto-012 |
| Korkeus | --- | --- |
| Leveys | --- | --- |
| I/O-penkin nimelliskorkeus | --- | --- |
| Korkeus | --- | --- |
| Paksuus | --- | --- |
| Sisäkaltevuuskul- ma | --- | --- |
| Nimelliskorkeus | --- | --- |
| Nimellisleveys | --- | --- |
| Kallistus | 30° | 30° |
| Paksuus | 0,501 | 0,152 |
| Rakennusaine / Rakennetyyppi | YP_1 | YP_2 |
| Nettoyläpinta-ala | 67,6 | 86,16 |

KUVA 25. Yleinen määräluetteloista. Katon ala esimerkkinä.

| 3. Runko- ja vesikattorakenteet | | |
|--|-----|-----|
| US Puurunko materiaalit +tsl | 216 | m2 |
| US Puuverhous | 209 | m2 |
| US Lämmöneristys | 209 | m2 |
| US Lisäeriste SPU 40mm | 209 | m2 |
| Välipohjarakenteet | 65 | m2 |
| Kattoristikot | 13 | kpl |
| Yläpohjan rakenteet | 172 | m2 |
| Yläpohjan lämmöneristeet | 179 | m3 |

KUVA 26. Runko ja vesikatto määrälaskentaa

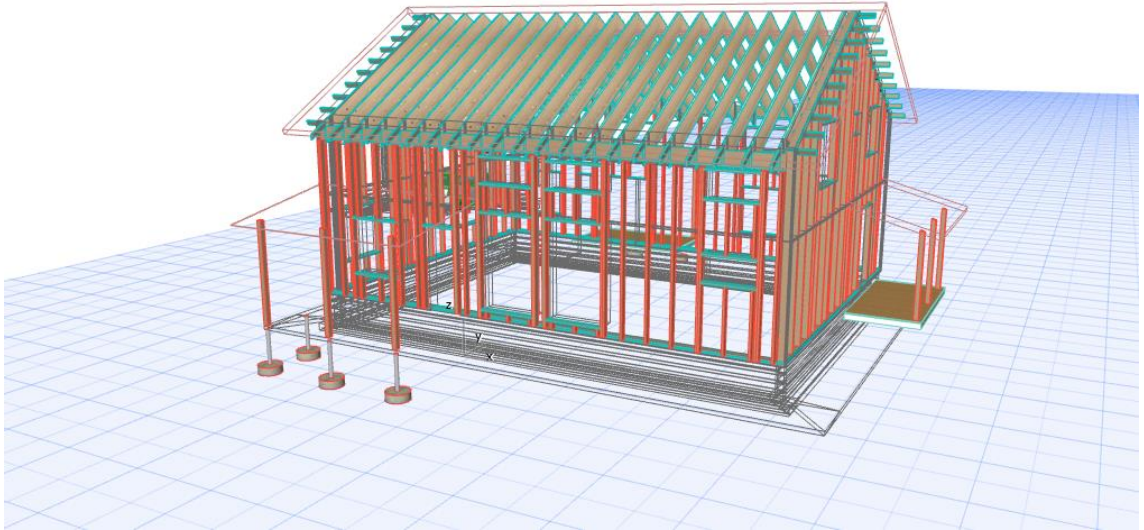
Ohjelman yleisistä määrälaskennoista poimittiin ja suodatettiin laskenta asiakkaan tarpeiden mukaisesti. Tässä kohteessa listoja myös korjailtiin ymmärrettävämpään muotoon, joka onnistui melko helposti, koska ArchiCAD-ohjelmalla voitiin tuottaa Exceliin valmiita taukoita, joita taas on helppo suodattaa ja muokata tarpeiden mukaan. (KUVA 26)

Rakenteiden mallinnuksessa ArchiCAD-ohjelma oli vähän kömpelömpi. Ohjelma on suunniteltu arkkitehtien tarpeet täyttäväksi alun perin, joten rakenteiden suunnittelu on hankalampaa, mutta onnistuu. Tässä opinnäytetyössä mallinnettiin rakenteet siten että luotiin kaikki rakenteelliset materiaalit poikkileikkaustyökalulla ja nimettiin poikkileikkaukset huolellisesti. Kun rakenteet oli mallinnettu, voitiin ohjelmalla luoda oma lista. Listan luominen onnistui, kun ohjelmalle tiedettiin kertoa, mitä materiaaleja etsii ja millä perusteella. Tässä määrälaskentaa puutavarasta, jota kohteessa käytettiin (KUVA 27). Se onnistui suodattamalla itse luotuja poikkileikkauksia.

| Poikkileikkaus | Korkeus | Pituus oikea |
|----------------|---------|--------------|
| PUU_148*48 | --- | 0,41 |
| PUU_148*48 | --- | 0,51 |
| PUU_148*48 | --- | 0,89 |
| PUU_148*48 | --- | 0,89 |
| PUU_148*48 | --- | 0,9 |
| PUU_148*48 | --- | 0,99 |
| PUU_148*48 | --- | 1,21 |

KUVA 27. Rakenteiden määrälaskentaa

ArchiCAD-ohjelman tuottamia määrälaskentalistoja muokkaamalla saatiin hyvin tarkkoja ja selkeitä taulukoita määrälaskentaan. Asiakas antoi positiivista palautetta määrälaskennasta.



KUVA 28. 3D-malli rakenteista

| YHT | | | | | |
|-----|---------|--------|--------------|---------|--|
| | 48*48 | 45,4 M | RIMA | 760 M | |
| | 98*48 | 92,4 M | PANEELI | 306 M2 | |
| | 148*48 | 1001 M | TS | 79 KPL | |
| | 198*48 | 106 M | RUODE 22*100 | 1269 JM | |
| | 248*48 | 333 M | RIMA KATTO | 429 JM | |
| | 51*300 | 37,9 M | VANERI VP | 38 KPL | |
| | 115*225 | 7,53 M | ALUSKATE | 254 M2 | |
| | 115*115 | 11,5 M | | | |

KUVA 29. Muokattu, koko kohteen, määrälaskenta taulukko asiakkaalle

Asiakkaalta tuli paljon positiivista palautetta määrälaskennassa. Lähes kaikki määrät, joita asiakas halusi, voitiin tuottaa kuvista, kun mallinnus oli suoritettu huolellisesti ja tiedettiin, miten määrälaskenta listoja tuotetaan ja suodatetaan. Määrien ja taulukkojen hallinta vaatii kokemusta sekä tuotannosta että ohjelmien käytöstä. Taas, mitä pidemmälle malli on mallinnettu, sitä yksityiskohtaisempaa määrälaskentaa siitä saadaan. (KUVAT 28 ja 29)

5.3.2 Tietomallin eri mahdollisuudet ja hyödyt

Tietomallilla on erilaisia mahdollisuuksia ja hyötyjä vanhoihin totuttuihin suunnittelumalleihin verrattuna. Tilaajalle ja rakennuttajalle on tietomallista seuraavanlaisia hyötyjä: hankkeen tiedonhallinta, laadun paraneminen, energiatalous ja kustannusten hallinta. Käyttäjää se auttaa lisähavainnollistamalla kohdetta ja näin lisää ymmärrystä hankkeen kokonaisuudesta. Suunnittelijoille tietomallinnuksesta on ehkä suurin hyöty se, että laatu paranee huomattavasti yhteistyön kautta. Rakennushankkeen ylläpitäjät hyötyvät tietomallin antamasta informaatiosta saavuttaen kustannustehokkuuden.

Tietomalli-suunnittelulla on mahdollista suorittaa paljon hyödyllisiä toimenpiteitä. Ohjelmat kehittyvät vauhdilla. Nykyohjelmilla on mahdollista mallintaa kohteesta sellainen malli, josta saa rakennuksesta sekä tuotantoon että koko elinkaareen paljon hyödyllistä tietoa. Mallinnuksessa käytettäville materiaaleille voidaan antaa paljon ominaisuuksia, joita voidaan hyödyntää rakennusfysiikassa ja rakennesuunnittelussa. Pientalojen suunnittelussa suunnittelijat pystyvät hyödyntämään kustannustehokasta mallinnusta yhteistyöhön muiden suunnittelijoiden kanssa ja tuotanto hyödyntää sitä määrälaskennassa.

Projektissa hyödynnettiin lähinnä pelkästään määrälaskentaa tietomallinnuksessa osittain aikataulullisista syistä ja osittain siksi koska asiaa ei nähty tarpeelliseksi. Se, kuinka pitkälle pienkohteissa tietomalli kannattaa mallintaa, riippuu tosi paljon siitä, kuinka kokenut mallintaja on ja kuinka hän hallitsee ohjelman, jolla työskentelee. Suunnittelussa nähtiin tarpeelliseksi mallintaa rakenteet ilman liitoksia.

6 POHDINTA

Tavoitteena oli suunnitella viihtyisä omakotitalo viisihenkiselle perheelle ja tuottaa siihen tarvittavat rakennuspiirustukset. Tavoitteena oli myös perehtyä tietomallin mahdollisuuksiin ja hyötyjen tehokkuuteen.

Arkkitehtisuunnittelu osoittautui haastavaksi, koska suunnittelija ei ole arkkitehti. Rakennussuunnittelussa hankalinta oli kokonaisuuden hahmottaminen ja se, että lähes jokainen asia vaikuttaa toiseen. Työmäärää lisäsi huomattavasti lainsäädännön ja kunnan omien rakentamismääräysten hakeminen ja tutkiminen. Suunnitelmat kuitenkin onnistuivat kohdalaisen hyvin. Haasteet, aikataulu ja suunnittelijan kokemattomuuden huomioon ottaen asunnon rakennussuunnittelu onnistui kiitettävästi. Lupaprosessi kunnan kanssa onnistui hyvin, yhteistyötä tehtiin sähköpostitse sekä tapaamisilla.

Rakennesuunnittelu oli huomattavasti helpompi osuus. Rakennesuunnittelu ja tuotannon tekeminen oli melko tuttua sekä suunnittelijalle että asiakkaalle. Kun kokonaisvastuu suunnittelusta oli opinnäytetyön tekijällä, työ sisälsi odotettua enemmän soittelua materiaalivalmistajien ja muiden yhteistyökumppaneiden kanssa. Rakenteet saatiin kuitenkin mitoitettua ja rakennekuvat hyväksytettyä kunnassa. Kokonaisuudessa rakennesuunnittelu onnistui hienosti.

Tietomalliosuus oli mielenkiintoinen osuus sekä asiakkaalle että opinnäytetyön tekijälle. Silmät ikään kuin avautuivat niistä monista mahdollisuuksista mitä suunnittelussa on tietomallinnuksen kannalta. Jo pelkästään määrälaskennassa siitä oli todella suuri hyöty. Se, mihin asti malli olisi syytä mallintaa, riippuu monista tekijöistä, kuten mallintajan ammattitaidosta sekä ohjelmasta millä mallinnetaan. Tässä opinnäytetyössä onnistuttiin maksimoimaan tehokkuus ja mallinnettiin pelkästään rakenteet ilman liitoksia. Tällä mallinnuksella pystyttiin tuottamaan lähes kaikki haluttu määrälaskenta. Myös kuvien tuottaminen mallista onnistui tässä opinnäytetyössä hyvin.

Tätä pohdintaa kirjoitettaessa 12.10.2016 talo on rakenteilla Lempäälässä ja siellä tehdään väliseinätöitä (KUVA 31). Projekti oli kokonaisuudessa erittäin opettavainen työ, jota pystyy varauksetta suosittelemaan kaikille valmistuville insinööreille, joita kiinnostaa pientalon rakentamisprosessi kokonaisuudessa.



KUVA 30. Kohde rakenteilla. Kuva on otettu 24.9.2016 Lempäälässä.

LÄHTEET

Eurokoodi 5. Puurakenteiden suunnittelu. Lyhennetty suunnittelu ohje. Toinen painos.

Lempäälän kunta. Suunnittelu ohjeet ja lomakkeet. Luettu 8.6.2016

<http://www.lempaala.fi/palvelut/asuminen-rakentaminen-ja-ymparisto/rakennusvalvonta/lomakkeet/>

Rakennedetalji kirjasto

<http://www.spu.fi/suunnittelu/detaljikirjasto/ulkoseinat/> 20.09.2016

Oulun kaupunki. Pientalon paloturvallisuus. Luettu 8.6.2016.

<http://www.ouka.fi/oulu/rakennusvalvonta/e-paloturvallisuus>

Suomen rakentamismääräyskokoelma. E1. Rakennusten paloturvallisuus määräykset ja ohjeet.

Esteettömyys. Luettu 8.6.2016

<http://www.esteeton.fi/portal/fi/esteettomyys/>

F1 SUOMEN RAKENTAMISMÄÄRÄYSKOKOELMA. Luettu 10.7.2016.

<http://www.finlex.fi/data/normit/28203-F1su2005.pdf>

Leca-harkkorakenteet, Suunnitteluohje. Luettu 20.7.2016

<http://www.e-weber.fi/palvelut/esitteet-ja-ohjeet/suunnitteluohjeet/leca-harkkorakenteet-suunnitteluohje.html>

D3 SUOMEN RAKENTAMISMÄÄRÄYSKOKOELMA. Luettu 15.7.2016

http://www.finlex.fi/data/normit/37188-D3-2012_Suomi.pdf

