

**SAVONIA**

ammattikorkeakoulu

OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO  
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

# ENERGIATEHOKAS JA EKOLOGI- NEN MASSIIVIPUUTALO

Uudenlaisen massiivipuukurakenteen tutkimus ja kehitystyö sekä pilotti-  
kohteen toteutussuunnittelu

TEKIJÄ VILLE HINTSALA

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Tutkinto-ohjelma Rakennusarkkitehdin tutkinto-ohjelma	
Työn tekijä Ville Hintsala	
Työn nimi Energiatehokas ja ekologinen massiivipuutalo	
Päiväys 04.05.2022	Sivumäärä/Liitteet 30/1
Toimeksiantaja Erja ja Heikki Hintsala	
Tiivistelmä <p>Opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia ja kehittää uudenlaista massiivipuorakennetta ja rakentamistapaa Suomessa. Työn pääosassa oli Pohjois-Pohjanmaalle Alavieskaan toteutuvan pilottikohteen toteutussuunnittelu. Pilottikohteeseen sisältyy yksilöllisen pientalon sekä talousrakennuksen sijoitettuna poikkeukselliselle rakennuspaikalle.</p> <p>Massiivipuulementtirakenteen ominaisuuksia vertailtiin kahden lähes vastaavan käytössä olevan massiivipuulementtirakenteen kanssa. Suunnittelu tehtiin tietomallipohjaisesti Revit -ohjelmalla ja tarvittavat työpiirustukset tuotettiin tietomallista. Pilottikohteen toteutussuunnittelu vietiin pitkälle ja suunnitelmat tehtiin tarkkaan harkiten pienintä yksityiskohtaa myöden siten, että kokonaisuus näyttää huolitellulta ja on myös helposti rakennettavissa.</p> <p>Työn tuloksena valmistui vertaileva teoreettinen tutkimus massiivipuorakenteesta ja rakentamistavasta sekä toteutussuunnitelmat yksilöllisen ja luonnonmukaisen massiivipuutalon sekä talousrakennuksen rakentamista varten.</p>	
Avainsanat massiivipuorakentaminen, pientalo, ekologisuus, luonnonmukaisuus, Alavieska, arkkitehtisuunnittelu, toteutussuunnittelu	

Field of Study Technology, Communication and Transport	
Degree Programme Degree Programme in Construction Architecture	
Author Ville Hintsala	
Title of Thesis Energy Efficient and Ecological Solid Wood House	
Date 04 May 2022	Pages/Appendices 30/1
Client Erja and Heikki Hintsala	
<p>Abstract</p> <p>The aim of the thesis was to research and develop a new type of solid wood structure and construction method in Finland. The main part of the work was the implementation planning of a pilot project in Alavieska, Northern Ostrobothnia. The pilot project includes an individual single-family house and an outbuilding located on an exceptional building place.</p> <p>The properties of the solid wood element structure were compared with the two almost identical solid wood element structures in use. The design was done on a building information model (BIM) basis with the Revit program and the necessary working drawings were produced from the building information model. The implementation design of the pilot project was taken to an advanced level and the plans were made with careful consideration down to the smallest detail so that the whole looks well-groomed and is also easy to build.</p> <p>As a result of the work, a comparative theoretical study of the solid wood structure and construction method was completed, as well as implementation plans for the construction of an individual and organic solid wood house and an outbuilding.</p>	
<p>Keywords Solid wood building, single-family house, ecology, natural, Alavieska, architecture</p>	

## SISÄLTÖ

1	JOHDANTO .....	5
2	MASSIIVIPUURAKENTTEEN TUTKIMUS JA KEHITYS .....	5
2.1	Alkuperäinen idea .....	5
2.2	Massiivipuुरakentamisen konsepti Sveitsissä .....	5
2.3	MHM-elementti .....	6
2.4	Oma massiivipuुरakenne ja rakentamistapa .....	6
3	TYÖN TAUSTATIEDOT .....	7
3.1	Tilaaja.....	7
3.2	Rakennuspaikka.....	7
3.3	Luonnossuunnitelmat .....	8
3.4	Pääpiirustukset .....	9
4	TOTEUTUSSUUNNITTELU .....	15
4.1	Huomioita toteutussuunnittelun aikana .....	15
4.2	Toteutussuunnitelmat.....	15
5	LOPPUTULOS JA POHDINTA.....	23
	LÄHTEET.....	24
6	LIITE 1 TOTEUTUSSUUNNITELMAT .....	25

## 1 JOHDANTO

Opinnäytetyön aiheena on uudenlaisen massiivipuurakenteen ja rakentamistavan tutkimus ja kehitystyö sekä siihen olennaisena osana liittyvän pilottikohteen toteutussuunnittelu. Pilottikohte toteutetaan Pohjois-Pohjanmaalle Alavieskaan. Rakentaminen on tarkoitus aloittaa keväällä 2022.

Työn tilaajana on perhe, jolla on ollut pitempään haaveena rakennuttaa itselleen koti Alavieskassa sijaitsevalle tontilleen. Aloitin kohteen luonnossuunnittelun syksyllä 2021.

Tavoitteena oli saada pientalon ja autotallin toteutussuunnitelmat valmiiksi maaliskuun 2022 loppuun mennessä.

## 2 MASSIIVIPUURAKENTEEN TUTKIMUS JA KEHITYS

### 2.1 Alkuperäinen idea

Alkuperäinen idea tässä kohteessa käytettävälle massiivipuuiselle rakennetyypille ja rakentamistavalle on isäni Tapani Hintsalan keksimä. Hän on aiemmin löytänyt Sveitsissä ja Saksassa toimivia yrityksiä, jotka tekevät massiivipuutaloja paikallisesti tuotettuna. Sveitsissä olevia yrityksiä löysin itse ainakin kaksi. Sveitsissä massiivipuuelementit tehdään teollisena tuotantona sahatuista täyssärmäisistä kuusi- ja lehtikuusilautoista ristiin latomalla ja laudat kiinnitetään lopullisesti pyökkitaapeilla. Saksassa vastaavia elementtejä kootaan pyökkiruuveilla. Tässä valmistustavassa käytetään hyödyksi eri puulajien ominaisuuksia ja erilaisia kosteuspitoisuuksia. Havu- ja lehtipuiden kosteuskäyttäytyminen on myös erilaista, jota tässä prosessissa hyödynnetään. Lautojen kosteusprosentti on hieman korkeampi kuin pyökkitaapien. Tällä saavutetaan erittäin tiukka kiinnitys lautojen ja puutaapien välille, kun osien kosteus tasaantuu.

Isäni ajatus oli tehdä lähes vastaavanlainen massiivipuuelementti vielä yksinkertaisemmin ja halvemmasta raaka-aineesta.

### 2.2 Massiivipuुरakentamisen konsepti Sveitsissä

Sveitsissä ainakin Nägeli AG ja KÜNG holzbau AG tekevät massiivipuutaloja, joiden elementit tehdään sahatuista täyssärmäisistä kuusilautoista ristiin latomalla. Laudat kiinnitetään toisiinsa pyökkitaapeilla.

Perusajatus Sveitsissä on, että kaikki tapahtuu paikallisesti alkaen puun kaadosta aina talon rakentamiseen asti.

Lautoja on elementissä neljään suuntaan. Pystyssä, vaakasuunnassa ja 45 asteen kulmassa vinottain kahteen suuntaan. Tällä saadaan huomattavasti jäykempi rakenne, kuin pelkästään kahteen suuntaan ristiin ladotulla rakenteella. Lisäksi ovien- ja ikkunoiden aukot ovat lähes valmiit jo elementin tekovaiheessa. Aukkojen reunat sahataan valmiiksi elementin valmistuksen loppuvaiheessa. Tällä säästetään puumateriaalia huomattavasti.

Löysin KÜNG Holzbau AG:n kotisivuilta tutkimustietoa heidän valmistamastaan seinäelementistä.

Seinäelementille tehtyjen tutkimusten mukaan sen lämmönjohtavuus on 0,084 W/mK.

Palonkestoluokka REI90saavutetaan 180 mm paksulla seinäelementillä sekä sisä- että ulkoseinässä.

### 2.3 MHM-elementti

MHM-elementit (Massiv Holz Mauer) on tehty ympärähöylätyistä toiselta puolelta uritetuista ja pontatuista laudoista ristiin ladottuna. Laudat on kiinnitetty toisiinsa alumiininauloilla. MHM-elementeissä käytetään siksi alumiininauloja, koska elementit tehdään suurina levyinä, joista sahataan ikkunoiden ja ovien aukot pois. Aukoista irrotettuja elementin paloja hyödynnetään jonkin verran pienemmissä elementeissä. Nauloja tarvitaan 250 mm paksulle elementille n. 1200 kpl/m<sup>2</sup>, jos käytetään 150 mm leveitä lautoja. Jos lautojen leveys on 100 mm, tarvitaan nauloja 1800 kpl/m<sup>2</sup>. (Helamo, Markku 2018. MHM-info. Sijainti: Ammattiopisto Lappia ja Digipolis, Puuket-hanke). MHM- elementtien lämmönjohtavuus on 0,094 W/mK. Palonkestoluokka REI 90 saavutetaan 205 mm paksulla seinäelementillä, jossa on toiselle puolelle asennettu 18 mm paksu kipsikartonkilevy.

### 2.4 Oma massiivipuurakenne ja rakentamistapa

Kehitämme lähes vastaavanlaista massiivipuurakennetta, kuin edellä mainittu Nägeli Holzbau AG:n tuottama massiivipuelementtirakenne.

Lähtökohtana on tehdä vastaavanlainen elementti vielä edullisemmin ja pienemmillä laitekustannuksilla. Raaka-aineena käytetään vajasärmäistä kuusilautaa, joka on Suomessa edullisempaa, kuin täyssärmäinen. Tämän lisäksi saadaan lisäarvoa seinäelementille paremman lämmöneristävyyden muodossa. Elementit kootaan teräsnauloilla ja isojen aukkojen kohdat jätetään jo elementin valmistusvaiheessa tyhjiksi sekä elementtien reunat siistitään elementin valmistusvaiheessa.

Valitettavasti en pystynyt tekemään tutkimuksia kehittämällämme massiivipuurakenteella, koska Savonia ammattikorkeakoulun laboratoriossa ei ole tarvittavia tutkimusvälineitä, eikä tässä vaiheessa ollut mahdollista tutkituttaa rakennetta ulkopuolisella tutkimuslaitoksella.

Teräsnauloissa on etuna alumiiniin verrattuna huomattavasti pienempi lämmönjohtavuus sekä suurempi veto- ja leikkauslujuus. Teräksen lämmönjohtavuus on noin 20 % alumiinin lämmönjohtavuudesta. Tällä saadaan hyvin todennäköisesti sama palonkestoluokka, kuin MHM-elementillä ja sveitsiläisellä massiivipuelementillä, joka on REI90.

### 3 TYÖN TAUSTATIEDOT

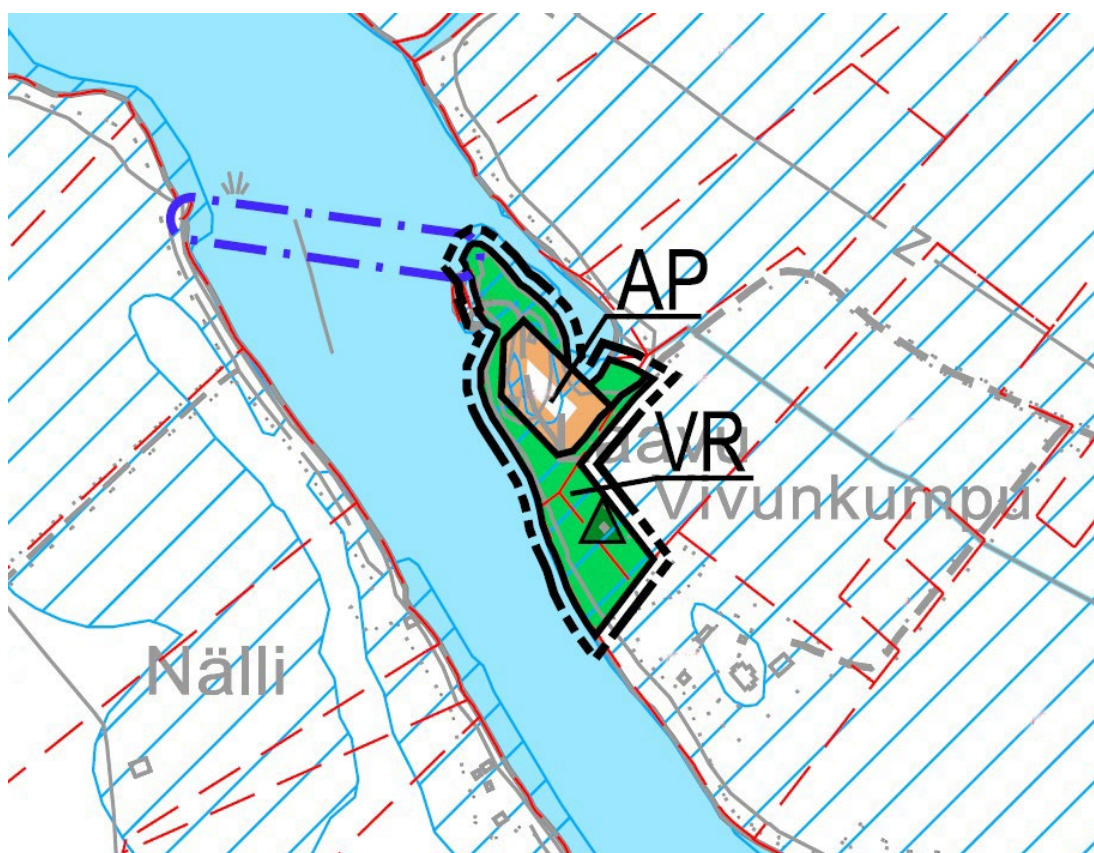
#### 3.1 Tilaaja

Työn tilaajana toimivat Erja ja Heikki Hintsala. Suunnittelen heille uuden rakennettavan pientalon Alavieskaan heidän omalle tontilleen. Kyseinen tontti on ollut heidän omistuksessaan jo kymmenen vuotta. Nyt heillä on aikomus alkaa rakennuttamaan itselleen talo kyseiselle tontille.

Asiakkaan toiveina oli toteuttaa uusi koti mahdollisimman ekologisesti mahdollisimman pienellä energiankulutuksella ja pienillä rakentamiskustannuksilla. Perusajatus on ollut massiivipuutalosta, jossa käytetään mahdollisimman paljon puuta rakennusmateriaalina. Ensimmäisessä suunnittelupalaverissa kävimme läpi suunnitteluun liittyvät pääasiat ja asiakkaan tärkeimmät toiveet. Asiakkaan vaatimus oli, että pääovesta sisään tullessa pitää olla esteetön näköyhteys joelle ja saunan lauteilta näkymä ilta-auringon suuntaan joelle. Lisäksi asiakas halusi ison terassin, jota pystyisi käyttämään olohuoneen jatkeena aikaisesta keväästä myöhäiseen syksyyn.

#### 3.2 Rakennuspaikka

Rakennuspaikka sijaitsee Alavieskassa Kalajoen varrella pienellä niemellä. Tontti on haja-asutusalueella, joten sillä ei ole asemakaavaa, joka rajoittaisi tai ohjaisi rakennussuunnittelua. Rakennuspaikalla on oikeusvaikutteinen osayleiskaava. Yleiskaavaan on haettu aikanaan muutos, tontille on saatu rakennuspaikka.



Kuva 1 Osayleiskaava (Muokattu Alavieskan kunta. Osayleiskaavan muutos)

Päärakennus tulee sijoittumaan lähelle rantaa, johtuen tontin ja rakennusalueen erityispiirteistä.

Rakennuspaikan ympäristö ja osa rakennuspaikasta sijaitsee tulvauhanalaisella alueella, joka asettaa tiettyjä reunaehdoja rakentamiselle. Yleiskaavassa todetaan seuraavaa: "Rakennuspaikka ei saa olla tulvauhanalainen (MRL 116§), Alaville alueille rakennettaessa tulee huomioida tulva- ja kosteusvahinkojen vaara. Tulvavahingoille alttiit rakennusosat tulee sijoittaa korkeustason N2000 +45,00 m (N60 +44,60 m) yläpuolelle, elleivät kaavan hyväksymisen jälkeen valmistuvat selvitykset muuta osoita, taikka rakennusluvan myöntävä viranomais ei olosuhteista johtuen vaadi rakennusta sijoitettavaksi korkeammalle. Mikäli em. rakentamiskorkeus on joskus ylitetty (jääpatotulva), on tämä korkeampi korkeus otettava määrääväksi korkeudeksi alimpia rakentamiskorkeuksia määritettäessä." (Keskustan osayleiskaavan 2030 muutos vivunkummun alueella. Alavieskan kunta 2020)

### 3.3 Luonnossuunnitelmat

Aloitin kohteen luonnossuunnittelun jo syksyllä 2021. Koko projektin ajan tein suunnitelmat pääosin tietomallipohjaisesti Revit -ohjelmalla. Tein luonnossuunnitelmat aiempaan opintojaksoon liittyen. Luonnossuunnittelun jälkeen Kohteelle haettiin pätevä ilmanvaihdon suunnittelija, joka on perusvaatimus painovoimaisen ilmanvaihdon toteutuksessa. Rakennusvalvonnan kanssa pidetyssä ennakkopalaverissa kävimme myös läpi ilmanvaihtoon liittyviä perusasioita.

Rakennetyypit päätimme yhdessä tilaajan ja rakennesuunnittelijan kanssa. Ulkoseinät tulevat massiivipuulementeistä. Alapohjan rakenne tulee olemaan tuulettuva alapohja puupalkistolla ja kutterinlastueristeillä. Yläpohja tehdään NR-ristikoilla ja kutterinlastueristeillä. Antti Forss on Tampereen yliopistossa vuonna 2020 valmistuneessa diplomityössään käsitellyt kutterinlastu- ja purueristeiden lämpö- ja kosteusteknistä käyttäytymistä tämän hetken ja tulevaisuuden ilmasto-olosuhteissa. tähän tutkimustietoon pohjautuen valitsimme ala- ja yläpohjien eriteiksi kutterinlastun, koska Forss on todennut diplomityössään sen olevan lämpö- ja kosteusteknisesti toimiva ratkaisu diffuusioavoimissa rakenteissa. Rakenteen ilmatiiveys on kuitenkin oltava hyvä, jotta ilmanvaihdon ilmavirrat saadaan hallittua. Tällä ratkaisulla saadaan myös lisäarvoa rakennukselle sillä, että kaikki rakenteet ovat yksiaineisia ja diffuusioavoimia, jolloin ympäröivä ilmankosteus pääsee vapaasti siirtymään rakenteisiin ja rakenteista pois. Diffuusioavoin rakenne tarkoittaa yksinkertaisesti sitä, että rakenteessa ei ole ilmankosteuden siirtymistä estävää rakennekerrosta, kuten esimerkiksi muovista kalvomaista tai liimasta muodostuvaa höyrynsulkua.

Ennen rakennusluvan hakemista olin useamman kerran yhteydessä rakennusvalvonnan kanssa kohteen erityispiirteistä johtuen. Rakennusvalvontaviranomainen on ollut hyvin kiinnostunut kyseisestä rakennusprojektista ja olemme hyvässä yhteishengessä saaneet vietyä projektia eteenpäin.

Tein tilaajan kanssa vertailua suoran sähkölämmityksen ja ilmalämpöpumpun sekä ilma-vesilämpöpumpun välillä käyttäen apuna Motiva Oy:n lämmitystapojen vertailulaskuria. Laskurilla saimme tulokseksi, että kyseisessä kohteessa edullisimmaksi 20 vuoden käyttöajalla tulisi suora sähkölämmitys ja ilmalämpöpumppu. Varaava tulisija tuvan lämmitykseen ja aurinkokeräimet käyttöveden lämmitykseen ovat olleet koko ajan suunnitelmissa mukana, joten niitä en ottanut mukaan laskelmiin, koska niiden osuus lämmitysenergiasta olisi joka tapauksessa sama. Laskurin mukaan kustannustehokkain lämmitystapa olisi suora sähkölämmitys ja ilmalämpöpumppu, joten valitsimme sen talon lämmitysmuodoksi. Laskennallista energiatehokkuutta saataisiin paremmaksi, jos lämmitysmuotona



käytettäisiin uusiutuvia energianlähteitä, esimerkiksi lämpöpumppua tai puuta. Sähkölämmitys ei siksi pärjää muille lämmitysmuodoille laskennallisessa energiatehokkuudessa, koska sille asetetut kertoimet ovat suuremmat, johtuen siitä, että sähköverkosta otettavasta sähköstä ei voida erotella, miten sähkö on tuotettu.

Rakennusluvan edellytyksenä uusille asuinrakennuksille on energiaselvitys ja energiatodistus rakennusluvan hakemista varten. Tässä kohteessa energialaskennan suoritti energialaskentaan erikoistunut ammattilainen. Energiatodistusten laatijalla on oltava riittävä pätevyys, joten kyseisiä asiakirjoja ei kuka tahansa voi laatia. Energialaskennassa on huomioitu aurinkokeräimet käyttöveden lämmityksessä ja varaava tulisija huonetilojen lämmityksessä. Näillä ratkaisuilla saatiin rakennuksen laskennallinen energiankulutus täyttämään sille asetetut vaatimukset. Tarvittaessa energialaskentaa voi vielä täydentää tai tehdä siihen muutoksia ennen rakennuksen käyttöönottokatselmusta.

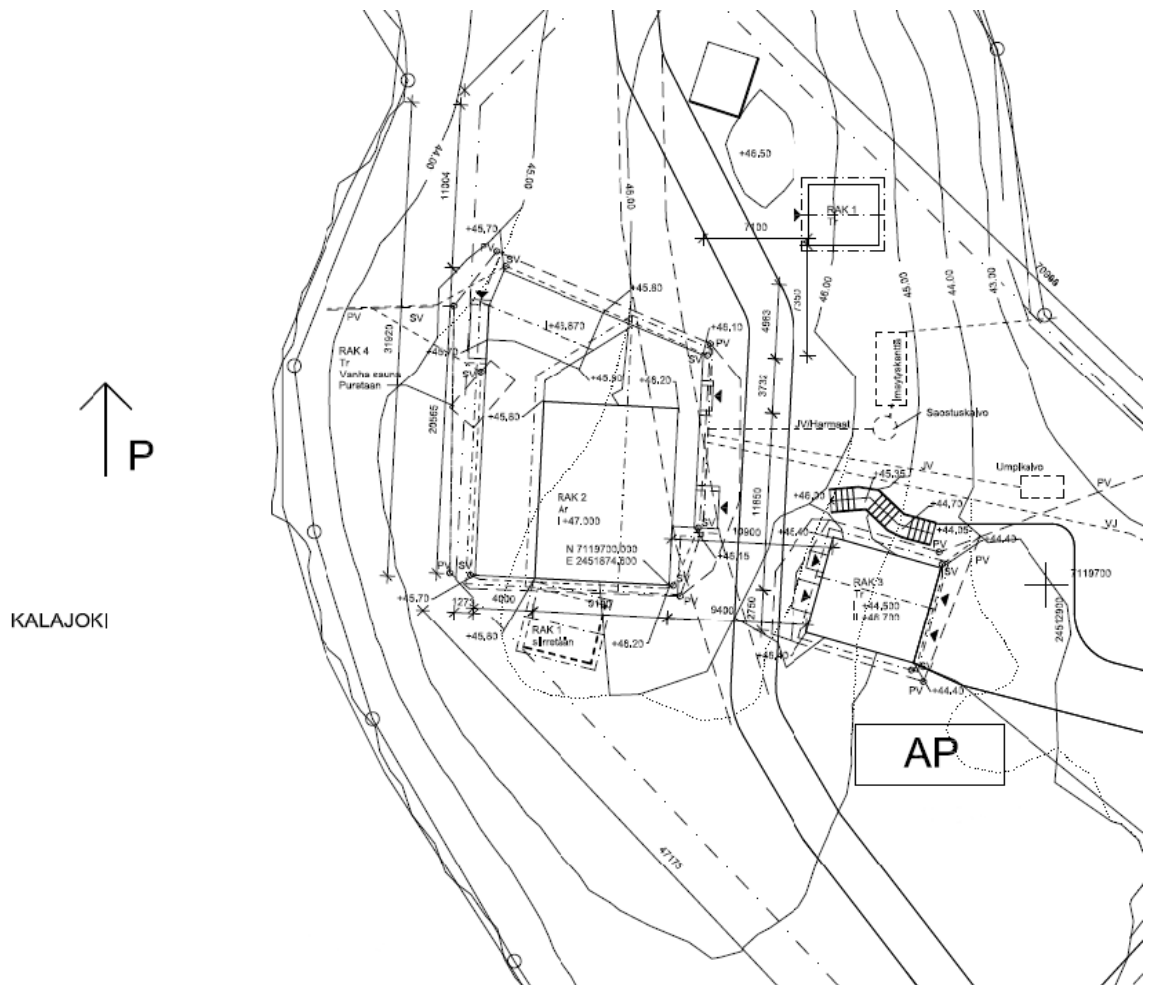
Rakennuslupa kohteelle haettiin 02.03.2022. Rakennusluvan käsittely meni mutkattomasti, eikä rakennusvalvontaviranomaisella ollut mitään huomautettavaa suunnitelmista. Rakennusvalvonta myönsi rakennusluvan 24.03.2022. Rakennuslupa tuli lainvoimaiseksi kahden viikon valitusajan jälkeen 8.4.2022. Yhtään valitusta ei tullut kunnan rakennusvalvontaan rakennusluvasta.

Toteutussuunnittelun aloitin jo ennen rakennuslupahakemuksen jättämistä. Jatkoin toteutussuunnittelua rakennusluvan myöntämistä odotellessa.

### 3.4 Pääpiirustukset

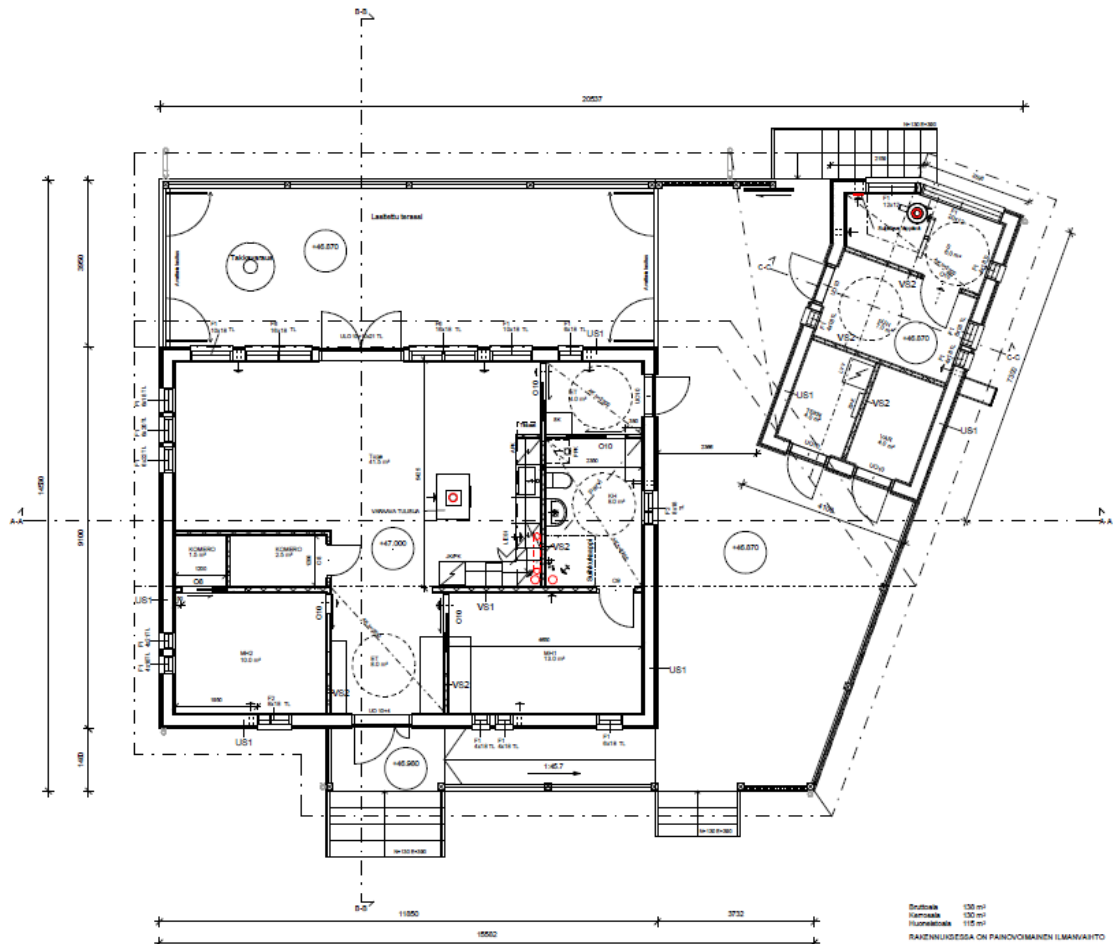
Tein kohteesta pääpiirustukset rakennuslupaa varten tammi-helmikuussa 2022. Lopulliset pääpiirustukset laitoin lupapisteeseen rakennuslupahakemuksen liitteiksi. Rakennusvalvonnalla ei enää rakennusluvan käsittelyvaiheessa ollut mitään huomautettavaa tai lisättävää suunnitelmiin, koska olimme jo yhdessä käyneet läpi mahdolliset tulkintaa vaativat asiat.

Asemapiirroksessa on esitetty rakennusten ja toimintojen sijoittuminen tontille.



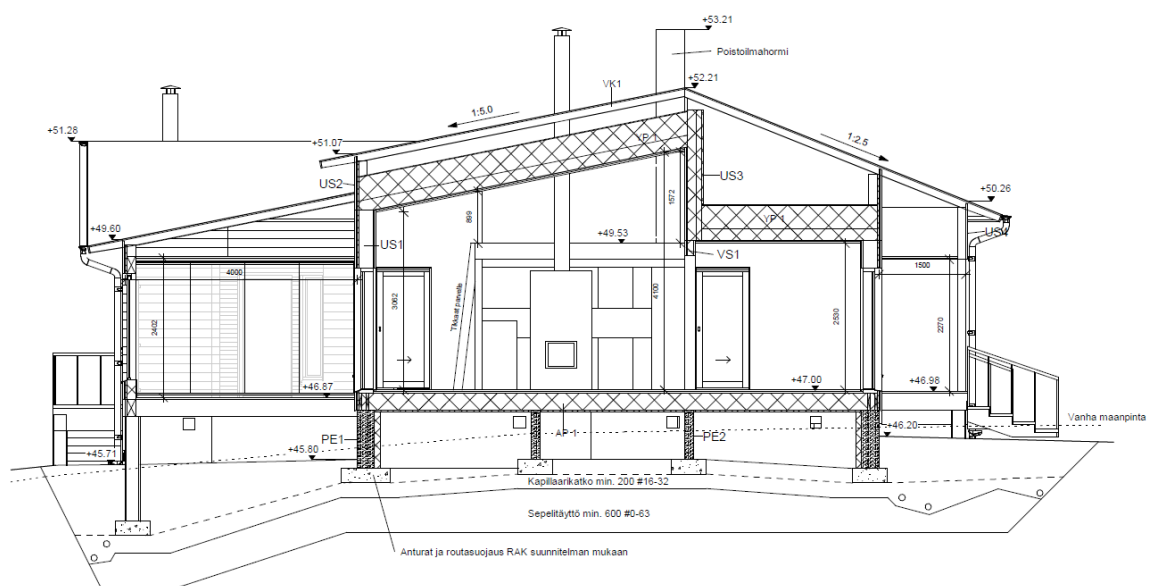
Kuva 2. Asemapiirros, pääpiirustus (Hintsala 2022)

Pohjapiirustuksessa on esitetty tilojen ja toimintojen sijoittuminen rakennuksen sisällä sekä ilmanvaihdon toimintaperiaate. Sain ilmanvaihdon suunnittelijalta vinkin, että tuvan ja makuuhuoneen välillä olevat säilytystilat kannattaa merkitä pohjapiirustuksessa komeroiksi. Tällä ratkaisulla päästiin tilanteeseen, että koko talon osalta riittää yksi poistoilmapiippu vesikatolle. Tämä on hyvä suunnitteluratkaisu, koska vesikattoon kannattaa tehdä mahdollisimman vähän läpivientejä, koska ne ovat aina mahdollisia vuotopaikkoja.



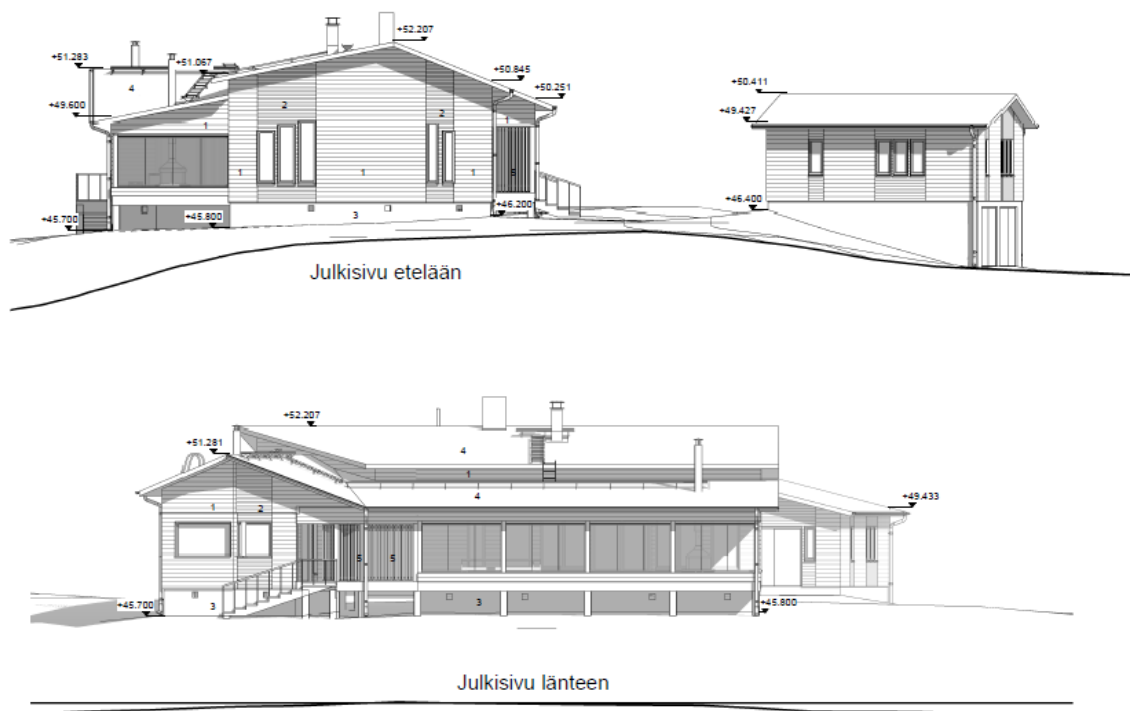
Kuva 3. Pohjapiirustus, pääpiirustus (Hintsala 2022)

Leikkauspiirustuksessa on esitetty ala ja yläpohjien sekä seinien rakennekerrokset sekä joitakin rakennuksen mittoja ja korkeusasemia. Ohessa olevasta leikkauspiirustuksesta näkee myös, miten ylimääräiset lämmitettävät kuutiot on saatu minimoitua.



Kuva 4. Leikkauspiirustus, pääpiirustus (Hintsala 2022)

Julkisivupiirustuksissa on esitetty rakennuksen julkisivujen materiaalit ja värit, aukotus sekä kaikki rakennuksen ulkomuotoon ja ulkonäköön liittyvät asiat.



Kuva 5. Julkisivupiirustus, pääpiirustus (Hintsala 2022)

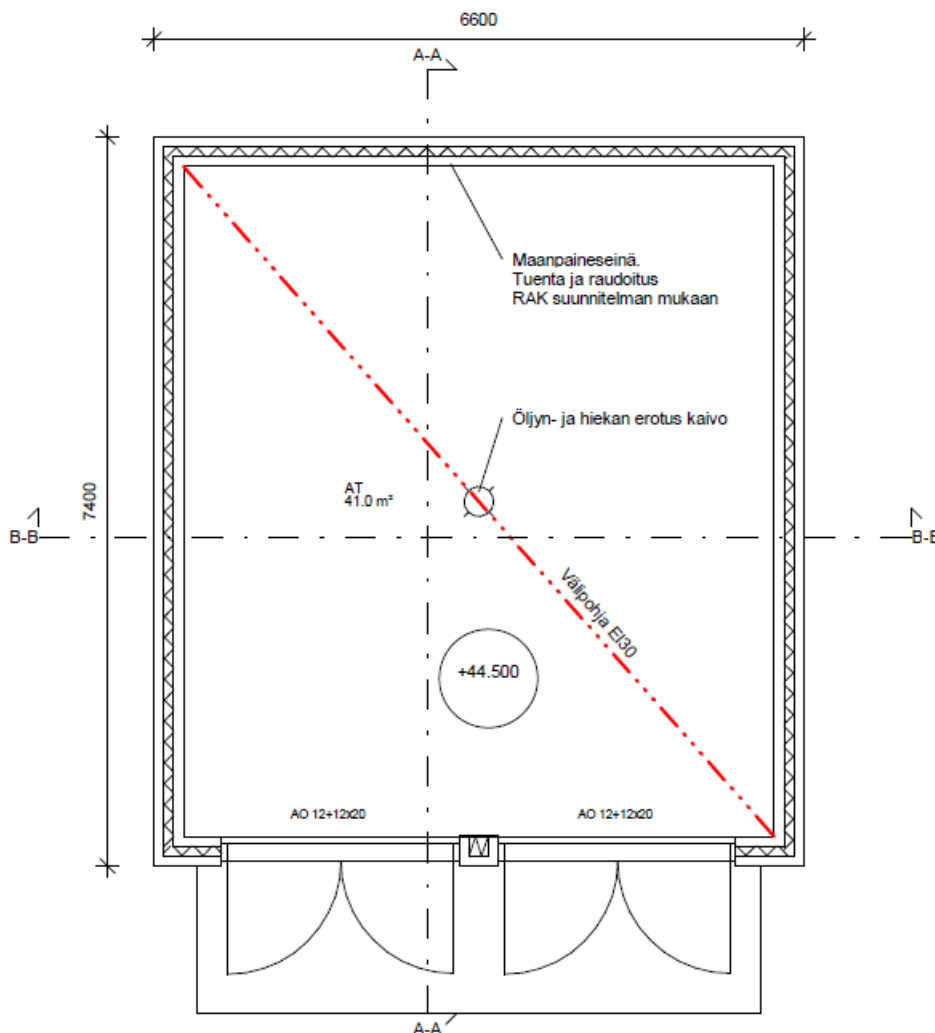
Edellä olevat kuvat ovat otteita pääpiirustuksista, jotka on liitetty rakennuslupahakemukseen. Rakennusvalvontaviranomainen on hyväksynyt kyseiset piirustukset ja myöntänyt tehdyn hakemuksen ja suunnitelmien perusteella rakennusluvan kohteelle.

Talusrakennuksen suunnittelussa oli lähtökohtana suunnitella edullinen autotalli kahdelle henkilöautolle, jonka yläpuolelle varastotilaa. Päädyimme kivirakenteiseen autotalliin ja puurakenteiseen varastoon. Talusrakennuksessa puurakenteiset seinät ovat rankarakenteisia ja yläpohja toteutetaan NR-ristikoilla. Lämmöneristeenä käytetään selluvillaa. Kivirakenteiset seinät ovat kevytsoraeristeharkkoja ja välipohjana betoniset ontelolaatat. Alapohjana on maanvarainen paikallavalettu betoni-laatta. Kerroskorkeudet ovat suhteellisen matalia, koska rakennus sijoittuu rinteeseen ja sisäänkäynnit ovat eri puolilla rakennusta. Lisäksi halusin, että autotallirakennus näyttää sopusuhtaiselta myös tieltä katsottuna. Rakennuksen korkeusasemat on siis sijoitettu olevaan maastoon sopiviksi. Aiemmin mainitsemani viittaus yleiskaavassa määrättyyn alimpaan rakentamiskorkeuteen liittyen kysyin rakennusvalvonnasta autotallin lattian korkeusasemasta, koska autotallin lattia tulee olemaan 0,5 metriä alempana, kuin yleiskaavassa määritetty alin rakentamiskorkeus. Rakennusvalvontaviranomaisen vastaus kysymykseeni oli seuraavanlainen: "Autotalli ei ole tulvauhanalaisella alueella. Sen korkeusasemaa ei määritä alin rakentamiskorkeus."

Talusrakennuksessa vesikaton muodon suunnittelin siten, että se sopii yhteen päärakennuksen kanssa. Myös rakennuspaikan vallitsevat sääolosuhteet on otettu huomioon siten, että talviaikaan vallitseva tuulen suunta luoteesta vaikuttaa sen, että katon eteläpuoleiselle lappeelle kertyy enemmän lunta, kuin pohjoisen puoleiselle lappeelle. Nyt valittu kattomuoto muistuttaa hieman lentoko-

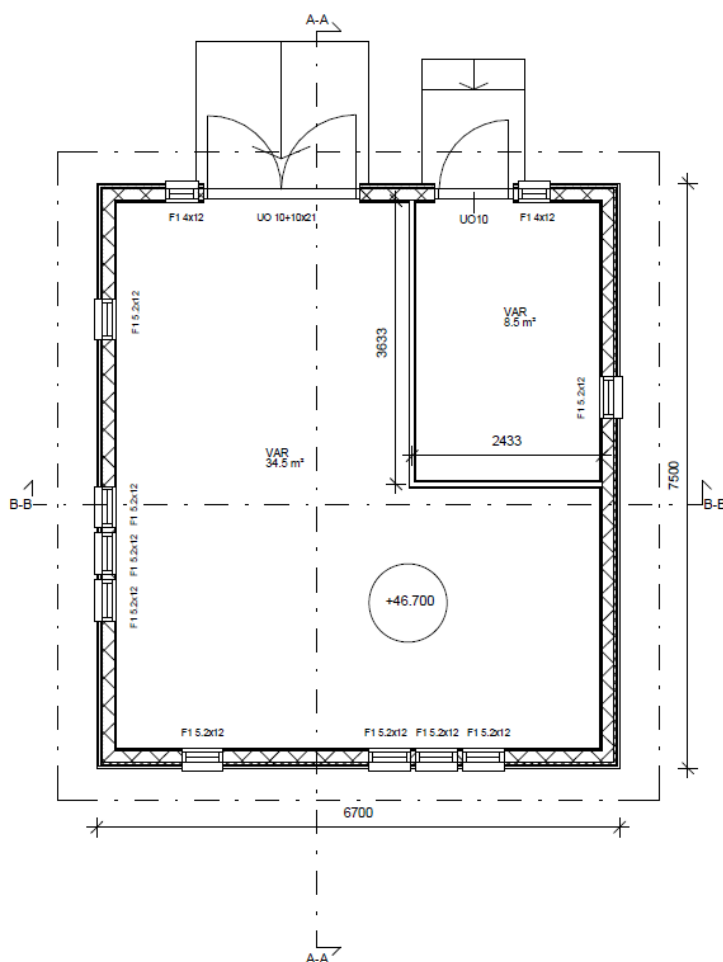
neen siiven muotoa poikkileikkaukseltaan. Suunnitelmissa on tavoitteena, että tuulen puhaltama lumimäärä katolla olisi pienempi, tai ainakin lumikuorma jakautuisi tasaisemmin, kuin toisen käteisellä kattomuodolla tai symmetrisellä harjakatolla.

Pohjapiirustuksissa on esitetty rakennuksen tilat ja toiminnot, palo-osastointi sekä ulkoseinien rakennekerrokset ja ikkunoiden ja ovien sijainnit ja koot.



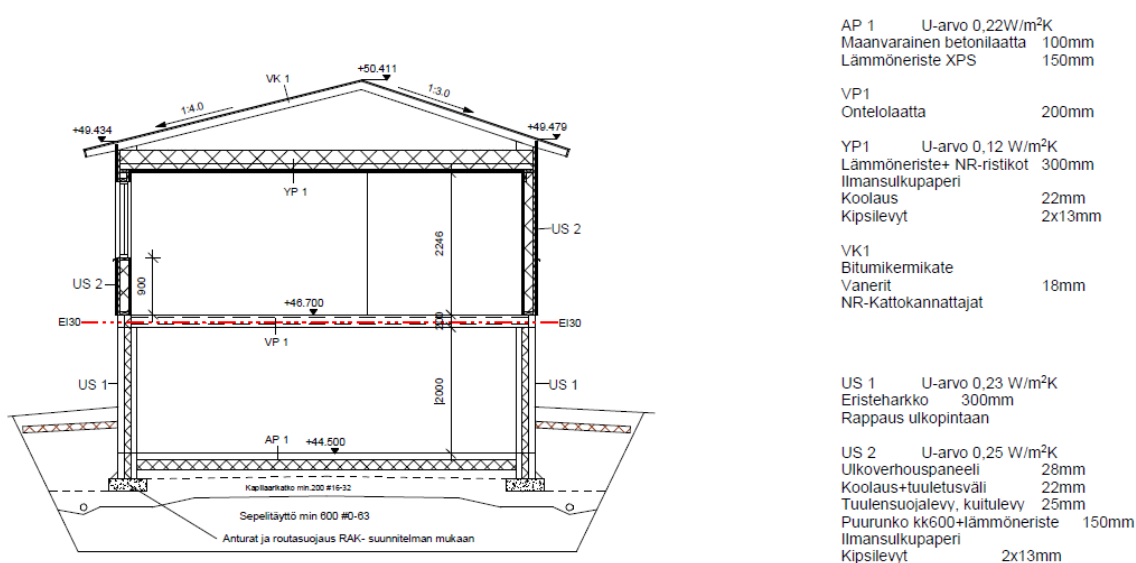
Kuva 6. Autotallin pohjapiirustus, pääpiirustus (Hintsala 2022)

Alemmassa kerroksessa sijaitsee autotalli kahdelle autolle. Ylemmässä kerroksessa varastotilat. Pienempää varastoa ajattelin käytettävän esimerkiksi puutarhatyökalujen yms. säilytyspaikkana ja isompaan varastoon saa ajettua pariovista sisään esimerkiksi päältä ajettavan ruohonleikkurin tai jotain muita pieniä koneita.



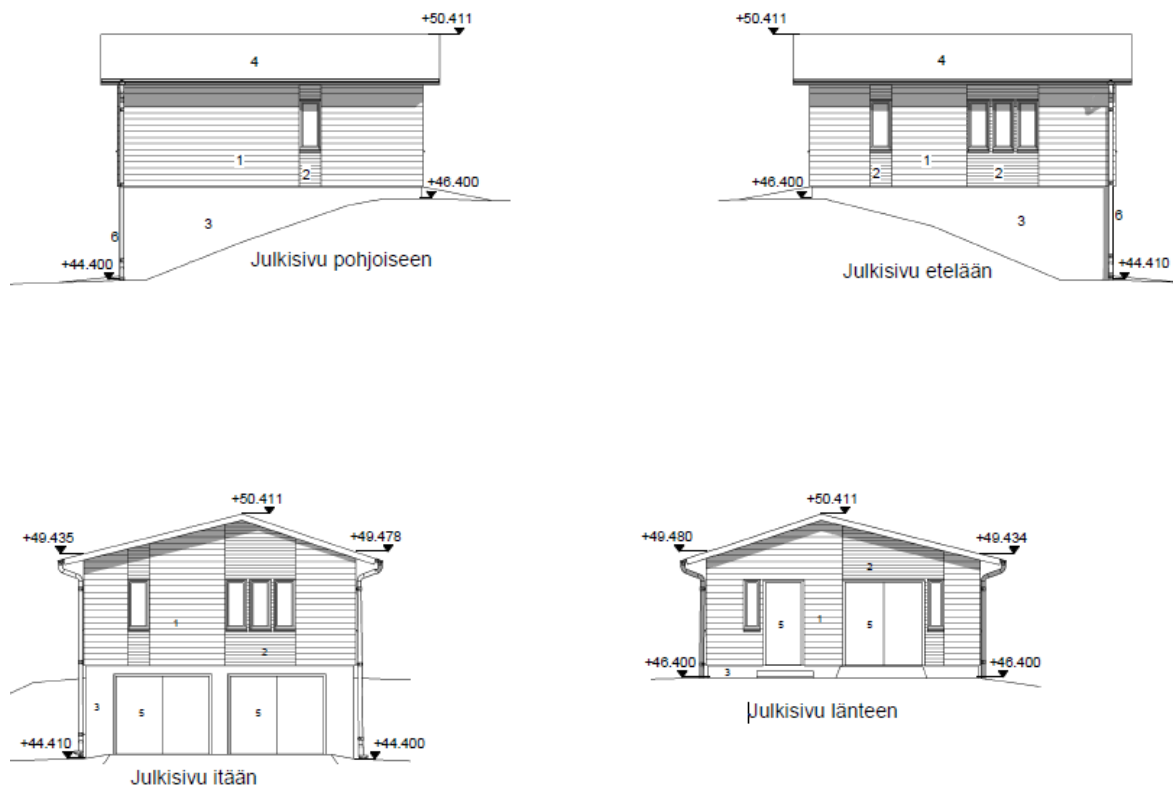
Kuva 7. Varaston pohjapiirustus (Hintsala 2022)

Leikkauspiirustuksessa on esitetty rakennuksen ylä-, ala- ja välipohjien sekä ulkoseinien rakenteet, rakennetyypit tekstimuodossa sekä maanalaisia rakennusosia.



Kuva 8. Autotallirakennuksen leikkauspiirustus (Hintsala 2022)

Julkisivupiirustuksessa on esitetty rakennuksen julkisivumateriaalit ja värit, aukotus, korkeusasemat sekä muut ulkomuotoon ja ulkonäköön vaikuttavat asiat.



Kuva 9. Autotallin julkisivupiirustus (Hintsala 2022)

## 4 TOTEUTUSSUUNNITTELU

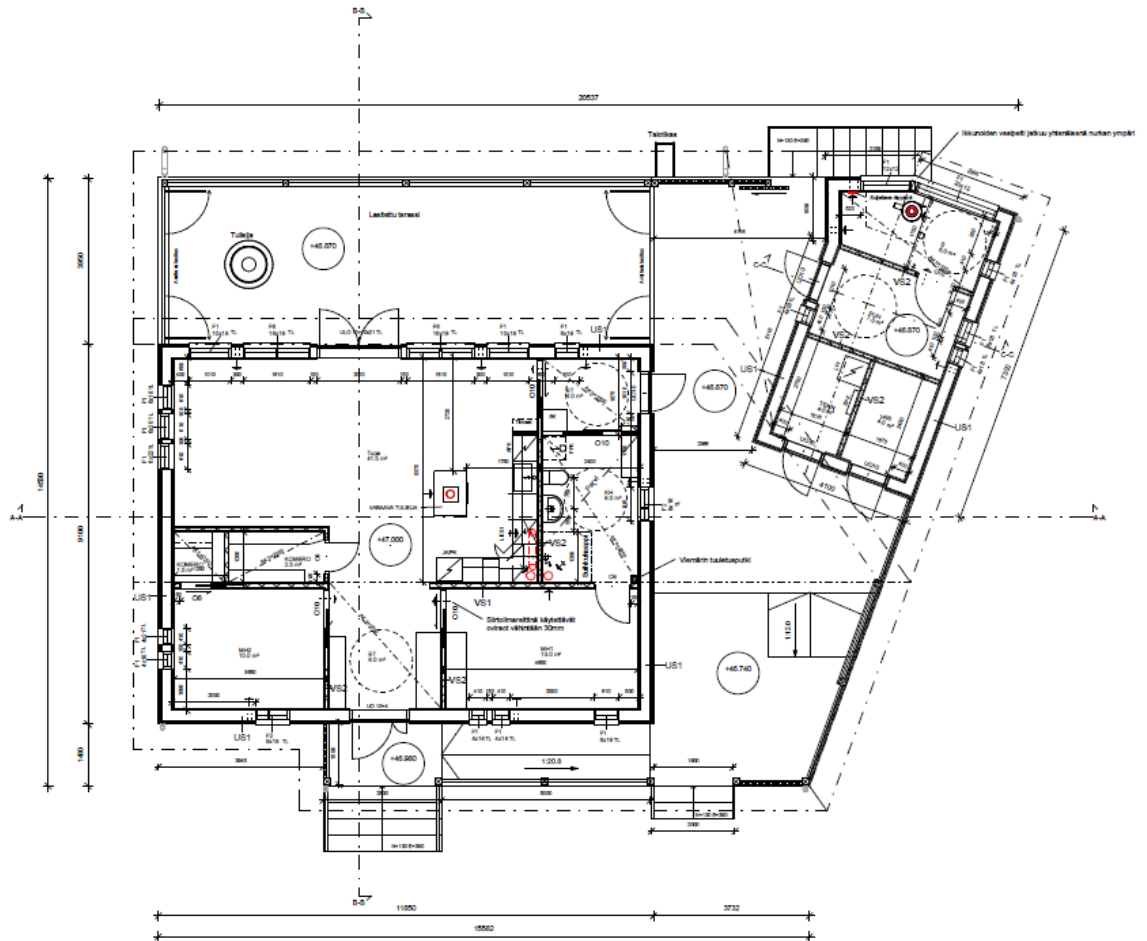
### 4.1 Huomioita toteutussuunnittelun aikana

Aloitin toteutussuunnittelun osittain jo ennen rakennuslupahakemuksen jättämistä. Työpiirustusten tekeminen sujui pääosin hyvin. Kaikki ratkaisut ovat tarkkaan harkittuja ja suunniteltuja siten, että pienetkin yksityiskohdat ovat huoliteltuja, mutta kuitenkin suhteellisen yksinkertaisia toteuttaa.

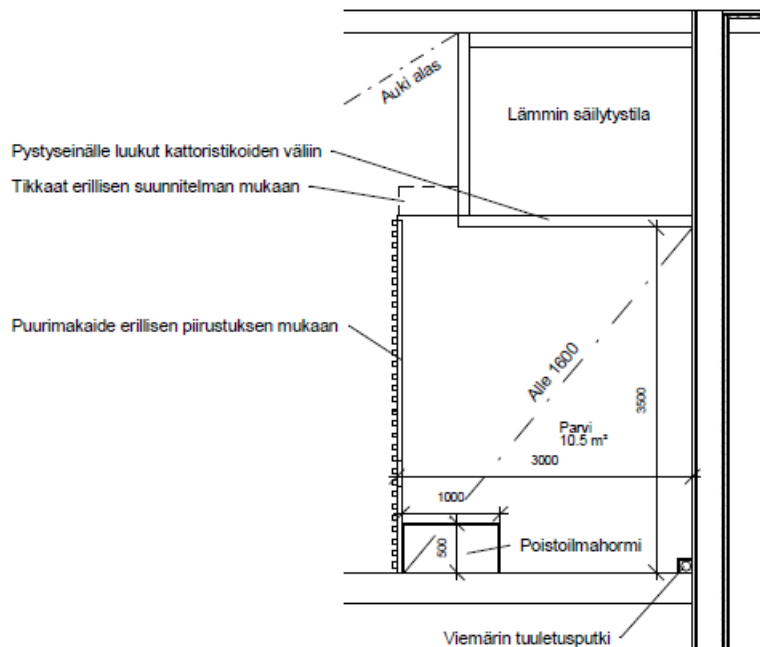
### 4.2 Toteutussuunnitelmat

Tein toteutussuunnitelmat kohteelle pääosin tietomallipohjaisesti Revit -ohjelmalla. Piirustusten numeroinnin toteutin TALO 2000 nimikkeistön mukaan. Tein myös piirustusluettelon piirustuksista käyttäen apuna TALO 2000 nimikkeistöä. Työpiirustukset poikkeavat pääpiirustuksista mitoituksen osalta. Työpiirustuksiin tein mitoituksen siten, että niiden pohjalta osaava rakentaja pystyy rakentamaan rakennukset.

Pohjapiirustukseen mitoitin mm. ikkunoiden ja ovien paikat rakennuksen kantavan rungon pinnasta, koska päärakennus rakennetaan elementeistä, jotka tuodaan työmaalle valmiina. Ikkunoiden ja ovien aukot tehdään valmiiksi elementteihin jo elementin valmistusvaiheessa.



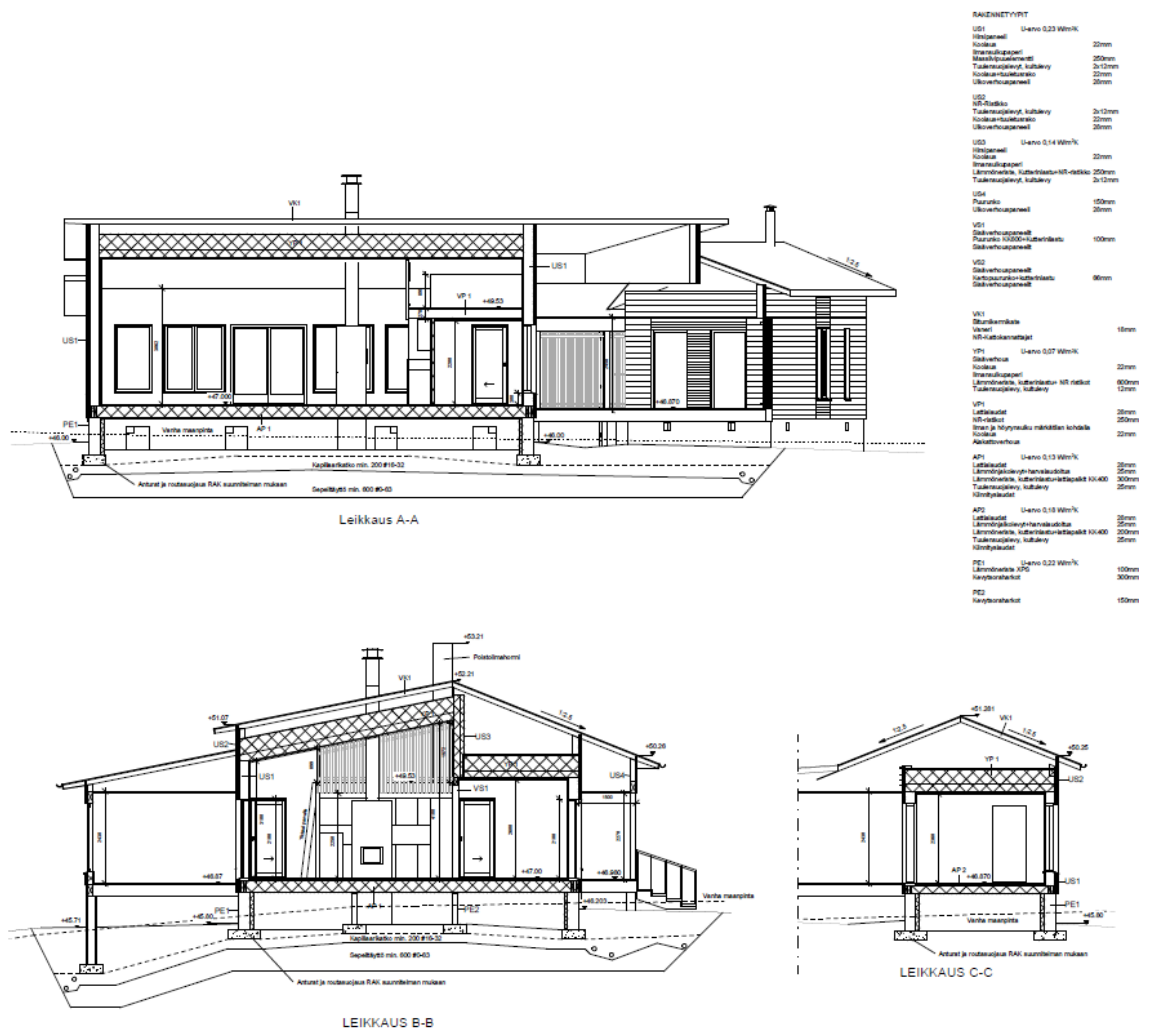
Kuva 10. päärakennuksen 1. kerroksen pohjapiirustus (Hintsala 2022)



Kuva 11. Parven pohjapiirustus (Hintsala 2022)

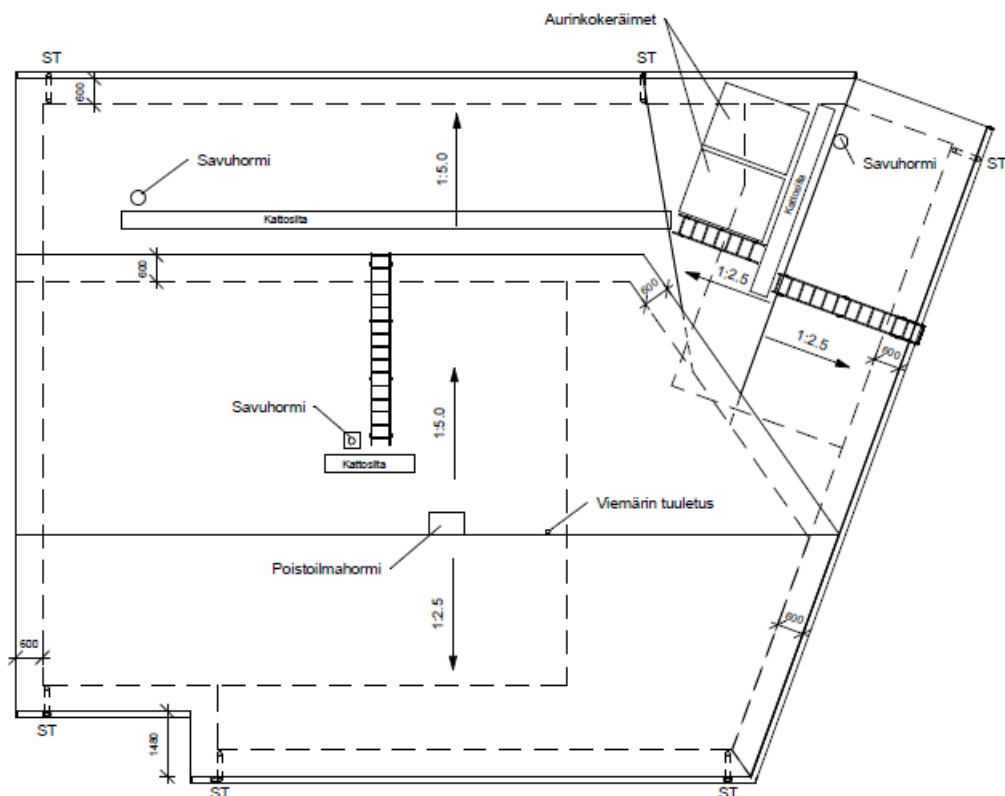
Leikkauspiirustukseen mitoitin tarvittavat korkeus ja etäisyyssmitat sekä korkeusasemat ja päivitin rakenteet. Rakennetyypit lisäsin piirustukseen tekstimuodossa.





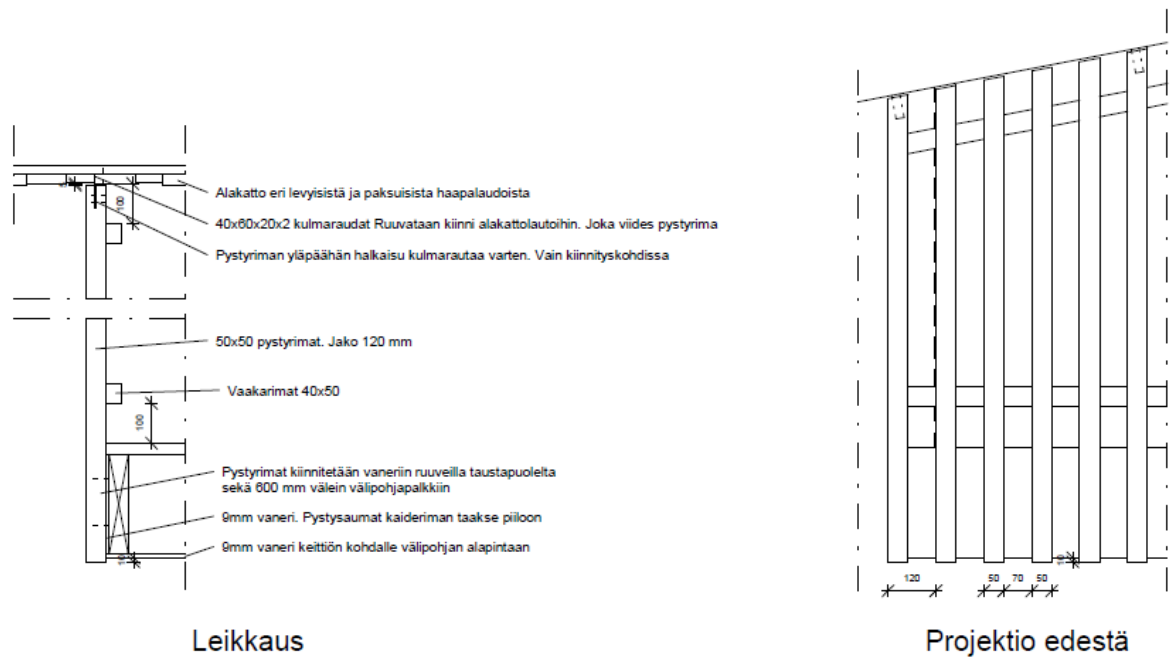
Kuva 12. Leikkauspiirustus (Hintsala 2022)

Vesikattopiirustuksessa olen esittänyt kaikki vesikatolle tulevat piiput ja hormit sekä kattoturvatuotteet. Myös aurinkokeräimien sijoituspaikan olen esittänyt vesikattopiirustuksessa.



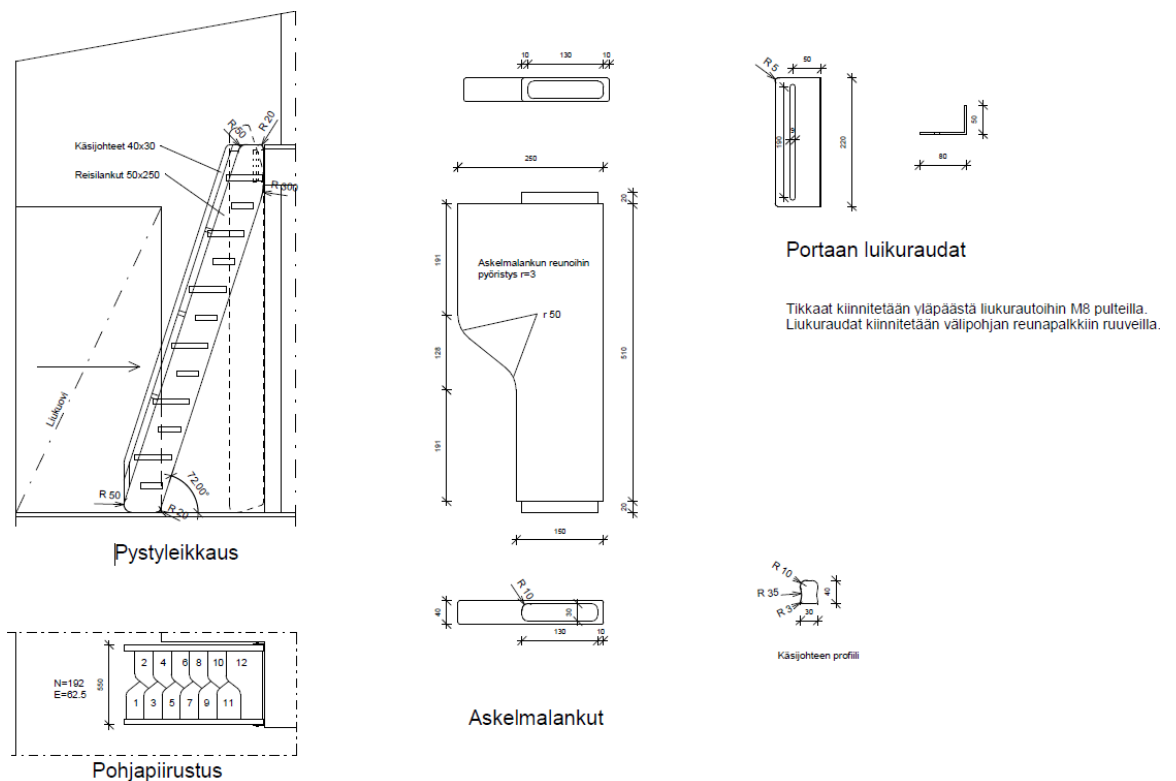
Kuva 13. Vesikattopiirustus (Hintsala 2022)

Sisätiloissa parven kaide ja parvelle johtavat tikkaat suunniteltiin myös itse. kaide toteutetaan 50x50 mm rimasta ja tuetaan alhaalta parven lattiaan ja yläpäästään alakattorakenteisiin. Kaiteen pystyrimat kiinnitetään vaakarimoihin ruuveilla takapuolelta. Kaide kiinnitetään yläpäästä L-teräksillä alakattolautoihin takapuolelta ruuveilla valmiiksi esiporattuihin reikiin halkeamisen estämiseksi. Alapäästään kaide kiinnitetään aluksi vanerilevyyn takapuolelta, joka ruuvataan otsapinnan taakse jäävään välipohjapalkkiin kiinni pystyrimojen välistä. Tällä saadaan kaiteen kiinnityksestä mahdollisimman huomaamaton tuvan puolelta katsottuna ja kiinnikkeet saadaan myös mahdollisimman hyvin piiloon katseilta.



Kuva 14. Parven kaidepiirustus (Hintsala 2022)

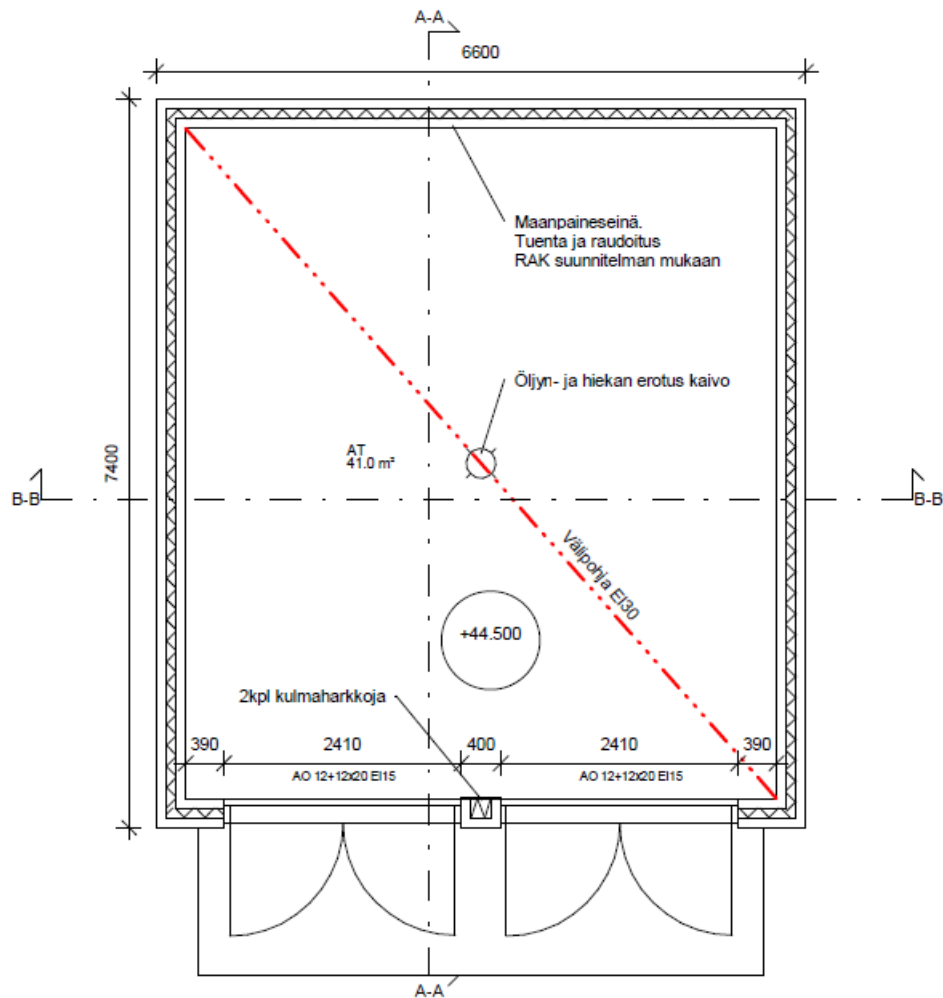
Parvelle johtaville tikkailla ei ole suuremmin tilaa käytettävissä, joten päädyin ratkaisuun, jossa tikkaat voidaan kääntää pystyyn seinää vasten. tällä sain luotua tilaa säästävän ratkaisun tikkaista ja samalla suhteellisen helposti kuljettavat tikkaat parvelle.



Kuva 15. Parven tikkaat (Hintsala 2022)

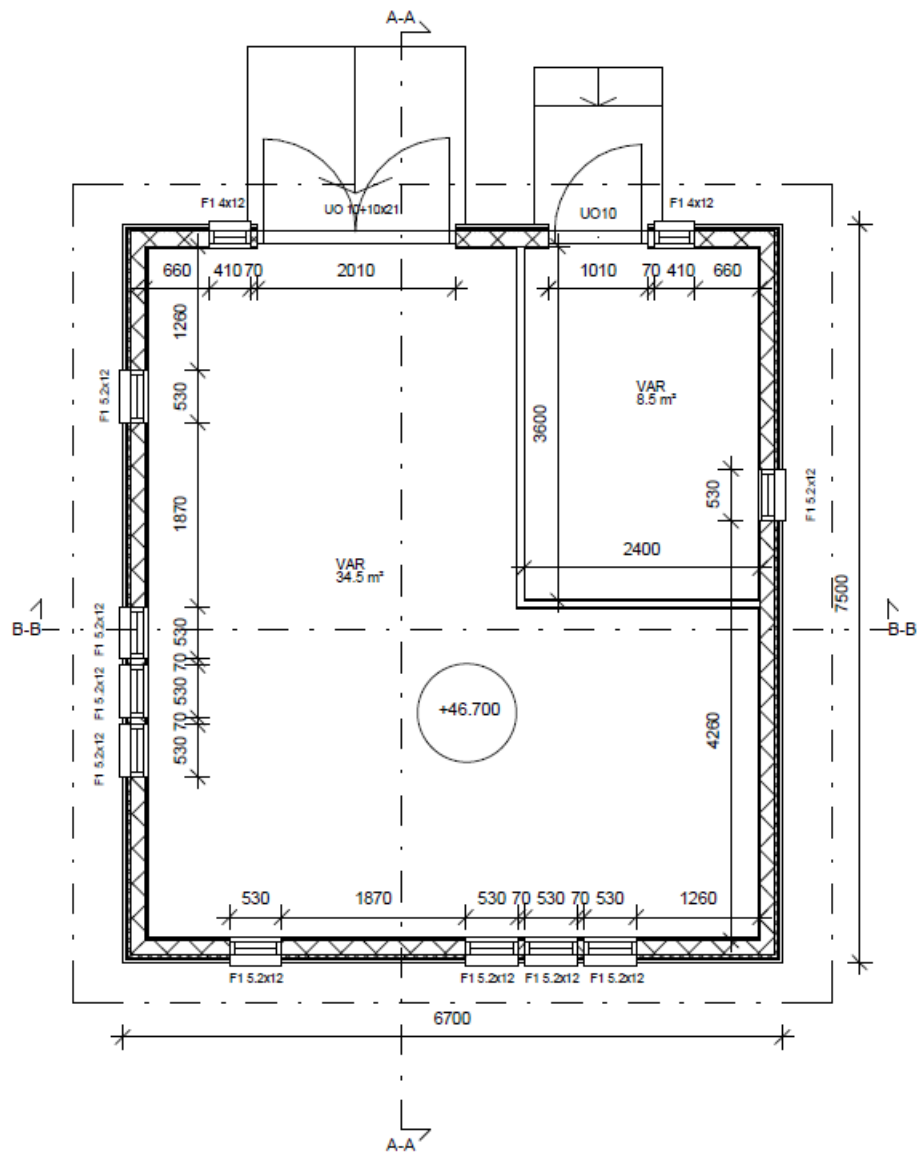
Talusrakennuksesta tein myös tarvittavat työpiirustukset tietomallipohjaisesti Revit -ohjelmalla.

Pohjapiirustuksiin tarkensin mitoituksen käytettävän rakenneratkaisun mukaan. Autotalli rakennetaan eristeharkkoista, joten sen osalta mitoitus on harkkojaon mukaan. välipohjaksi tulee 200 mm paksut ontelolaatat, joten autotallin syvyys on mitoitettu ontelolaatan leveyden mukaan tasajaolle.



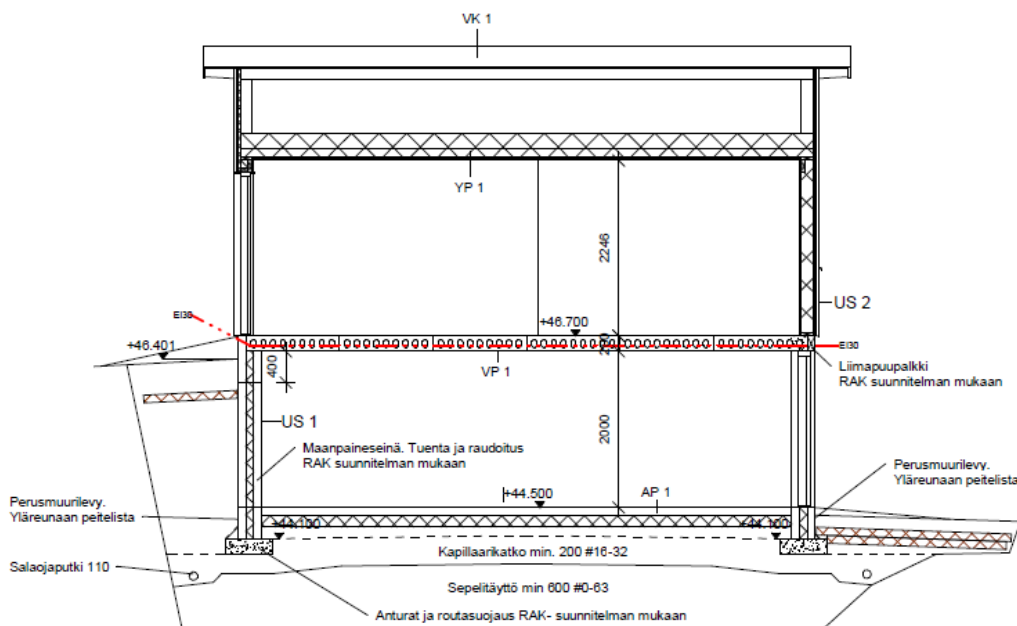
Kuva 16. Talousrakennus autotallin pohjapiirustus (Hintsala 2022)

Autotallin yläpuolinen varasto rakennetaan puusta rankarunkoisena. Mitoitin kaikki ovien ja ikkunoiden paikat ja koot siten, että ne mahtuvat helposti runkotolppien väleihin. Tämä yksinkertaistaa rakennuksen runkoa ja helpottaa ja nopeuttaa rakentamista, josta saadaan selvää säästöä kustannuksissa.

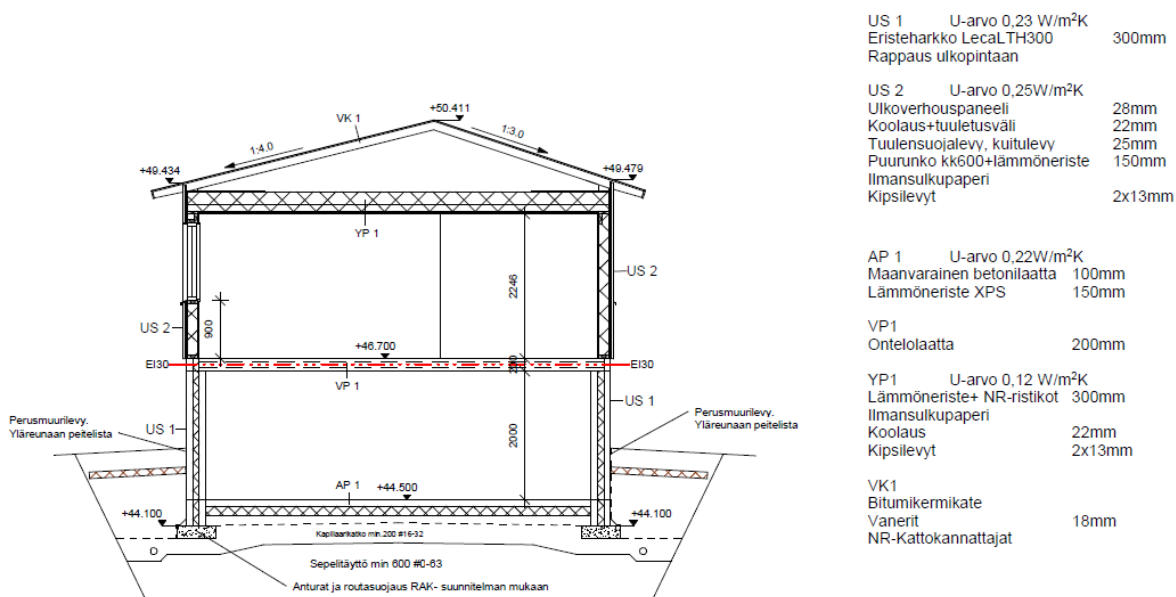


Kuva 17. Talousrakennus varaston pohjapiirustus (Hintsala 2022)

Leikkauspiirustuksissa esitin rakennuksen vaipan rakenteet, palo-osastoinnin sekä maanalaiset rakennekerrokset ja mitoitin tarvittavat korkeusmitat ja korkeusasemat.



Kuva 18. Talousrakennus leikkaus A-A (Hintsala 2022)



Kuva 19. Talousrakennus leikkaus B-B (Hintsala 2022)

Työpiirustusten tekeminen oli mielestäni suhteellisen vaivatonta, kun olin etukäteen miettinyt ja suunnitellut miten kukin kohta toteutetaan käytännössä. Detaljipiirustusten tekeminen oli mielekästä ja palkitsevaa, koska monesti pienillä yksityiskohdilla rakennuksessa on suuri merkitys rakennuksen yleisilmeelle ja viihtyisyydelle.

## 5 LOPPUTULOS JA POHDINTA

Pohdintaa työn tuloksista.

Työ oli kokonaisuudessaan mielenkiintoinen haaste ja mahdollisuus olla mukana kehittämässä uudenlaista massiivipuुरakentamista Suomessa. Rakennuspaikka toi omat erityispiirteensä suunniteluun. Jo alusta alkaen olimme asiakkaan kanssa yksimielisiä siitä, että luonnollisista materiaaleista rakennettavaan taloon kuuluu olennaisena osana luonnollinen ilmanvaihto ja tuulettuva alapohja.

Toteutussuunnittelun aikana valittuihin ratkaisuihin ei enää tullut merkittäviä muutoksia, vain pieniä tarkennuksia. Käytännössä hoidin itse myös pääsuunnittelijan tehtävät, vaikka rakennuslupahakemukseen nimettiin pääsuunnittelijaksi toinen henkilö, jolla on vuosien kokemus rakennusalalta.

Koen ammattitaitoni kehittyneen tämän suunnitteluprojektin aikana huimasti ja olen siitä kiitollinen. Olen saanut olla toteuttamassa asiakaspariskunnan pitkäaikaista unelmaa ja on ollut mielenkiintoista ja innostavaa olla mukana kehittämässä Suomessa uudenlaista massiivipuुरakentamisen konseptia. Olen koko tämän suunnitteluprojektin ajan ollut entistä innostuneempi aiheesta ja on ollut erittäin hienoa huomata, kuinka eri henkilöt, jotka tavalla tai toisella ovat kytköksissä tähän projektiin, ovat ottaneet koko hankkeen innolla ja uteliaisuudella vastaan.

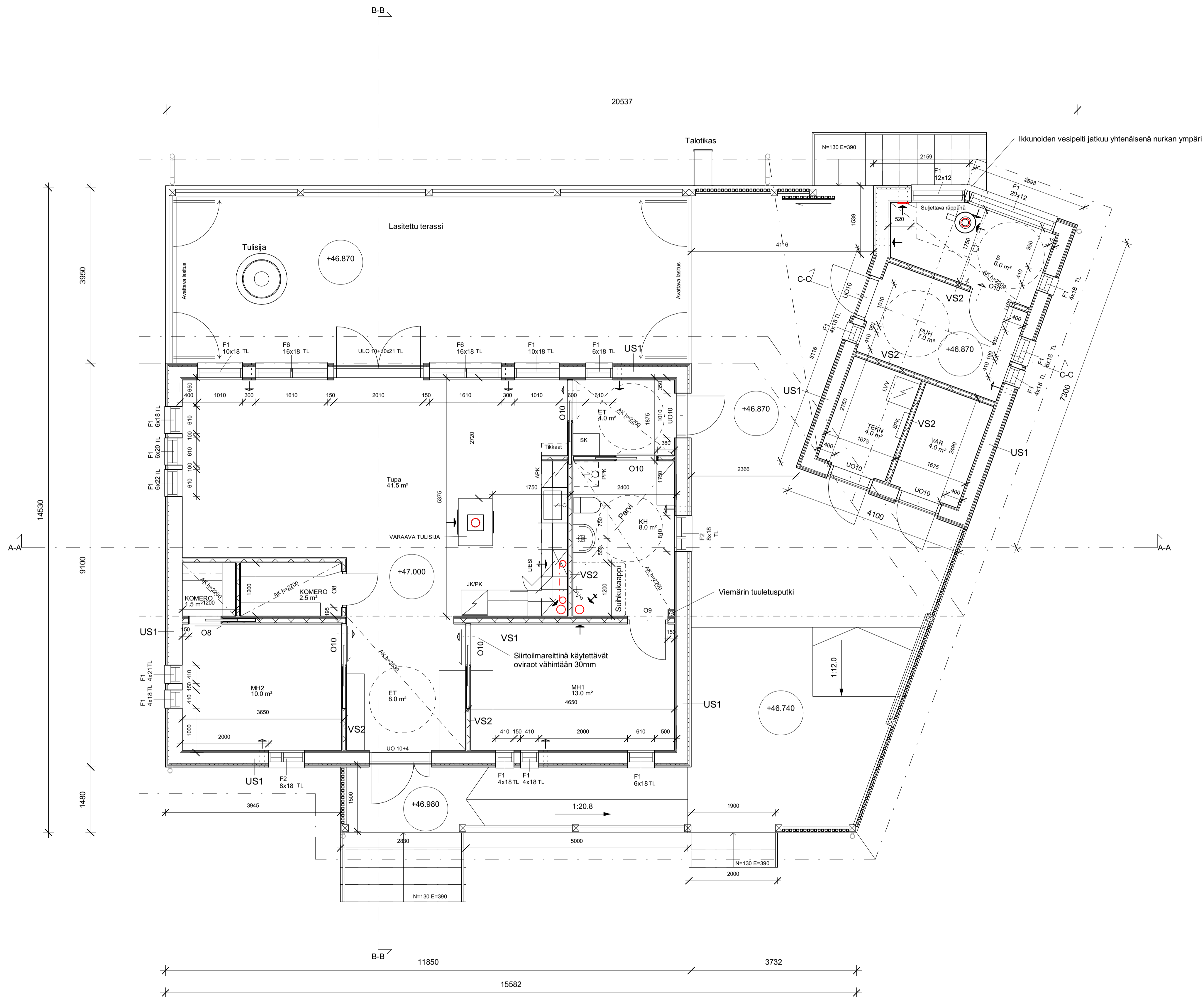
Pääsin myös verkostoitumaan rakennusalalla toimivien eri toimijoiden kanssa sekä erityisalojen suunnittelijoiden kanssa ja sain muilta suunnittelijoilta hyviä vinkkejä suunnittelun tueksi sekä paljon uutta tietoa.

## LÄHTEET

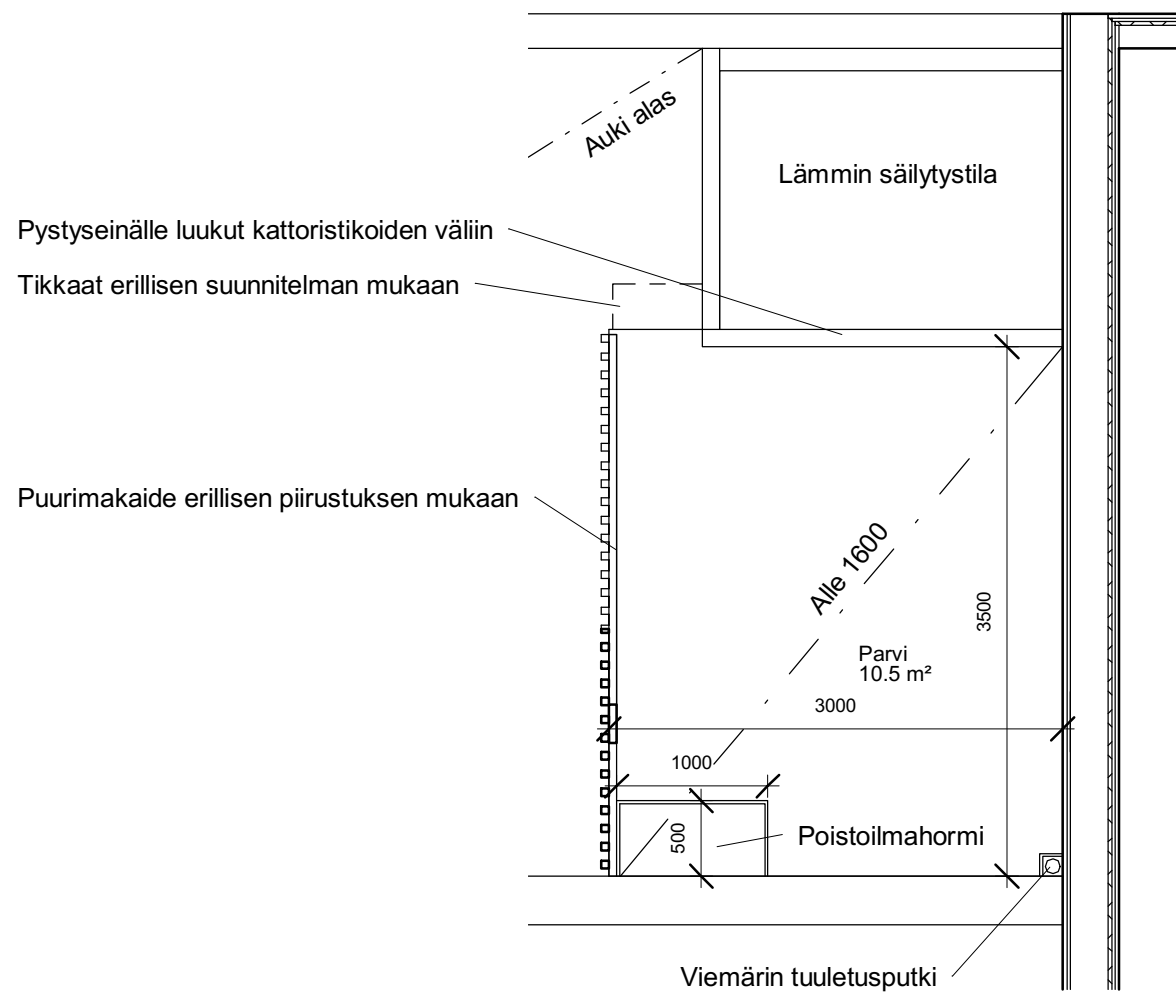
- Forss, Antti 2020. Diplomityö. Sijainti: Rakennetun ympäristön tiedekunta. Tampereen yliopisto.
- Kuuluvainen, Leino. Lindberg, Ben-Roger. Lylykangas, Kimmo. Mikkola, Juulia. Sainio, Jukka. Vuolle, Mika. 2018. Painovoimainen ilmanvaihto opas.
- Lehto, Mikko. 2020. Opinnäytetyö. Sijainti: Talotekniikan tutkinto-ohjelma. Oulun ammattikorkeakoulu.
- Kervinen, Eemeli. 2019. Opinnäytetyö. Sijainti: Rakennustekniikan tutkinto-ohjelma. Savonia-ammattikorkeakoulu.
- Helamo, Markku 2018. MHM-info. Sijainti: Ammattiopisto Lappia ja Digipolis, Puuket-hanke.
- Erat, Bruno ja Björkholz, Dick. Luonnonmukainen talo 1982. Rakentajain kustannus Oy.
- Keskustan osayleiskaavan 2030 muutos Vivunkummun alueella. 2020. Alavieskan kunta.
- Nägeli AG. Gais. Sveitsi. <https://www.naegeli-holzbau.ch>
- Küng Holzbau AG. Alpnach. Sveitsi. <https://www.kueng-holz.ch/de>
- Rombach Bauholz + Abbund GmbH. Oberharmersbach. Saksa. <https://www.rombach-nurholz.de/en.html>



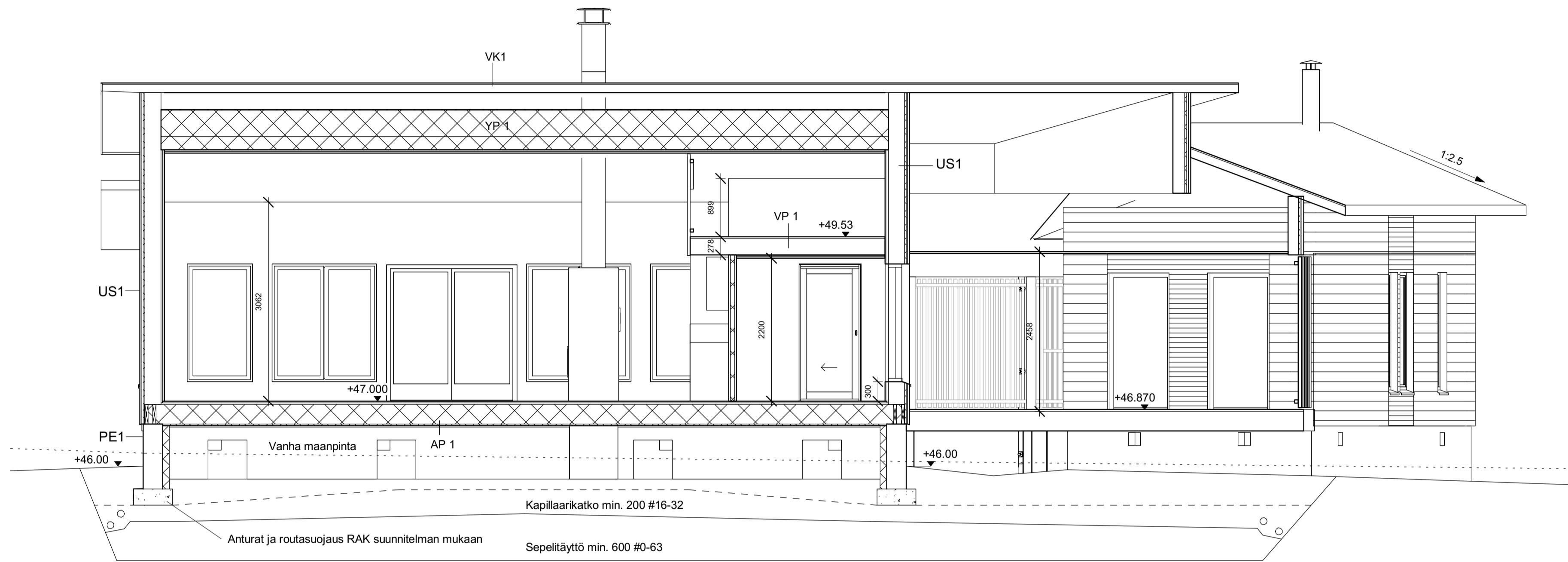
6 LIITE 1 TOTEUTUSSUUNNITELMAT



Kaupunginosa / Kyla	Kortteli / Tila	Tontti / Rno	Viranomaisen merkintä
Rakennusmerkki	UUDISRAKENNUS	Piirustaji	TYÖPIIRUSTUS
Rakennuksen numero / Rakennuksen numero / Rakennusnumeroset	RAK 2	Julkaisun numero	001
Rakennuskohde		Piirustuksen sisältö	mittakaava
		Pohjapiirustus 1.Krs	
Ville Hintasala	Työnumero	Piirustuksen tunnus	muutos
	2021/01	103-001	
	Suunnitteluala	Tiedosto	
	23.2.2022	ARK	



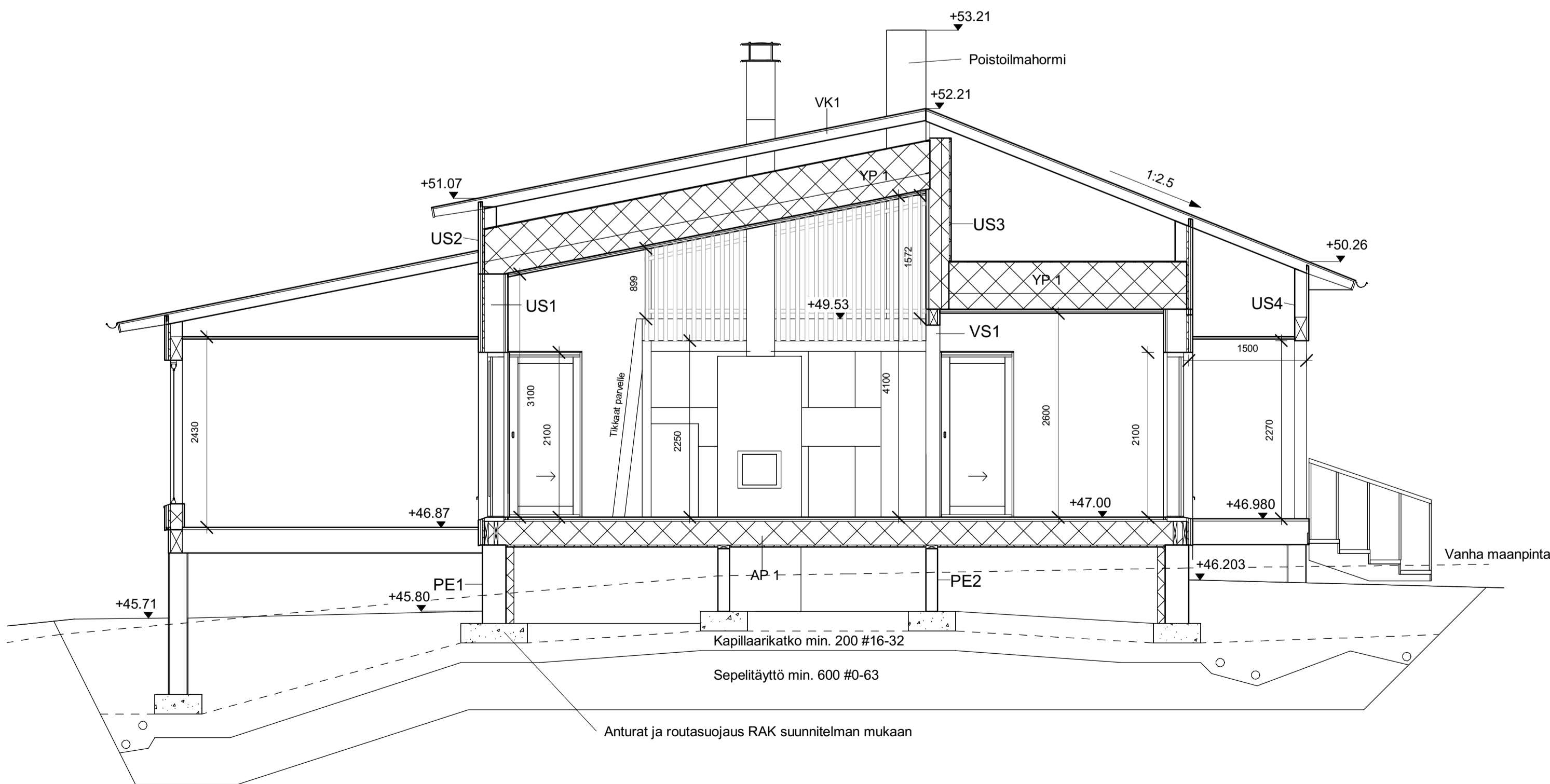
Kaupunginosa / Kylä	Kortteli / Tila	Tontti / Rno	Viranomaisten merkintöjä
Rakennustoimenpide <b>UUDISRAKENNUS</b>	Piirustustaji <b>TYÖPIIRUSTUS</b>	Juokseva numero <b>002</b>	
Rakennuksen numero / Rakennusten numerot / Rakennustunnus / Rakennustunnukset <b>RAK 2</b>	Piirustuksen sisältö	mittakaava	
Rakennuskohde	<b>Pohjapiirustus parvi</b>	<b>1:50</b>	
Ville Hintsala	Työnumero 2021/01	Piirustuksen tunnus 103-002	muutos
	Suunnitteluala	Tiedosto	
	<b>ARK</b>		
	23.2.2022		



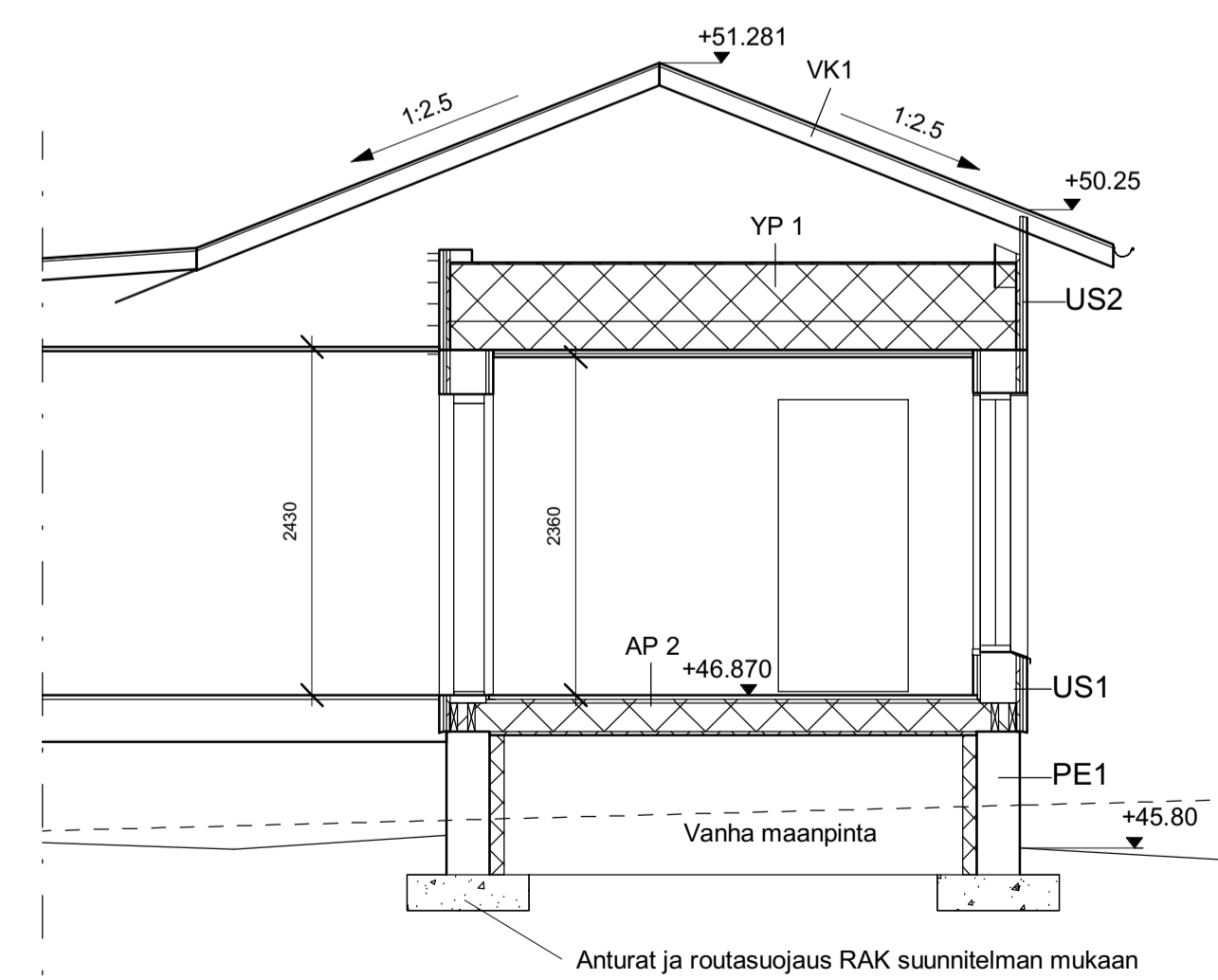
Leikkaus A-A

RAKENNETYYYPIT

US1	U-arvo 0,23 W/m <sup>2</sup> K	
Hirsipaneeli		
Koolaus		22mm
Ilmansulkupaperi		250mm
Massiivipuulementti		2x12mm
Tuulensuojalevyt, kuitulevy		22mm
Koolaus+tuuletusrako		28mm
US2		
NR-Ristikko		
Tuulensuojalevyt, kuitulevy		2x12mm
Koolaus+tuuletusrako		22mm
Ulkoverhouspaneeli		28mm
US3	U-arvo 0,14 W/m <sup>2</sup> K	
Hirsipaneeli		
Koolaus		22mm
Ilmansulkupaperi		250mm
Lämmöneriste, kutterinlastu+NR-ristikko		2x12mm
Tuulensuojalevyt, kuitulevy		2x12mm
US4		
Puurunko		150mm
Ulkoverhouspaneeli		28mm
VS1		
Sisäverhouspaneelit		100mm
Puurunko KK600+Kutterinlastu		
Sisäverhouspaneelit		
VS2		
Sisäverhouspaneelit		66mm
Kertopuurunko+kutterinlastu		
Sisäverhouspaneelit		
VK1		
Bitumikermikate		18mm
Vaneri		
NR-Kattokannattajat		
YP1	U-arvo 0,07 W/m <sup>2</sup> K	
Sisäverhous		
Koolaus		22mm
Ilmansulkupaperi		600mm
Lämmöneriste, kutterinlastu+ NR ristikot		12mm
Tuulensuojalevyt, kuitulevy		
VP1		
Lattialaudat		28mm
NR-ristikot		250mm
Ilman ja höyrynsulku märkätilan kohdalla		
Koolaus		22mm
Alakattoverhous		
AP1	U-arvo 0,13 W/m <sup>2</sup> K	
Lattialaudat		28mm
Lämmönjakolevyt+harvalaudoitus		25mm
Lämmöneriste, kutterinlastu+lattiapalkit KK400		300mm
Tuulensuojalevyt, kuitulevy		25mm
Kiinnityslaudat		
AP2	U-arvo 0,18 W/m <sup>2</sup> K	
Lattialaudat		28mm
Lämmönjakolevyt+harvalaudoitus		25mm
Lämmöneriste, kutterinlastu+lattiapalkit KK400		200mm
Tuulensuojalevyt, kuitulevy		25mm
Kiinnityslaudat		
PE1	U-arvo 0,22 W/m <sup>2</sup> K	
Lämmöneriste XPS		100mm
Kevytsoraharkot		300mm
PE2		
Kevytsoraharkot		150mm



LEIKKAUS B-B

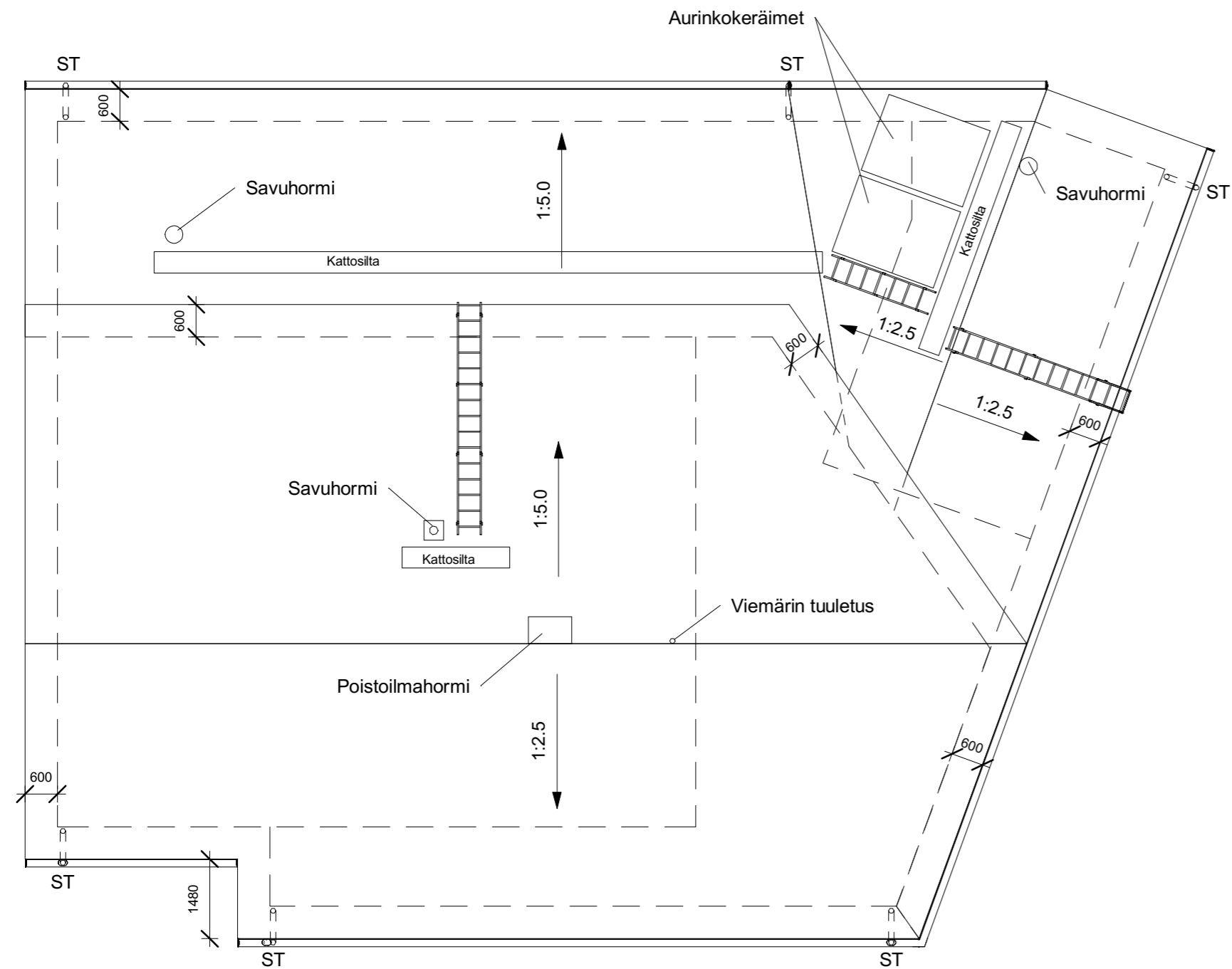


LEIKKAUS C-C

Kaupunginosa / Kyla	Korttel / Tila	Tontti / Rno	Viranomaisen merkintä
Rakennusohje	UUDISRAKENNUS	Piirustaja	Julkaisu numero
Rakennusnumero / Rakennusnumeri / Rakennusnumeri	RAK 2	TYÖPIIRUSTUS	003
Rakennuskohde	Piirustuksen sisältö	Leikkaus B-B	mittakaava
		Leikkaus C-C	1:50
			1:50
Ville Hintsala	Työnumero	Piirustuksen tunnus	muutos
	2021/01	104-001	
	Suunnittelu	Tiedosto	

28.2.2022

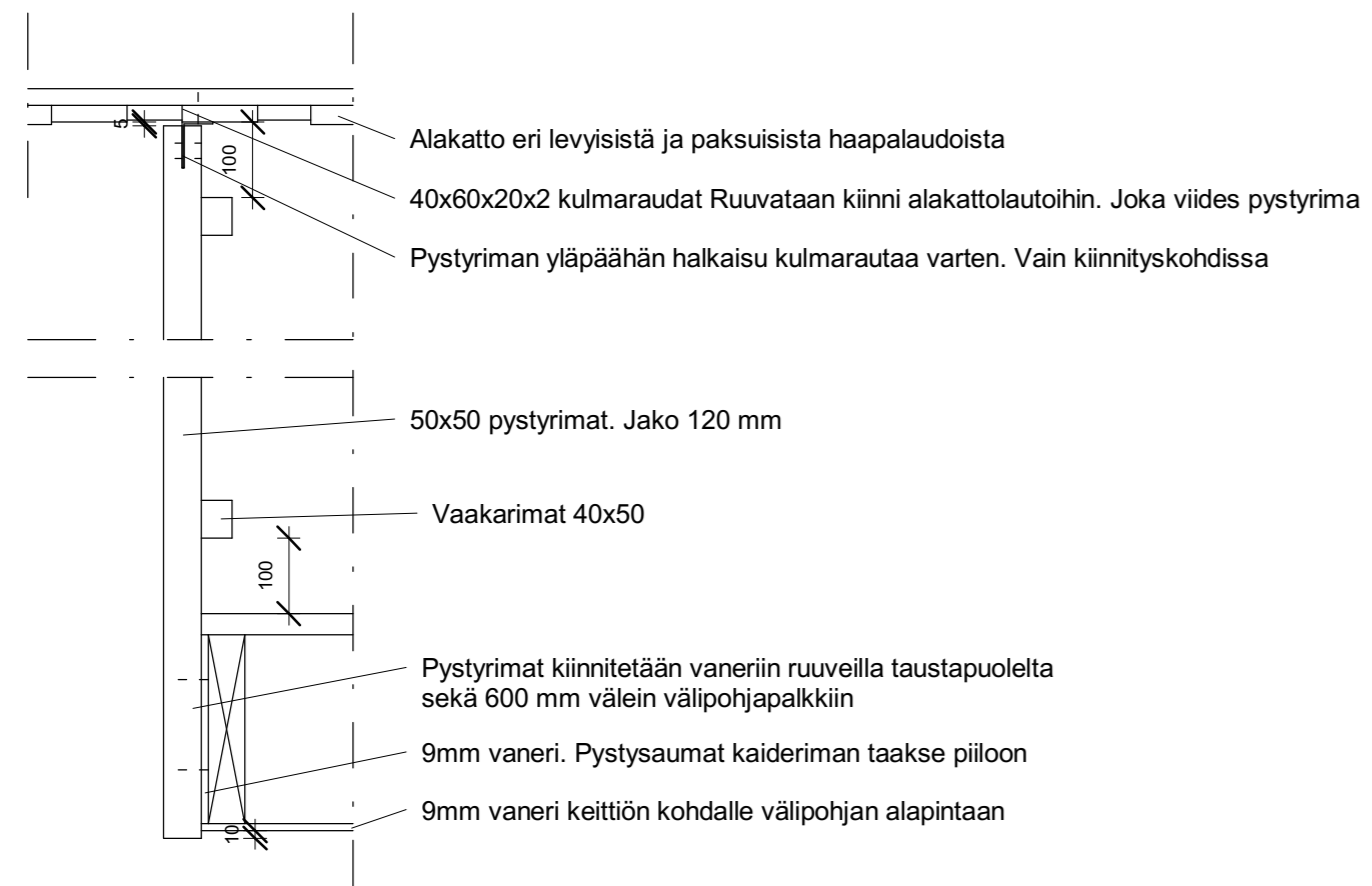
ARK



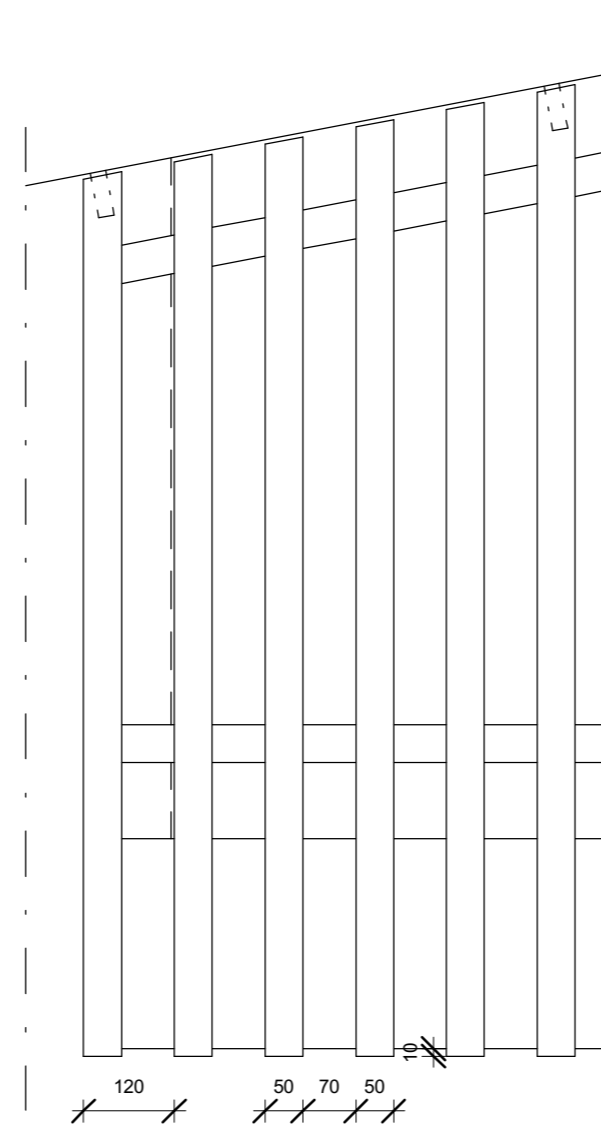
KATEMATERIAALI: BITUMIKERMIKATE

ST SYÖKSYTORVI

Kaupunginosa / Kyä	Korttel / Tila	Tontti / Rno	Viranomaisten merkintöjä
Rakennustoimenpide <b>UUDISRAKENNUS</b>	Piirustuslaji <b>TYÖPIIRUSTUS</b>	Julkseva numero <b>008</b>	
Rakennuksen numero / Rakennusten numerot / Rakennustunnus / Rakennustunnukset <b>RAK 2</b>			
Rakennuskohde	Piirustuksen sisältö <b>Vesikattopiirustus</b>	mittakaava <b>1:100</b>	
Ville Hintsala	Työnumero 2021/01	Piirustuksen tunnus 1263-001	muutos
	Suunnitteluala	Tiedosto	
	<b>ARK</b>		
	6.4.2022		

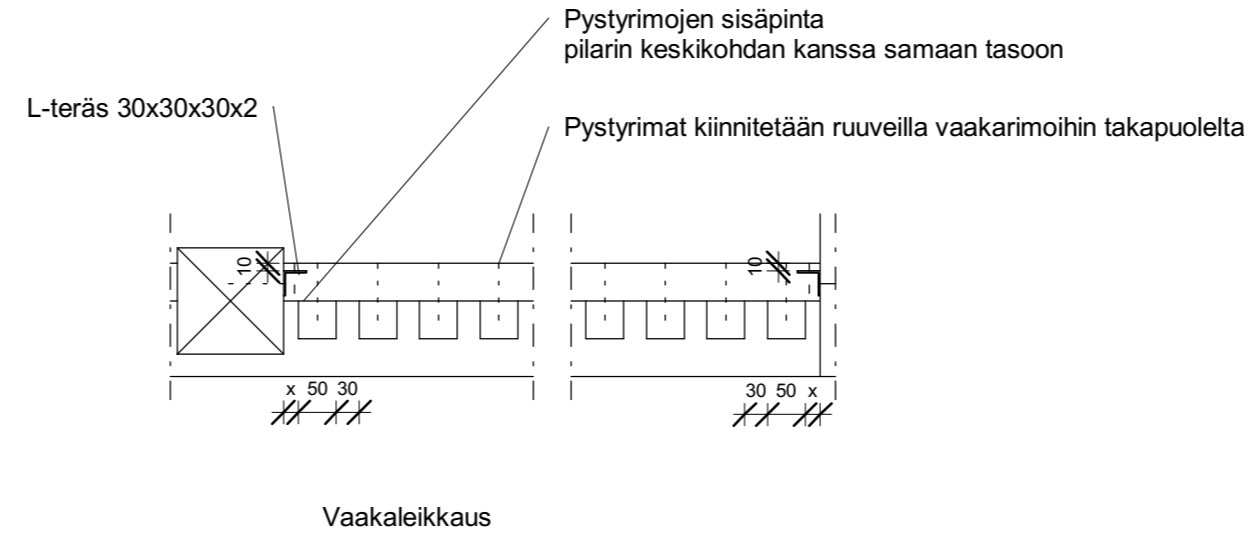
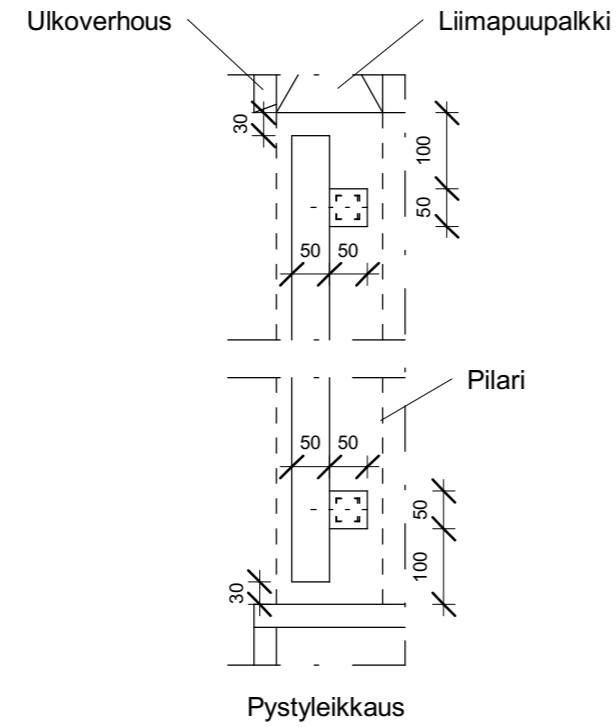
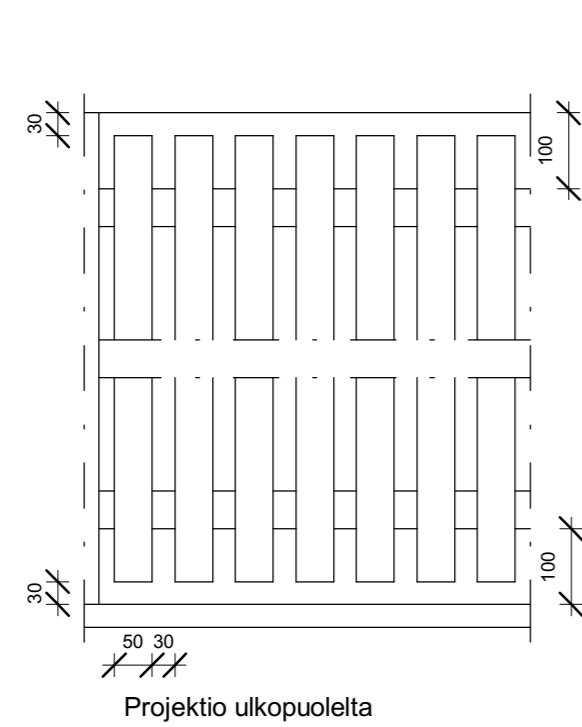


Leikkaus



Projektio edestä

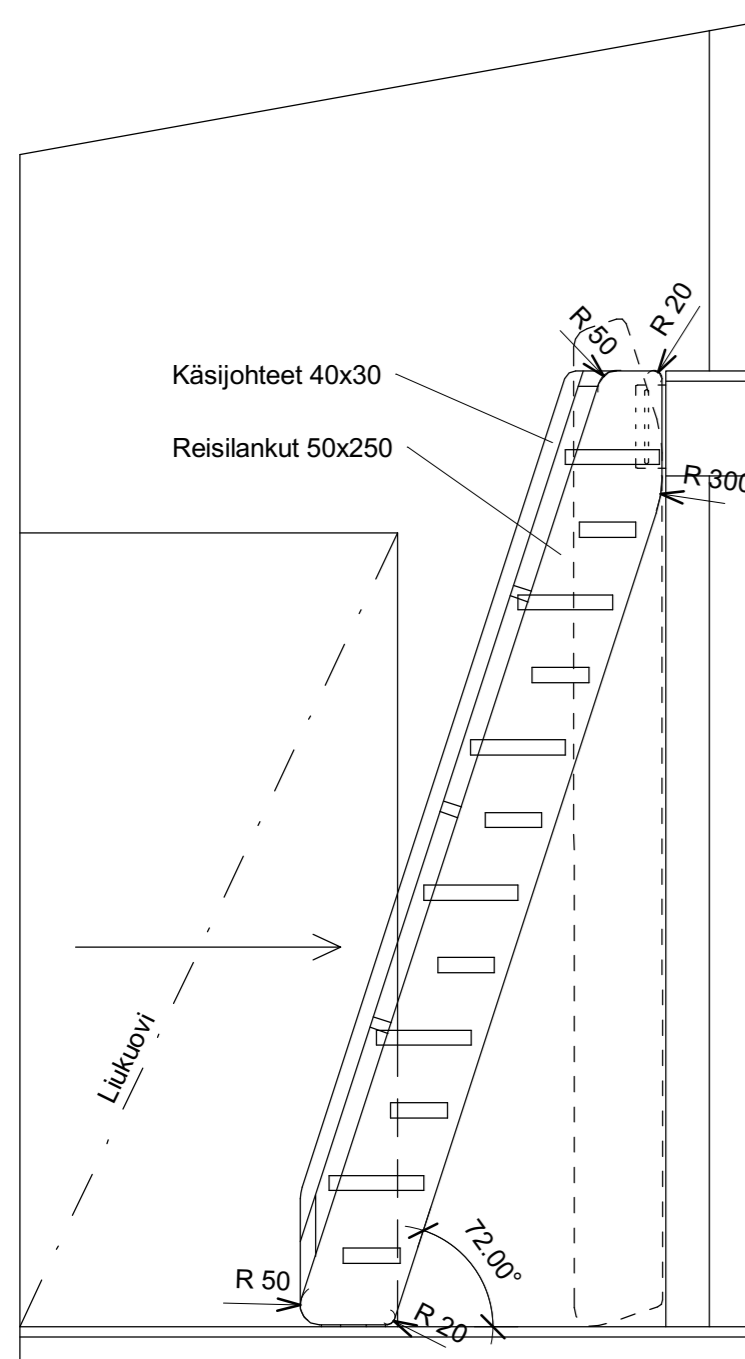
Kaupunginosa / Kylä	Kortteli / Tila	Tontti / Rno	Viranomaisten merkintöjä
Rakennustoimenpide <b>UUDISRAKENNUS</b>		Piirustuslaji <b>TYÖPIIRUSTUS</b>	Julkaiseva numero
Rakennuksen numero / Rakennusten numerot / Rakennustunnus / Rakennustunnukset <b>RAK 2</b>			
Rakennuskohde		Piirustuksen sisältö <b>Parven kaide</b>	mittakaava <b>1:10</b>
Ville Hintsala	Työnumero 2021/01	Piirustuksen tunnus 1314-001	muutos
	Suunnitteluala		Tiedosto
23.2.2022		<b>ARK</b>	



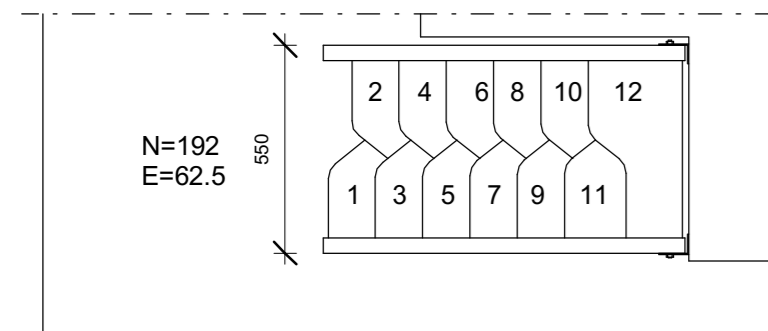
Puurimoituksen päätyyn jäävät pystyraot sovitetaan siten, että kunkin rimoituksen molemoin pätyihin jää saman levyinen rako

## Puurimakaiteet tehdään 50x50 höylätystä kuusirimasta

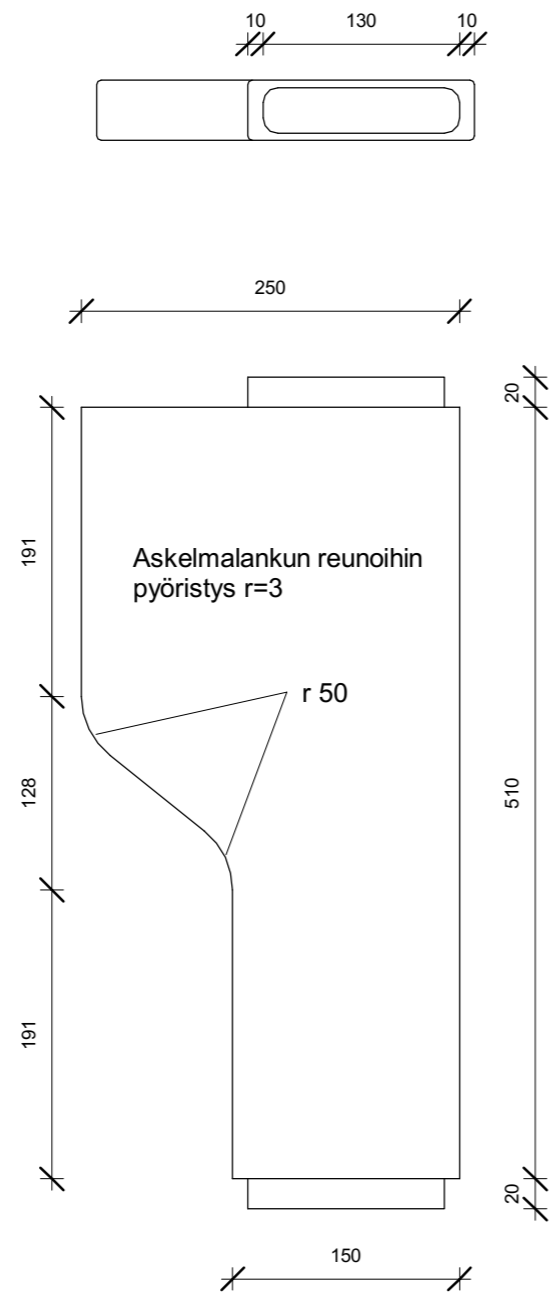
Kaupunginosa / Kylä	Korttel / Tila	Tontti / Rno	Viranomaisten merkintöjä
Rakennustoimenpide <b>UUDISRAKENNUS</b>	Piirustuslaji <b>TYÖPIIRUSTUS</b>	Julkseva numero	
Rakennuksen numero / Rakennusten numerot / Rakennustunnus / Rakennustunnukset <b>RAK 2</b>	Rakennuskohde	Piirustuksen sisältö <b>Terassien puurimakaiteet</b>	mittakaava <b>1:10</b>
Ville Hintsala	Työnumero 2021/01	Piirustuksen tunnus 1314-002	muutos
	Suunnitteluala	Tiedosto	
	14.4.2022	<b>ARK</b>	



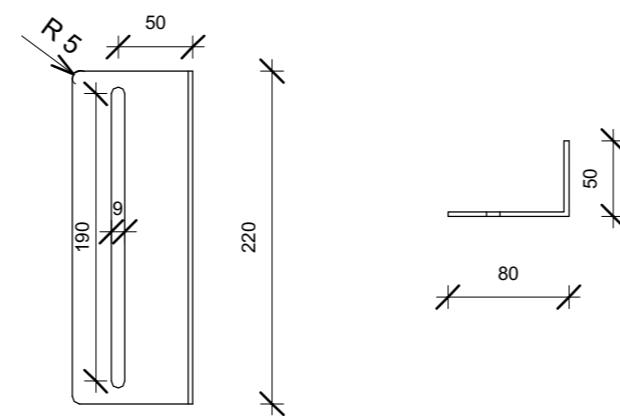
Pystyleikkaus



Pohjapiirustus

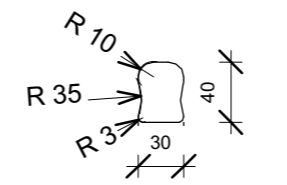


Askelmalankut



Portaan liukuraudat

Tikkaat kiinnitetään yläpäästä liukurautoihin M8 pulteilla.  
Liukuraudat kiinnitetään välipohjan reunapalkkiin ruuveilla.

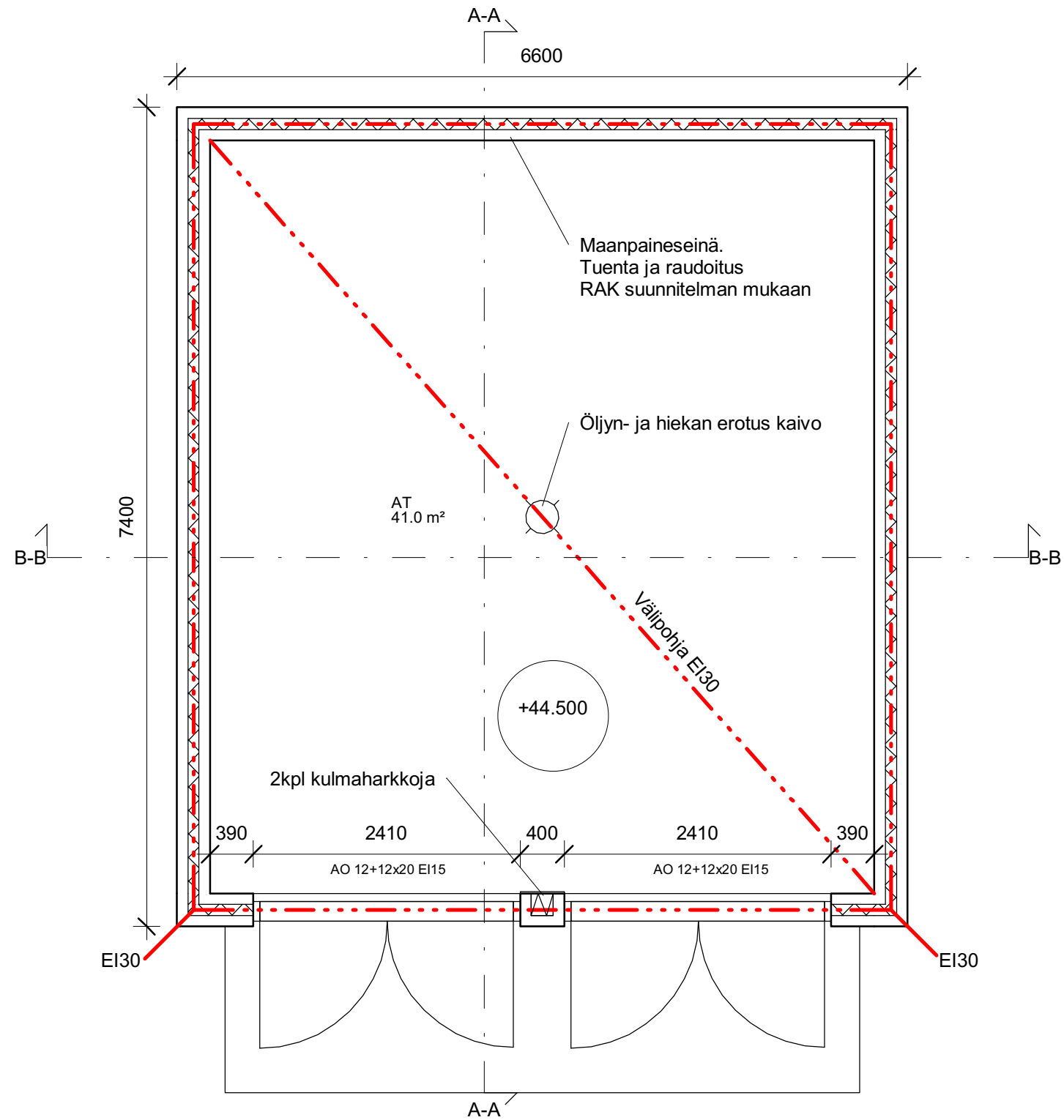


Käsijohteen profiili

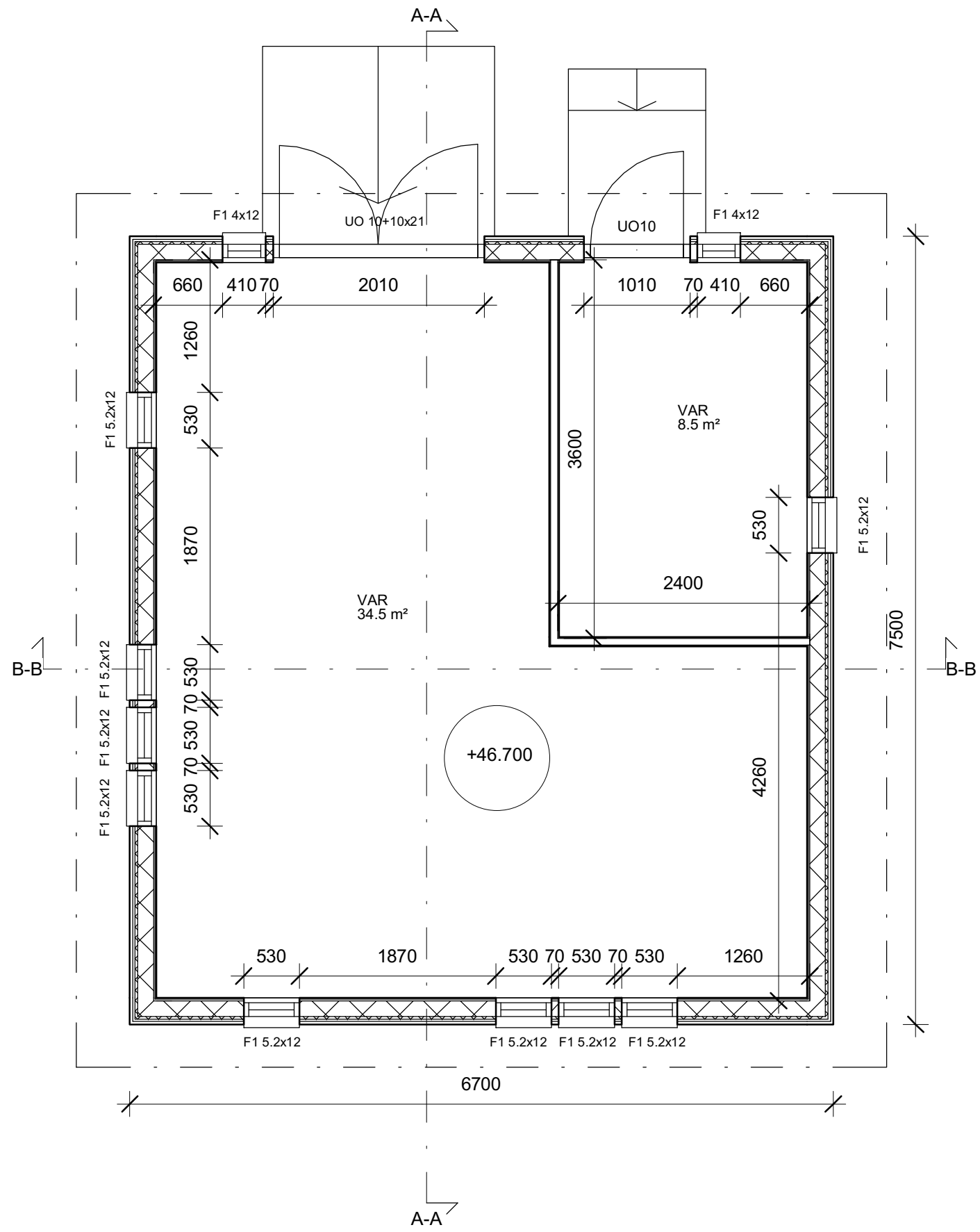
Kaupunginosa / Kyä	Korttel / Tila	Tontti / Rno	Viranomaisten merkintöjä
Rakennustoimenpide <b>UUDISRAKENNUS</b>	Piiirustuslaji <b>TYÖPIIRUSTUS</b>		Juokseva numero
Rakennuksen numero / Rakennusten numerot / Rakennustunnus / Rakennustunnukset <b>RAK 2</b>			
Rakennuskohde	Piiirustuksen sisältö	mittakaava	
	Parven tikkaat		
	Pohja ja leikkaus	1:20	
	Askelmalankku ja liukurauta	1:5	
Ville Hintsala	Työnumero 2021/01	Piiirustuksen tunnus 1317-001	muutos
	Suunnitteluuala	Tiedosto	
	<b>ARK</b>		

6.4.2022

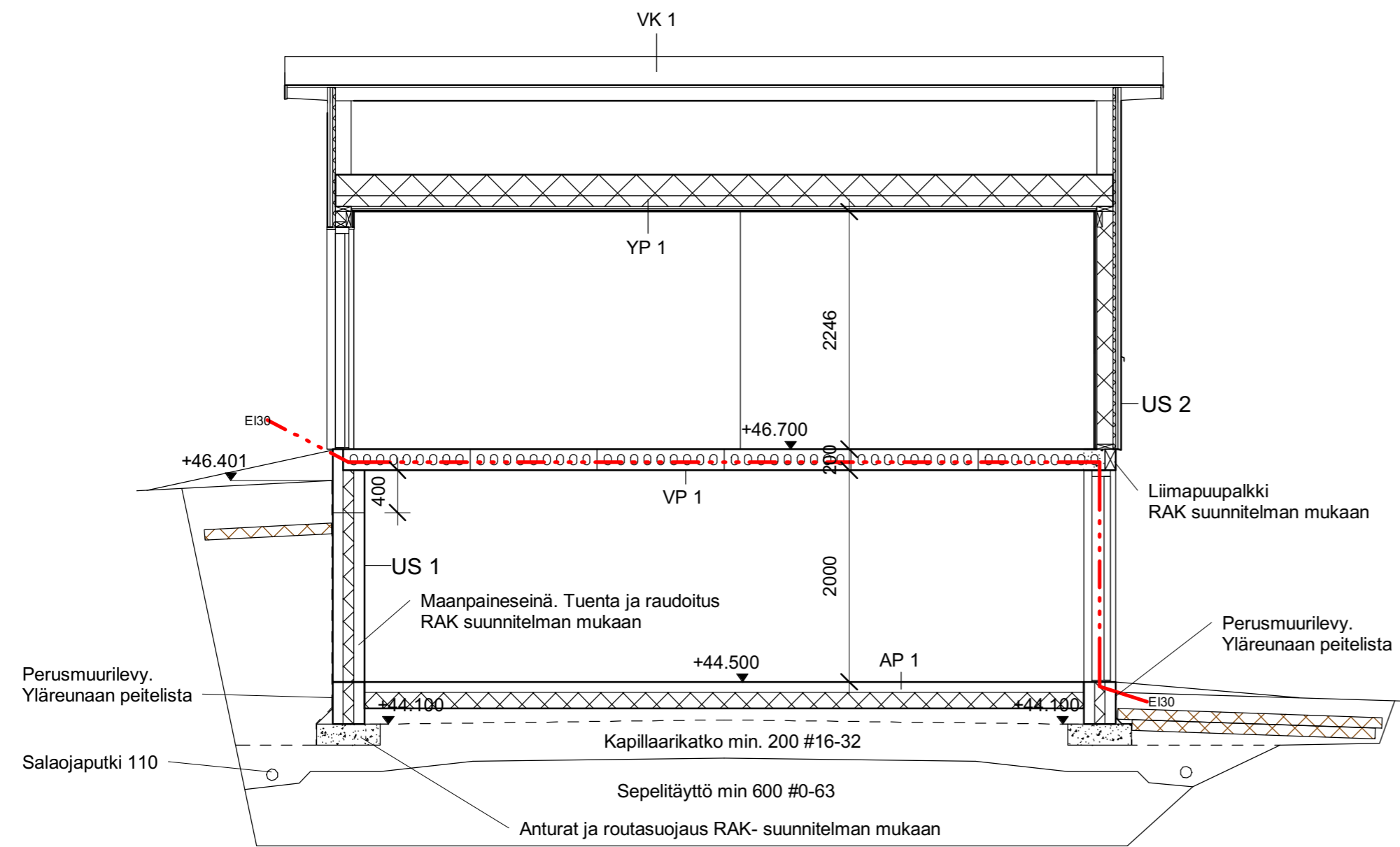




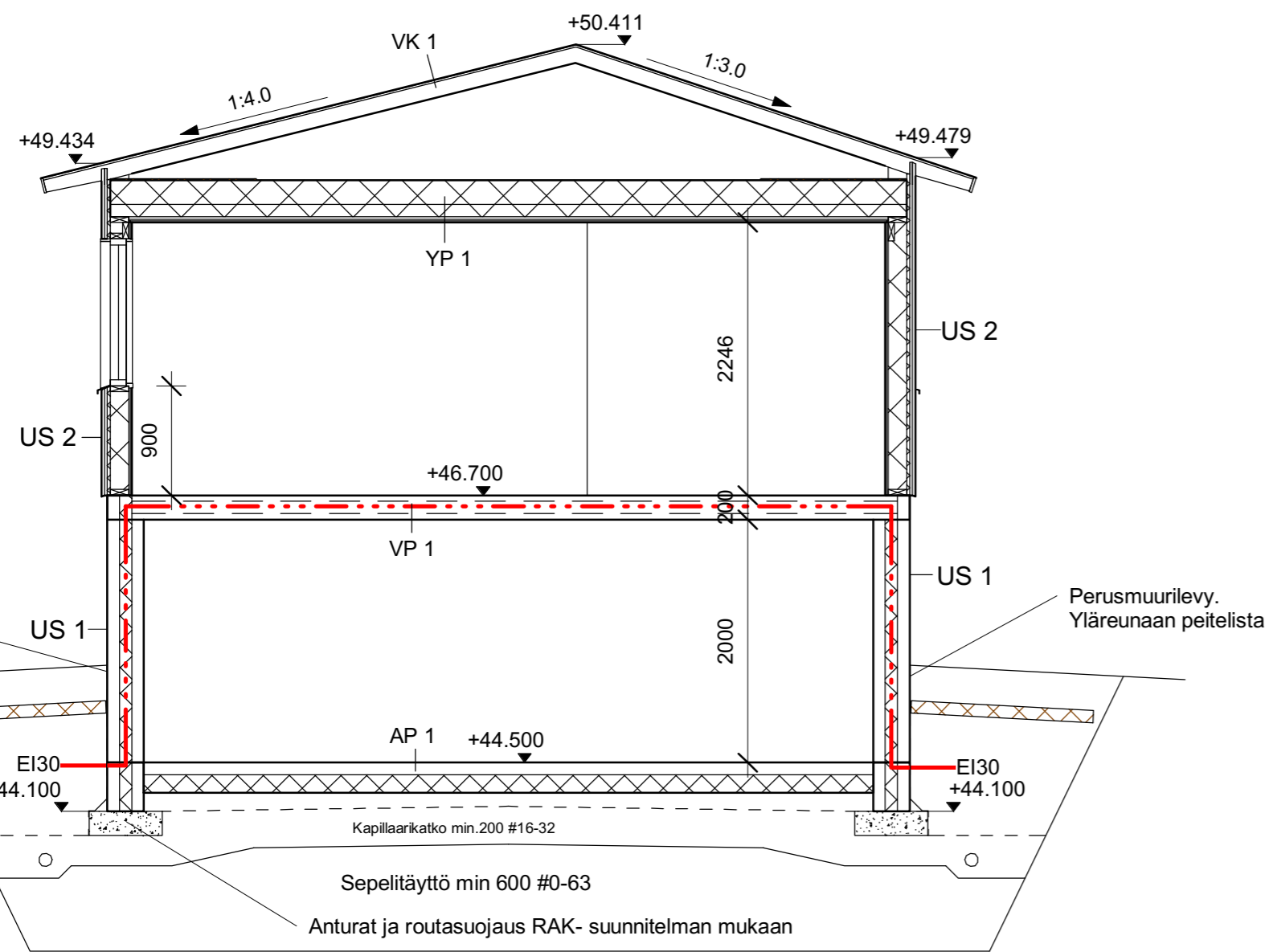
Kaupunginosa / Kylä	Kortteli / Tila	Tontti / Rno	Viranomaisten merkintöjä
Rakennustoimenpide <b>UUDISRAKENNUS</b>	Piirustustaji <b>TYÖPIIRUSTUS</b>	Juokseva numero <b>001</b>	
Rakennuksen numero / Rakennusten numerot / Rakennustunnus / Rakennustunnukset <b>RAK 3</b>	Piirustuksen sisältö	mittakaava	
Rakennuskohde	<b>Pohjapiirustus 1.Krs</b>	<b>1:50</b>	
Ville Hintsala	Työnumero 2021/01	Piirustuksen tunnus 103-001	muutos
	Suunnitteluala	Tiedosto	
	<b>ARK</b>		
	18.2.2022		



Kaupunginosa / Kylä	Kortteli / Tila	Tontti / Rno	Viranomaisten merkintöjä
Rakennustoimenpide <b>UUDISRAKENNUS</b>	Piirustustaji <b>TYÖPIIRUSTUS</b>	Juokseva numero <b>002</b>	
Rakennuksen numero / Rakennusten numerot / Rakennustunnus / Rakennustunnukset <b>RAK 3</b>	Piirustuksen sisältö <b>Pohjapiirustus 2.Krs</b>	mittakaava <b>1:50</b>	
Rakennuskohde	Työnumero <b>2021/01</b>	Piirustuksen tunnus <b>103-002</b>	muutos
Ville Hintsala	Suunnitteluala	Tiedosto	
	<b>ARK</b>		
	18.2.2022		



Kaupunginosa / Kyä	Korttel / Tila	Tontti / Rno	Viranomaisten merkintöjä
Rakennustoimenpide <b>UUDISRAKENNUS</b>	Piirustuslaji <b>TYÖPIIRUSTUS</b>	Julkseva numero <b>003</b>	
Rakennuksen numero / Rakennusten numerot / Rakennustunnus / Rakennustunnukset <b>RAK 3</b>			
Rakennuskohde	Piirustuksen sisältö <b>Leikkaus A-A</b>	mittakaava <b>1:50</b>	
Ville Hintsala	Työnumero <b>2021/01</b>	Piirustuksen tunnus <b>104-001</b>	muutos
	Suunnitteluala	Tiedosto	
	<b>ARK</b>		
	18.2.2022		



US 1 U-arvo 0,23 W/m<sup>2</sup>K  
 Eristeharkko LecaLTH300 300mm  
 Rappaus ulkopintaan

US 2 U-arvo 0,25W/m<sup>2</sup>K  
 Ulkoverhouspaneeli 28mm  
 Koolaus+tuuletusväli 22mm  
 Tuulensuojalevy, kuitulevy 25mm  
 Puurunko kk600+lämmöneriste 150mm  
 Ilmansulkupaperi  
 Kipsilevyt 2x13mm

AP 1 U-arvo 0,22W/m<sup>2</sup>K  
 Maanvarainen betonilaatta 100mm  
 Lämmöneriste XPS 150mm

VP1  
 Ontelolaatta 200mm

YP1 U-arvo 0,12 W/m<sup>2</sup>K  
 Lämmöneriste+ NR-ristikot 300mm  
 Ilmansulkupaperi  
 Koolaus 22mm  
 Kipsilevyt 2x13mm

VK1  
 Bitumikermikate  
 Vanerit 18mm  
 NR-Kattokannattajat

Kaupunginosa / Kyä	Korttel / Tila	Tontti / Rno	Viranomaisten merkintöjä
Rakennustoimenpide <b>UUDISRAKENNUS</b>	Piirustuslaji <b>TYÖPIIRUSTUS</b>	Julkaiseva numero <b>004</b>	
Rakennuksen numero / Rakennusten numerot / Rakennustunnus / Rakennustunnukset <b>RAK 3</b>			
Rakennuskohde	Piirustuksen sisältö <b>Leikkaus B-B</b>	mittakaava <b>1:50</b>	
Ville Hintsala	Työnumero <b>2021/01</b>	Piirustuksen tunnus <b>104-002</b>	muutos
	Suunnitteluala	Tiedosto	
	<b>ARK</b>		

18.2.2022