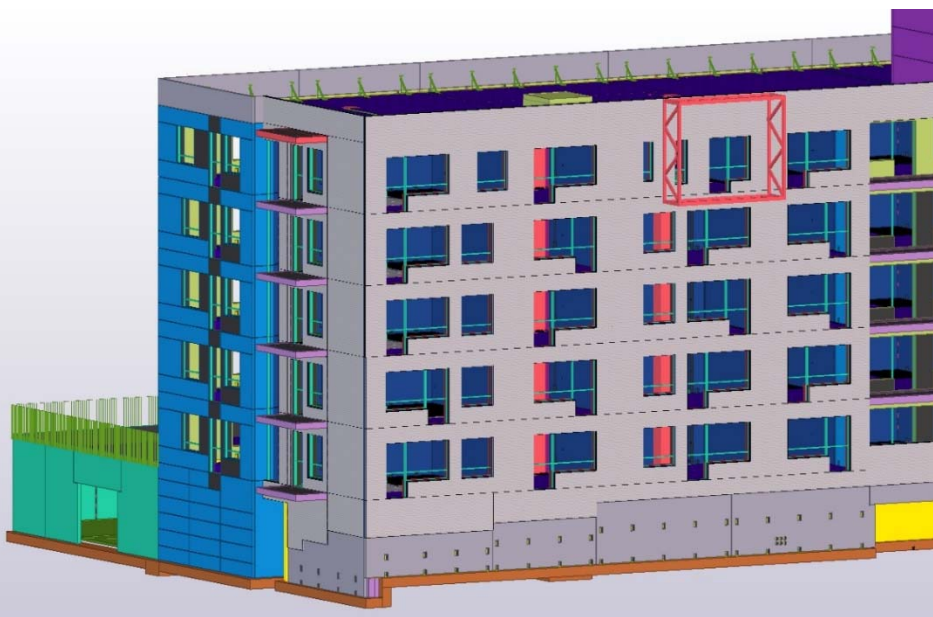


Markus Tuikka

Betonielementtirakenteisen asuinkerrostalon suunnitteluvaiheen muutosten vaikutukset rakennesuunnitteluun



Insinööri (AMK)

Rakennustekniikka

Kevät 2017



KAJAANIN
AMMATTIKORKEAKOULU
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

TIIVISTELMÄ

Tekijä: Tuikka Markus

Työn nimi: Betonielementtirakenteisen asuinkerrostalon suunnitteluvaiheen muutosten vaikutukset rakennesuunnitteluun

Tutkintonimike: Insinööri (AMK), rakennustekniikka

Asiasanat: Rakennesuunnittelu, elementtisuunnittelu, julkisivu, tietomallintaminen, muutossuunnittelu

Insinööriyön tavoitteena oli tarkastella betonielementtirakenteisen asuinkerrostalon tietomallintamalla tehtävän rakennesuunnittelun problematiikkaa ja suunnitteluvaiheen muutosten vaikutuksia. Insinööriyön toimeksiantaja oli Insinööritoimisto Mäkeläinen Oy ja työn ohjaajana toimi RI Matti Manninen. Työn tavoitteena on tuoda esille suunnitteluvaiheen muutosten vaikutusta rakennesuunnitteluun.

Insinööriyön toteutus tapahtui tarkastelemalla suunnitteluvaiheen muutostyön laajuutta. Lisäksi työ tarkastelee eri vaiheita tietomallintamalla toteutetussa rakennesuunnittelussa As Oy Helsingin Gadolininkatu 1 -asuinrakennushankkeessa. Työssä käydään läpi hankkeen rakennesuunnittelu-prosessia, muutostyöhön vaikuttaneita asioita sekä kohteen rakenneratkaisuja ennen muutostyötä ja muutostyön jälkeen.

Työn tuloksena todetaan, että tietomalliin oleellisesti vaikuttavat mita- ja pintamateriaaliratkaisut tulee olla tarkoin mietittyjä ja hyväksytyjä ennen kuin tietomallia lähdetään luomaan. Lisäksi todetaan, että rakennushankkeeseen ryhtyvän täytyy käydä rakennuslupaviranomaisen kanssa tarkat keskustelut hankkeen ratkaisuista ennen suunnitteluprosessin alkamista.

ABSTRACT

Author: Tuikka Markus

Title of the Publication: Effects of Structural Design Modification in Pre-cast Concrete Unit Apartment Building Project

Degree Title: Bachelor of Engineering, Construction Engineering

Keywords: Structural design, unit design, facade, BIM, design modification

The purpose of the Bachelor's thesis was to examine the designing changes in a precast-concrete apartment building, which is modelled with building information modeling (BIM). The thesis was commissioned by Insinööritoimisto Mäkeläinen Ltd.

The thesis was carried out by exploring the extent of the design modification. In addition, the work displays BIM's different planning steps of the As Oy Helsingin Gadolininkatu 1 apartment building project. The thesis investigates the project's structural engineering process, things that affect revision work and structural solutions before and after the alterations.

The result of this survey indicates that the changes, which significantly affect the model, must be really carefully considered and approved, before the model creating process is started. The thesis found out that the builder who starts the construction project must have exact discussions of the project solutions with the building permit authority before the design process begins.

SISÄLLYS

1 JOHDANTO.....	1
2 HANKKEEN ESITTELY	2
2.1 Rakennejärjestelmä.....	4
2.2 Sokkelirakenteet.....	4
2.3 Ulkoseinät	5
2.4 Yläpohjarakenteet	7
3 RAKENNESUUNNITTELUPROSESSI.....	9
3.1 Rakennesuunnittelun työkalut	9
3.1.1 Tekla Structures	9
3.1.2 Autocad	10
3.2 Suunnitteluprosessin eteneminen	11
4 SUUNNITTELUUN KOHDISTUVAT MUUTOKSET	15
4.1 Arkkitehtisuunnitteluun kohdistuvat muutokset.....	15
4.2 Rakennesuunnitteluun kohdistuvat muutokset	17
4.2.1 Rakennetyypit	17
4.2.2 Perustukset	18
4.2.3 Sokkelirakenteet.....	18
4.2.4 Ulkoseinärakenteet	19
4.2.5 Yläpohjarakenteet	22
4.3 Elementtisuunnitteluun kohdistuvat muutokset	25
4.3.1 Maanpaineseinät.....	26
4.3.2 Sandwich-elementtien muutos sisäkuorielementeiksi	26
4.3.3 Parvekkeet	28
4.3.4 Kuorielementit	28
4.3.5 Pintakäsittelymuutokset sandwich-elementteihin	30
5 POHDINTA.....	31
LÄHTEET	33

SYMBOLILUETTELO

2D	Two Dimensional. 2D-tiedolla tarkoitetaan CAD-järjestelmillä käsiteltäviä kaksiulotteisia piirustuksia.
3D	Three Dimensional eli kolmiulotteisuus.
BIM	Building Information Model. Rakennuksen tietomalli, joka on rakennuksen sekä rakennusprosessin elinkaaren aikaisten tietojen kokonaisuus.
CAD	Computer Aided Design. Tietokoneavusteinen suunnittelu.
IFC	Industry Foundation Classes on yleisimmin käytetty tiedonsiirtostandardi rakentamisen ja kiinteistönpidon eri tietojärjestelmien välillä.

1 JOHDANTO

Insinööriyön tavoitteena on tarkastella betonielementtirakenteisen asuinkerrostalon tietomallintamalla tehtävän rakennesuunnittelun problematiikkaa ja suunnitteluvaiheen muutosten vaikutuksia.

Insinööritoimisto Mäkeläinen Oy on kajaanilainen suunnittelutoimisto, joka omaa 35 vuoden vankan kokemuksen monipuolisten ja haastavien kohteiden rakennesuunnittelijana. Insinööritoimisto Mäkeläinen Oy on nykyisin osa vuonna 2016 Helsingin pörssiin listautunutta Lehto Group Oyj:tä.

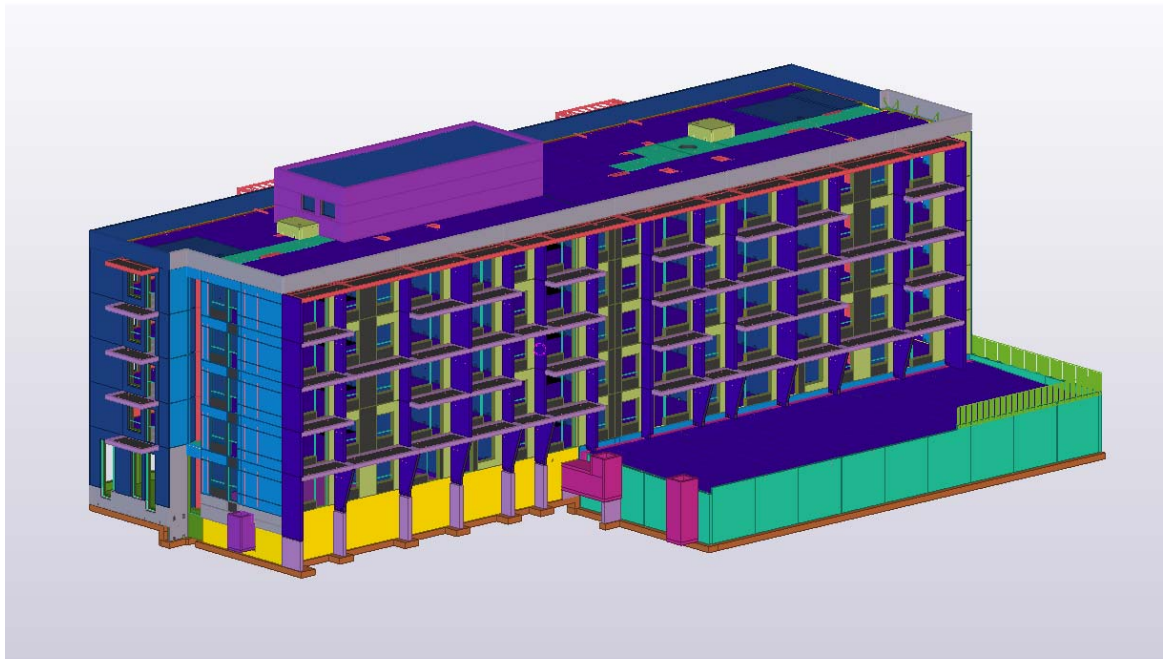
Toimin rakenne- ja elementtisuunnittelijana Helsinkiin rakennettavassa As Oy Helsingin Gadolininkatu 1 asuinkerrostalohankkeessa, johon insinööritoimisto Mäkeläinen Oy toteutti rakenne- ja elementtisuunnittelun tietomallintamalla Tekla Structures 2016, Precast Concrete Detailing -ohjelmistolla. Olin hankkeen suunnittelu-prosessissa mukana toukokuusta 2016 alkaen ja toteutin kohteeseen kesän aikana rakenne- ja elementtisuunnittelua.

As Oy Helsingin Gadolininkatu 1 sijaitsee Helsingin Kumpulan kaupunginosassa. Kohde koostuu yhdestä viisikerroksisesta asuinrakennuksesta, sekä siihen liittyvästä autohallista. Kohde sisältää yhteensä 83 asuinhuoneistoa, joiden keskipinta-ala on n. 45 m², sekä liiketilan, jonka pinta-ala on 45 m². Kohteen julkisivut lähdettiin aluksi toteuttamaan asemakaavasta poiketen teräsbetonisandwich-elementillä, jonka ulkokuoren pintakäsittely oli graafinen valkobetoni. Idea insinööriyön aiheesta syntyi, kun kohde ei saanut rakennuslupaa kyseisellä pintakäsittelyllä. Kun muutostarve tuli esille, niin kohteen rakenne- ja elementtisuunnitelmat olivat julkisivujen osalta pääosin tehty. Neuvotteluiden ja rakennetarkastelujen jälkeen julkisivumateriaaliksi valittiin kadun puolella paikallamuurattu tiili ja sisäpihan puolella hienopesty valkobetoni.

Käyn insinööriyössäni läpi kohteen rakenneratkaisuja edellä mainituilla julkisivumateriaaleilla. Pohdin muutosten vaikutuksia rakenneratkaisuihin ja tietomallintamalla toteutettavan rakennesuunnittelun suunnitteluprosessiin.

2 HANKKEEN ESITTELY

Tarkastelen työssäni As Oy Helsingin Gadolininkatu 1 rakennushankkeen rakenneratkaisuja ja suunnitteluvaiheen muutosten vaikutusta. Hankkeen tilaaja on Sato Oyj, joka vastaa myös hankkeen rakennuttajatehtävien hoitamisesta. Betonielementtirakenteisena toteutettava kohde sijaitsee Helsingin Kumpulassa ja se koostuu yhdestä viisikerroksisesta asuinrakennuksesta sekä autohallista (kuva 1). Asuinkerrosten lisäksi rakennuksessa on kellarikerros, jossa sijaitsee talon yhteiset tilat sekä S1-luokan väestönsuoja. Asuinhuoneistot muodostuvat talon kahden porrashuoneen ympärille. Rakennuksen kokonaispinta-ala on yhteensä n. 4868 br-m², ja sen korkeus mitattuna perustuksen yläpinnasta ylimpään kantavaan rakenteeseen on n. 19 metriä.



Kuva 1. Kuvankaappaus As Oy Helsingin Gadolininkatu 1:n rakennetietomallista.

Helsingin kaupungin rakennusvalvontavirastolla on kaupunkikuvaneuvottelukunta. Neuvottelukunta pyrkii edistämään omilla lausunnoillaan hyvää kaupunkikuvaa ja tekemään aloitteita suunnittelutyön ja päätöksenteon tueksi. Kohteen pintamateriaaliksi asemakaavassa oli määrätty tiilimuurattu julkisivu, mutta kaavasta

poiketen rakennuksen julkisivuja lähdettiin toteuttamaan arkkitehdin valitsemalla graafisella valkobetonilla (kuva 2). Kaupunkikuvaneuvottelukunta antoi puoltavan lausunnon graafisesta valkobetonista rakennuksen pintamateriaaliksi. Rakennuslautakunta, joka toimii Helsingissä rakennusvalvontaviranomaisena, ei kuitenkaan myöntänyt rakennuslupaa graafiselle valkobetonille. Lautakunta vetosi asemakaavaan, jossa pintamateriaaliksi oli määritelty tiilimuuraus ja määräsi, että ainakin kohteen kadunpuoleinen julkisivu tulisi toteuttaa tiilimuurattuna julkisivuna. Lautakunta kuitenkin hyväksyi sisäpihan julkisivun pintamateriaaliksi esitetyn hienopesytyn valkobetonin.

Graafinen valkobetoni pintamateriaalina on suomalaisen Graphic Concreten lanseeraama tuote betonipinnoille. Betonielementin muottipintaan asennetaan erikoiskalvo, joka mahdollistaa lukuisien erilaisten kuvioden muodostamisen betonipinnalle. Erityyppiset kuviot tulostetaan kalvolle pintahidastinaineella, jonka päälle valetaan betoni. Betonin valamisen jälkeen pintahidastinaine pestään pois ja haluttu kuvio jää hienopesupintana valmiiksi pinnaksi.



Kuva 2. Esimerkki graafisesta valkobetonista.

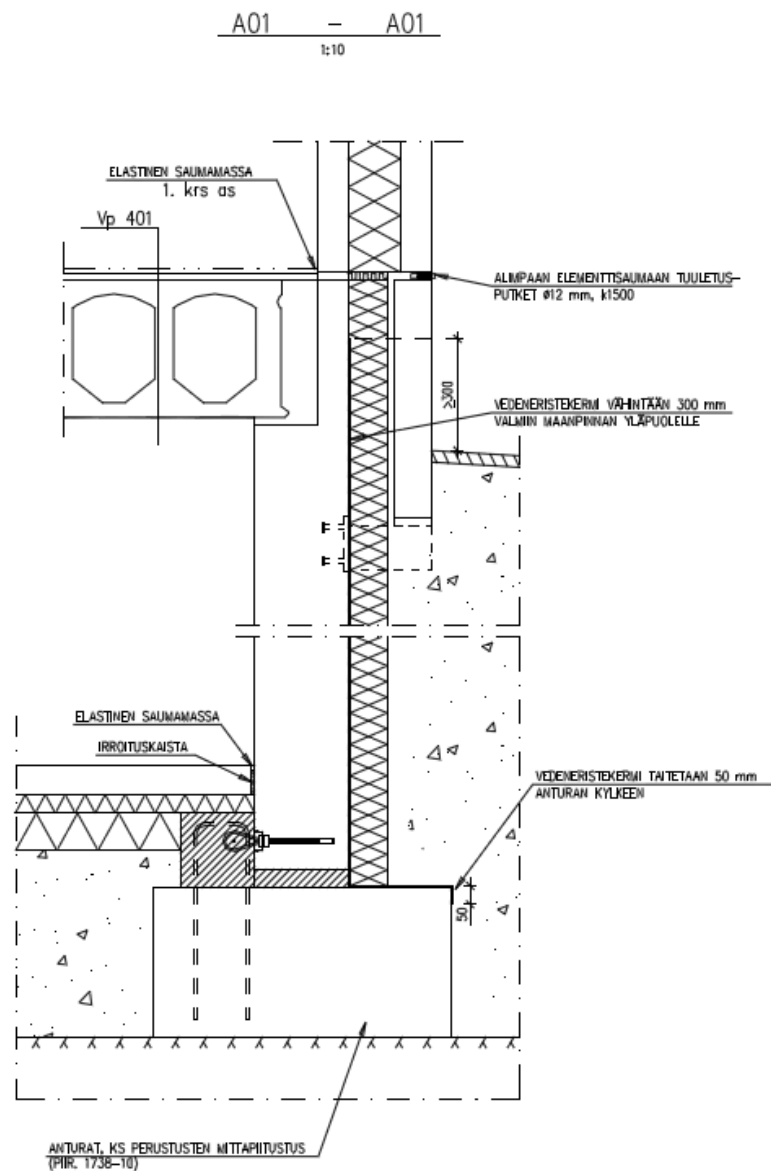
2.1 Rakennejärjestelmä

Rakennuksen rungon muodostaa kantavat teräsbetoniseinät ja ontelolaatat. Parvekelaattoina sekä porrashuoneiden kerrostasolaattoina toimivat massiiviset teräsbetonilaattaelementit. Rakennuksessa on yksi liikuntasäilytys porrashuoneiden välillä. Rakennuksen ulkoseinät ovat sisäkuorielementtejä ja paikalla muurattuja tiilijulkisivuja sekä teräsbetonisandwich-elementtejä. Yleisten ja märkätilojen väliseinät ovat kivirakenteisia ja muut väliseinät levyverhottuja teräs- tai puurankaseiniä. Yläpohja on kevytsoraeristeinen kumibitumikermikatto. IV-konehuoneen katto on kantavan profiilipellin päälle tehty villa-/kermikatto. Rakennuksessa on myös elementtirakenteinen väestönsuoja, jonka lattia on täytön päälle valettu kantava teräsbetonilaatta.

Kohde sijaitsee tontilla, jonka pohjamaa on kalliota. Rakennuksen perustukset toteutetaan kallionvaraisina perustuksina. Kallio antaa suuremman pohjapaineen mitoitusarvon, jonka avulla rakennuksen perustukset voivat olla pienemmät, kuin esimerkiksi murskepatjan päälle perustettaessa.

2.2 Sokkelirakenteet

Rakennuksen alapohjarakenteena toimii maanvarainen teräsbetonilaatta. Perustanturoiden päälle ulkoseinänlinjoilla tulee maanpainesseinät. Alkuperäisen suunnitelman mukaan sokkelirakenteena oli putkikannatteiset kevyet kuorielementit (kuva 3).



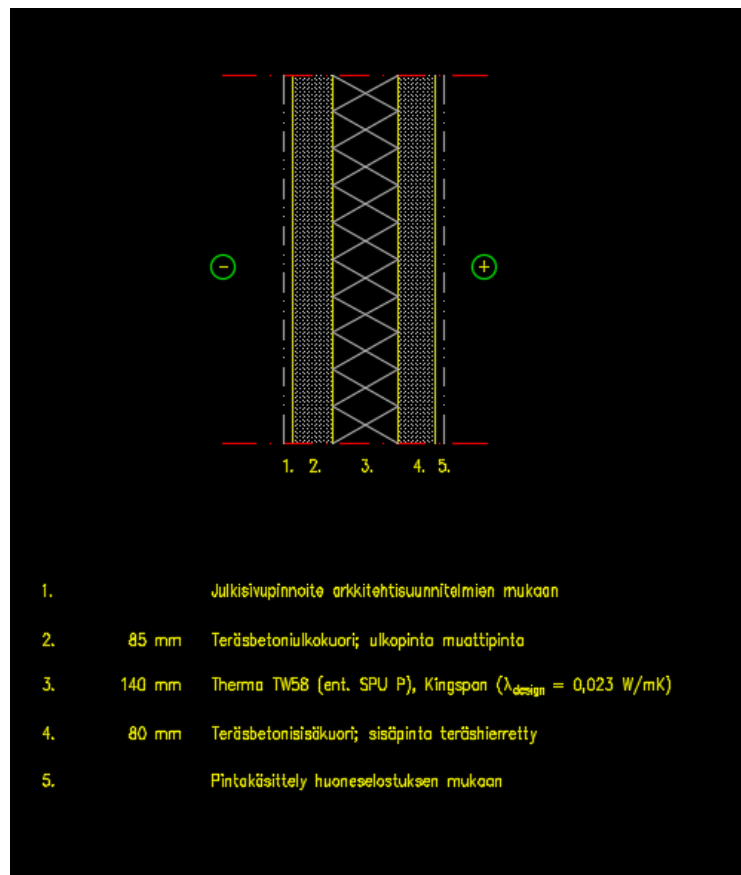
Kuva 3. Alkuperäinen sokkeli-eritys.

2.3 Ulkoseinät

Alkuperäisen suunnitelman mukaan kohteen julkisivut oli tarkoitus toteuttaa teräs-
betonisandwich-elementteinä (kuva 4). Ulkoseinärakenteiden lämmöneristys läh-

dettiin toteuttamaan käyttämällä nykyaikaista Kingspan Therma TW58 -polyuretaanieristettä, jolla saavutetaan parempi lämmönläpäisykerroin pienemmällä rakennevahvuudella verrattuna mineraalivillaeristeeseen.

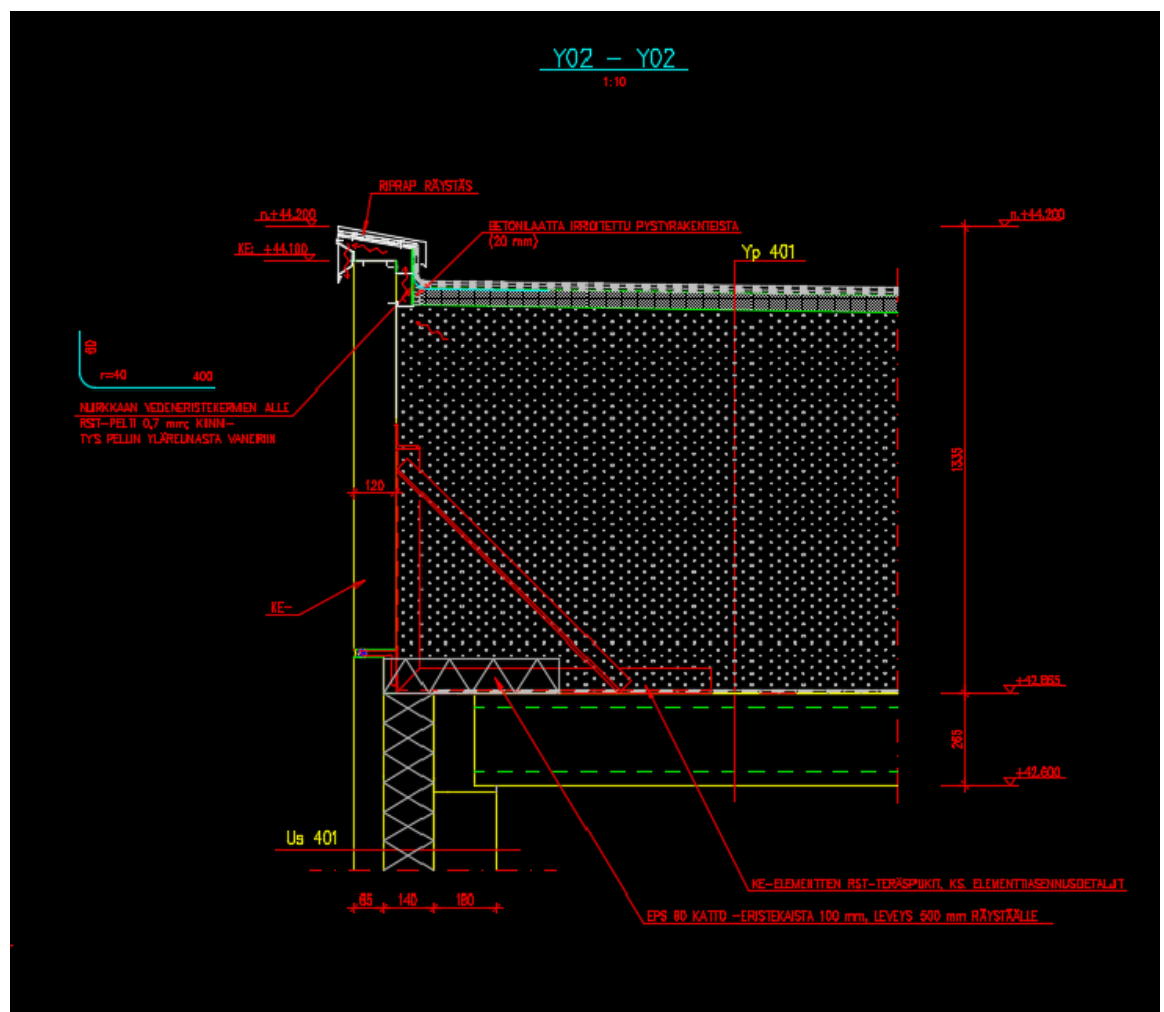
Työmaa-aikainen kosteudenhallinta on tärkeä osa rakennushankkeen toteuttamista. Siksi nykyisin suositaan enemmän kosteutta sitomattomia muovieristeitä työmaa-aikaisen kosteudenhallinnan helpottamiseksi. Polyuretaanieristeen kallis hinta on kuitenkin monesti ratkaiseva tekijä siihen, että valitaan eristysmateriaaliksi jokin edullisempi vaihtoehto.



Kuva 4. Ei-kantavan sandwich-elementin rakennetyyppi (alkuperäinen rakennetyyppi).

2.4 Yläpohjarakenteet

Rakennuksen vesikattorakenteena on kevytsorakatto, jossa kantavana rakenteena toimii ontelo- ja massiivilaatat, reunatukina kuorielementit, eristävänä kerroksena kevytsora ja vesikatteena huopakate (kuva 5). Yläpohjarakenteena kevytsoralla eristetty katto on toimintavarma ja helppo ratkaisu loiville kattorakenteille. Kevytsorakatteen hyvä puoli on esimerkiksi se, että talotekniikka voi kulkea eristetilassa yläpohjassa kevytsoran ominaisuuksien ja suuren rakennevahvuuden vuoksi.

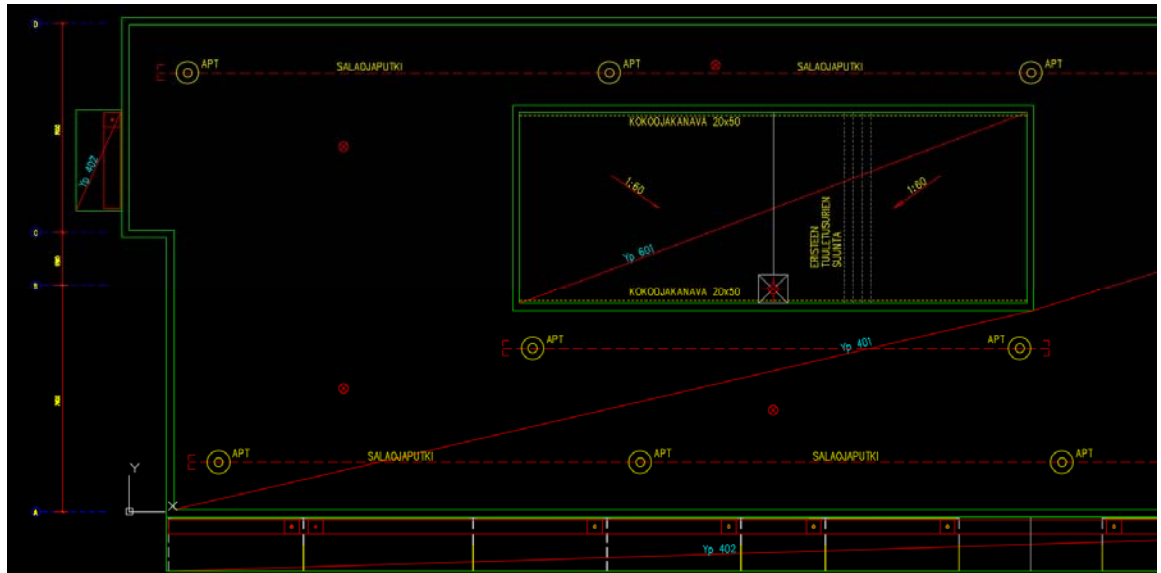


Kuva 5. Alkuperäinen räystääleikkaus

Kevytsorakattoa suunniteltaessa on otettava huomioon rakenteen kantavuus, lämmön- ja vedeneristävyys sekä kosteuden vaikutus rakenteeseen. Kosteus rasittaa yläpohjarakennetta niin sisä- kuin ulkopuolelta, minkä vuoksi yläpohjarakenteessa

liikkuu enemmän kosteutta kuin missään muualla rakennuksessa. Ulkopuolen kosteus on yleensä sadevettä, jonka pääsy yläpohjarakenteeseen estetään käytämällä vesikatetta. Sisäpuolen kosteus johtuu huoneistoissa olevasta lämpimästä ilmasta, joka pyrkii vesihöyryn osapaineen vuoksi lämpimästä tilasta kylmään tilaan. Tämän vuoksi katonrajassa ilmanpaine-ero on suurempi kuin muilla alueilla rakennuksen vaipassa. Höyrynsulku on toteutettava huolella, että siihen ei jäisi reikiä tai muita epätiivelyksiä, jotka voisivat päästää haitallisia määriä kosteutta rakenteisiin. [4]

Kevytsorakaton tuuletus on järjestetty alipainetuulettimilla (kuva 6). Katon riittävä tuuletus varmistetaan riittäväällä tuuletinmäärällä, sekä niitä yhdistävällä salaoja-putkella.



Kuva 6. Kuvankaappaus vesikaton tuuletussuunnitelmasta.

3 RAKENNESUUNNITTELUPROSESSI

3.1 Rakennesuunnittelun työkalut

Kohteen rakennesuunnitteluprosessi toteutettiin kahdessa eri ohjelmaympäristössä. 3D eli kolmiulotteinen tietomalli ympäristö toteutettiin käyttäen hyväksi Tekla Structures 2016 Precast Concrete Detailing -ohjelmistoa. 2D-piirtäminen eli CAD järjestelmällä käsiteltävät kaksiulotteiset suunnitelmat toteutettiin Autodeskin sovelluksella Autocad, versiolla RAK (rakennesuunnittelu). Tietomalli toimi suunnitteluprosessin pohjana ja CAD-ohjelmistoilla pureuduttiin yksityiskohtaisempiin detailjipiirustuksiin ja leikkauskuviin.

3.1.1 Tekla Structures

Tietomallintaminen (BIM, Building Information Modeling) on nykyaikaista suunnittelua. Rakennuskohteesta luodaan kolmiulotteinen tietomalli, joka kuvaa kohteen muotoa, sekä muuta sen osaa tai koko rakennusta koskevaa informaatiota. Nykyaikaisilla menetelmillä hyvin toteutettu tietomallintaminen tuo kolmiulotteisen tarkastelun ansiosta rakennushankkeen eri osapuolten välille havainnollistavaa, virheiden minimointiin pyrkivää toteutussuunnittelua. Tietomallintaminen mahdollistaa myös kaikkien rakennushankkeessa toimijoiden ajan tasalla pysymisen ja se tehostaa tavoitteiden mukaista lopputulosta. [1]

Tekla Structures -tietomalli ympäristö toimii koko suunnitteluprosessin pohjana ja päätyökaluna. Tietomallin avulla suunniteltiin kaikki elementit, tasopiirustukset, perustukset sekä perustusten tartuntapiirustus.

Rakennesuunnittelijan tietomalli toimii pohjana LVI- ja sähkösuunnittelijoiden reikäkiertoa varten. Rakennuksen pohjakuvat otetaan tietomallista kuitenkin dwg-muodossa, jotta muut suunnittelijat voivat tehdä niihin varausmerkinnät. Jos hankkeen muut suunnittelijat olisivat toimineet myös tietomalli ympäristössä, niin reikäkiertovaihe olisi jäänyt pois. Silloin suunnittelija olisi toimittanut referenssin esimer-

kiksi LVI-tietomallista, joka olisi liitetty rakennesuunnittelijan tietomalliin. LVI-tietomallista olisi näkynyt kaikki putket ja niille tehtävät varaukset sekä mahdolliset läpivientiosat.

Tietomalliympäristössä perusideana rakennesuunnittelussa on, että luodaan kolmiulotteinen rakennemalli. Tietomalliin luodaan erityyppisiä rakenteita ja rakenneratkaisuja, jonka lopputuloksena syntyy rakennuksen tietomalli. Eri rakenteille ja esimerkiksi elementeille voidaan lisätä haluttua tietoa, kuten esimerkiksi raudoitusta, betonilaatu, pintakäsittely, tarvikeosia, paloluokka, suunniteltu käyttöikä jne.

Tekla Structures -ohjelmistossa on kaksi erilaista työskentelytilaa; tietomallitila, jossa luodaan kolmiulotteinen tietomalli yksittäisistä kappaleista, sekä piirustustila, jossa poimitaan tietomallista jokin kappale tai alue, josta luodaan 2D-kuva, eli tavallinen paperinen piirustus. Piirustus tulostetaan piirustustilasta pdf-muodossa sen jälkeen, kun se on mitoitettu ja sille on annettu oikea piirustuskoko tulostamista varten.

Tietomallipohjaisen suunnittelun haasteena on hidas tietojen muuttaminen. Nyky päivänä rakentamisessa tarvitaan vielä paperisia piirustuksia, eikä tietomallia vielä osata käyttää hyväksi jokaisella rakentamisen osa-alueella.

Jos jonkin elementin mitoitusta täytyy muuttaa, aukkoa siirtää tai vaikka raudoitusta lisätä, niin tietomallipohjaisessa suunnittelussa tieto täytyy ensin viedä tietomalliin ja mitoitus täytyy käydä tekemässä käsin piirustustilassa, jonka jälkeen elementistä voi tulostaa valmiit piirustukset.

3.1.2 Autocad

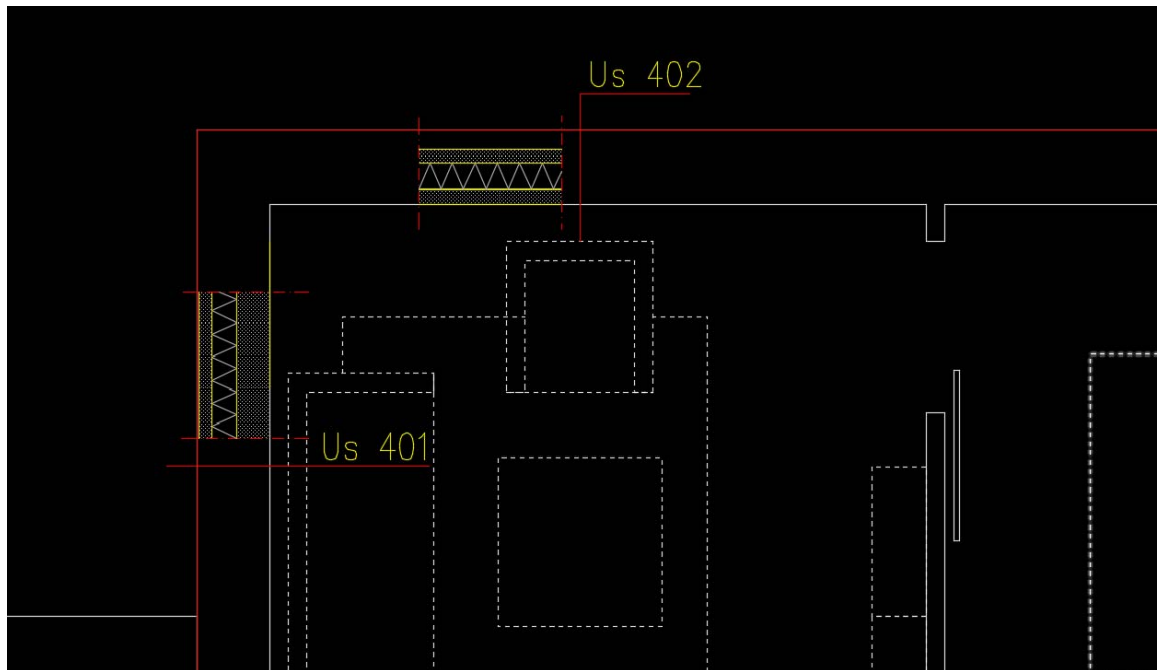
Tekla Structures -tietomalliympäristö on vielä hieman kankea ja hidas suunnittelu työkalu yksityiskohtaiseen ja tarkkaan, detaljitasolla olevaan suunnitteluun. Siksi AutoCad-sovellus on vieläkin osa rakennesuunnittelijan suunnittelutyötä. Rakenneleikkaukset toteutetaan pääsääntöisesti 2D-ympäristössä, koska se on nopeampi tapa työskennellä. 2D-ympäristössä eri rakenneratkaisujen esittäminen on huomattavasti vaivattomampaa kuin tietomallintamalla tehdyt esitykset.

Autocad maailmassa on helppo piirtää kaksi erisuuntaista leikkausta, mutta monesti ei ajatella, mitä tapahtuu nurkissa ja kulmissa. Siksi vaikeiden kohteiden suunnittelua on haastavampi toteuttaa 2D-ympäristössä. Esimerkiksi käännettyjen kattojen sisänurkkien vedeneristys-detallijikan toteuttaminen on hankala havainnollistaa ja suunnitella 2D-ympäristössä.

3.2 Suunnitteluprosessin eteneminen

Rakennesuunnittelijan suunnitteluprosessi alkaa, kun suunnittelija saa käsiinsä alustavat arkkitehdin pohjapiirustukset. Vaikka rakennesuunnittelu toteutettaisiin tietomallintamalla, niin mallintamista ei kuitenkaan tässä vaiheessa kannata ottaa suunnitteluun vielä mukaan, koska tietomalli on hidas ja huono luonnossuunnittelyökalu. Näin ollen luonnosvaiheessa kuluisi aivan turhaan aikaa tietomallin tietoteknisiin ominaisuuksiin.

Suunnittelija merkkää arkkitehdin alustavan pohjakuvan mukaan rakennukselle kantavat ja jäykistävät seinät. Kun kantavat seinälinjat on päätetty, niin samalla syntyvät myös laattojen suunnat. Rakennuksen pintamateriaali on jo tässä vaiheessa tiedossa, joten rakennesuunnittelija pääsee luomaan rakennukselle rakennetyypit. Rakennesuunnittelija päivittää arkkitehdin alustavaan pohjapiirustukseen omat rakennetyypit. Eli hän tekee ns. rakennetyypikaavion, jossa esitetään kullekin eri seinälinjalle sen rakennetyyppi (kuva 7). Rakennetyypeissä tulee esittää rakenteen rakennekerrokset, niiden materiaalit sekä vahvuudet. Lisäksi rakennetyypissä esitetään rakenteen ominaisuuksista lämmönläpäisykerroin (U-arvo), sekä rakennusosan paloluokka.



Kuva 7. Kuvankaappaus rakennesuunnittelijan rakennetyypikaaviosta arkkitehdin alustavassa pohjapiirustuksessa.

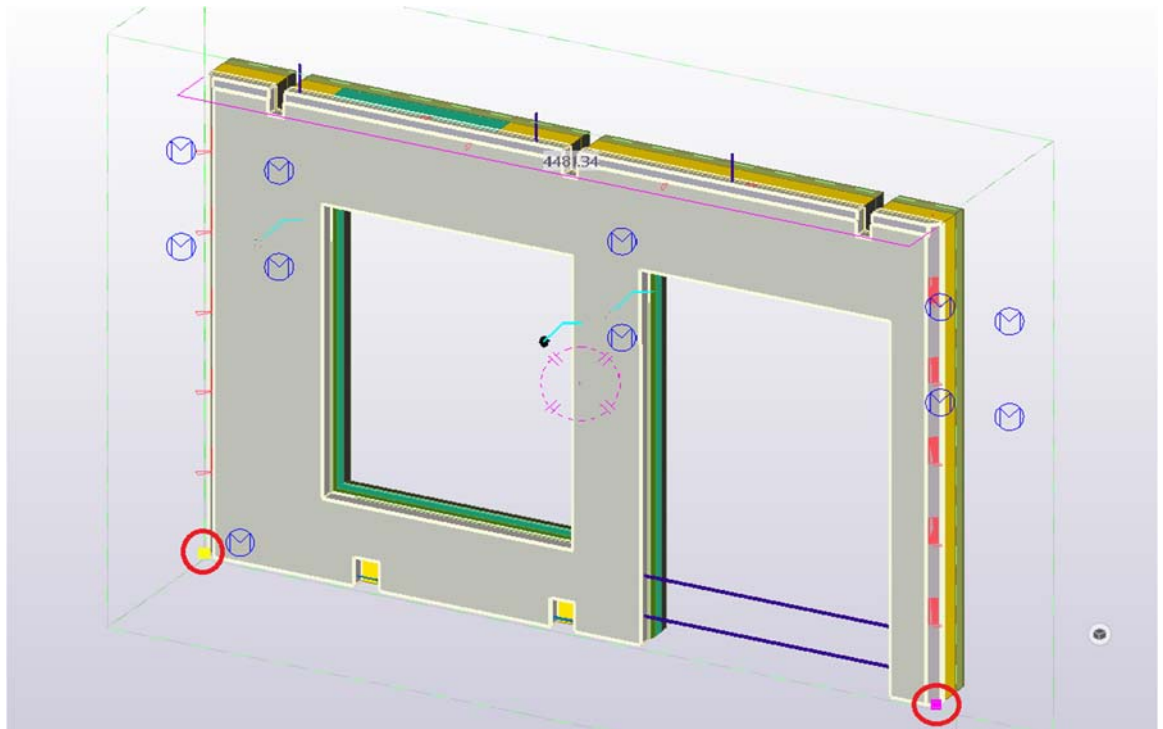
Arkkitehti päivittää rakennevahvuudet pohjapiirustuksiin rakennesuunnittelijan rakennetyypikaavion mukaisesti. Tämän jälkeen rakennukselle saadaan oikeat ulkomitat. Kun rakennevahvuudet ovat tiedossa, voidaan aloittaa kohteen alustava tietomallinnus ja tehdä alustavia rakenneleikkauksia.

Rakennesuunnittelijan tietomallinnusprosessi alkaa kohteen ns. peruskerroksesta eli kerroksesta, joka on kerrostalossa jokin välikerroksista. As Oy Helsingin Gadowininkatu 1:ssä peruskerros oli 3. kerros. Peruskerroksen tietomallia luodessa arkkitehdillä tulisi olla ikkuna-aukkojen koot ja sijainnit jo tiedossa, että rakennesuunnittelija pystyy tekemään rakennukselle elementtijaon. Elementit jaetaan niin, ettei niistä tule liian painavia. Työmaalla elementin nostaminen tapahtuu joko auto tai torninosturilla, useimmiten kuitenkin torninosturilla. Elementtien maksimipainona pidettiin suunnittelussa n. 11 tonnia, jotta työmaan torninosturin kapasiteetti riittäisi. Elementtijaossa on huomioitava myös, että kaikkiin ovi- ja ikkuna-aukkoihin jää riittävän vahvat pielet, jotta elementti ei kuljetuksessa murru tai halkea.

Elementtien mallinnuksessa on tärkeää ottaa huomioon elementin mallinnussuunta, koska erityyppistä elementtiä katsotaan piirustuksessa joko rakennuksen

ulkoa tai rakennuksen sisältä. Elementissä, niin kuin betonirakentamisessa yleensäkin, on muottipinta (parempi pinta) sekä hiertopinta. Rakennuksen julkisivuksi jäävät pinnat pyritään aina pitämään muottipintoina, ettei niitä tarvitsisi käsitellä enää millään tavalla asennuksen jälkeen. Elementtipiirustuksessa kohtisuoraan elementtiä olevassa mittapiirustuskuvassa katsotaan aina elementtiä hiertopinnan puolelta. Esimerkiksi sandwich-elementissä, jossa on kaksi betonikuorta (sisä- ja ulkokuori) ja välissä eriste, kuvataan piirustuksessa rakennuksen sisäpuolelta (hiertopinnan puolelta).

Tekla Structures -ohjelmistolla elementin katsomissuunta määräytyy elementin pääkappaleen (sisäkuori) mukaan. Katsoessa hiertopintaa keltainen piirtopiste on vasemmalla puolella ja vaaleanpunainen oikealla (kuva 8).



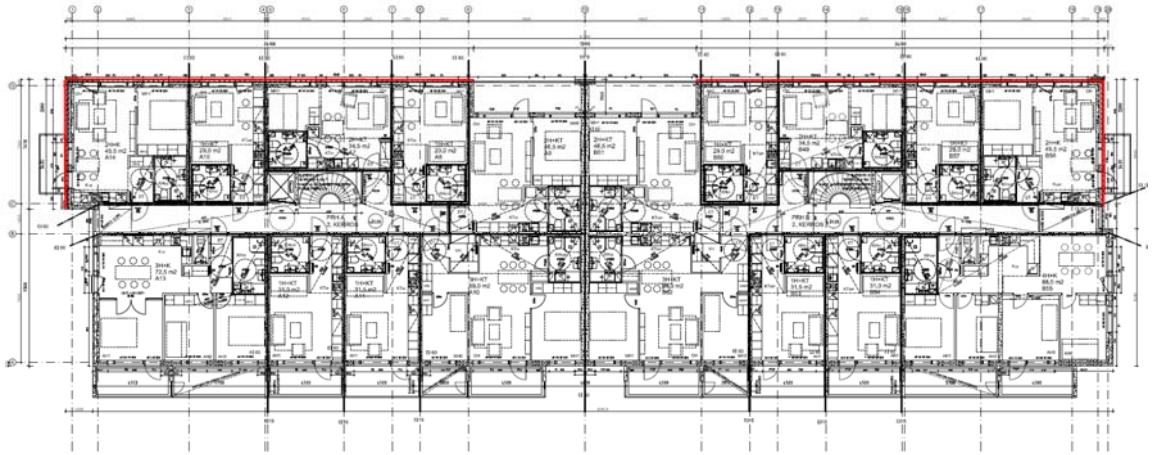
Kuva 8. Ei-kantava sandwich-elementti (R-elementti). Kuvan kuvaussuunta sisältä eli hiertopinnan puolelta.

Kun arkkitehdin suunnitelmat ovat niin pitkällä, ettei muutoksia ole tulossa, niin rakennesuunnittelija alkaa kokoamaan aineistoa urakkalaskentaa varten. Urakka-

laskenta-aineistosta tulee saada selville rakennuksen rakenteelliset ratkaisut. Materiaaliin kuuluvat mm. rakennetyypit, perustukset, perustusten tartuntapiirustus, vesikattokuvat, elementtikaaviot (tasokuvat), ala-, väli- ja yläpohjaleikkaukset, ulkoseinäleikkaukset, rakennedetaljit, elementtiluettelot, tyyppielementit sekä IFC-muodossa oleva tietomalli.

4 SUUNNITTELUUN KOHDISTUVAT MUUTOKSET

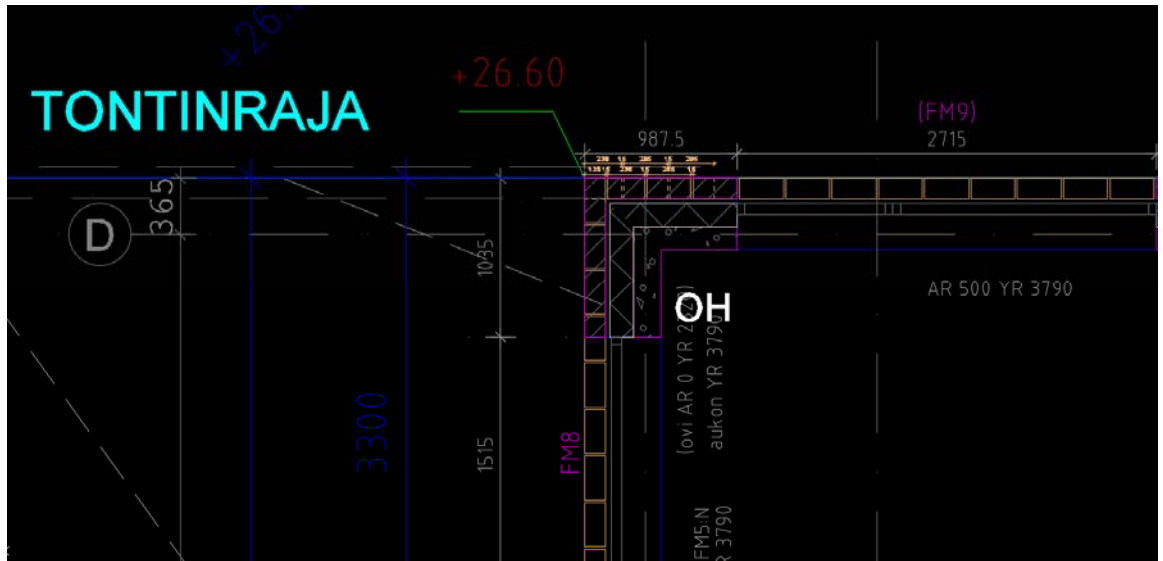
Kohteen rakennesuunnitelmien ollessa lähes valmiit tuli tieto, että rakennuslupa edellyttää julkisivupinnan muuttamista. Lähtökohtana kohteen muutossuunnittelussa oli, että rakennesuunnittelun alkuvaiheessa tehtyyn rakennetietomalliin tulisi mahdollisimman vähän muutoksia. Rakennetietomallin muuttaminen vaikuttaa kaikkiin siitä johdettuihin suunnitelmiin. Lisäksi tietomallia on työlästä muuttaa. Rakennemallista poistettiin tiilimuuraukseksi muuttuvat seinäsivut kokonaan ja elementtityyppi mallinnettiin uudestaan muuttaen teräsbetonisandwich-elementit sisäkuorielementeiksi (kuva 9). Puolet rakennuksen elementeistä säilyi rakenteeltaan samana, mutta myös näiden elementtien pintakäsittely muuttui.



Kuva 9. Pohjapiirustus, jossa punaisella tiilimuuraukseksi muuttuneet julkisivut.

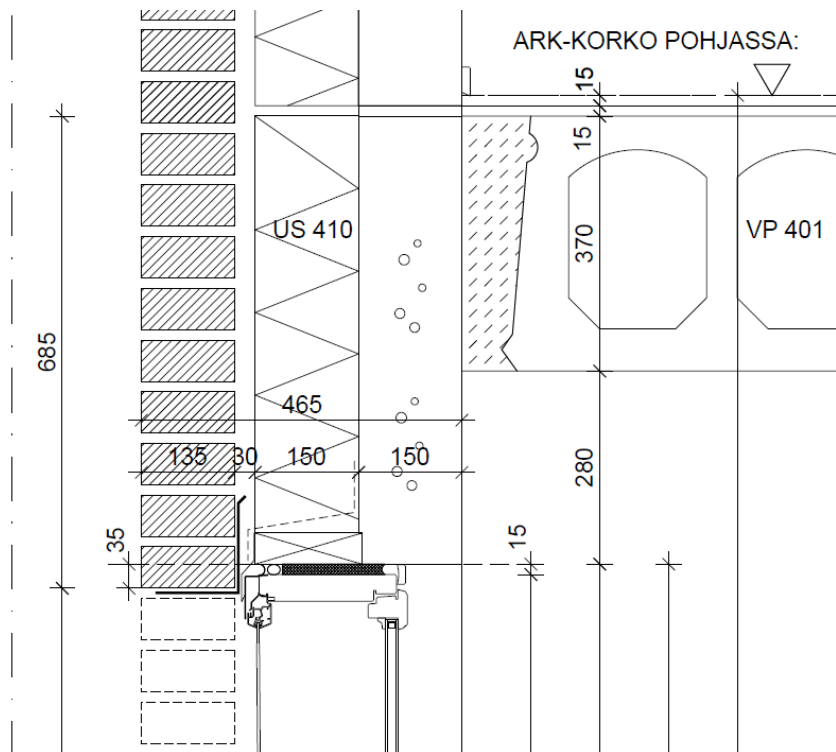
4.1 Arkkitehtisuunnitteluun kohdistuvat muutokset

Suunnitteluprosessin ongelmaksi muodostui se, että rakennus sijaitsi jo valmiiksi tontin rajalla. Kun rakennetyyppi muuttui puolessa taloa teräsbetonisandwich-elementistä sisäkuorielementiksi sekä tiileksi, niin rakennuksen ulkomitat kasvoivat 150 mm. Ongelma ratkaistiin niin, että koko rakennusta siirrettiin siten, että muutunut tiilimuraus oli nyt tontin rajalla (kuva 10). Näin ollen rakennuksen huoneistoala saatiin pidettyä alkuperäisissä lukemissa, vain brutto-ala muuttui. [2]



Kuva 10. Sininen vaakaviiva kuvaa tontin rajaa.

Arkkitehdille muutosprosessi toi lisätyönä tiilimuurauksen suunnittelun. Tiilimuuratun julkisivun tiilijako tuli suunnitella niin, että se toimisi julkisivun aukotuksen kanssa. Arkkitehdin tuli myös esittää ikkunoiden sekä ovien liittyminen uudella tavalla, kun rakenne oli nyt erilainen (kuva 11). Käyn läpi tiilimuuratun julkisivun aukokodetaljiikkaa enemmän osiossa rakennesuunnitteluun kohdistuvat muutokset.



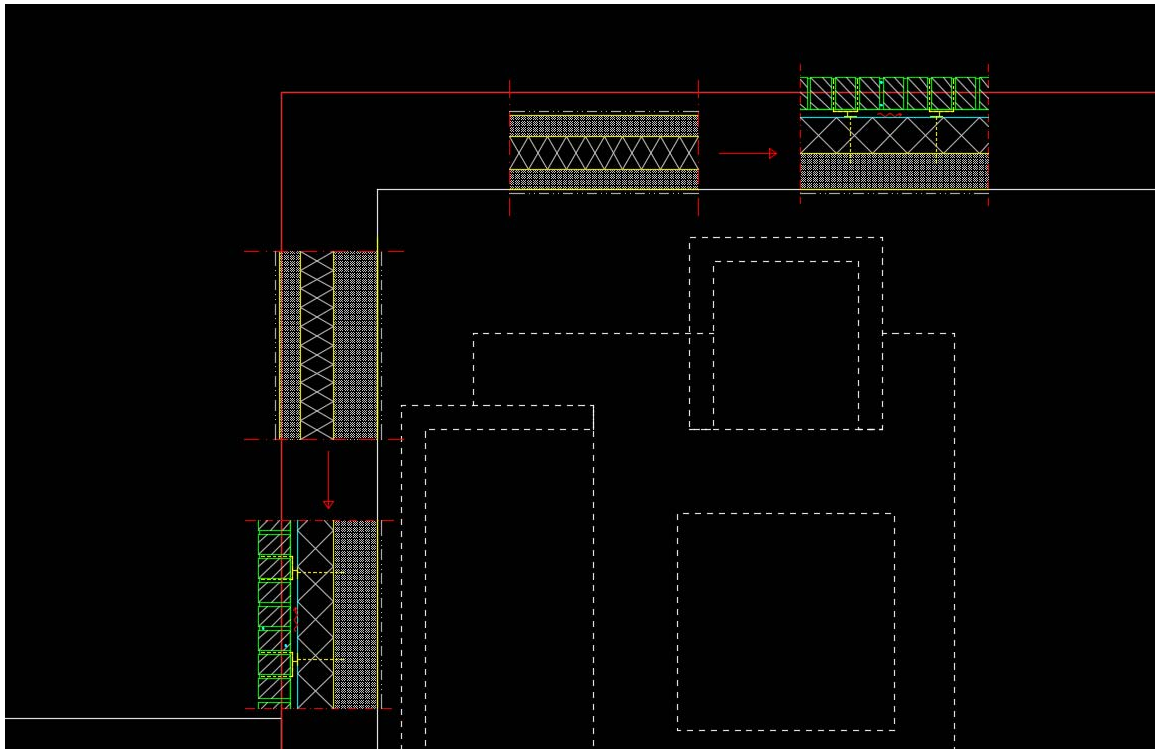
Kuva 11. Arkkitehdin leikkauskuva ei-kantavan seinän ikkuna-aukon yläreunasta.

4.2 Rakennesuunnitteluun kohdistuvat muutokset

Kun muutosta lähdettiin viemään tietomalliin, niin kaikki teräsbetonisandwich-elementit, jotka muuttuivat sisäkuorielementeiksi, poistettiin. Elementtejä ei voitu käyttää hyväksi sen takia, koska niiden katsomissuunta oli väärältä puolelta. Hiertopinta on sandwich-elementissä rakennuksen sisäpuolella, kun taas sisäkuorielementissä muottipinta on sisäpuolella. Helpoimmaksi ja varmimmaksi ratkaisuksi todettiin elementtien poistaminen ja uudelleen mallintaminen.

4.2.1 Rakennetyypit

Rakennuksen rakennetyyppeihin tuli nyt uusia rakennetyyppejä, koska rakennuksessa ei alkujaan ollut tiilimuurattua rakennetta ollenkaan. Ulkoseinien osalta rakennetyyppeihin tuli kaksi uutta rakennetyyppiä. Rakennesuunnittelija loi uuden rakennetyyppikaavion, joka havainnollistaa hyvin rakennuksen ulkomittojen kasvamisen (kuva 12).



Kuva 12. Kuvankaappaus rakennetyyppien muutoskaaviosta.

4.2.2 Perustukset

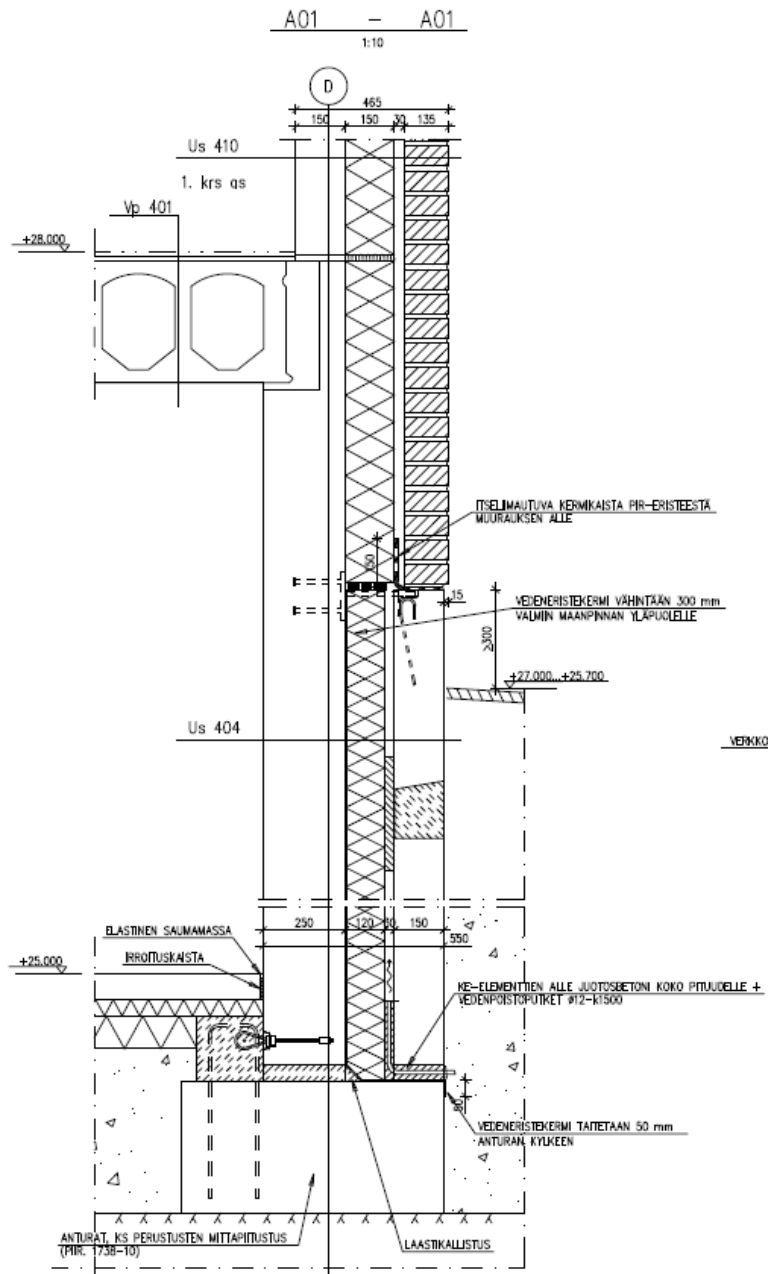
Rakennetyyppien muutos ja siitä johtuva rakennevahvuuksien muutos vaikutti olennaisesti myös alla oleviin perustuksiin. Samalla, kun koko rakennusta siirrettiin uuden ja vanhan rakenteen vahvuuden erotuksen verran (150 mm), niin myöskin perustusten mittoja tuli muuttaa saman verran. Rakennesuunnittelijan täytyi siis tehdä uusi mittapiirustus perustuksista. Kun muutos vaikuttaa perustuksiin, niin samalla se myöskin vaikuttaa perustusten tartuntapiirustukseen, joka sekin tuli päivittää ja mitoittaa uuden perustusten mittapiirustuksen mukaisesti.

4.2.3 Sokkelirakenteet

Tiilimuurauksen myötä alapohjarakenteissa jouduttiin miettimään tiilimuurauksen kannatus. Alkuperäinen sokkeliperiaate ei soveltunut enää, vaan sokkeliksi tuleva kuorielementti tuli viedä perustuksille asti, jotta tiilimuuraus saataisiin kannateltua (kuva 13).

Alkuperäisellä rakenteella oli monta hyvää rakenteellista ominaisuutta verrattuna uuteen rakenteeseen. Nyt kun sokkelirakenne jouduttiin viemään perustuksille asti, niin sokkelielementteihin kohdistui myös maanpainetta. Tämä johti siihen, että sokkelielementti täytyi mitoittaa maanpaineelle.

Tiilimuuraus imee paljon kosteutta, joten sokkelirakenteelle tuleva kosteusrasitus olisi ollut vanhassa rakenteessa paljon vähäisempi. Ulkopuolinen vedeneristys tehdään maanpaineeseen vasten, joten uudessa ratkaisussa vesieristeen korjaaminen on lähes mahdotonta.



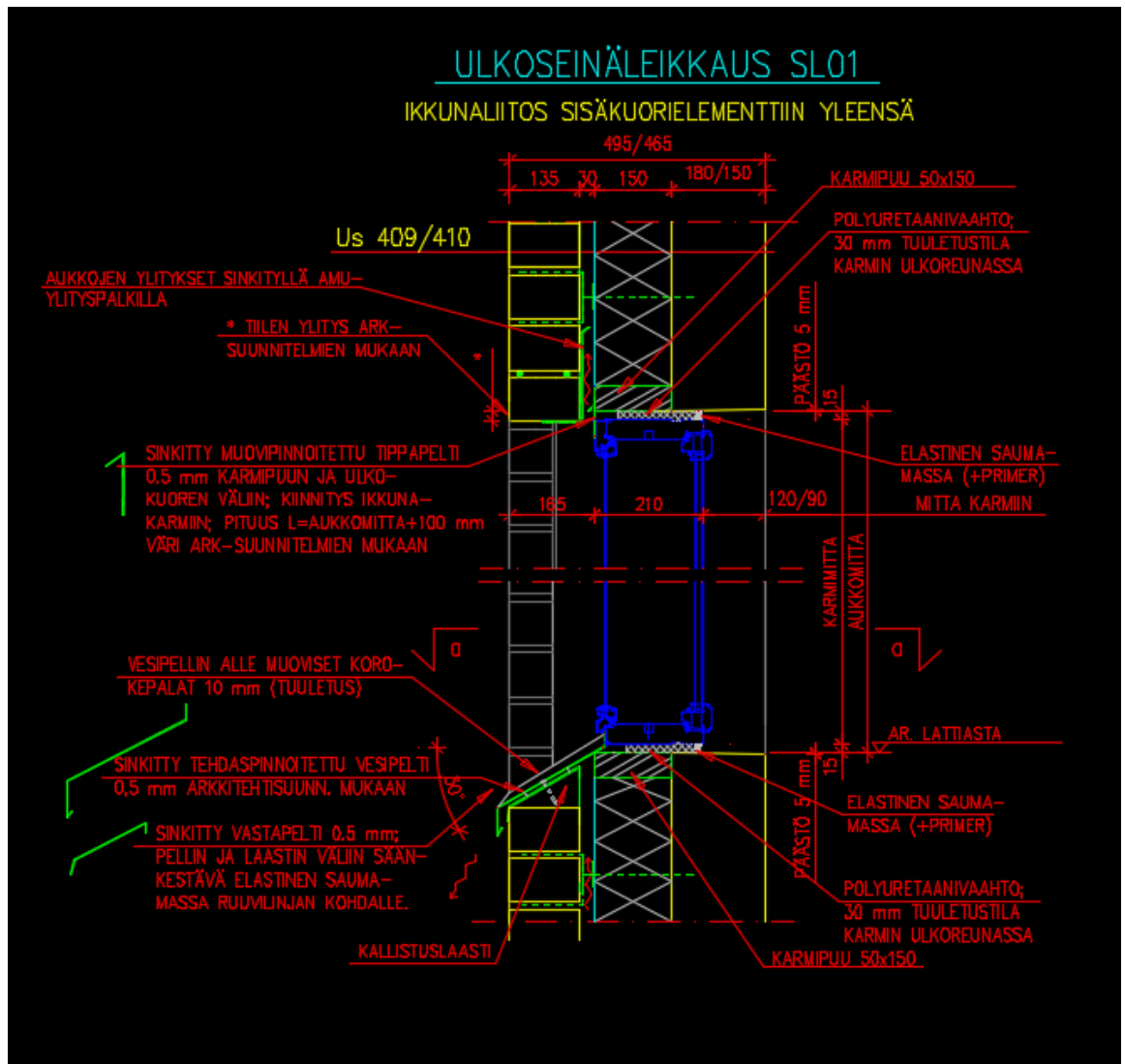
Kuva 13. Uusi sokkelileikkaus.

4.2.4 Ulkoseinärakenteet

Ulkoseinäleikkauksissa tarkastellaan ulkoseinärakenteen ja siihen liittyvien osien yksityiskohtainen liitosdetaljiikka. Muutoksen myötä tiilimuuratuille julkisivuille täytyi luoda uudet ulkoseinäleikkaukset, joissa on aukko kohtien yksityiskohtaiset rakenteet, pellitykset, tuuletus, rakenteiden tiivistys sekä ikkunan sijoitus rakenteeseen.

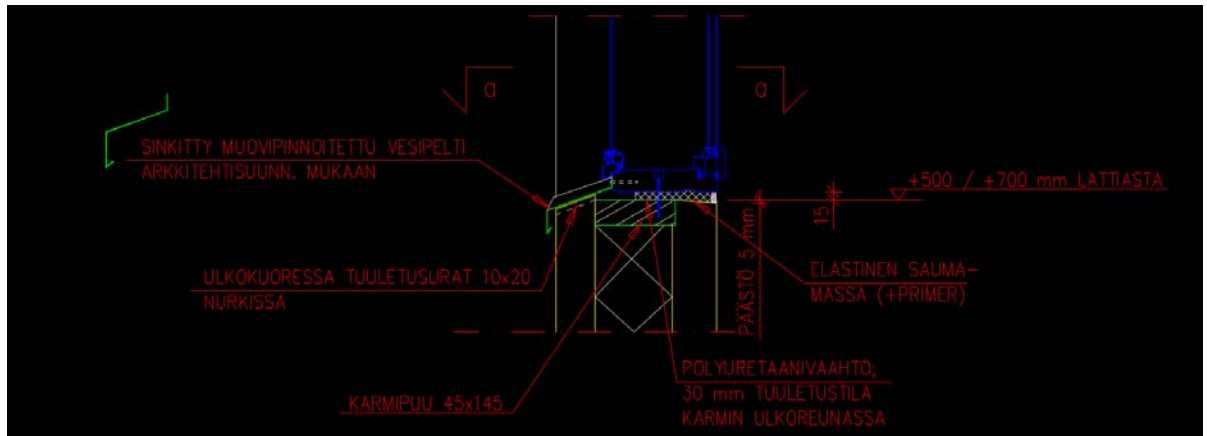
Tiilimuurauksen sitomiseen rakennuksen runkoon käytetään muuraussiteitä. Rakennesuunnittelija määrittelee muuraussiteiden kappalemäärän neliometriä kohden rakennuksen korkeuden ja tuulenpaineen perusteella. Muuraussiteet päätettiin tässä kohteessa laittaa valmiiksi elementteihin tehtaalla rakennesuunnittelijan ohjeiden mukaisesti. Jotta tiilimuuraus saadaan tehtyä aukkojen yläpuolelle, muuraus täytyy kannatella. Tiilimuurauksen kannatukseen käytetään joko erillisiä muurauskannakkeita tai tiilipalkkeja (kuva 14). Tiilimuurauksen rauditus toteutetaan joko ruostumattomilla harjaterästangoilla tai tiilimuuraukselle tehdyillä tikas-raudoitteilla. Tiilimuurattu julkisivu jaetaan liikuntasaumoin n. 15 metrin välein lohkoihin, jotta rakenne pääsee elämään. Myös parvekkeiden kohdat toteutetaan erillisinä muurausalueina.

Ikkuna sijoitetaan rakenteeseen siten, että mahdollisimman iso osa ikkunasta olisi eristetilan kohdalla, jotta lämpöhäviö olisi mahdollisimman pieni. Ikkunan sijoittaminen tulee kuitenkin tapahtua niin, että se päästään tiivistämään betonisisäkuorta vasten.



Kuva 14. Kuvankaappaus rakennesuunnittelijan suunnittelemasta ulkoseinäleikkauksesta tiilimuuratun julkisivun kohdalta.

Teräsbetonisandwich-elementti, jossa on käytetty polyuretaanieristettä, ei vaadi itsessään tuuletusta. Jos rakenteessa on apukarmipuut ikkunoiden kiinnitystä varten, on apukarmipuun mahdollinen kosteus huomioitu ikkunan alareunassa olevilla tuuletusurilla (kuva 15). Rakenteen ulkokuori nostetaan ulkokuoren sisäreunasta 10 mm apukarmipuun yläpuolelle ja viistetään 25 mm vesipeltiä varten. Ikkunan tiivistystä polyuretaanivaahdolla ei tehdä ulkokuoreen asti, vaan karmipuulle jätetään 30 mm leveä tuuletustila ulkokuoren sisäreunasta katsoen, jotta apukarmipuulla on mahdollisuus tuulettua.

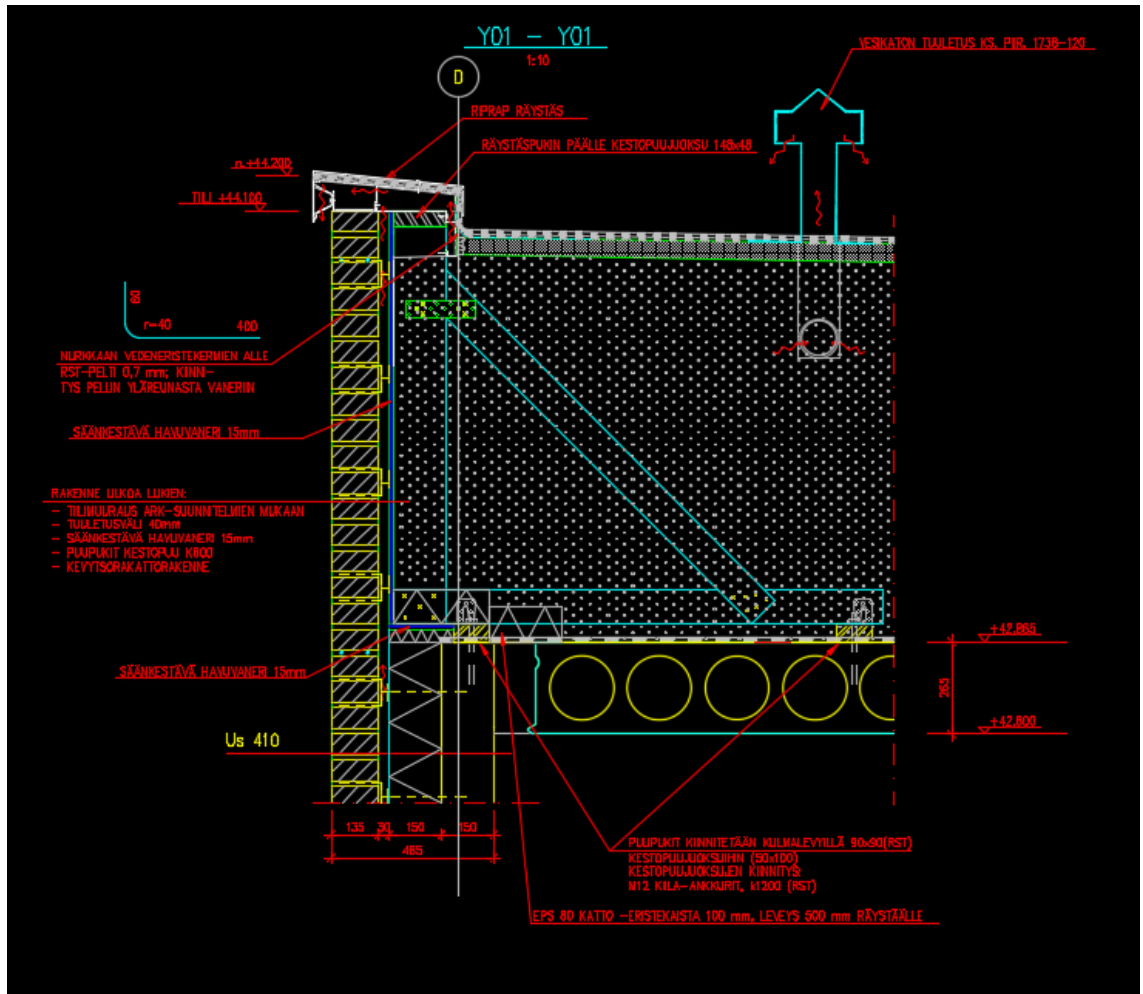


Kuva 15. Kuvankaappaus ulkoseinäleikkauksesta sandwich-elementin kohdalta.

4.2.5 Yläpohjarakenteet

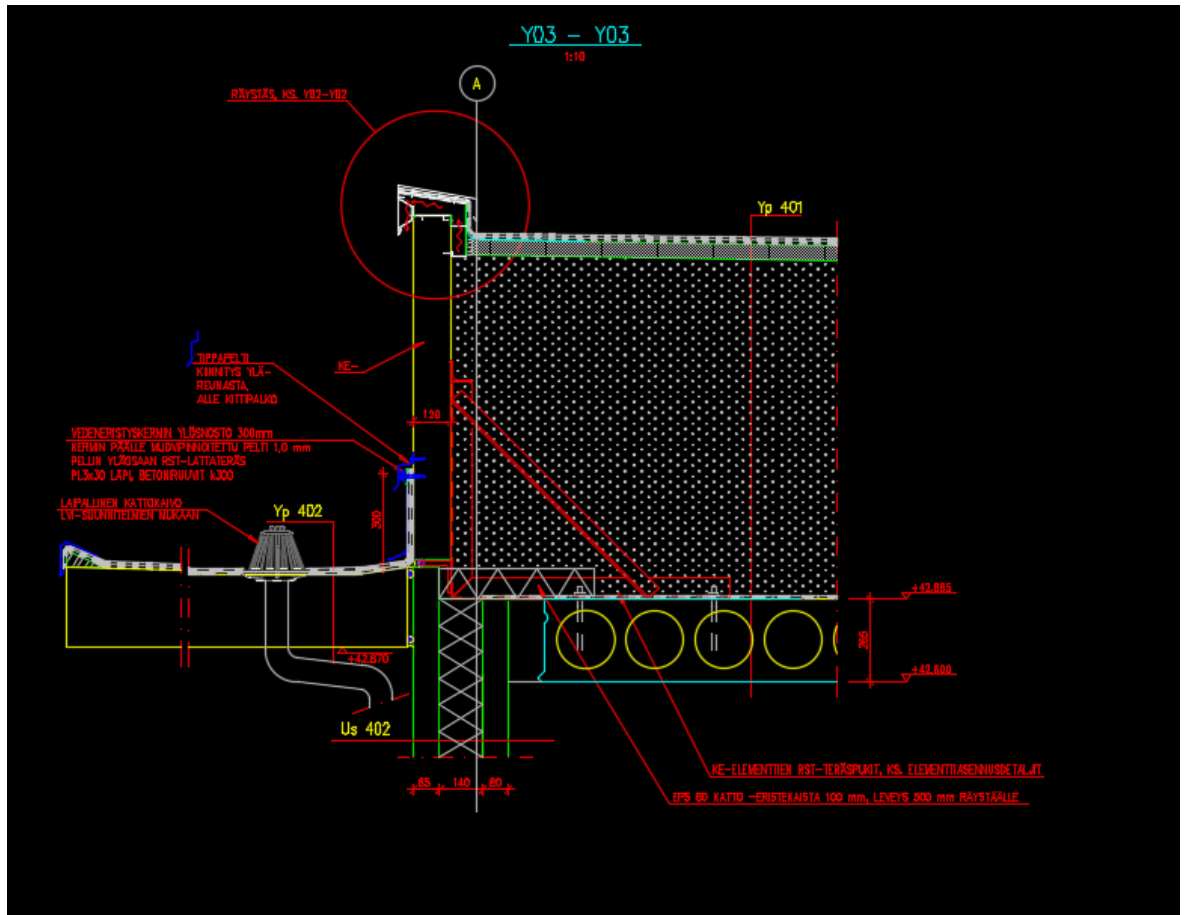
Muutos vaikutti oleellisesti koko rakennuksen rakennedetaljiikkaan. Yläpohjaleikkauksiin tuli suunnitella kolme erilaista uutta räystäsratkaisua tiilimuurauksen myötä.

Tiilimuurattu rakenne on kosteusteknisesti huomattavasti kosteampi rakenne kuin sandwich-rakenne. Näin ollen tiilimuurauksen vaatima tuuletus tuli järjestää riittäväksi räystäsrakenteeseen (kuva 16). Kevytsorakaton tuuletus on järjestetty erillisellä alipainetuuletinjärjestelmällä, joten seinärakenteen muuttuminen tiilimuuratuksi toi rakenteeseen tarpeen räystään sekä tiilimuurauksen tuuletukselle.



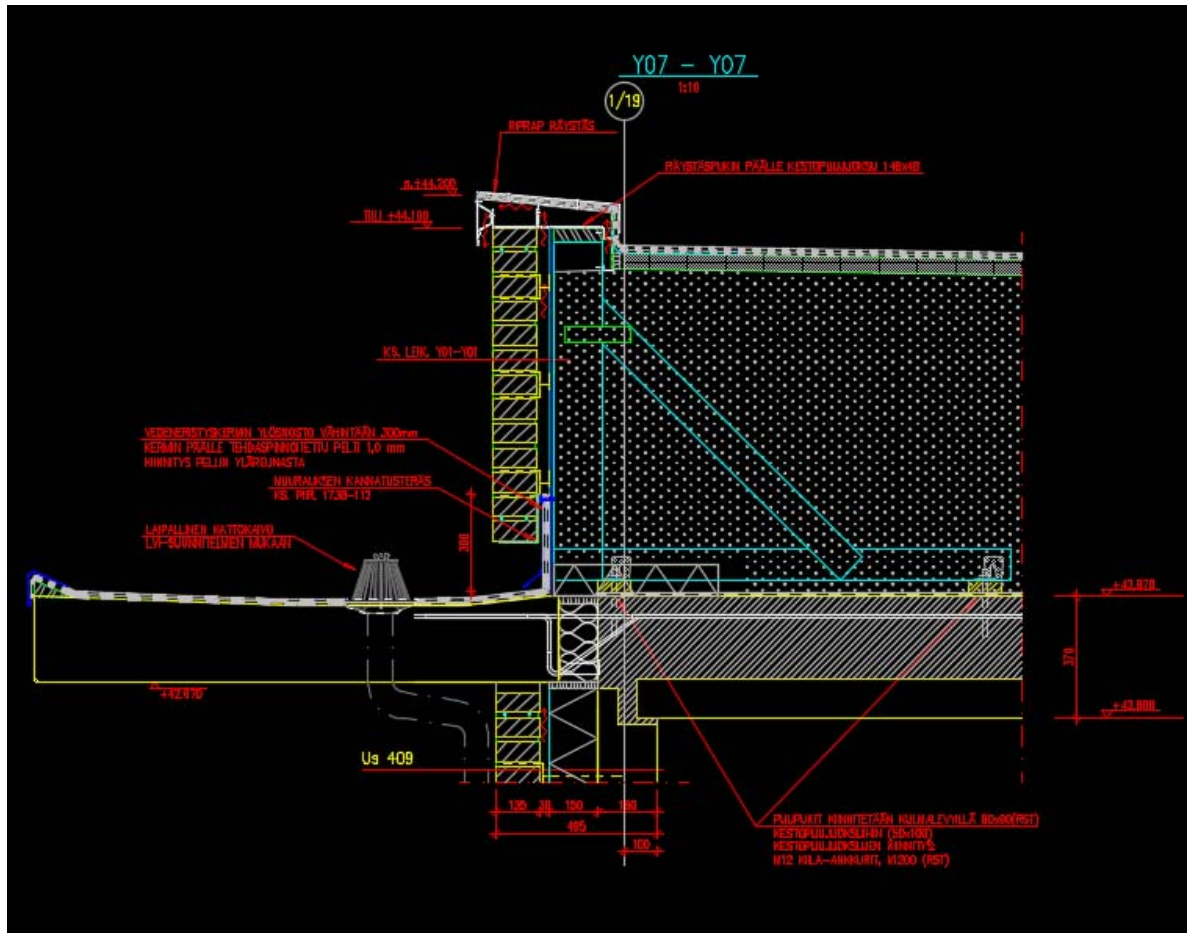
Kuva 16. Kuvankaappaus yläpohjaleikkauksesta tiilimuuratun julkisivun kohdalta.

Rakennuksen päätyjen parvekkeet toteutettiin ulokeparvekelaattoina. Myös parvekkeiden katot olivat ulokekattolaattoja. Vesikattorakenteen tyveys tulee toteuttaa siten, että vedeneristyskermi nostetaan vähintään 300 mm ylöspäin viereistä seinää vasten, jotta rakenteiden nurkkakohdista saadaan vedeneristyksellisesti varmoja rakenteita [6, s.123]. Alkuperäisen betonirakenteen vesikatteen tyveämissuunnittelussa ei ollut haasteita, vaan se pystyttiin toteuttamaan normaalisti tyveämällä vesikate betonista kuorielementtiä vasten (kuva 17).



Kuva 17. Kuvankaappaus alkuperäisestä yläpohjaleikkauksesta ulokekattolaatan kohdalta.

Julkisivun muuttuessa tiilimuuratuksi sama yläpohjaleikkaus täytyi miettiä kokonaan uudestaan (kuva 18). Kattolaatan vesikate tuli tyvetä havuvaneria vasten 300 mm, mutta kuitenkin niin, että tiilimuuraus pääsisi tuulettumaan. Samalla tiilimuuraus nostettiin kattolaatasta irti ja kannateltiin L-kannatinteräksellä. Muurauksen tausta on kostea rakenne ja tällä varmistetaan, että tuuletusvälin mahdollinen vesi saadaan turvallisesti pois rakennuksesta.



Kuva 18. Kuvankaappaus tiilimuuratun ulokekattolaatan kohdalta yläpohjasta.

4.3 Elementtisuunnitteluun kohdistuvat muutokset

Rakennushanke on tyypillinen asuinkerrostalo elementtilukumäärältään. Suunnitelin kohteesta yhteensä 1439 kappaletta elementtejä. Elementeistä 715 kappaletta oli ontelo- ja kuorilaattoja, joista elementtisuunnittelija laati vain mittapiirustukset ja määritteli laatalle tulevat kuormat. Kaikki muut elementit kuuluivat Insiööritoimisto Mäkeläisen rakenne- ja elementtisuunnittelu-urakkaan.

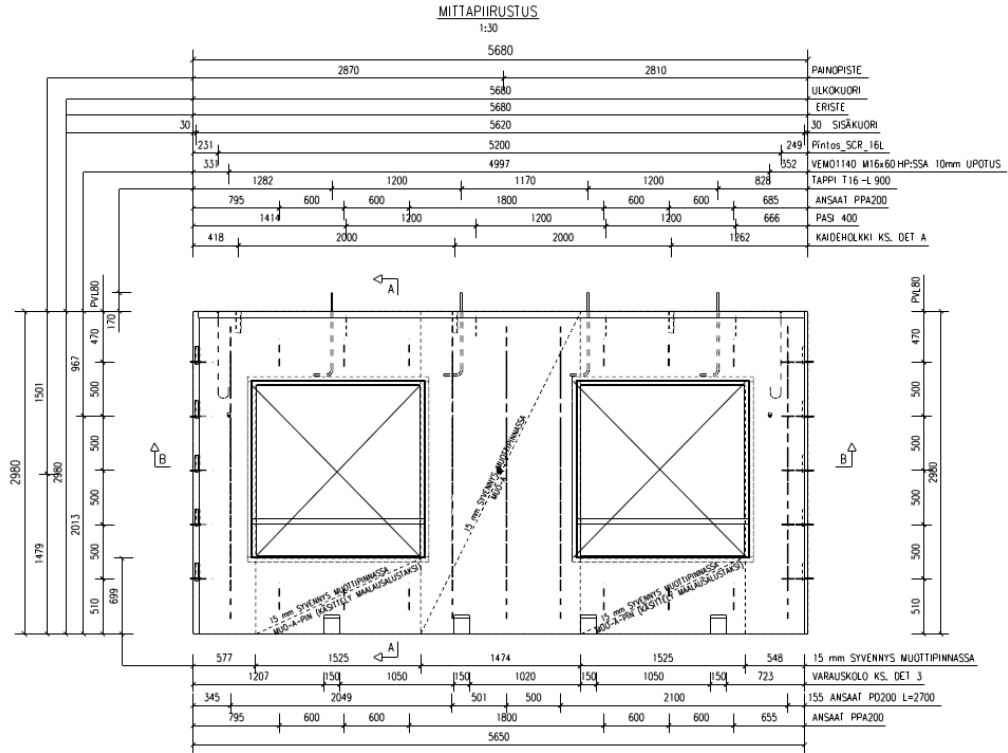
4.3.1 Maanpainesseinät

Elementtien muutossuunnittelu pääsi alkamaan, kun kohteen tietomalli oli saatu riittävälle tasolle muutoksia koskevasta kohdasta. Kellarikerroksen maanpainesseinät säilytettiin ennallaan, mutta niiden pituutta jouduttiin muuttamaan. Tämä tarkoitti sitä, että piirustustilassa aiemmin tehty kuva oli käytännössä hyödytön, koska sen jokainen mittaviiva oli tarkastettava sen vuoksi, että ohjelma ei ollut tunnistanut jokaisen viivan mittauspistettä uudestaan. Tein ratkaisun, että poistin vanhat kuvat ja lähdin tekemään piirustustilassa uudet kuvat, virheiden minimoimisen vuoksi. Kellarin maanpainesseinien periaate muuttui myös hieman, kun muutoksen yhteydessä sokkelikuorielementtien kannatusperiaate muutettiin uudelleenlaiseksi.

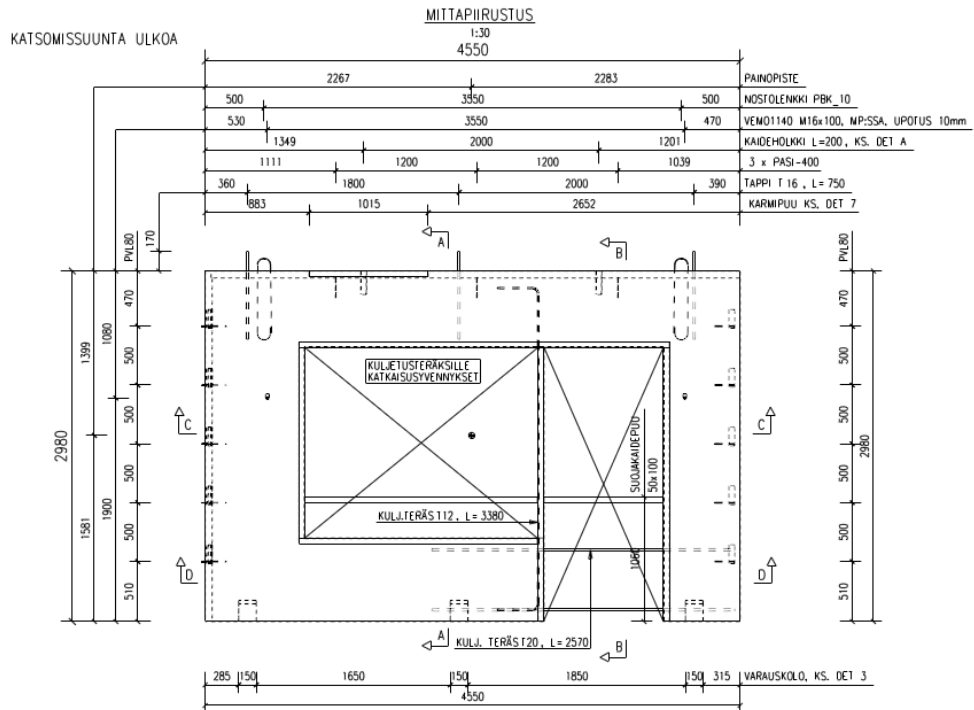
4.3.2 Sandwich-elementtien muutos sisäkuorielementeiksi

Muutostyö oli selkeästi pienempi ja nopeampi toteuttaa elementtisuunnittelun näkökulmasta, kun muutos oli sandwich-elementistä sisäkuorielementiksi, jossa oli eriste kiinni. Sisäkuorielementin suunnitteleminen on nopeampaa, koska siinä on vain yksi betonikuori ja näin ollen vähemmän tarvikkeita, raudoitusta sekä muita osia mitoitettavana. Sisäkuorielementissä, sandwich-elementtiin verrattuna ei tarvitse suunnitella kuorien kiinnittämistä ansailla toisiinsa sekä ulkokuoren raudoitusta. Nurkkakohdissa sandwich-elementin kuoret ovat monesti eri mittaisia, mikä sekin lisää mittapiirustukseen mittaviivoja (kuva 19 ja kuva 20).

KATSOMISSUUNTA SISÄLTÄ



Kuva 19. Alkuperäinen ei-kantavan sandwich-elementin mittapiirustus.



Kuva 20. Uusi ei-kantavan sisäkuorielementin mittapiirustus.

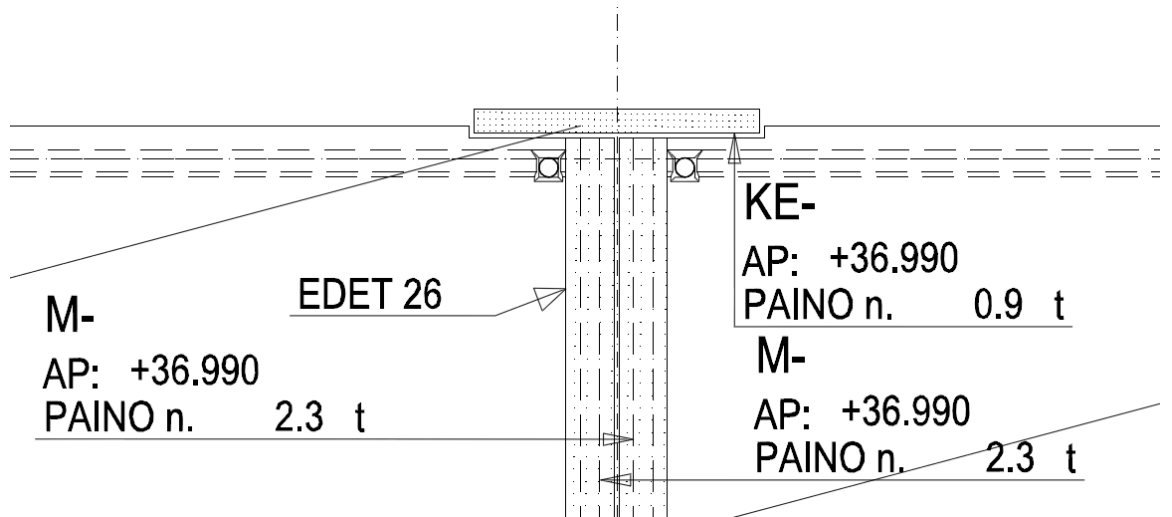
4.3.3 Parvekkeet

Muutostyöhön lähdetessä kohteen kaikki parvekelaatat oli suunniteltu. Sivu, jolta ulkoseinärakenne ei muuttunut muuta kuin pintakäsittelyn muodossa, pysyi myös parvekelaattojen osalta ennallaan. Rakennuksen vastakkaisella puolella ei ole kuin kaksi sisäänvedettyä parveketta kussakin kerroksessa. Näiden parvekkeiden mitat muuttuivat, joten kyseiset elementit täytyi tehdä uudelleen. Päädyissä olevat ulokeparvekkeet muuttuivat myös erikokoiseksi.

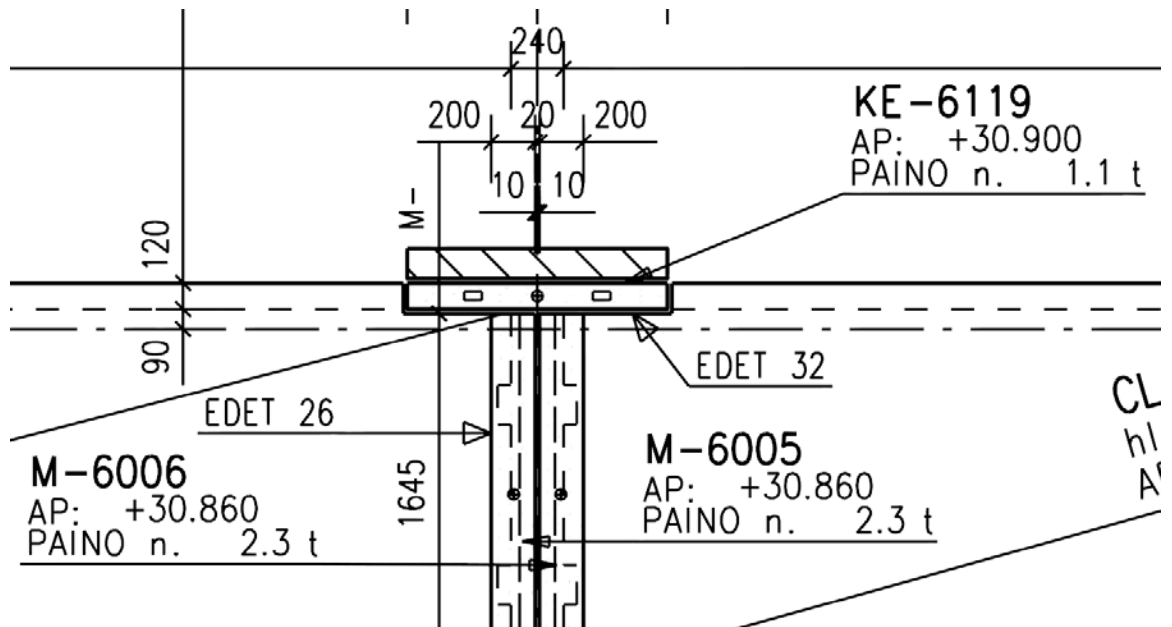
Tiilimuuratuksi muuttuneella sivulla ei ollut kuin kaksi pieliseinätornia, joten vain 12 elementin mittoja jouduttiin muuttamaan. Kaikkien muiden pieliseinien pintakäsittely muuttui myös graafisesta valkobetonista hienopestyksi valkobetoniksi, joten kaikkien pieliseinien kuviin täytyi muuttaa pintakäsittely ja ne täytyi tulostaa piirustustilassa uudestaan.

4.3.4 Kuorielementit

Kaikki muut kuorielementit, lukuun ottamatta sisäpihan puolen sandwichrakenteen ylläolevia elementtejä, tuli muuttaa erilaisiksi. Sisäänvedetyn parvekkeen kohdalle piti miettiä ratkaisu (kuva 21). Tiilimuuraus täytyi saada tuettua liikuntasauvan kohdalla kahden parvekkeen pieliseinän päätä vasten (kuva 22). Nuoli osoittaa tasopiirustuksessa hiertopintaan, ja kuten kuvista huomataan, niin elementin katsomissuunta on muutettu toisinpäin.



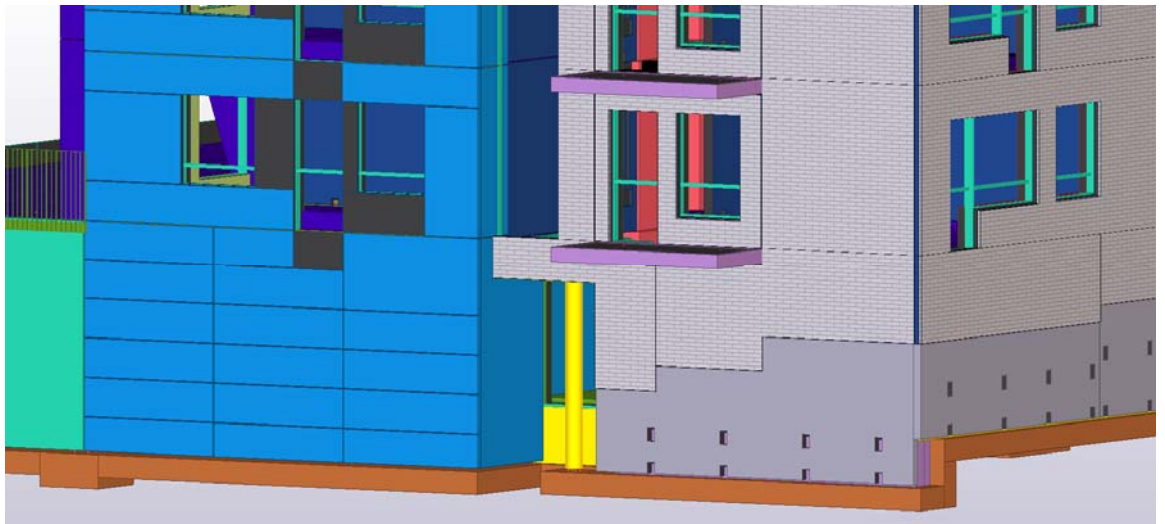
Kuva 21. Alkuperäinen ratkaisu kuorielementeille liikuntasauaman kohdalla.



Kuva 22. Uusi ratkaisu kuorielementille liikuntasauaman kohdalla

4.3.5 Pintakäsittelymuutokset sandwich-elementteihin

Rakennuksen pitkä sivu, johon muutoksen yhteydessä ei tullut kuin pintakäsittelymuutos, säilyi rakenteellisesti ennallaan sandwich-elementteinä. Päätyjen jäljelle jääviin kantaviin sandwich-elementteihin lupa-arkkitehti vaati, että niihin tulisi tehdä uritukset. Rakennesuunnittelija teki arkkitehdille ehdotuksen urien toteuttamiseksi ulkokuoreen arkkitehdin antamille sijainneille (kuva 23).



Kuva 23. Kuvankaappaus rakennesuunnittelijan tietomallista rakennuksen päädyistä.

5 POHDINTA

Tietomallintamalla toteutettava rakennesuunnitteluprosessi etenee alkuvaiheessa laaditun ja vahvasti detajiiikkaa sisältävän mallin pohjalta. Tietomalli luodaan arkkitehtisuunnitelmista sisältäen myös jo tehdyt valinnat rakennuksen materiaaleista. Tietomalli edellyttää rakenedetaljien ja -liittymiskohtien miettimistä ja suunnitelmiin viemistä jo suunnittelun alussa. Kun malli on luotu, niin suunnittelu etenee eri rakennusosien osalta tietomalliin pohjautuen. Tietomallissa oleva rakennuksen runko sisältää rakennuksen lopullisen mitoituksen, jossa on jo huomioitu rakennusosien dimensiot. Detaljitasoisessa suunnittelussa pienikin muutos vaikuttaa lähes jokaiseen suunnitelmaan.

Kohteen suurimpana virheenä suunnitteluvaiheen muutostyön syntymiseen oli lähtökohtainen asemakaavasta poikkeavan pintamateriaalin käyttäminen. Vaikka Helsingissä toimii kaupunkikuvaneuvottelukunta, niin hierarkkisesti rakennuslautakunta hyväksyy lopullisesti kohteen rakennusluvan sekä päättää ulkonäöllisistä seikoista mm. pintamateriaaleista. Haastavien tilanteiden välttämiseksi julkisten päättävien tahojen tulisi toimia yhteistyössä ja molemmilla tulisi olla yhtenevät kaupunkikuvan rakentamista määrittelevät näkemykset. Määritellyt materiaalit tulisi olla niin yksiselitteisiä, ettei tulkintaeroja tulisi päättävien tahojen välille, sillä molemmat päättäjätahot käyttävät vahvaa toimeenpanovaltaa suhteessa rakennushankkeeseen ryhtyviin.

Kaupungin ohjaavien tahojen ristiriitainen näkemys pintamateriaalista olisi tullut varmistaa suunnittelun alkaessa. Rakennuttaja ja arkkitehti käyvät viranomaiskeskustelut hankkeen edellytyksistä. Tässä kohteessa kaupunkikuvaneuvottelukunnan puoltama julkisivumateriaali jäi tilaajalla tarkistamatta lopullisen päätöksen tekemältä rakennuslautakunnalta. Kohteessa korostuu viranomaiskeskustelujen tärkeys hankkeen alkuvaiheessa tiukentuneiden määräysten vuoksi. Jo perinteisesti viranomaiskeskustelut paloteknisistä, energiateknillisistä ja asemakaavallisista asioista ovat olleet tärkeitä ennen suunnittelun aloittamista.

Hankkeeseen ennalta suunniteltu polyuretaanieristeinen sandwichelementti-ratkaisu olisi ollut kosteusteknisesti parempi ratkaisu. Tiilimuuraus imee paljon kosteutta, joten muun muassa sokkelirakenteelle tuleva kosteusrasitus olisi ollut vanhassa rakenteessa paljon vähäisempi. Rakennusvalvonta ohjaa tässä tapauksessa asemakaavamääräyksillä kosteusteknisesti haastavampiin rakenteisiin.

Elementtisuunnittelun kannalta tietomalli ympäristö havainnollistaa paremmin elementtien sijoittumisen ja liittymisen toisiinsa. Tekla Structures -ohjelmistossa elementtityypin muuttaminen on kuitenkin työlästä, koska tietomallissa katsomissuuntaan täytyy kiinnittää huomiota. 3D-ympäristössä tehtävä muutossuunnittelu on työlästä verrattuna 2D-ympäristössä tehtävään suunnitteluun. Tässä kohdessa toteutettu näennäisesti pieni muutos vaikuttaa mittavasti suunnittelutyömäärään ja nostaa suunnittelukustannuksia. Hankkeen suunnittelussa mukana olleena voin tämän työni pohjalta todeta, että hankkeen suunnittelu vaatii erityistä tarkkuutta ja yksityiskohtien sopimista koko suunnitteluvaiheen organisaatiolta.

LÄHTEET

- [1] Tietomallinnettava Rakennushanke, RT 10–10992, julkaistu 1.4.2010
- [2] Rakennuksen pinta-alat, RT 12–11055, julkaistu 1.12.2012
- [3] Graphic concreten esimerkki graafisesta valkobetoniasta. Viitattu 13.2.2017. <https://www.architonic.com/en/product/graphic-concrete-gctexture-turtle-nega-white-cement-white-aggregate/1288186>
- [4] Ohje Leca-kevytsorakattojen suunnittelemiseksi, päivitetty 1.9.2016. Viitattu 13.2.2017. https://issuu.com/e-weber/docs/5-10_weber_leca_kevytsorakatot_06102010
- [5] Rakentamisen kosteudenhallinta, yleistä tietoa kevytsorakatteesta. Viitattu 13.2.2017. <http://www.kosteudenhallinta.fi/index.php/fi/rakenteet/ylaepohjat-ja-vesikatto/kevytsorakatto>.
- [6] Rakennusten veden- ja kosteudeneristysohjeet, RIL-107-2012, julkaistu 2012