

Sakari Kettunen

# **AUTOHALLINKANNEN VEDENERISTYKSEN TUOTANNONSUUNNITTELU JA KUSTAN- NUKSET**

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Rakennustekniikka

Insinöörityö

Tekijä Otsikko  Sivumäärä Aika	Sakari Kettunen Autohallinkannen vedeneristyksen tuotannosuunnittelu ja kustannukset 46 sivua + 1 liite 18 sivua 25.3.2015
Tutkinto	insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Rakennustekniikan koulutusohjelma
Suuntautumisvaihtoehto	Rakennustuotantotekniikka
Ohjaaja(t)	Yliopettaja: Päivi Jäväjä Laaturpäällikkö: Ossi Pohjola Vanhempi työnjohtaja: Risto Melart
<p>Tässä opinnäytetyössä tutkittiin ongelmaksi muodostuneiden vuotavien autohallien vedeneristyksen toteutusta YIT:llä julkaistun uuden suunnittelu- ja toteutusohjeen mukaan. Työn tavoitteena oli selvittää, mitä ongelmia ja huomioon otettavia asioita uuden ohjeen käyttöön-otto mahdollisesti tuo mukanaan tuotannon näkökulmasta ja selvittää, voisiko suunnittelussa olla vielä jotain mahdollisesti parannettavaa, tai asioita, joita suunnittelu ei ota huomioon, sekä tutkia vesieristyksen toteutus- ja korjauskustannuksia.</p> <p>Työ toteutettiin tekemällä tuotannon suunnitelma vedeneristystyöstä uuden suunnittelu- ja toteutusohjeen mukaan sekä johtamalla ja valvomalla työ. Työn edetessä tutkittiin esiin noussevia ongelmakohtia, niihin puututtiin mahdollisuuksien mukaan sekä niitä dokumentoitiin. Toteutuskustannuksia tutkittiin tekemällä työlle kustannusarvio työmaalla laskemalla sekä vertaamalla sitä lopuksi työn toteutuneisiin kustannuksiin sekä tavoitearvion kustannuksiin. Korjauskustannuksia tutkittiin haastattelemalla vuosikorjaushenkilöitä ja selvittämällä yleisimpien vaurioiden toteutuneita korjauskustannuksia sekä vertaamalla niitä vesieristyksen toteutuneisiin kustannuksiin.</p> <p>Työn tuloksena saatiin tietoa huomioon otettavista asioista toteutettaessa vastaavanlaisten autohallien vedeneristyksiä, sekä tietoa niiden toteutus- ja korjauskustannuksista. Tutkimusta tehtäessä mm. todettiin, että kosteusteknisesti riskialttiiden paikkojen minimointi esim. ylösnostojen määrää vähentämällä, tekee pihakannen vedeneristyksestä kosteusteknisesti toimivamman. Työssä todettiin myös, että uusi toteutustapa hankaloittaa pihanrakenteiden tekemistä pihakannelle, joten tämä asia tulisi ottaa huomioon pihaurakan tarjouspyyntöä valmisteltaessa. Tutkimuksessa esille nousseita huomioitavia asioita tullaan ehdottamaan lisättäväksi uuteen suunnittelu- ja toteutusohjeeseen.</p>	
Avainsanat	vedeneristys, käännetty katto, pihakansi

Author(s) Title Number of Pages Date	Sakari Kettunen Production Planning and Costs of Car Park Roof Water Insulation 46 pages + 1 appendix 18 pages 25 March 2015
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Civil Engineering
Specialisation option	Construction and Site Management
Instructor(s)	Päivi Jävänä, Principal lecturer Ossi Pohjola, Quality manager Risto Melart, Senior supervisor
<p>This thesis investigated the waterproofing implementation of car park roofs done according to YIT's new design and implementation instructions. The aim was to find out what possible production-related problems and issues to consider will rise from taking the new instructions into use and to find out whether the design could still be improved and whether there are issues that the design does not take into account as well as to examine the water insulation implementation and repair costs.</p> <p>The work was carried out by making the production plan for the waterproofing work according to the new design and implementation instructions, as well as by managing and supervising the work. As the work progress, emerging problem areas were studied and addressed as far as possible, and they were documented. The implementation costs were examined by making a cost estimate at the construction site, and by comparing it to the actual costs at the end of the project and the estimated target. The repair costs were investigated by interviewing the maintenance providing the annual repairs and finding out the actual repair costs of the most common damages as well as by comparing them with the actual costs of waterproofing.</p> <p>The study provides information on what should be considered in the implementation of similar car parks waterproofing, as well as information on implementation and repair costs. The study discovers, for example, that minimizing moisture-susceptible areas, e.g. by reducing the number of upturns, makes the waterproofing of roof decks better. The study also reveals that the new method of implementation complicates building yard structures on the deck and this is an item to consider in the tendering-phase. It is recommended that these findings will be included in the new design and implementation instructions.</p>	
Keywords	waterproofing, inverted roof, yard deck

## Sisällys

1	Johdanto	1
1.1	Työn taustaa	1
1.2	Tavoitteet ja rajaukset	1
1.3	Asuntorakennuskohde	2
2	Käännetty katto ja vedeneristys	4
2.1	Yleistä	4
2.2	Pihakansien vedeneristyksen vanha menetelmä	6
2.3	Alustan laatuvaatimukset	7
2.3.1	Alustan kaltevuus, käyryys ja aaltoilu	7
2.3.2	Halkeilu	7
2.3.3	Karheus ja puhtaus	8
2.3.4	Kosteus ja lämpötila	9
2.4	Vedeneristystyö ja sen laatuvaatimukset	10
2.4.1	Tartuntaliuos	10
2.4.2	Kermien asennus	11
2.4.3	Liimattavat kermit	12
2.4.4	Kuumentamalla liimattavat kermit	13
2.4.5	Tartunnan todentaminen	13
2.5	Suojaus	15
3	Autohallin suunnitelmat	16
3.1	Rakennesuunnitelmat ja detaljikohtat	16
3.2	Rakennetyypit	22
4	Autohallin vesieristyksen tehtäväsuunnitelma	27
4.1	Menetelmän kuvaus	27
4.2	Aikataulu	28
4.3	Rakenteellisten ja toteutuksellisten riskien analyysi	28
4.4	Laadunvarmistus	34
4.4.1	Työtä edeltävä laadunvarmistus	35
4.4.2	Työnaikainen laadunvarmistus	35
4.4.3	Työnjälkeinen laadunvarmistus	36
4.4.4	Materiaalien laadunvarmistus	36
4.5	Mallityöt	36

5	Vaikutukset projektiin	37
5.1	Vedeneristeen vuotamisesta johtuvat korjaukset	37
5.1.1	Tyypillisiä ongelmia	37
5.2	Aikatauluvaikutukset	38
5.3	Kustannusvaikutukset	38
6	Kustannukset	39
6.1	Toteutuskustannukset	39
6.2	Korjauskustannukset	41
6.3	Kustannusten vertailu	43
7	Johtopäätökset ja tulokset	44
8	Yhteenveto	46
	Lähteet	47
	Liitteet	
	Liite 1. Autohallin vedeneristyksen rakenteellisten riskien riskianalyysi	

## 1 Johdanto

### 1.1 Työn taustaa

Projektin tilaaja yritys on YIT Rakennus Oy, joka rakentaa perustajaurakointimuotoista asuinkerrostaloa sekä sen yhteyteen tulevaa autohallia Espoon Tapiolaan. Kohteen rakennusaika on 12/2013 – 4/2015. YIT:llä on todettu autohallinkansirakenteiden kosteustekninen riskialttius ja näin ollen halutaan varmistaa rakenteen toimivuus. YIT:llä on tullut käyttöön uusi suunnittelu- ja toteutusohje ”Autohallien vesieristykset: Ohjeita suunnitteluun ja toteutukseen”, jonka tarkoituksena on auttaa työn suunnittelua ja toteutusta siten, että riskipaikkoja suunnittelussa sekä virheitä työn toteutuksessa ei pääsisi syntymään. Rakennetyyppi sekä laadunvarmistustoimenpiteet, joilla autohallinkansia toteutetaan, ovat uusia kohteissa. Riskit ja rakenteen merkitys on tunnistettu ja on todettu, että vähäisetkin korjaukset ovat hankalia sekä aikaa vieviä toteuttaa. Opinnäytetyön tarkoituksena on suunnitella vesieristyksen toteutus tämän uuden ohjeen pohjalta siten, että työvirheitä ei pääsisi syntymään ja kartoittaa, mitä asioita nousee esille, joita uusi ohje ei mahdollisesti ota huomioon, sekä ehdottaa, mitä asioita voisi lisätä tai muuttaa uudessa ohjeessa.

### 1.2 Tavoitteet ja rajaukset

Opinnäytetyössä tutkitaan ja suunnitellaan autohallin vedeneristystöiden toteutusta ja arvioidaan, mikä siinä voi mennä vikaan. Tutkimus suoritetaan vedeneristystyön toteutuksen onnistumisen kannalta. Tutkimuksessa pyritään kartoittamaan mahdolliset riskikohdat vesivuotojen kannalta sekä tutkitaan ja arvioidaan vuotavien autohallien korjauskustannuksia ja autohallin rakentamisen vaikutusta koko rakennusprojektiin esim. vaikutus aikatauluun ja kustannuksiin. Opinnäytetyössä on tavoitteena tuottaa autohallin vedeneristyksen tuotannosuunnitelma sekä kattava riskianalyysi, sekä ottaa kantaa miten uutta vedeneristysohjetta voisi kehittää ja mitä huomioitavia asioita sinne voisi lisätä tuotannon näkökulmasta. Tutkimuksen aineistoa voidaan käyttää yleisohjeena vastaavallisissa kohteissa.

### 1.3 Asuntorakennuskohde

Asunto Oy Espoon Revontuli on YIT Rakennus Oy:n, Kerrostaloyksikön perustajaurakointimuotoisena rakenteilla oleva kerrostalo, johon tulee 22 kpl vapaarahoitteisia omistusasuntoja sekä 2 kpl liiketiloja. Revontuli sijaitsee Espoon Tapiolassa, osoitteessa Revontulentie 1. Arvioitu valmistuminen on 30.4.2015



Kuva 1. Asunto Oy Espoon Revontuli, taitelijan näkemys [1.]

Yhtiössä on kaksiportainen kerrostalo, joka koostuu 3:sta asuinkerroksesta sekä osin maanpäällisestä kellarikerroksesta, jossa sijaitsee liike- ja yhteistilat. Autohalli sijaitsee pihakannen alla. Asuinhuoneistoala yhtiössä on 1551 m<sup>2</sup> ja liiketilojen huoneistoala on 229 m<sup>2</sup>. Arkkitehtisuunnittelu Pauliina ja Juha Krönlof Oy.

Espoon kaupungin 12. kaupunginosassa sijaitsevan korttelin 12014 tontti 2 on asunto-yhtiön omistama. Tontin pinta-ala on 1682 m<sup>2</sup> ja alueella on vahvistettu asemakaava.

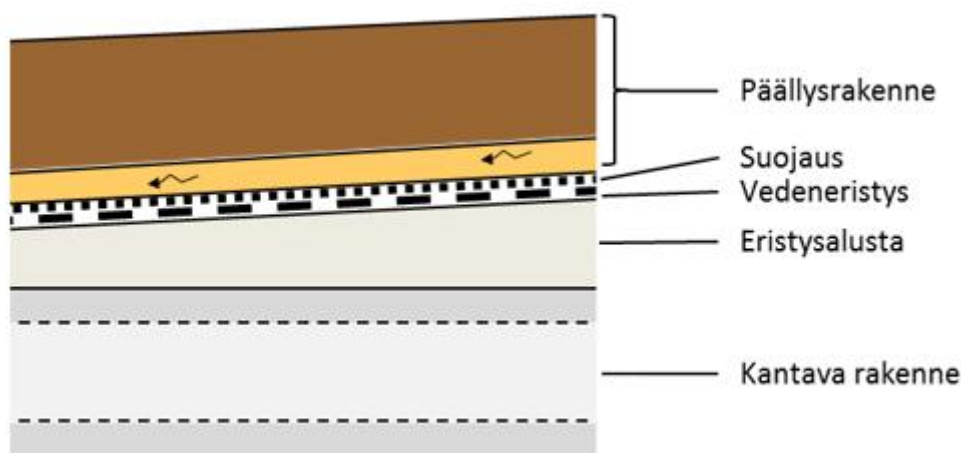


## 2 Käännetty katto ja vedeneristys

Tässä luvussa käsitellään käännetyn katorakenteen teoriaa ja kerrottu vedeneristystyöstä YIT:n uuden suunnittelu- ja toteutusohjeen mukaisesti, sekä luvussa on myös kerrottu YIT:llä aikaisemmin käytössä olleesta tavasta toteuttaa pihakansia.

### 2.1 Yleistä

Käännettyä kattorakennetta käytetään yleensä tavanomaisissa vesikatoissa, erilaisissa kansirakenteissa sekä viherkatoissa. Käännettyssä kattorakenteessa vedeneristys sijaitsee lämmöneristekerroksen alapuolella eli lämpimämmällä puolella. Tavallisesti vedeneriste tehdään suoraan kantavan betonirakenteen tai kantavan rakenteen päälle valetun kallistusvalun päälle. [2, s.116 - 117.]



Kuva 3. Periaatekuva: Käännetty katto, Ville Torkkeli [5.]

Suurin osa sadevesistä johdetaan pois pintarakenteita pitkin ja vain osa sade- ja sulamisvesistä täytyy johtaa vedeneristeen päältä pois. Veden- ja lämmöneristeen välissä suositellaan käytettäväksi tarkoitukseen sopivia salaojamattoja. [2, s.117.]

Vedeneristeen päällä käytettävien lämmöneristyslevyjen on oltava tähän tarkoitukseen valmistettuja puolipontattuja levyjä, yleensä käytetään XPS-levyjä. XPS-levyt ovat suulakepuristamalla valmistettuja umpisoluisia polystyreenilevyjä, joissa solurakenne on hyvin tiivis ja aineen vedenimukyky on erittäin alhainen. On kuitenkin syytä ottaa huomioon, että myös ne voivat vettyä vaikeissa olosuhteissa, jatkuvassa vedenpaineessa ja mahdollisesti yläpinnan ollessa altis jäätymiselle. Siksi vedenpoisto eristyslevyjen alta on todella tärkeää.

Lämmöneristyskerroksen paksuutta mitoitettaessa on syytä ottaa huomioon eristeen kosteus sekä lämpöhäviöt jotka johtuvat sade- ja etenkin sulamisvesistä. Lämmöneristys suunnitellaan siten, että lämmöneristyskyky säilyy riittävänä koko suunnitellun käyttöajan ajan.

Jos sade- ja sulamisvesiä pääsee runsaasti vedeneristeen päälle, on tärkeää huolehtia, että rakenteen lämpökapasiteetti on riittävä, jotta ei synny kondenssiongelmia vedeneristeen alle.

Metalliset kattokaivot sekä lävistyskappaleet täytyy olla haponkestävistä materiaaleista valmistettuja. Kaivojen poistoputkien ja viemäristönputkistojen vähimmäishalkaisijan on oltava 100 mm. Kaivojen alapinnat ja viemäriputkien lähdöt on lämmöneristettävä haitallisen kondensoitumisen estämiseksi. Kaivot ovat myös yleensä varustettu sulatusvasuksella tai jos vastusta ei ole, niin on syytä muulla tavoin varmistua, että kaivo ei pääse jäätymään tukkoon.

Kokemuksen mukaan vallitsevat olosuhteet käännytyissä kattorakenteissa ovat todella aggressiiviset ja aiheuttaa korroosiota sinkityissä teräsrakenteissa sekä ruostumattomasta teräksestä valmistetuissa tarvikkeissa. Pintarakenteista (lähinnä maakosteasta betonista) voi mahdollisesti liueta hydroksidia, joka voi muodostaa kalkkikiveä putkistoon aiheuttaen tukoksia. Tämä otetaan huomioon mitoitettaessa viemäriputkikokoa ja suunniteltaessa viemäriputkistojen tarkastettavuutta sekä puhdistettavuutta.

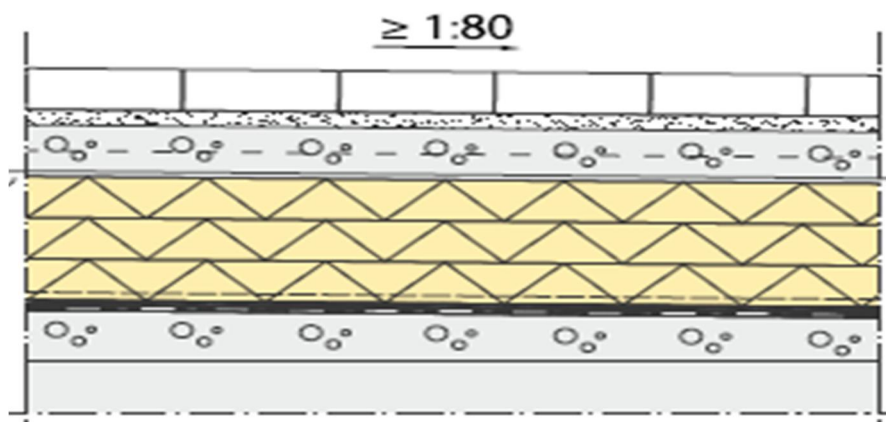
Vedeneristysten ylösnostoissa täytyy noudattaa samoja ohjeita kuin tavallisillakin katoilla. Erityisesti huomioitavaa on, että ylösnostokorkeudet tarkoittavat korkeutta valmiista kattopinnasta eikä vedeneristekerroksesta. [2, s.117.]

Pintarakenteet suunnitellaan niin, että rakenteen pinnalla oleva vedenpoisto toimii varmasti. Ja koko rakenne siten, että vesi, joka pääsee lämmöneristeen alapuolelle, poistuu rakenteesta. Kattokaivojen tukkeutuessa veden aiheuttama noste pyrkii nostamaan pintarakenteita ylöspäin käytettäessä paksuja lämmöneristekerroksia. Hienojakoisten aineksien pääsy kattokaivoille ja lämmöneristekerrokseen täytyy estää. [2, s.117.]

## 2.2 Pihakansien vedeneristyksen vanha menetelmä

YIT:llä aikaisemmin käytössä olleella menetelmällä tehdyissä pihakansissa rakenteet saattoivat olla monimuotoisempia ja läpivienneille ei lähes koskaan oltu varattu riittävästi tilaa. Lisäksi ylösnostoja saattoi olla riskialttiissa paikoissa, eikä niille ollut suunniteltu elementteihin uria, joihin ne olisi voitu kiinnittää. Tai niitä ei ole muuten asianmukaisesti kiinnitetty. [3.]

Vanha menetelmä ei poikkea uudesta menetelmästä toteutuksen näkökulmasta kovinkaan paljon, vanhassa menetelmässä on ainoana lisätyövaiheena joko suoraan salaojakerroksen tai sitten lämmöneristekerroksen päälle tuleva betonivalu. Suurin poikkeama on suunnittelussa, uuden suunnittelu- ja toteutusohjeen mukaan tehdyssä autohallissa vedeneristeen monimuotoisuutta on pyritty yksinkertaistamaan mahdollisimman paljon. Läpivientien määrää on myös pyritty vähentämään. Mikäli läpivientejä kuitenkin täytyy tehdä, suunnitellaan ne siten, että jokaiselle jää riittävästi tilaa ympärilleen, jotta vedeneristys saadaan tehtyä kunnolla läpivientikappaletta hyväksi käyttäen. Kuvassa 4 on esitetty periaatekuva vanhalla menetelmällä toteutetusta pihakannesta.



Kuva 4. Periaatekuva vanhalla menetelmällä toteutetusta pihakannesta [4.]

## 2.3 Alustan laatuvaatimukset

### 2.3.1 Alustan kaltevuus, käyryys ja aaltoilu

Vedeneristettävän alustan viettokaltevuuden on oltava vähintään 1 %, mutta suositeltavaa olisi 2 % tai sitäkin enemmän. Eikä vesi saa lammikoitua eristettävälle alustalle.

Vaatimukset, jotka koskevat käyryyttä ja aaltoilua ovat seuraavat: enintään 3 mm 1,5 m matkalla ja enintään 2 mm 0,5 m matkalla. Käyryyttä ja aaltoilua mitataan esim. oikolaudalla. Jos pinta ei täyty sille asetettuja vaatimuksia, se täytyy korjata esim. hiomalla kohoumat pois ja täyttämällä kuopalla olevat kohdat juotoslaastilla tai -massalla.

Yksittäisiä koloja tasoitetaan kuumuutta hyvin kestäväällä tiivistysepoxsin sekä kuivan hiekan seoksella tai sitten paikkausmassoilla. Alusta täytyy puhdistaa ennen paikkausta ja paikkauksessa käytettävän aineen tulee kestää hyvin kuumuutta ja olla yhteensopivaa materiaalia kumibitumin kanssa.

Etuna käytettäessä polymeeripohjaisia massoja, on niiden nopea kovettuminen ja kuivuminen. Sideaineena on oltava pakkasenkestävä polymeeri, joka on yleensä epoksi. Mikäli tasoitettava alue on suuri ja yhtenäinen, on alusta jyrstävää ennen tasoitusta. Epoksitasoitteen pinnalle sirotellaan hienoa ja kuivaa hiekkaa sen ollessa vielä tuore, vedeneristyksen tartunnan varmistamiseksi.

Sementtipohjaisia juotoslaasteja käytettäessä rakeisuuden täytyy olla 0-4 mm ja laastin on oltava valmislaastia. Paikkauksessa voidaan käyttää myös erilaisia korjausbetoneita, jolloin raekoko on 5 mm tai sen yli. [5, s.3.]

### 2.3.2 Halkeilu

Eristettävässä alustassa ei saa olla, eikä siihen saa muodostua yli 3 mm kokoisia jyrkkäreunaisia hammastuksia, eikä rakoja. Kaikki tätä suuremmat hammastukset tulee tasoiittaa vähintään kaltevuuteen 1:5. Suuremmat kuin 3 mm leveät halkeamat tulee täyttää injektoimalla tai imeyttää kapillaarisesti. [2, s.157.]

Injektointia käytetään sellaisissa tapauksissa, joissa halutaan estää haitalliset seurausvaikutukset betonirakenteissa, jotka johtuvat halkeamista tai onkaloista. Injektoimalla täytetään mm. taivutus- ja leikkaushalkeamat sekä avonaiset työsaumat.

Imeyttämällä korjataan yleensä halkeamia, jotka johtuvat plastisesta kutistumisesta tai painumasta, kun rakenteellista lujuutta ei vaadita [5, s.3].

### 2.3.3 Karheus ja puhtaus

Eristettävän alustan tulee olla mahdollisimman tasainen ja sileä. Betonipinnan on vastattava vähintään puuhierrettyä betonipintaa, pinnasta täytyy olla poistettuna kaikki epäpuhtaudet sekä pinnan vetolujuutta heikentävä aines, kuten sementtiliima. Betonipinta tulee hiekkapuhaltaa, sinkopuhaltaa tai hioa (ns. karkea hionta), jonka jälkeen pinta tulee puhdistaa huolellisesti paineilmalla tai imuroimalla. Jos pinta vesihiekkapuhalletaan tai puhdistetaan korkeapainepesulla, tulee pinnan riittävästä kuivuudesta varmistua ennen vedeneristystyön aloittamista. [2, s.157.]



Kuva 5. Sinkopuhallettu autohallinkansi [6 .]

#### 2.3.4 Kosteus ja lämpötila

Alusta ei saa olla liian kostea eristystyön alkaessa. Mikäli on syytä epäillä rakenteen kosteuden olevan liian suuri, tulee pinnan kosteus mitata luotettavalla menetelmällä. Kosteus tulee mitata 10 mm syvyydeltä 20°C:n lämpötilassa. Mittauksessa käytetään RT 14 – 10984 -ohjeen mukaista näytepalamenetelmää. Menetelmä on parempi kuin porareikämittaus, koska vallitsevat olosuhteet ei vaikuta mittauksen tulokseen. Betonin huokosissa olevan ilman suhteellisen kosteuden tulee olla alle 90 % 0-10 mm syvyydellä. Jos on syytä epäillä, että betonin pintakerros on liian kostea esim. sateen takia, voidaan näytepalamittaus suorittaa 0 - 5 mm syvyydeltä. Mittauspisteiden määrä tulee valita tapauskohtaisesti, ottaen huomioon esim. betonipinnan erilaiset kuivumisolosuhteet sekä alustan koko. Mittauspisteiden valinnassa on hyvä käyttää pintakosteuden tunnistinta, jotta saadaan näytepalat mahdollisimman kosteista kohdista. [2, s.162.]

## 2.4 Vedeneristystyö ja sen laatuvaatimukset

Ennen työn aloitusta on tärkeää varmistua, että alusta täyttää sille asetetut puhtaus-, tasaisuus-, kosteus- ja muut vaatimukset. Näitä on esitetty luvussa 2.3 Alustan laatuvaatimukset [2, s.161.]

### 2.4.1 Tartuntaliuos

Kun eristettävän alustan laatuvaatimukset on saatu kuntoon, levitetään alustalle tartunta-aineeksi, joko puhalletusta tai modifioidusta bitumista valmistettua kumibitumiliuosta 0,3 – 05 l/m<sup>2</sup>. Kumibitumiliuosta on tärkeää sekoittaa huolellisesti ennen kuin sitä otetaan säilytysastiasta ja levitetään eristettävälle alustalle. [5, s.5.]



Kuva 6. Bitumiliuoksella käsiteltyä autohallinkantta [6 .]

## 2.4.2 Kermien asennus

Työ täytyy tehdä kelvollisissa sääolosuhteissa ja tarpeen vaatiessa sääsuojassa. Bitumikermi kiinnitetään, joko liimaten kuumabitumilla, hitsaten (kuumentamalla) tai mekaanisesti. Työmenetelmä täytyy valita ottaen huomioon alusta, sääolosuhteet, käytettävä eristyskermi sekä mahdolliset rakenteen asettamat vaatimukset sekä paloturvallisuus.

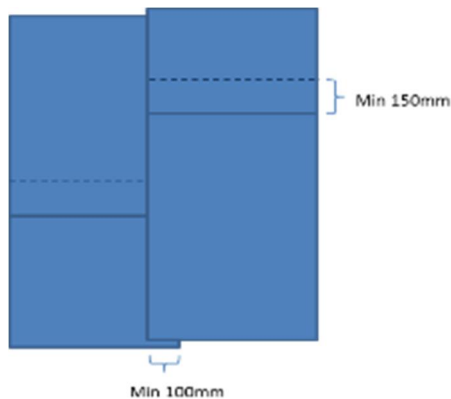
Hitsattavassa tuotteessa on alapinnassa liimausbitumi valmiina. Kuumabitumiliimauksessa liimausbitumi sulatetaan ensin bitumikeittimessä, jonka lämpötilaa täytyy säädellä käytettävän bitumilaadun mukaan. Mekaanista kiinnitystä käytettäessä täytyy kiinnikkeet valita ottaen huomioon rakenteen vaatimukset.

Kuumabitumiliimauksessa käytetään joko puhallettua tai modifioitua SBS-kumibitumia. Muovibitumi (APP) ei sovellu liimaamiseen. Kaikki em. bitumilaadut on valmistettu tislattusta bitumista, joka ei sovellu bitumikermien liimaukseen. [2, s.93.]

Käytettäessä sinkopuhallusta alustan esikäsitteilyä olisi syytä käyttää alimmaisena liimattavaa kermiä, jotta saadaan karhealla pinnalle tarpeeksi liima-ainetta ja näin voidaan varmistaa riittävä tartunta [3.]

- Kermien asennus tulee aloittaa aina korkeusasemaltaan alimpana olevasta kannen kohdasta.
- Jos alusta on karkea, silloin liimattava kermi on hitsattavaa kermiä parempi vaihtoehto.
- Alustan ja kermin väliin ei saa jäädä ilmataskuja.
- Kaikki kuplineet kohdat kermissä on aina korjattava.
- Kermit jotka ovat vaurioituneet ylikuumennuksen seurauksena tai poimuuntu-  
neet kermit on heti poistettava ja tilalle on asennettava virheettömät.
- Kermit tulee asentaa veden virtaussuuntaisesti, jotta saumojen taakse ei jää vesi  
seisomaan eikä saumojen viereen synny pieniä vesikanavia.

- Kermit tulee limittää oikein ja niiden tulee olla tasaisia, poimuja ei saa esiintyä. Kermin limityksen tulee olla vähintään 100 mm sivusaumassa ja 150 mm päätysaumassa. Vierekkäin olevien kermien päiden jatkoskohdat tulee porrastaa. Katso kuva (7)



Kuva 7. Vedeneristyskermien vähimmäislimitykset [5.]

- Päälle tuleva kermi täytyy myös limittää vähintään 100 mm alla olevan kermin saumoihin nähden.
- Saumojen tulee olla tiiviitä ja limitettyjen saumakohtien kauttaaltaan alustaan kiinnittyneitä tai kermien limitetyt saumat tulee kauttaaltaan telata alustaansa. [5, s.5 - 6.]

#### 2.4.3 Liimattavat kermit

- Eristyskermit liimataan kuumaa kumibitumia (KB100) käyttäen alustaan. Kumibitumia tulee käyttää vähintään  $1,2 \text{ kg/m}^2$ , kuitenkin siten että koko kermi liimautuu kauttaaltaan alustaansa.
- Kumibitumin täytyy puristua pieneksi aalloksi maton edessä koko mattorullan leveydeltä.
- Padan termostaatti tulee olla aina kunnossa ja pata on puhdistettava ennen eristystyön aloittamista. Padoissa tulee olla myös aina toimiva sekoitin.

- Kumibituminlevitys lämpötila tulee olla 180 - 210 °C ja sallittu sekoituslämpötila padassa enintään 210 °C.
- Työmaalla sulatuspadasta ja tehdaspakkauksesta otettujen kumibituminäytteiden pehmenemispisteiden erotus saa enintään olla 15 °C. [5, s.5 - 6.]

#### 2.4.4 Kuumentamalla liimattavat kermit

- Kumibitumikermit asennetaan monisuuttimisella nestekaasuliekillä, jolla kuumentetaan kermin tartuntapintaa ja painetaan kermi esikäsiteltyyn eristysalustaan.
- Jos kermiä kuumentaa liikaa, se tuhoaa kermin, jolloin se poimuuntuu. Tuhoutunut kermi tulee vaihtaa aina uuteen. [5, s.6.]

#### 2.4.5 Tartunnan todentaminen

- Irti olevia kohtia voi paikallistaa koputtelemalla kermin pintaa esim. puu- tai metallitangolla.
- Jos on syytä epäillä, että kermieristys on tarttunut heikosti alustaan, voidaan työmaalla todeta viiltokokeella käsin repimällä, onko eristys ollenkaan kiinni: Kermiin tehdään mattoveitsellä n. 30x200 mm<sup>2</sup> kokoiselle alueelle viillot koko kermin läpi alustaan asti. Kaistan päästä molemmin käsin kiinni pitäen vedetään kaista irti alustasta kohtisuoraan kansirakennetta vastaan.
- Viiltokoetta huomattavasti luotettavampi tapa todentaa eristyksen tartunta on tartunnanmittauslaitteella tehty vetokoe. Vetolaitteen varusteineen tulee olla mitaustarkoitukseen soveltuva ja riittävän tarkka sekä sen käyttäjän tulee olla hyvin perehtynyt mittausmenetelmään ja ko. laitteella tehtävien mittausten tekemiseen.

Käsitöiden vetolaitteiden tulos ei välttämättä ole riittävän tarkka valmiin eristyksen kelpoisuuskokeiden tekemiseen. Alla olevassa taulukossa 1 on esitetty aluskermin tartuntalujuusvaatimus eri lämpötiloissa. [5, s.6 - 7.]

Taulukko 1. Aluskermin tartuntalujuus vaatimukset [5.]

Eristysalustan pintalämpötila (°C)	Tartuntalujuusvaatimus (N/mm <sup>2</sup> )	Eristysalustan pintalämpötila (°C)	Tartuntalujuusvaatimus (N/mm <sup>2</sup> )
5	1,06	16	0,58
6	1,00	17	0,55
7	0,95	18	0,52
8	0,90	19	0,50
9	0,85	20	0,47
10	0,81	21	0,45
11	0,77	22	0,42
12	0,72	23	0,40
13	0,69	24	0,38
14	0,65	25	0,36
15	0,62		

- Kaikista mittaustuloksista lasketaan, kuinka prosenttia kukin mittaustulos on taulukon vaatimuksesta. Mikäli kaikista mittaustuloksista saatavan prosenttilukujen keskiarvo on alle 60%, täytyy eristys poistaa ja kermi uusia.
- Tartuntalujuuden mittaukset täytyy tehdä +5 - +25 °C olevissa eristysalueen pintalämpötiloissa. Eristysalueen pintalämpötila voidaan mitata esim. tartuntakokeen yhteydessä eristykseen tehdyn reiän kohdalta siten, että termoelementtilämpömittarin mittaussanka työnnetään eristyksen ja betonialustan väliin heti tartuntakokeen jälkeen.
- Kun vedeneristys on valmis, todetaan sen tiiveys vedenpainekokeella, mikäli tämä on mahdollista. [5, s.7.]

## 2.5 Suojaus

- Jos valmiin vedeneristyksen päällä on välttämätöntä kulkea tai työskennellä, tulee se tällöin suojata esim. kovalevyillä.
- Pintarakenteet kannen päälle pyritään tekemään mahdollisimman pian vedeneristyksen valmistuttua. Tällöin huolehditaan, ettei työkoneiden alle kulkeudu veden eristystä rikkovia kiviainesrakeita.
- Erityisesti on huolehdittava, ettei vedeneristyksen päälle pääse valumaan öljyä tai muita bitumia liuottavia tuotteita. Lisäksi hitsauskipinöiden sinkoutuminen vedeneristyksen päälle tulee estää. [5, s.7.]



Kuva 8. Vedeneriste suojattu Finnfoam-eristyslevyillä [6 .]

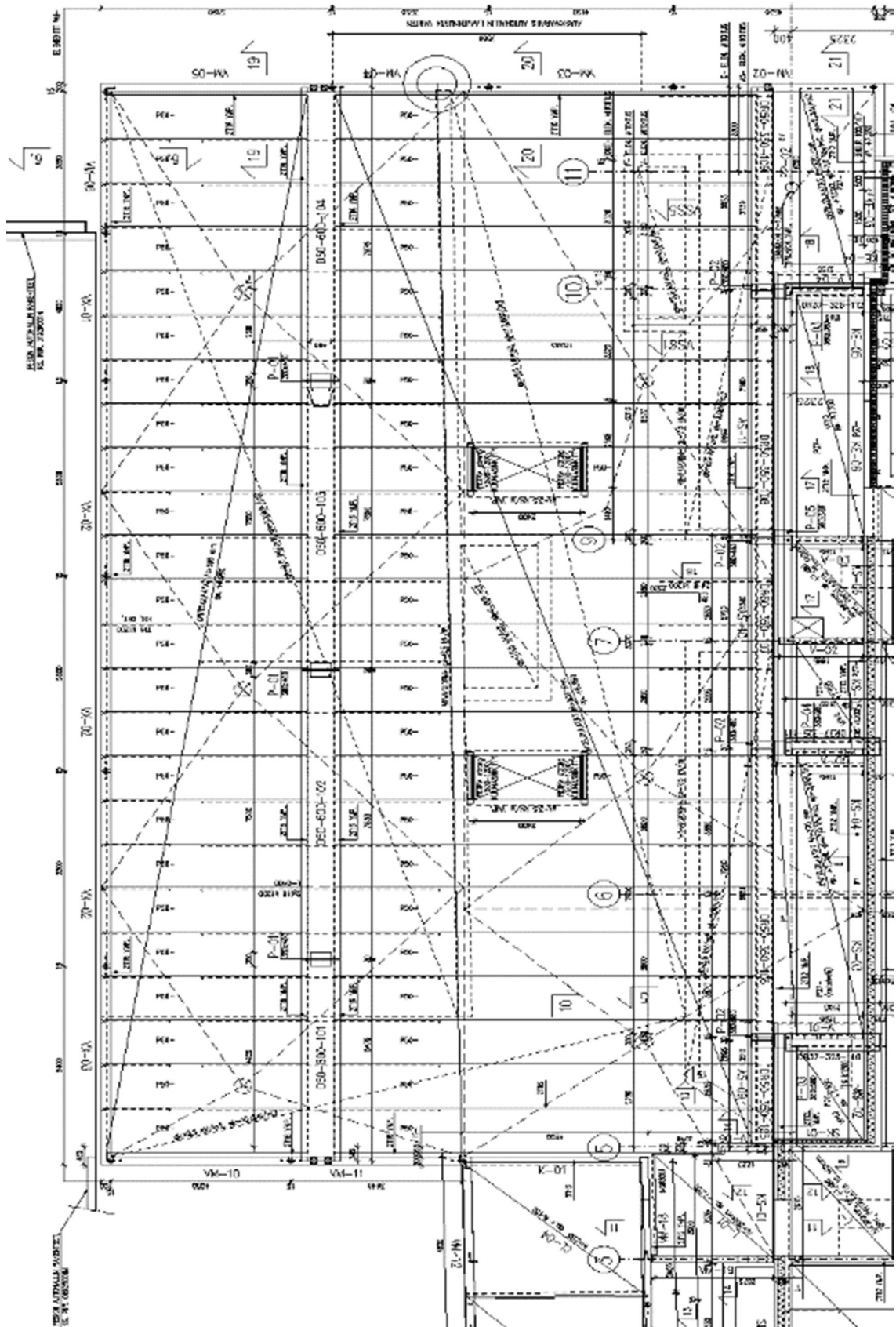
### 3 Autohallin suunnitelmat

Tässä luvussa esitetään As Oy Espoon Revontulen autohalliin liittyvät rakennesuunnitelmat, detaljikohtat sekä rakennetyypit

#### 3.1 Rakennesuunnitelmat ja detaljikohtat

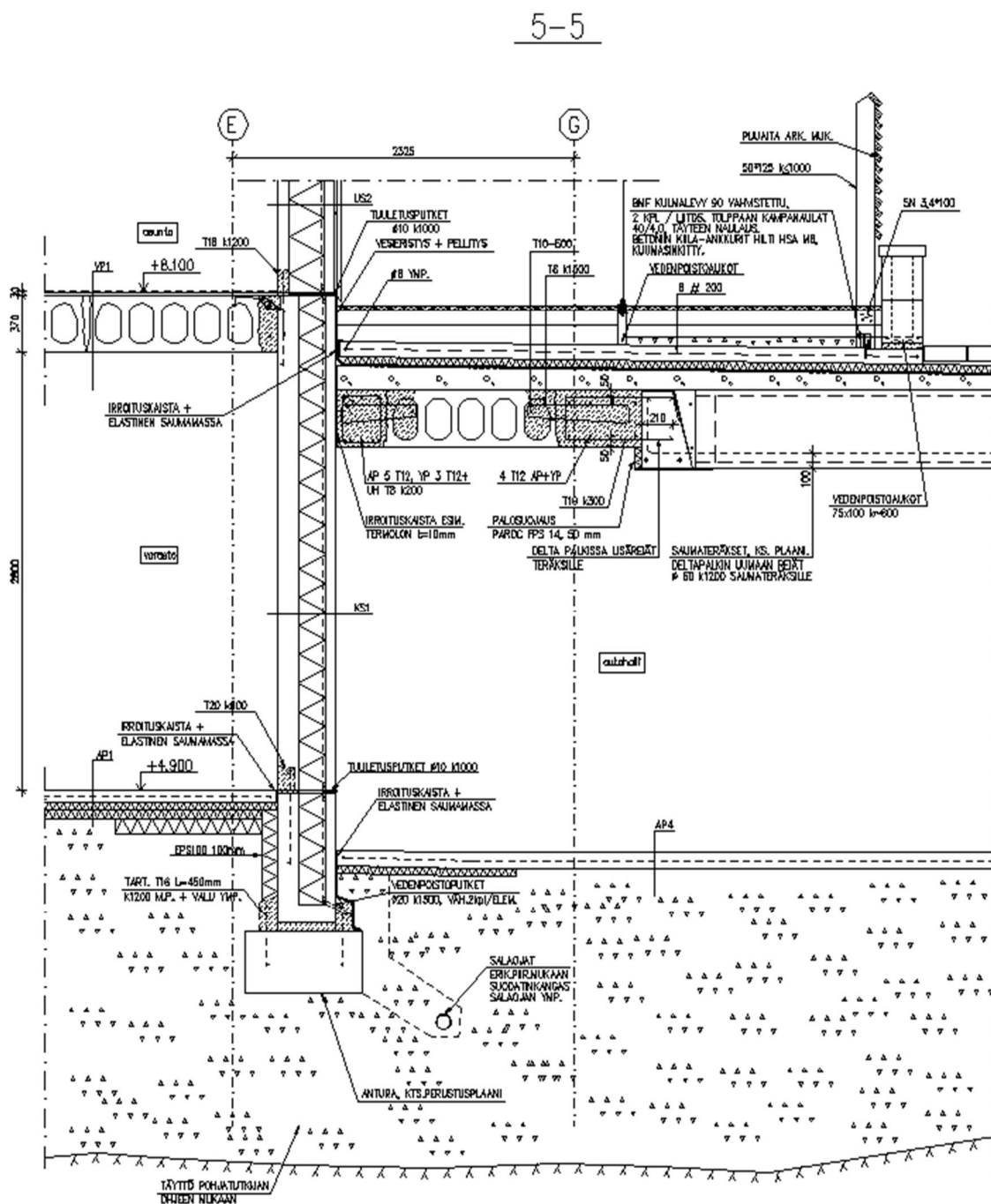
Autohallin rakennesuunnitelmat on tehnyt Heikki Joensuu, joka työskentelee Wise Group -nimisessä talonrakennusalan konsultointi-, suunnittelu- ja rakennuttamispalveluja tarjoavassa yrityksessä.

Kuvassa 9 on esitetty autohallin tasopiirustus, siinä näkyy seinäelementit, pilarielementit, deltapalkit sekä ontelolaatat. Tasopiirustuksessa näkyy myös savunpoistoaukot (2 kpl) joihin tulee automaattisesti aukeavat savunpoistoluukut sekä sadevesikaivot joita tulee autohallinkannelle (6 kpl).



Kuva 9. Autohallin tasopiirustus [7.]

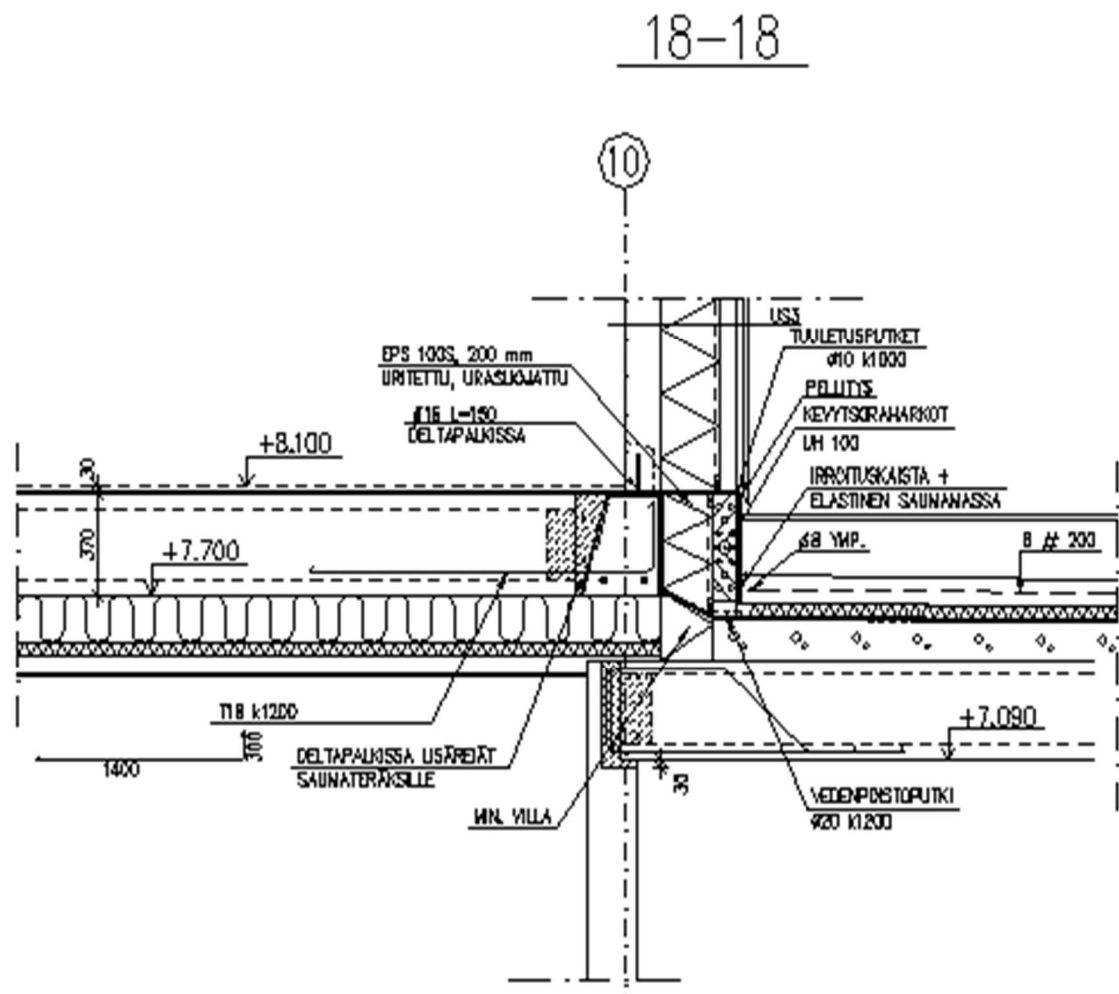
Rakenneleikkauksessa 5 (Kuva 10) on kuvattu autohallin rakenteiden liittyminen kerrostaloon sekä kannen päälle tulevan terrassin rakenteet. Autohalli ja kerrostalo ovat erillisiä rakenteita ja ne on erotettu toisistaan 10 mm paksulla Termolon-irroitustaistalla. Vedeneristys jatkuu kuitenkin yhtenäisenä pihakannen päältä talon seinälle, yhtymäkohtaan tehdään liikuntasauma, joka toteutetaan kolmiorimaa apuna käyttäen.



Kuva 10. Rakenneleikkaus 5 [7.]

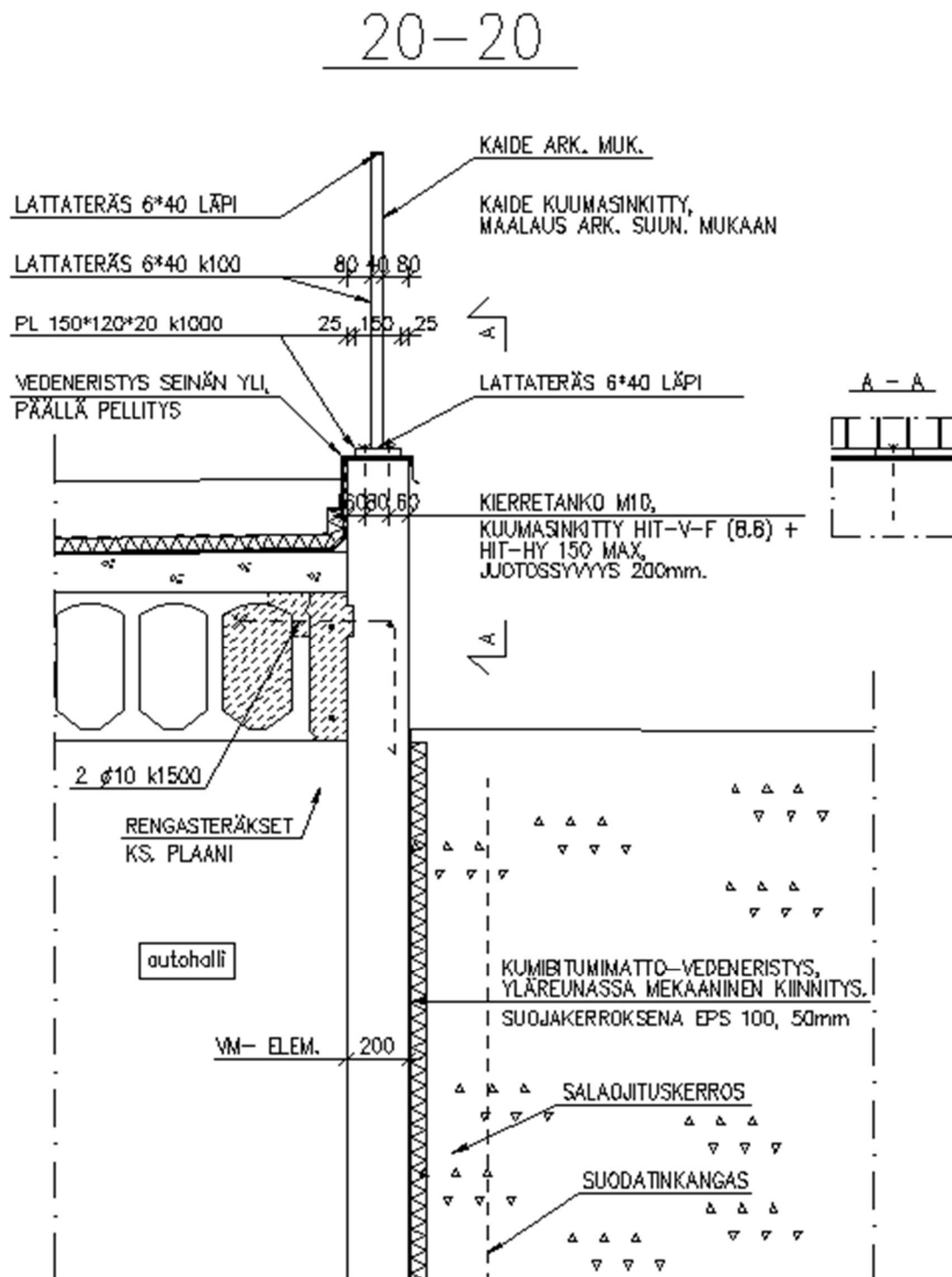


Rakenneleikkauksessa 18 (Kuva 12) on kuvattu autohallin rakenteiden liittyminen kerrostalon parvekesyvennyksessä. Autohalli ja kerrostalo ovat erillisiä rakenteita, joten ne eivät ole rakenteellisessa yhteydessä toisiinsa. Vesieristys jatkuu kuitenkin yhtenäisenä kannen päältä taloon, yhtymäkohtaan tehdään liikuntasauama, joka toteutetaan mineraalivillaa apuna käyttäen.



Kuva 12. Rakenneleikkaus 18 [7.]

Rakenneleikkauksessa 20 (kuva 13) on kuvattu autohallin seinä ja kattorakenteen yhtymäkohta. Tässä seinärakenne jatkuu kattorakenteen yli ja sen päälle tulee teräskaide.



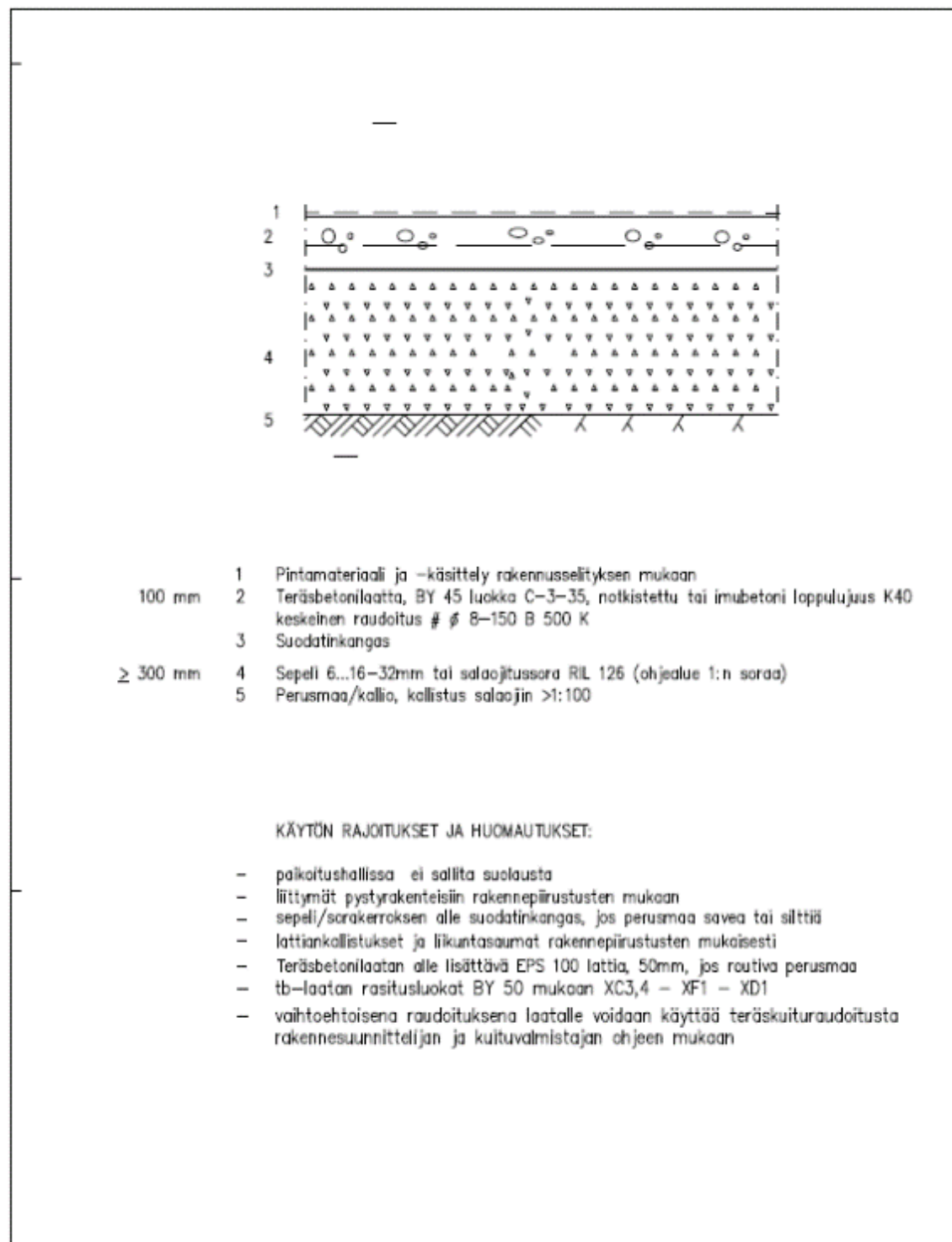
Kuva 13. Rakenneleikkaus 20 [7.]

### 3.2 Rakennetyypit

Erilaisia rakennetyyppejä autohallissa on kaikkiaan neljä, alapohja on kokonaan yhdenlaista rakennetyyppiä samoin kuin seinät. Autohallin yläpohja sen sijaan koostuu kahdesta eri rakennetyypistä.

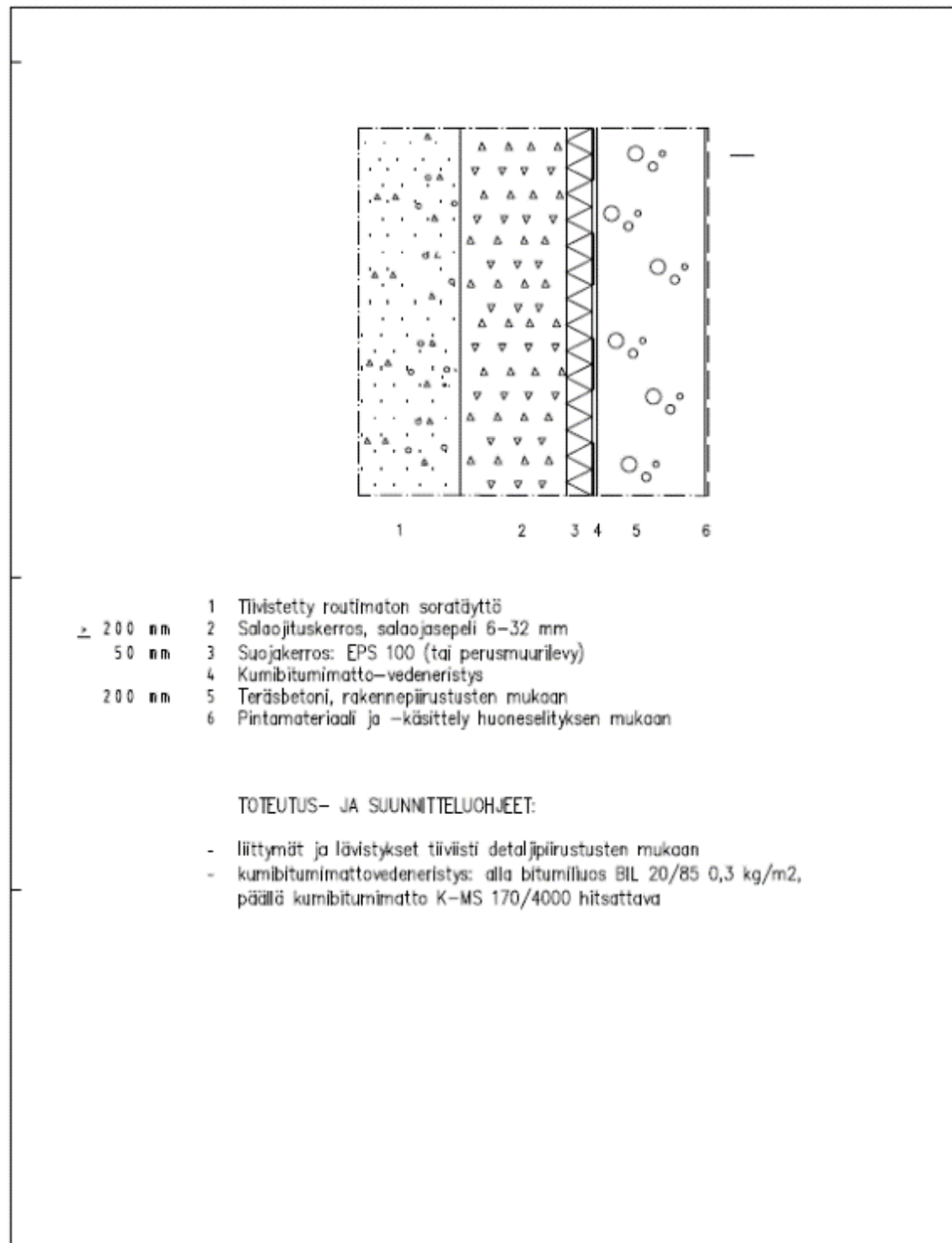
Rakennetyypeissä on yksinkertaisesti kuvattu kaikki rakennekerrokset ja niistä löytyy selostukset materiaaleista ja rakenteelle vaadituista määräyksistä. Lisäksi niissä on kuvattu mahdolliset käytönrajoitukset ja huomautukset, suunnittelu- ja toteutusohjeet sekä rakenteen U-arvo, desibeli-arvo ja paloluokka, jos edellä mainittuja vaatimuksia rakenteelle on määrätty.

Rakennetyyppi AP4 (kuva 14) kuvaa autohallinlattiaa, siinä ei ole mitään lämmöneristystä, koska autohalli on suunniteltu kylmäksi tilaksi. Autohallin lattia valettiin kallion päälle tehdyn sepelikerroksen päälle.



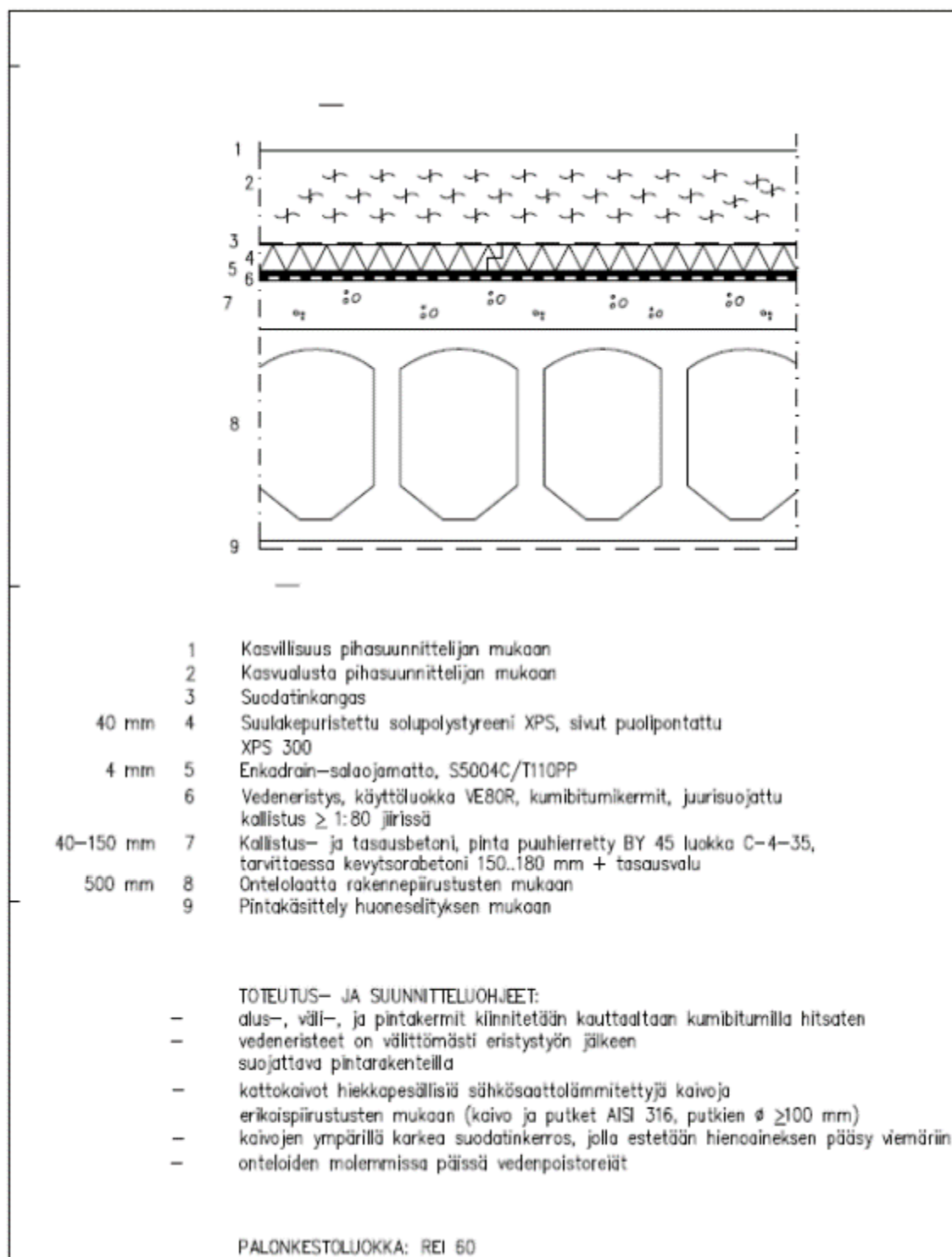
Kuva 14. Rakennetyyppi AP4 [7.]

Rakennetyyppi KS3 (kuva 15) kuvaa autohallin maanpaineseinää, joka on suunniteltu kylmänä rakenteena. Maanpaineseinä on vedeneristetty yksinkertaisella kumibitumikermillä, jonka suojana on 50 mm EPS 100 -kerros.



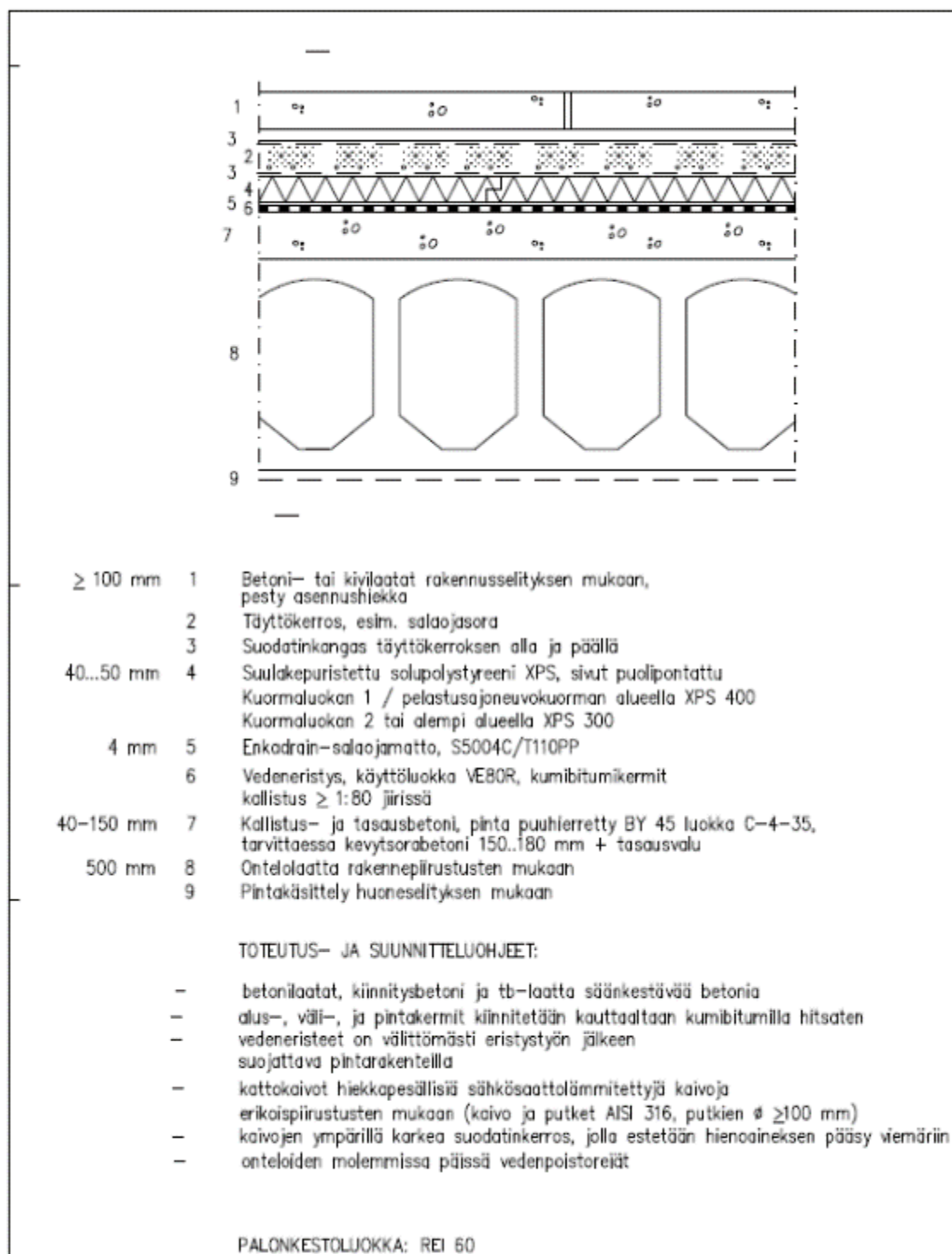
Kuva 15. Rakennetyyppi KS3 [7.]

Rakennetyyppi YP2 (kuva 16) kuvaa autohallin yläpohjaa, jossa päällä on nurmialue. Ontelolaatan päällä on kallistusvalu ja tämän päälle tehtävä VE80R vedeneristys, joista päällimmäinen kermi on juurisuojuattu.



Kuva 16. Rakennetyyppi YP2 [7.]

Rakennetyypissä YP3 (kuva 17) on kuvattu autohallin yläpohja, jossa päällä on betoni-  
kiveys.



Kuva 17. Rakennetyppi YP3 [7.]

## 4 Autohallin vesieristyksen tehtäväsuunnitelma

Tässä luvussa esitetään As Oy Espoon Revontulen autohallin vedeneristyksen tehtäväsuunnitelma. Tehtäväsuunnitelmassa on pyritty ottamaan huomioon työn toteutuksen ja sen keskeytymisen kannalta olennaiset asiat.

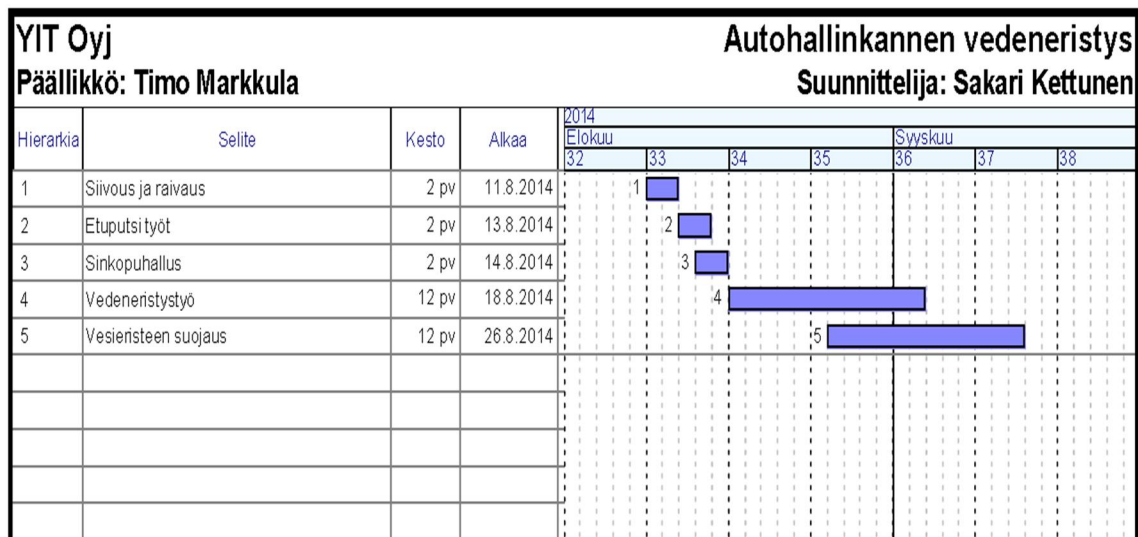
### 4.1 Menetelmän kuvaus

Autohallin vedeneristyksen käyttöluokka on VE80R, joka määräytyy tässä tapauksessa liikennöidyn ja istutetun tason sekä pihakannen loivan kallistuksen mukaan (>1:80 jii-rissä). Kermit kiinnitetään alustaan kauttaaltaan hitsaten. Istutusalueiden alle tulee pääl-limmäiseksi juurisuojakermi.

Autohallin vedeneristystyö teetetään aliurakkana, aliurakoitsijana toimii Lohja Rakennus RLO Oy. Työ tehdään luvussa 2 esitettyjen laatuvaatimuksien sekä luvussa 3 esitettyjen rakennesuunnitelmien ja rakennetyyppien mukaan. Laatuvaatimukset käydään läpi ali-urakan aloituspalaverissa. YIT järjestää vedeneristysalustan kuntoon ennen varsinaisen työn alkamista ja varmistaa, että alusta täyttää sille asetetut laatuvaatimukset. Vede-neristystyön jälkeen aliurakoitsija tekee vedeneristeen päälle tulevat rakennekerrokset heti kun se on vain mahdollista, jotta vedeneriste saadaan suojaan mahdolliselta mekaa-niselta rasitukselta.

## 4.2 Aikataulu

Työ tehdään alla olevan aikataulun mukaisesti (kuva 18), työtä joudutaan tekemään säävarauksella, joten aikataulu saattaa venyä suunnitellusta. Mutta vedeneristys ei ole muiden työvaiheiden kannalta kriittinen, joten työn mahdollisesta venymisestä ei ole haittaa.



Kuva 18. Autohallinkannen vedeneristysaikataulu

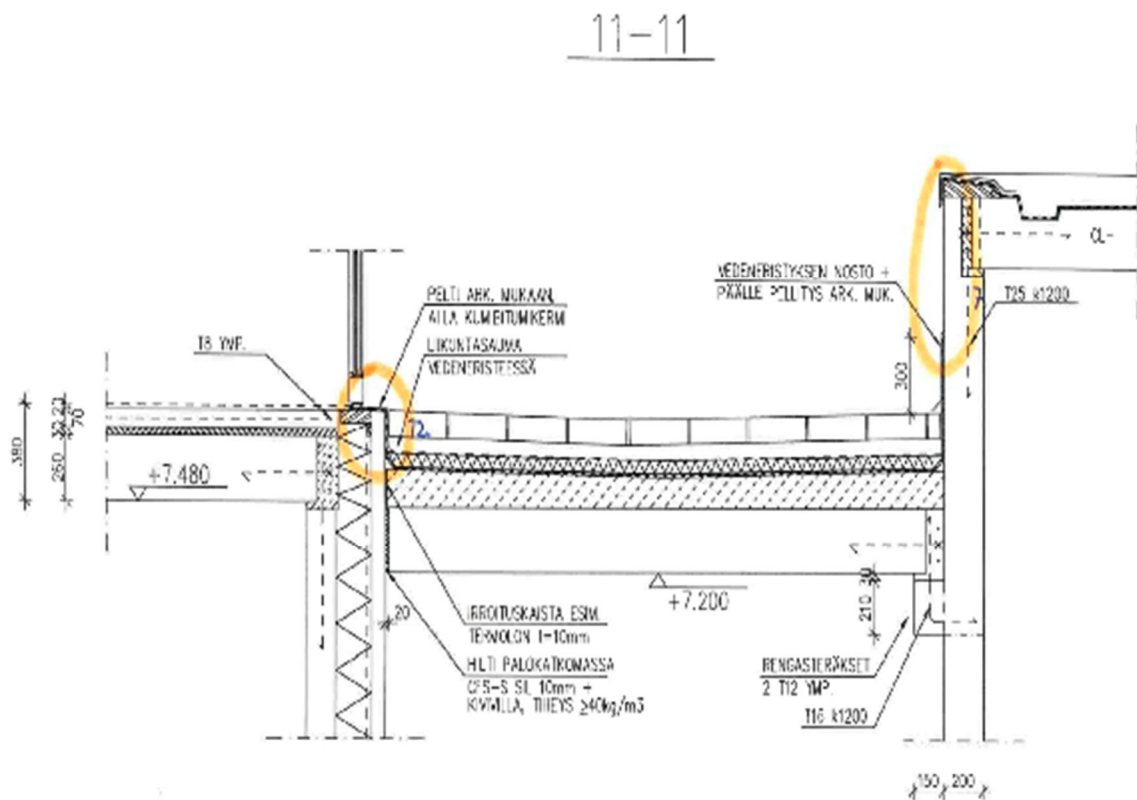
## 4.3 Rakenteellisten ja toteutuksellisten riskien analyysi

Rakenteellisten ja toteutuksellisten riskien analyysi on tämän insinööriyön liitteenä ja siinä on esitetty tärkeimmät huomiota ja erityistä tarkkuutta vaativat kohdat, joissa ongelmia vedeneristeen pitävyyden kanssa voi syntyä. Tässä luvussa esitetään tärkeimmät kohdat analyysistä.

Rakenteellisten ja toteutuksellisten riskien analyysi esittää ensin vaara-/riskitekijän, sen mahdolliset seurausvaikutukset ja vaaran/riskin syntymissyyt. Ja siinä on esitetty toimenpiteitä vaaran/riskin poistamiseksi.

Rakenneleikkauksessa 11 näkyy kaksi riskitekijää, toinen on vedeneristeen liittyminen ovirakenteeseen (vasemmalla) ja toinen on ylösnoston irtoaminen alustastaan (oikealla).

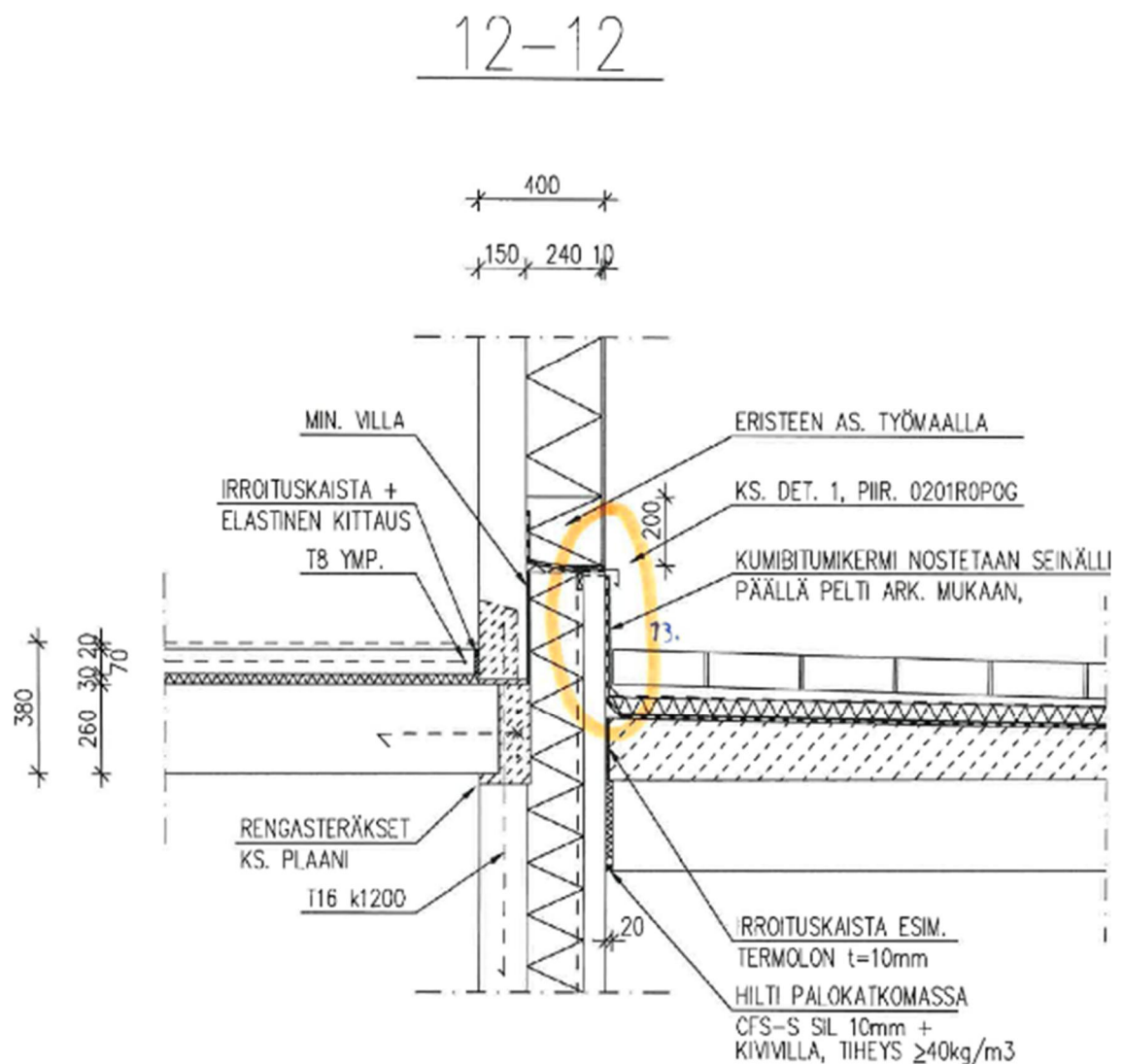
Toimenpiteet riskin välttämiseksi; oven karmin ja vedeneristeen väli tiivistetään huolellisesti tiivistysmassalla sekä suojataan vedeneriste pellillä kynnyksen kohdalla. Ylösnostotapauksessa ylösnostojen määrää pienennetään siten, että vedeneriste jatketaan yhtenäiseksi yläpuolella olevaan vedeneristeeseen, jotta siitä saadaan mahdollisimman yhtenäinen, lopuksi se suojataan pellillä. Sellaisissa paikoissa, joissa tämä ei mahdollista, ylösnoston kiinnitys suoritetaan asianmukaisesti.



Kuva 19. Rakenneleikkaus 11 [7.]

Rakenneleikkauksessa 12 näkyy yksi riskitekijä. Tässä vedeneristeen yläreuna ei nouse riittävän korkealle valmiin maan pinnasta (minimi 300 mm) ja vedeneriste katkeaa sokkelelementin yläreunassa. Tällöin riskinä on, että vesi pääsee rasittamaan ylösnoston yläreunaa. Tätä riskiä ei saatu työmaalla enää poistettua siitä syystä, että villoitus ja rapaus oli jo tehty seinälle. Mutta ylösnoston kiinnitys tehtiin niin hyvin kuin mahdollista ja tässä tapauksessa pelti suojaa hyvin ylösnostoa yläpuolelta tulevalta vedeltä, koska pelti tulee rakennuksen kantavasta rungosta asti.

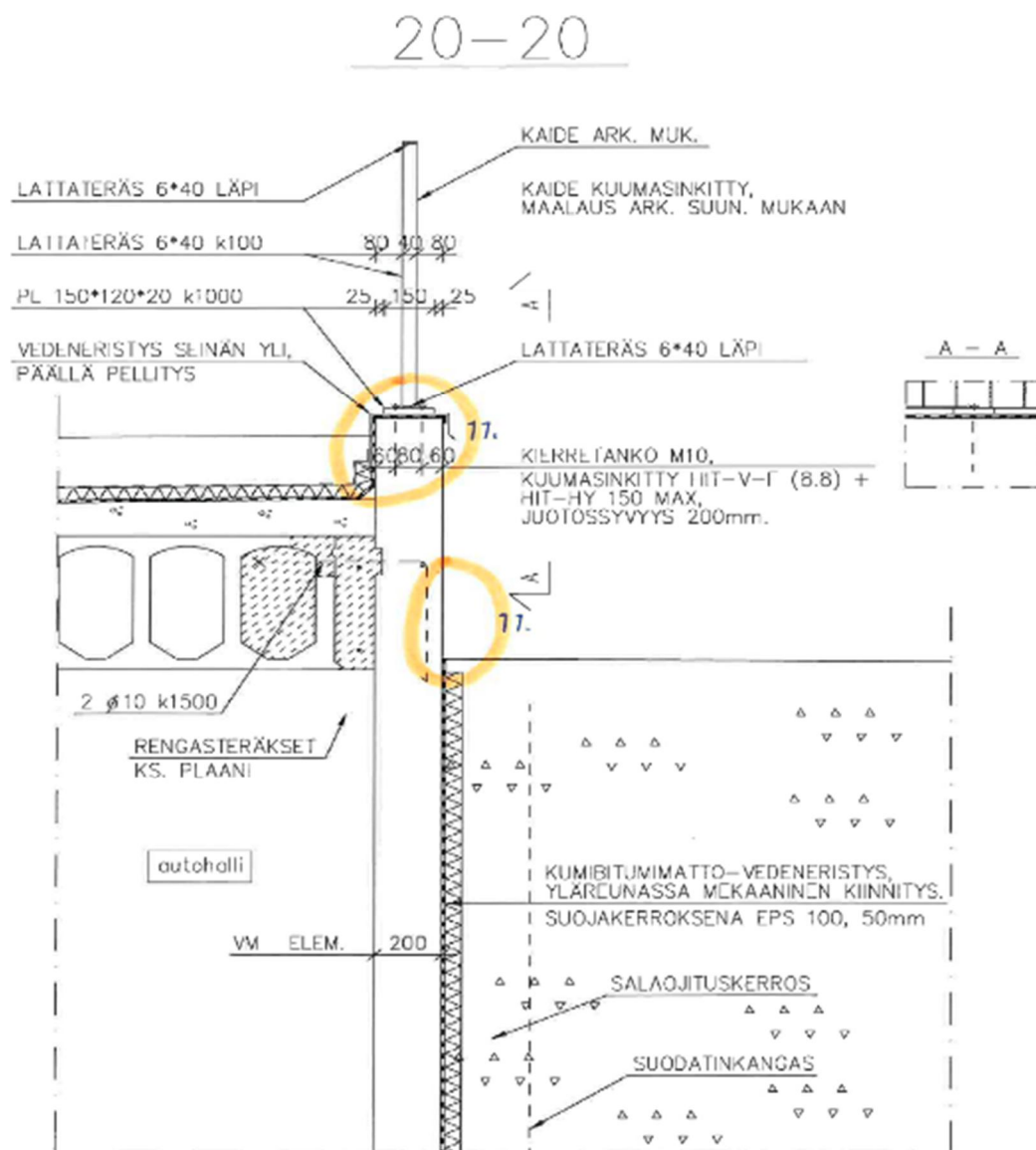
Toimenpiteet riskin välttämiseksi; tämä asia tulisi ottaa suunnittelussa paremmin huomioon, jotta ylösnosto tulisi korkeammalle, tai sitten jatkuisi yhtenäisenä rakennuksen kantavaan runkoon asti.



Kuva 20. Rakenneleikkaus 12 [7.]

Rakenneleikkauksessa 20 näkyy kaksi riskitekijää, toinen on kaiteen läpivienti vedeneristeestä ja toinen on ylösnoston irtoaminen alustastaan.

Toimenpiteet riskin välttämiseksi; kaidetta kiinnitettäessä jokainen pultin reikä tiivistetään huolellisesti tiivistysmassalla. Ylösnostotapauksessa ylösnosto poistetaan siten, että vedeneriste jatketaan yhtenäiseksi yläpuolella olevaan vedeneristeeseen, jotta saadaan mahdollisimman yhtenäinen vedeneriste, lopuksi vedeneriste suojataan pellillä.



Kuva 21. Rakenneleikkaus 20 [7.]

Kuvassa 22 näkyy yksi riskitekijä. Tässä tapauksessa parvekepillarista puuttuu läpivientikappale, joka olisi pitänyt laittaa valmiiksi pilarin ympärille jo elementtiasennusvaiheessa.

Toimenpiteet riskin välttämiseksi; tämä asia tulisi ottaa huomioon elementtien asennussuunnitelmassa, jotta läpivientikappaleet saataisiin tilattua ajoissa työmaalle ja laitettua valmiiksi pilareiden ympärille.



Kuva 22. Parvekepillarin läpivienti vedeneristeestä [6.]

Kuvassa 23 näkyy yksi riskitekijä, IV-putken läpivienti vedeneristeestä. Jos läpivienti on tehty puutteellisesti tai esim. läpivientiä ei tilan puutteen vuoksi ole ollut mahdollista tehdä läpivientikappaleella, on vaarana sen vuotaminen. Tässä kohteessa lähes kaikille läpivienneille oli varattu tarpeeksi tilaa, ja läpiviennit tehtiin läpivientikappaleilla. Kuvasta poiketen läpivientikappaleen yläosaan asennettiin vielä kiristyspanta.

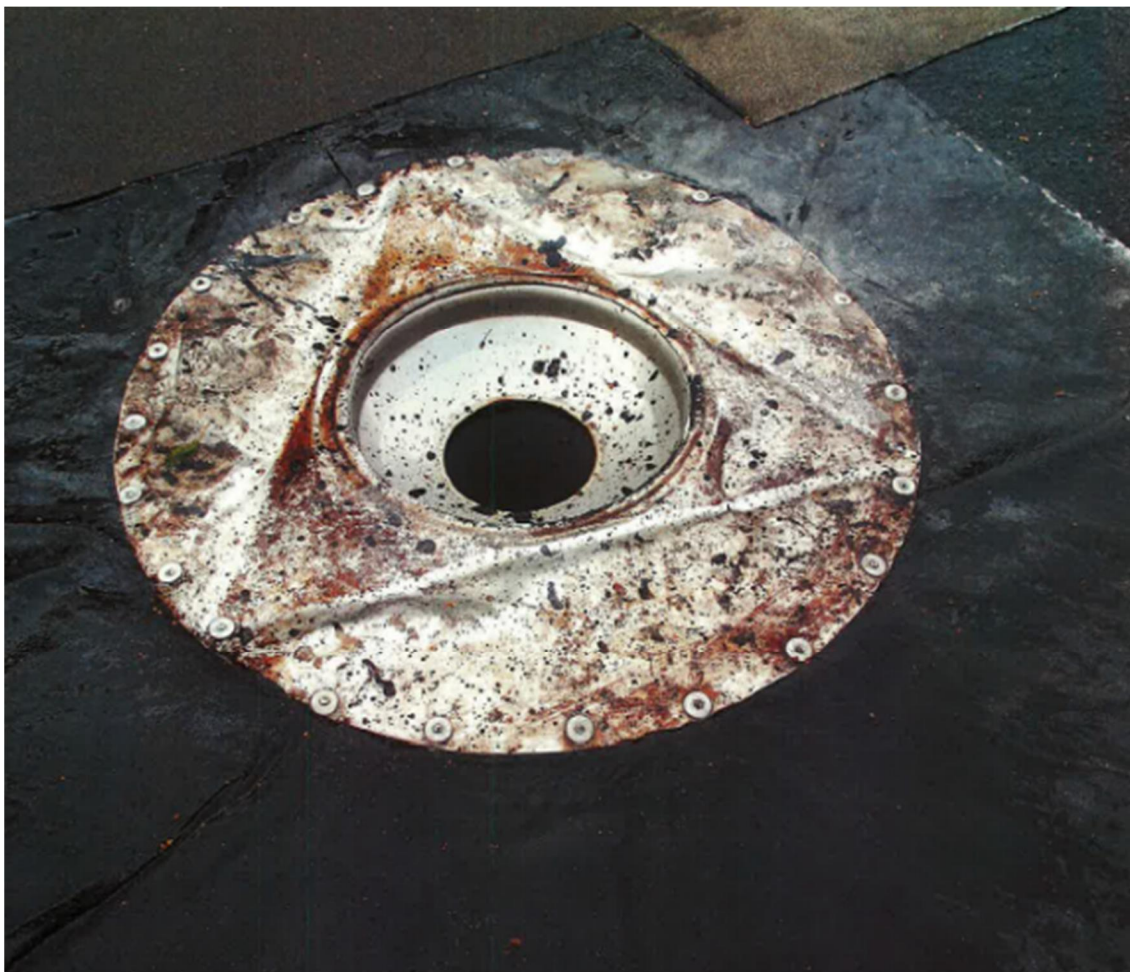
Toimenpiteet riskin välttämiseksi; jo suunnitteluvaiheessa otetaan huomioon että läpivientien ympärillä on riittävästi tyhjää tilaa, jotta läpiviennit on mahdollista tehdä läpivientikappaleilla.



Kuva 23. IV-putken läpivienti [6.]

Kuvassa 24 on esitetty yksi riskitekijä. Jos kaivo pääsee irtomaahan alustastaan, niin se voi aiheuttaa elämistä vedeneristeessä, jolloin vaarana on vedeneristeen rikkoutuminen ja veden pääsy vedeneristeen alle.

Toimenpiteet riskin välttämiseksi; käytetään aina läpivientikappaletta, mekaanista kiinnitystä ja tehdään läpiviennit huolellisesti, jotta voidaan varmentua siitä että kaivo on varmasti kiinni alustassaan.



Kuva 24. Sadevesikaivon läpivienti vedeneristeestä [6 .]

#### 4.4 Laadunvarmistus

Laadunvarmistus voidaan jakaa neljään eri alueeseen, joita ovat työtä edeltävä, työn aikana ja työn jälkeinen sekä käytettävien materiaalien laadunvarmistus.

#### 4.4.1 Työtä edeltävä laadunvarmistus

Varmistutaan, että vedeneristystyötä tekevä henkilö tuntee ja hallitsee vedeneristystarvikkeiden käytön ja kullekin materiaalille parhaiten soveltuvat työmenetelmät. Varmistutaan myös resurssien saatavuudesta; nostokalusto, telineet, bitumipata varusteineen, harjat, nestekaasupoltin varusteineen, jäteastiat, sääsuojat, bitumiliuos, bitumi, kermi, läpivientitiivisteet, kiinnitystarvikkeet, työryhmä, suunnitelmat, henkilökohtaiset suojaimet, palosammuttimet.

Tarkastetaan, että kaikki telineet ja kaiteet ovat kunnossa ennen kuin työ aloitetaan. Suunnitellaan kaikki nostot ja siirrot huolellisesti sekä otetaan huomioon materiaalien paino varastoitaessa esim. katolle. Katolle saa varastoida enintään 200 kg irtonaisia kaasupulloja. Tarkistetaan, että kaikista käytettävistä tuotteista on käyttöturvallisuustiedotteet saatavilla ja aineiden pakkauksista löytyy TVATM-järjestelmän (terveydelle vaarallisten aineiden tunnistus- ja merkintäjärjestelmä) mukaiset merkinnät.

Noudatetaan annettuja määräyksiä bitumipadan turvaetäisyyksistä ja varmistutaan, että bitumipata on turvallinen käyttää sekä hankitaan tulityölupa bitumipadan ja nestekaasupolttimen käyttöä varten. Varmistetaan, että työntekijöillä on voimassa olevat tulityökortit. Järjestetään tulityönjälkeinen vartiointi, ja varmistutaan siitä, että vartiointi on riittävä.

Tarkistetaan eristettävän alustan kunto ja varmistutaan, että se täyttää sille asetetut vaatimukset sekä mahdolliset materiaalien vaatimukset; puhtaus, tasaisuus, kaltevuus, kulmien ja nurkkien muodot. Myös alustan läpäisevien rakennusosien, reunalistojen yms. paikallaan pysymisestä ja kiinnityksestä on varmistuttava. Kermin alustan tulee vastata puuhierrettyä pintaa, tarvittaessa alusta korjataan, puhdistetaan ja kuivataan. Välittömästi ennen eristystyön aloitusta alusta kuivataan ja harjataan puhtaaksi. [8, s.1.]

#### 4.4.2 Työnaikainen laadunvarmistus

Varmistutaan, että työssä käytetään tarvittavia ja asianmukaisia henkilökohtaisia suojaimia sekä tarkistetaan telineiden, koneiden ja laitteiden kunto. Järjestetään työkohteen siivous ja jätteiden lajittelu, myös mahdollisten ongelmajätteiden osalta. Liuotinaineita tai kylmäliimausta käytettäessä on tupakointi ja kuumailman käyttö kielletty.

Varmistetaan, että kermiä kiinnitetään alustansa suunnitelmien ja valmistajan ohjeiden mukaisesti, ja että kermien liimitykset ovat asianmukaisia. Kermien asennus on kuvattu luvussa 2. Vedeneristys nostetaan pystypinnoille 300 mm, (mitataan valmiista pinnasta ylöspäin). Lämpiviennit tiivistetään suunnitelmien mukaisesti läpivientitiivisteillä. Vedeneristystyötä ei saa suorittaa lumi- tai vesisateessa ilman suojausta, tarvittaessa voidaan käyttää sääsuojakatosta. [8, s.1 - 2.]

#### 4.4.3 Työnjälkeinen laadunvarmistus

Tarkistetaan, että työssä on varmasti käytetty sopimusasiakirjojen mukaisia materiaaleja, että eristekerrokset ovat yhtenäisiä, peittäviä sekä ehjiä. Eristemateriaaleja tulee olla käsitelty tuotekohtaisten ohjeiden mukaisesti ja asianmukaisissa olosuhteissa. Tarkistetaan läpivientien tiiveys niin, että ne vastaavat sopimusasiakirjojen vaatimuksia. Lopuksi suojataan valmis eristys mekaanisilta vaurioilta sekä sään vaikutuksilta. [8, s.2.]

#### 4.4.4 Materiaalien laadunvarmistus

Varmistetaan, että käytettävien tuotteiden suomenkieliset käyttöturvallisuusohjeet ja käyttöturvallisuustiedote ovat saatavilla, ja että aineiden pakkauksissa on TVATM-järjestelmän (terveydelle vaarallisten aineiden tunnistus- ja merkintäjärjestelmä) mukaiset merkinnät. Katteen paloluokka määritelty ja sen tulee olla esitetty käyttöohjeissa. Käytettävien tuotteiden tulee täyttää standardeissa vaaditut ja valmistajan ilmoittamat tuotekohtaiset laatu- ja mittatarkkuus vaatimukset. PVC-muovista valmistettuja tuotteita käytettäessä tulee bituminkesto (modifioidun bitumin kesto) varmistaa tuotteen valmistajalta. [8, s.2.]

#### 4.5 Mallityöt

Mallitöitä autohallin vedeneristyksestä tehdään kaikkiaan neljä, joita ovat autohallin kannen vedeneristystyö, IV-lämpiviennit, sadevesikaivojen läpiviennit ja ylösnostot. Mallityökohteet on valittu aliurakan aloituspalaverissa ja ne on valittu eniten ongelmia aikaisemmissa projekteissa tuottaneista kohdista.

## 5 Vaikutukset projektiin

### 5.1 Vedeneristeen vuotamisesta johtuvat korjaukset

Autohallin vedeneristeiden vuotaminen on yksi merkittävimpiä korjauksia aiheuttavia ongelmia ja siitä koituu myös suuria ja turhia kustannuksia. Tästä syystä työn suunnitteluun, oikeanlaiseen toteutukseen, suunnitelmiin ja laadunvarmistukseen tulee kiinnittää erityistä huomiota, kuin myös työn jälkeiseen suojaamiseen ja lopullisten rakenteiden tekemiseen vesieristyksen päälle, jotta eriste saadaan pidettyä ehjänä.

Työn suunnittelu ja jatkuva valvonta nousevat tässä avainasiaksi, jotta toteutusvirheitä välttyttäisiin. Suurin osa n. 90 % ongelmista liittyy ylösnostoihin ja niiden puutteelliseen toteutukseen. Ylösnosto irtoaa alustastaan ja vesi pääsee vedeneristeen taakse. Pitkän ajan kuluessa vesi etenee siellä irrottaen vedeneristettä alustastaan ja ajan kuluessa vuoto ilmenee autohallissa, useimmiten aivan erikohtassa kuin itse vuoto on. [3.]

#### 5.1.1 Tyypillisiä ongelmia

- Virheellinen suunnittelu tai toteutus ylösnosto-, kynnys- tai läpivientirakenteissa (n. 90%)
- Eristyksen puutteellinen tartunta alustaansa, jolloin on vaikea paikallistaa vuoto-kohta
- Liian märkä tai kylmä eristysalusta eristystyön aikana
- Heikkoa betoniainesta, jälkihoitoainetta tai sementtiliimaa ei ole poistettu sinko- tai hiekkapuhalluksella, tai jollain muulla riittävän tehokkaalla menetelmällä.
- Märkä tartuntasively eristystyön aikana.
- Viat käytetyissä materiaaleissa.

- Virheet toteutuksessa esim. bitumikermin ylikuumennus tai liika jäähtyminen ennen eristystä. [5, s.7.]

## 5.2 Aikatauluvaikutukset

Autohallin vedeneristysten vaikutukset työmaan yleisaikatauluun eivät ole merkittäviä sillä työvaihe ei ole muiden paitsi pihatöiden osalta kriittinen. Vedeneristys kyllä välillisesti saattaa vaikuttaa mm. julkisivutöihin.

Mikäli vedeneristettä ei päästä tekemään kuivana aikana tai vedeneristystyöt ajoittuu esim. talvi-aikaan, niin on syytä harkita sääsuojaa autohallinkannen päälle. Sääsuojan rakentaminen isojen pihakansien päälle on hankalaa ja kallista, joten olisi kustannusten kannalta tärkeää, että vedeneristystyöt saataisiin ajoitettua kesäaikaan.

Koska vedeneristystyö ei ole erityisen pitkäaikainen työvaihe, niin sen saa helposti ajoitettua sateettomalle kaudelle. Kun työ tehdään kesäkaudella ulkona ollessa lämmintä, niin vedeneristeen tartunta alustaansa on parempi. Pihatöitä tehdessä vedeneriste on helpompi pitää ehjänä kun se on elastisempaa, eikä tarvitse esim. tehdä mahdollisia lumitöitä vedeneristeen päältä.

## 5.3 Kustannusvaikutukset

Autohallin vedeneristysten kustannukset on suhteellisen alhaisia verrattuna koko projektin kustannuksiin. Mutta silti vedeneristys aiheuttaa vuotaessaan suuria kustannuksia yritykselle.

Ja epäsuoria kustannusvaikutuksia saattaa tulla asiakkailta, koska vedeneristyskorjaustyöt ovat kuitenkin näkyviä kun joudutaan mahdollisesti avaamaan piharakenteita suuriltakin osin. Ja näin se aiheuttaa huonoa mainosta yritykselle ja pahaa mieltä asiakkaille. Joten tämä asia on sellainen, johon todella kannattaa panostaa toteutusvaiheessa.

## 6 Kustannukset

Tässä luvussa käsitellään autohallin vesieristykseen liittyviä kustannuksia. Luku sisältää vesieristykseen laskennallisia ja toteutuneita toteutuskustannuksia, sekä vuotavien eristyksien korjauskustannuksia.

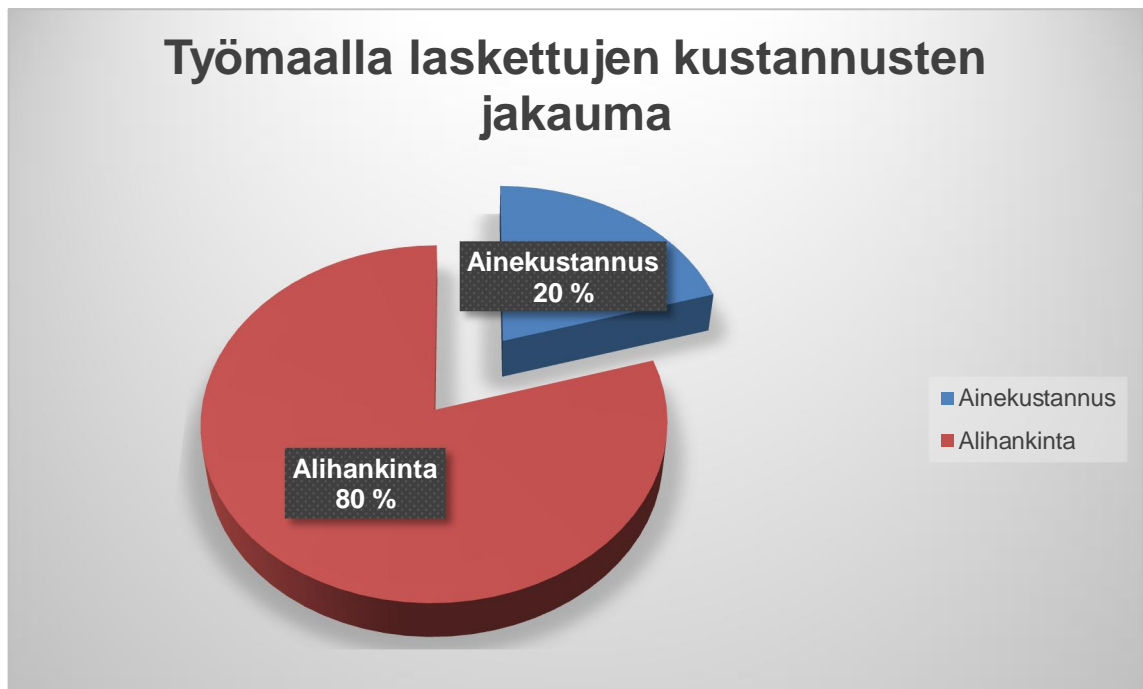
### 6.1 Toteutuskustannukset

Työ toteutetaan aliurakkana, aliurakoitsijana toimii Rakennus Lohja RLO Oy. Aliurakoitsija laskuttaa työstä neliöperusteisesti ja lisätöistä tuntiperusteisesti. Hinnoittelu perusteet on käyty läpi aliurakan aloituspalaverissa. VE80R vesieristystä pihakannessa on n. 600 m<sup>2</sup> (mukaan on laskettu ylösnostot sekä autohallin seinälle ulottuvaa vedeneristystä). Juurisuoja kermiä pihakannelle tulee n. 250 m<sup>2</sup>. Sokkelin vedeneristystyöt, mahdolliset tavaran siirrot, pihakannen kuivaus tarvittaessa, vedeneristeen suojaus sekä aliurakan aloituspalaveri toteutetaan tuntityönä. Arvioitu tuntityön määrä on n. 200 h.

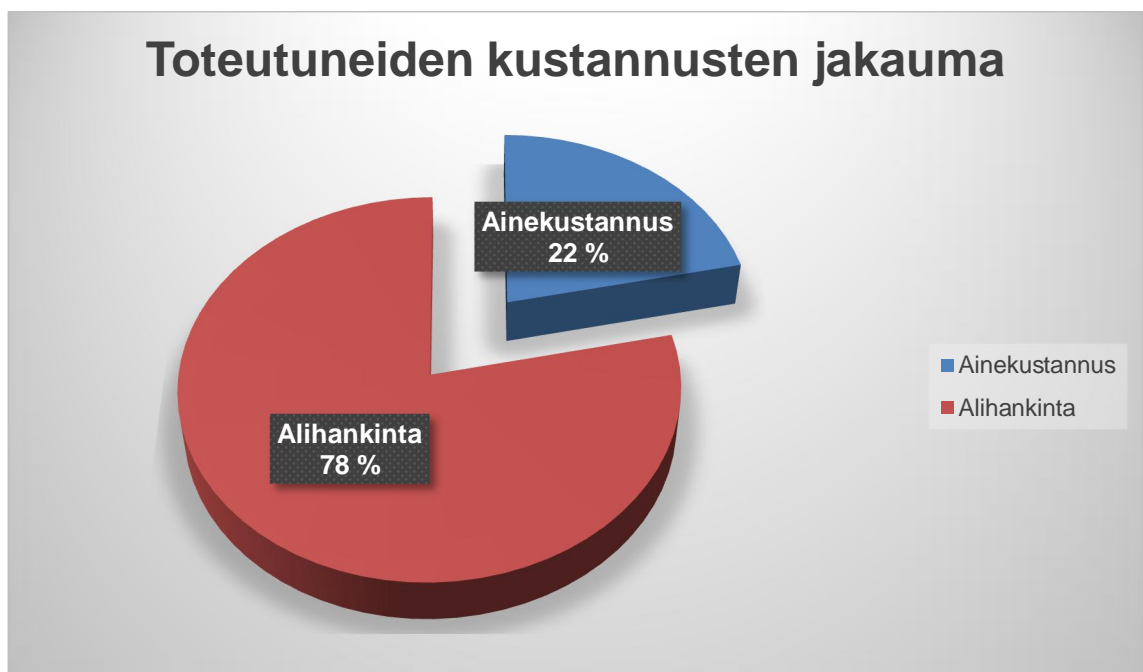
Työmaalla tehtiin laskennallinen arvio vedeneristykseen kustannuksista ennen työn aloittamista, jota verrattiin kustannusarviossa laskettuihin kustannuksiin. Tässä vaiheessa todettiin, että kustannukset tulevat laskennallisesti riittämään hyvin vesieristykseen toteuttamiseen.

Taulukoissa 2, 3 ja 4 on esitetty työmaalla laskettujen kustannusten, toteutuneiden kustannusten ja tavoitearvion kustannusten jakaumat. Taulukot 2 ja 3 eivät juurikaan poikkea toisistaan, syynä tähän on, että tarvittavat materiaalit olivat hyvin tiedossa työmaalla ja, että vedeneristystyö on kuitenkin verraten pieni työvaihe.

Taulukko 2. Työmaalla laskettujen kustannusten jakauma

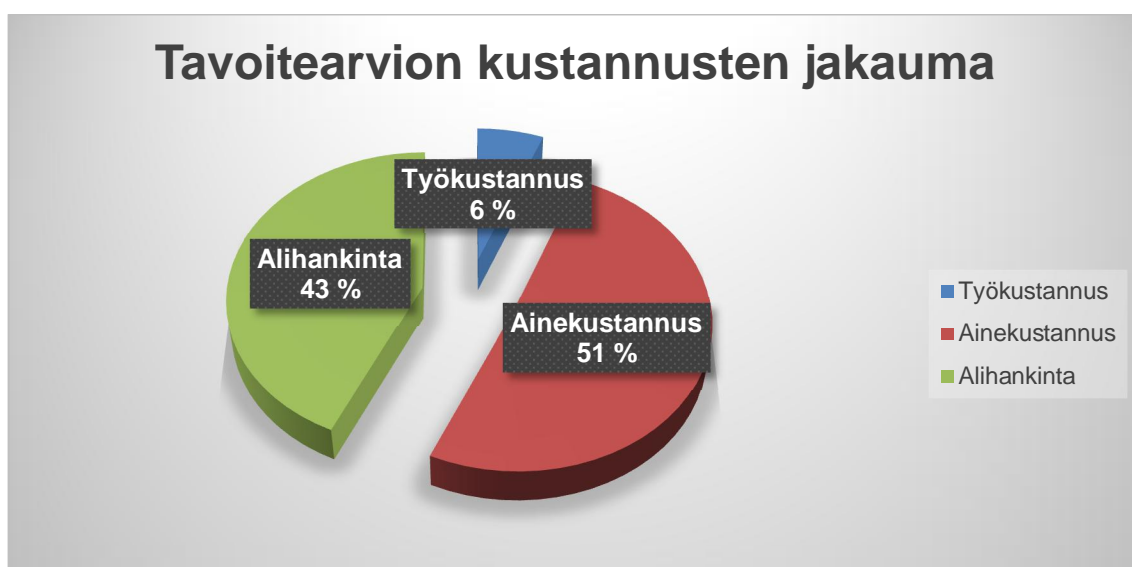


Taulukko 3. Toteutuneiden kustannusten jakauma



Taulukkoja 2 ja 3 verrattaessa taulukkoon 4 voidaan huomata suuri poikkeus, tavoitearvion kustannukset ovat jakautuneet melko tasaisesti alihankinnan ja materiaalien välille, tavoitearviossa oli huomattavan paljon enemmän laskettu materiaaleille varoja kuin mitä työhön todellisuudessa kului ja vastaavasti taas alihankintaa ei ollut huomioitu riittävästi. Työkustannusta on mukana myös jonkin verran, työmaalla kuitenkin ajateltiin, että on parempi, että samat henkilöt tekevät kaikki vedeneristykseen liittyvät työvaiheet, niin vältetään turhilta sekaannuksilta. Tästä syystä koko vedeneristys ja suojaustyö päätettiin teettää alihankintana.

Taulukko 4. Tavoitearvion kustannusten jakauma



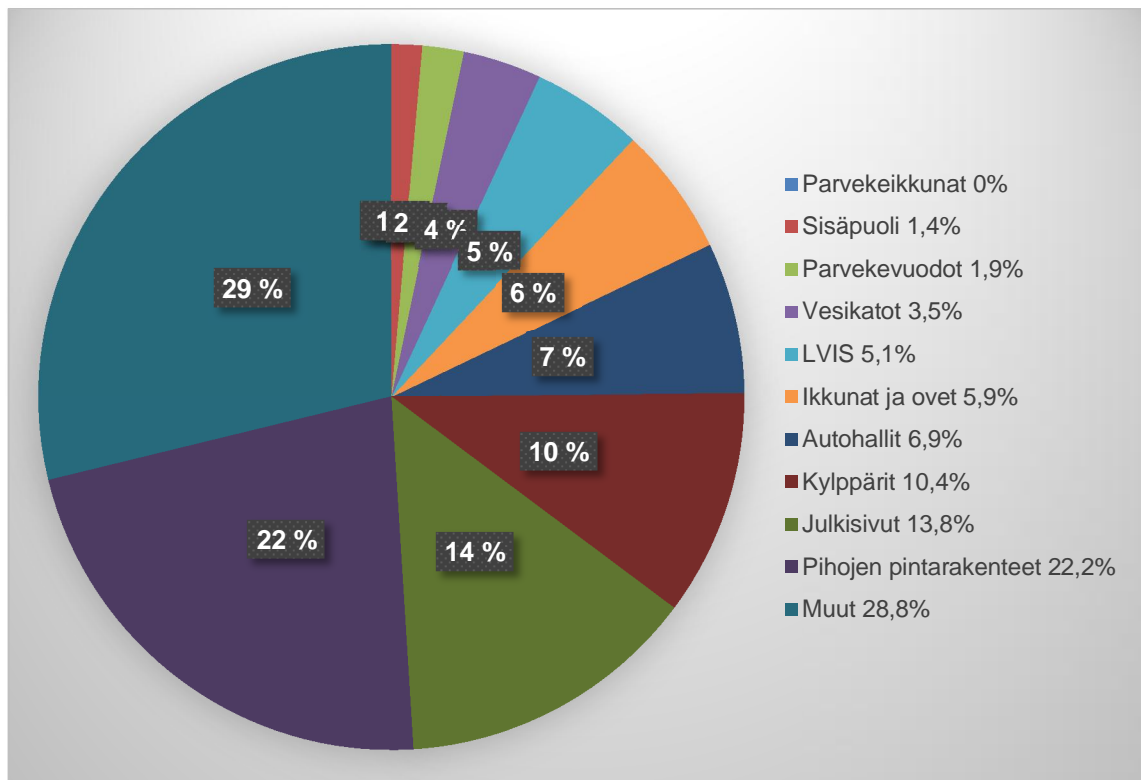
## 6.2 Korjauskustannukset

Autohallinkansien vedeneristeiden korjaukset ovat usein haastavia sekä aikaa vieviä. Kustannuksia niistä koituu yleensä paljon, itse vuotokohdan paikkaaminen ei aiheuta paljonkaan kustannuksia, mutta vuotokohdan paikantaminen on usein vaikeaa ja piharakenteita joudutaan avaamaan useissa kohteissa suuriltakin osin. Pienimmilläänkin korjauskustannukset ovat noin kolmanneksen koko autohallin vesieristeen toteutuskustannuksista ja pahimmillaan kustannukset voivat nousta jopa yli toteutuskustannusten.

Pienempiä korjauksia joudutaan autohallien kansiin tekemään vuosittain. Ja suurempia korjauksia tulee harvemmin, mutta kuitenkin valitettavan usein.

Taulukossa 5 on esitetty 10-vuotiskorjausten jakauma vuoden 2014 toisella vuosipuoliskolla ja siitä voidaan nähdä että pelkkä autohallien vesieristeiden korjausten osuus on noin 7 prosenttia, mikä on suhteellisen paljon.

Taulukko 5. 10-vuotiskorjausten kustannustenjakauma 7-12/2014 [3.]

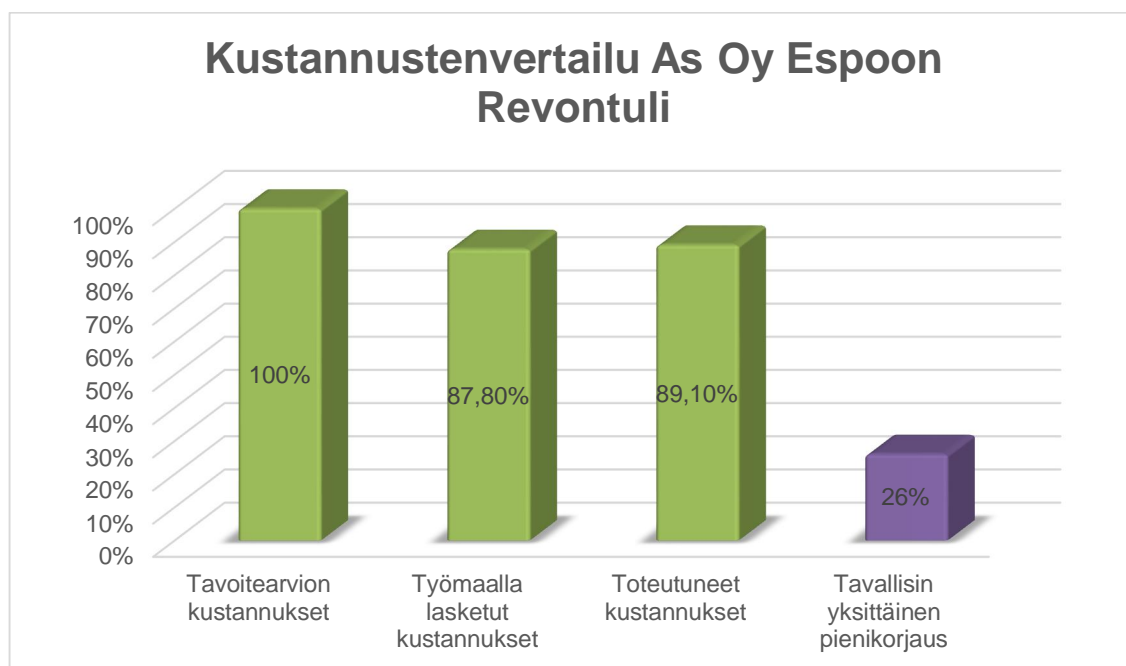


### 6.3 Kustannusten vertailu

Tässä osioissa on vertailtu autohallinkansien vesieristeiden toteutuskustannuksia korjauskustannuksiin. Vertailun tarkoituksena on antaa kuvaa siitä, että toteutukseen kannattaa todella panostaa, koska pienimmissäkin vuototapauksissa korjauskustannukset nousevat suhteellisen suuriksi verraten itse vesieristeen toteutuskustannuksiin. Joten toteutusvaiheessa ei pitäisi yrittää liikaa säästää kustannuksia, koska jos autohalli saadaan kerralla vedenpitäväksi niin se maksaa itsensä monin verroin takaisin.

Taulukossa 6 on esitetty suhteellisina osuuksina As Oy Espoon Revontulen autohallinkannen työmaalla lasketut kustannukset, toteutuneet kustannukset ja viimeisenä tavallimman tyyppinen yksittäinen pienikorjaus autohalleissa verrannollisina tavoitearvion kustannuksiin.

Taulukko 6. Kustannustenvertailu As Oy Espoon revontuli



## 7 Johtopäätökset ja tulokset

Johtopäätöksenä voidaan todeta, että autohallien vedeneristykset on kyllä mahdollista saada vedenpitäviksi, mutta se vaatii laaja-alaista tuntemusta vedeneristystöistä. Sekä on erityisen tärkeää saada vedeneristystä tekevät työntekijät sitoutumaan työhön, jotta huolimattomuus virheitä ei pääsisi syntymään. Ja työn ennakkosuunnittelulla ja valvonnalla on todella suuri merkitys tehtäessä vedeneristyksiä.

Insinööriyön lopussa nousi esille ajatus siitä, että työmaahenkilöstölle voisi olla syytä tehdä lyhennetty ohje toteutukseen. Ohje ottaa kantaa vain olennaisiin asioihin, mutta kaikki ylimääräinen olisi karsittu pois. Tämä uusi suunnittelu- ja toteutusohje on erittäin hyvä, mutta vähän liian pitkä käytettäväksi työmaa toteutuksessa, jolloin vaarana on, että olennaisia asioita jää huomioimatta. [3.]

Myös ajatus siitä nousi esille, että jos ongelmat eivät vieläkaan ala vähenemään, niin jossain kohteessa olisi mahdollisesti kannattavaa kokeilla toisenlaista vedeneristystapaa esim. puhallettavaa vedeneristettä. Puhallettava vedeneriste on todennäköisesti hieman kalliimpaa toteuttaa, mutta se on myös huomattavan paljon nopeampi tapa. Tällöin vedeneriste saadaan heti kuivuttuaan suojattua ja näin voidaan minimoida mahdolliset toteutuksen aikaiset rikkoutumiset vedeneristeessä. [3.]

Ehdotuksena jatkotutkimusaiheeksi olisi, että tässä kyseisessä kohteessa suoritettaisiin seuranta vedeneristeen pitävyyden kannalta sekä erityisesti listattujen riskipaikkojen vedenpitävyyttä seurattaisiin. Koska useissa tapauksissa vedeneriste saattaa toimia useammankin vuoden ja ongelmat ilmenevät vasta myöhemmässä käytössä.

Seuraavassa on esitetty insinööriyön aikana esille nousseita asioita, jotka vaativat huomiota vedeneristystyön toteutuksen aikana. Näitä huomioita tullaan esittämään lisättäväksi uuteen suunnittelu- ja toteutusohjeeseen.

Huomioitavaa suunnitteluun ja toteutukseen:

- Vedeneristykseen ylösnostokorkeus tulisi suunnitella paremmin, koska nyt vedeneristys ei nouse riittävän ylös valmiin maanpinnasta vaan katkeaa sokkelielementin yläreunaan.

- RIL 107-2012 Rakennusten veden ja kosteudeneristysohjeet, kirjan mukaan halkeamien suuruus tämän tyyppisissä rakenteissa saa olla enintään 3 mm, YIT:n uudessa suunnittelu- ja toteutusohjeessa annetaan ymmärtää, että suurin sallittu halkeama koko olisi 0,2 mm. Eli on tärkeää varmistua, minkä kokoiset halkeamat on sallittuja kulloinkin tehtävässä alustassa, jotta ei koidu kohtuuttoman suuria kustannuksia, esim. turhista halkeamien injektoinneista.
- Suunnittelussa tulisi vieläkin paremmin ottaa huomioon läpivientien sijoittelu, sillä muutamaa IV-läpiviennin vedeneristystä ei ollut tilan puutteen vuoksi mahdollista tehdä käyttäen läpivientikappaletta.
- Vedeneristeen suunnittelussa olisi tärkeää miettiä, onko ylösnostojen määrää mahdollista vähentää joillain keinoilla. Työmaalla päädyttiin sellaiseen ratkaisuun, että autohallin reunalla olevan seinäkkeen ylösnosto jatketaan seinäkkeen yli ja liitetään autohallin seinän vedeneristeeseen. Näin toimimalla seinän molemmilta puolilta jäi ylösnosto pois, ja vedeneristeestä tuli yhtenäinen. Näkyville jäävä vedeneriste suojattiin pellillä.
- Sisäänkäyntikatoksen vedenpoistoputken purkupaikka on suunniteltu riskialttiiseen paikkaan, se sijaitsee suoraan IV-kanavan läpiviennin läheisyydessä ja aiheuttaa läpiviennille näin entistä suuremman kosteusrasituksen.
- Mahdollisten kannelle tulevien elementtipilareiden ympärille tulisi tilata ja asentaa läpivientikappaleet jo pilareiden asennusvaiheessa, koska tämän jälkeen niitä ei saa enää asennettua.
- Pihan pintarakenteita tehtäessä kauhakuormaajaa apuna käyttäen täytyy olla erityisen varovainen, ettei rikota vesieristettä. Esim. riittävän paksu maa-aineskerros, jonka päällä kauhakuormaaja ajaa. Tai suositeltavaa olisi, jos pintarakenteita pystyttäisiin tekemään ilman kauhakuormaajaa. Tämä voitaisiin ottaa huomioon jo laskenta- ja hankintavaiheessa pihaurakan tarjouspyyntöä valmisteltaessa.

## 8 Yhteenveto

Esooseen rakennettavaan uuden kerrostalokohteen yhteyteen tulevan autohallin vedeneristys vaati erityistä huomiota. YIT:llä on todettu autohallinkansirakenteiden kosteustekninen riskialttius ja näin ollen haluttiin varmistaa rakenteen toimivuus. YIT:llä oli otettu käyttöön uusi autohallien vedeneristuksen suunnittelu- ja toteutusohje, jonka perusteella tämä autohalli on suunniteltu ja toteutettu.

Opinnäytetyö tehtiin osittain ennen vedeneristystöiden alkua ja eristystöiden aikana. Opinnäytetyön tarkoituksena oli saada työ sujumaan hyvin ja ilman turhia keskeytyksiä sekä tarkoituksena oli löytää ongelmakohtia ja kohtia, jotka vaativat erityistä huomiota toteutuksessa, joita uusi suunnittelu- ja toteutusohje tuo mukanaan.

Autohallinkannen vedeneristys ei ole kuitenkaan kriittinen työvaihe koko rakennusprojektin kannalta ja sen toteutusta pystytään jossain määrin siirtämään. Jos vain mahdollista toteutus kannattaa ajoittaa mahdollisimman kuivaan aikaan. Ja vedeneristuksen toteutuksessa ei kannata liikaa yrittää säästellä kustannuksia, vaan keskittyä valvomaan, että työ tulee huolellisesti tehdyksi. Näin voidaan säästää huomattava määrä kustannuksia, jos autohalleja ei tarvitse enää korjata jälkeempään, koska jo vähäisimpienkin vuotojen korjaus autohalleissa on kallista.

Opinnäytetyön tuloksena saatiin tietoa vedeneristystöihin liittyvistä kustannuksista, sekä löydettiin uusia huomiota vaativia kohtia vastaavanlaisten vedeneristystöiden toteutukseen, jotka tehdään tätä uutta suunnittelu- ja toteutusohjetta hyväksi käyttäen. Opinnäytetyön tuloksena saatuja huomiota vaativia asioita ehdotetaan lisättäväksi uuteen suunnittelu- ja toteutusohjeeseen.

## Lähteet

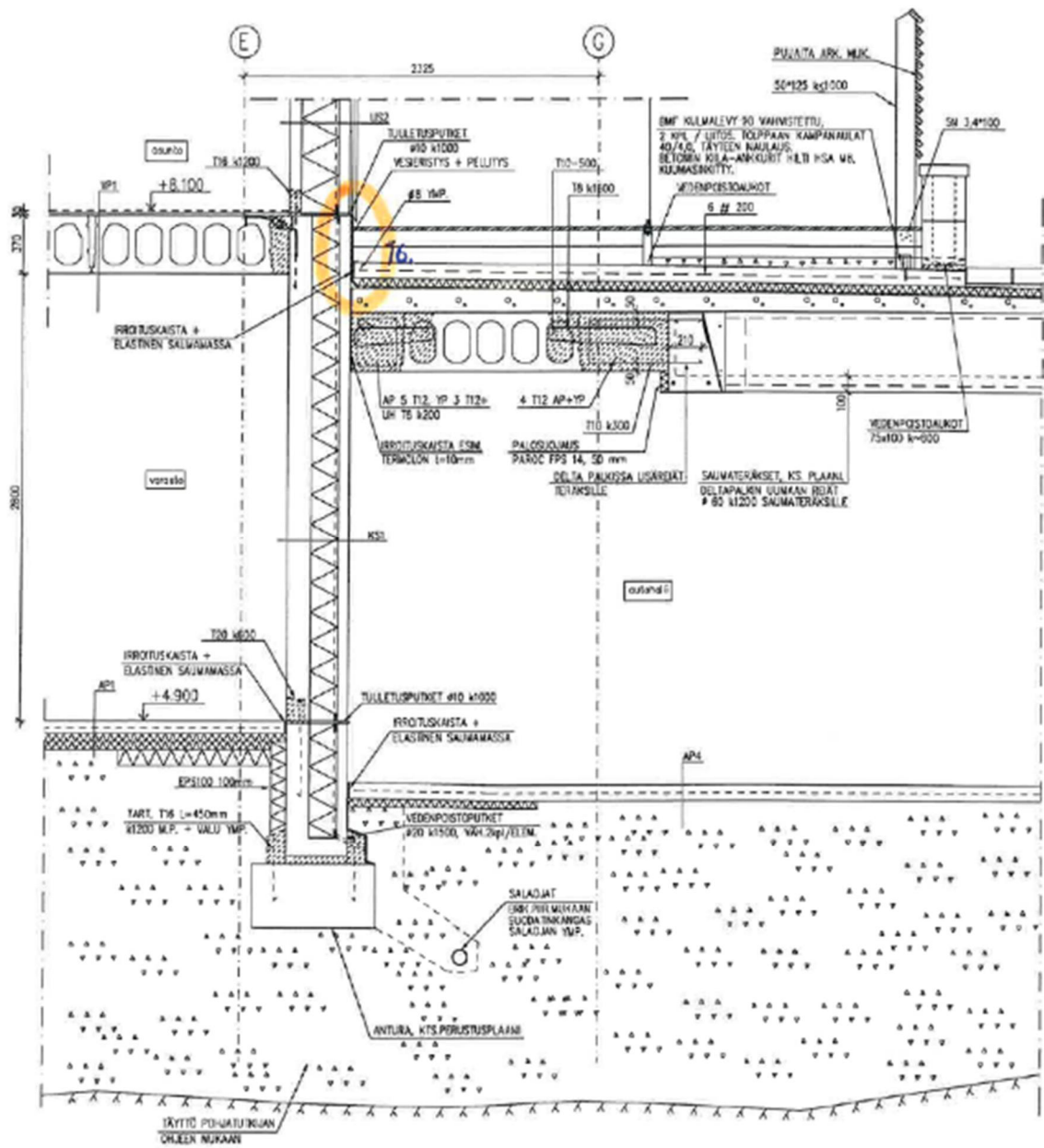
- [1 .] YIT Rakennus Oy:n kotisivut, [www.yit.fi](http://www.yit.fi), YIT Asunto Oy Espoon Revontuli esite 2013 PDF-tiedosto, luettu 25.3.2015
- [2 .] Suomen rakennusinsinöörien liitto RIL, RIL 107-2012 Rakennusten veden- ja kosteudeneristysohjeet, 2011
- [3 .] Vuosikorjauspäällikkö Raimo Seppäsen haastattelu
- [4 .] RT 38066, Pihakannet ja liikennöidyt tasot, Nordic Waterproofing Oy, 2011, Rakennustieto
- [5 .] Ville Torkkeli, Autohallien vesieristykset: Ohjeita suunnitteluun ja toteutukseen, 2014
- [6 .] As Oy Espoon Revontulen tuotantotiedostot
- [7 .] Asunto Oy Revontulen työsuunnitelmat, [www.sokopro.fi](http://www.sokopro.fi), luettu 25.3.2015
- [8 .] YIT Rakennus Oy, Bitumikermivedeneristyksen asennus, 2011

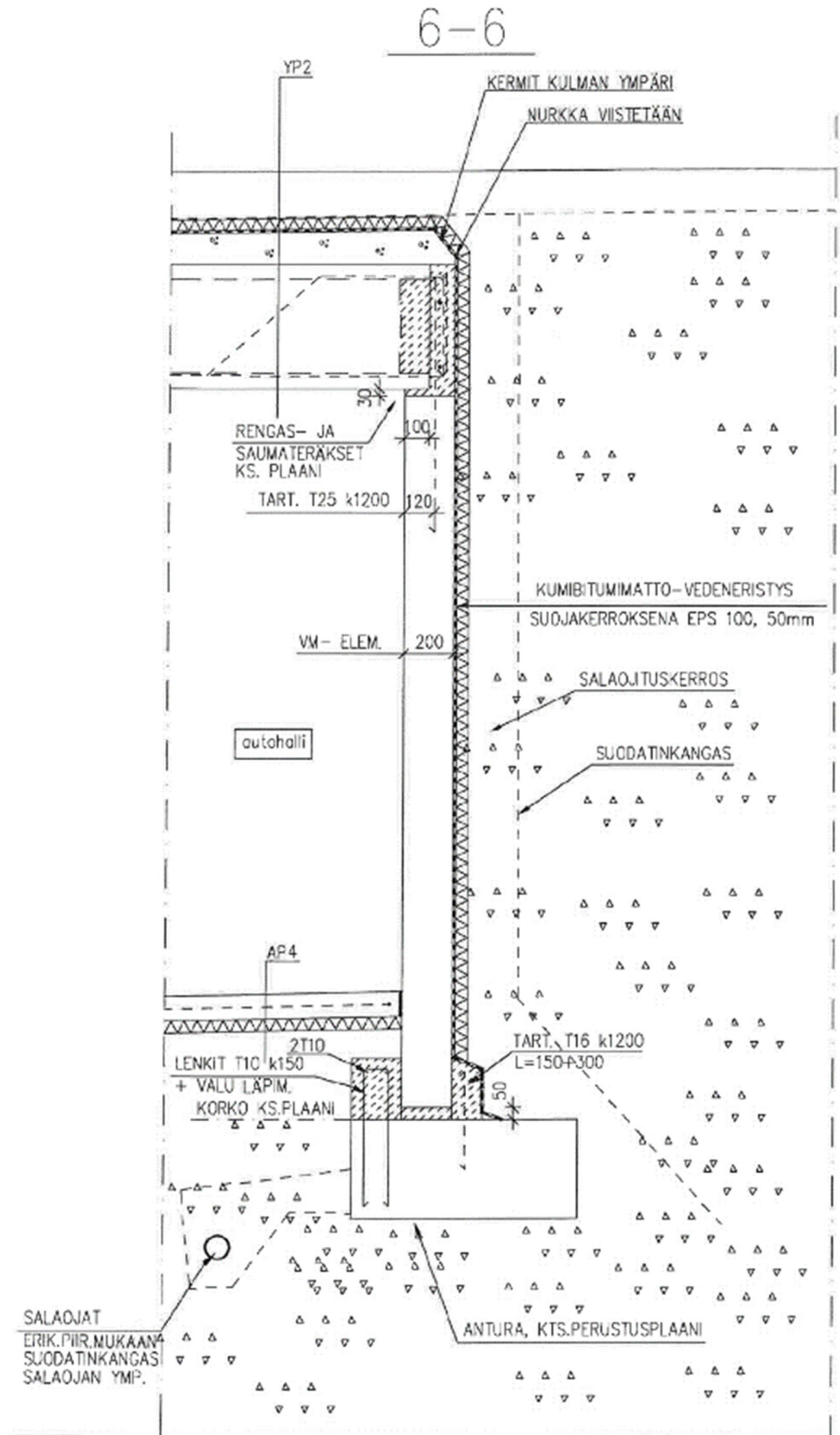
KOHTEEN / TYÖMAAN NIMI: AS OY ESPOON REVONTULI						PVM 15.9.2014		
TYÖVAIHE / OLOSUHDE	VAARA- / RISKITEKIJÄ	SEURAUSSVAIKUTUKSET	M	VAARAN / RISKIN SYNTYMISSYYT	E L RL	TOIMENPITEET VAARAN / RISKIN POISTAMISEKSI	VASTUUHENKILÖ	
AH:n vedeneristys	Ylösoston irtoaminen alustastaan Kohdat: 9, 10, 11, 13, 14, 15, 16, 20 ja 22	Veden pääseminen ylösoston taakse ja sitä kautta autohalliin		Ylösoston puutteellinen kiinnitys tai tartunta		Ylösoston määrää pienennetään siten että niissä vedeneriste jatketaan esim. autohallin reunassa olevan muurirakenteen yli ja liitetään autohallin seinän vedeneristeeseen jotta saadaan mahdollisimman yhtenäinen vedeneriste. Ja paikoissa joissa tämä ei mahdollista niin ylösoston kiinnitys asianmukaisesti.	Sakari Keittunen	
AH:n vedeneristys	Ylösoston yläreuna lähellä valmiin maanpintaa Kohdat: 13, 14, 15, 16 ja 20	Kosteusrasitus lähellä ylösoston yläreunaa		Suunnitelma puute, vedeneriste kyllä nousee yli 300mm ylöspäin mutta ei valmiin maan pinnasta josta kuitenkin n. 80% vedestä kulkeutuu kaivoille		Tämä asia tulisi jo suunnittelussa ottaa huomioon jotta ylösnostoa tulisi enemmän.	Sakari Keittunen	
AH:n vedeneristys	Parvekeparin läpiviennit ei tehty läpiviennit kappaleella Kohta: 20	Parvekeparin läpiviennit on tehty eristysruuvasta eikä läpiviennit kappaleella, jolloin se on huomattavasti alttiimpi vuodolle kuin läpiviennit kappaleella tehty		Läpiviennin kappaleella ei ole enää mahdollista laittaa pilarin ympärille vaan se olisi pitänyt laittaa pilarin ympärille jo elementtiasennus vaiheessa		Tämä asia tulisi ottaa huomioon elementtien asennussuunnitelmassa jotta läpiviennit kappaleella saataisiin tilattua ajoissa työmaalle ja laitetuuta valmiiksi pilareiden ympärille.	Sakari Keittunen	
AH:n vedeneristys	Kaivojen läpiviennit Kohdat: 1, 2, 3, 4, 5 ja 6	Jos kaivo pääsee irtomaan alustastaan niin se voi aiheuttaa elämistä vedeneristeessä jolloin on vaarana että myös vedeneriste rikkoutuu		Läpiviennin virheellinen/huolimaton kiinnitys		Käytetään aina läpiviennit kappaleella, mekaanista kiinnitystä ja tehdään läpiviennit huolellisesti jotta voidaan varmentua siitä että kaivo on varmasti kiinni alustassaan	Sakari Keittunen	
AH:n vedeneristys	IV Putkien läpiviennit Kohdat: 17 ja 19	Veden pääseminen vesieristeen alle ja sitä kautta autohalliin		Jos läpiviennit on tehty puutteellisesti tai esim. läpiviennit ei tilan puutteen vuoksi ole ollut mahdollista tehdä läpiviennit kappaleella		Jo suunnittelu vaiheessa otetaan huomioon että läpiviennit ympärillä on riittävästi tyhjää tilaa jotta läpiviennit on mahdollista tehdä läpiviennit kappaleella	Sakari Keittunen	
AH:n vedeneristys	Kaidetolpan kiinnitys vesieristeen läpi Kohdat: 11 ja 22	Veden pääseminen vesieristeen alle kaidetolpan kiinnityspultin kohdalta		Jos pultin reikää ei tiivistetä kunnolla, niin vesi pääsee pultin reiästä vedeneristeeseen alle ja sitä kautta etenemään mahdollisesti autohalliin		Kaiteen kiinnitys vaiheessa jokainen pultin reikä tiivistetään huolellisesti tiivistysmassalla.	Sakari Keittunen	





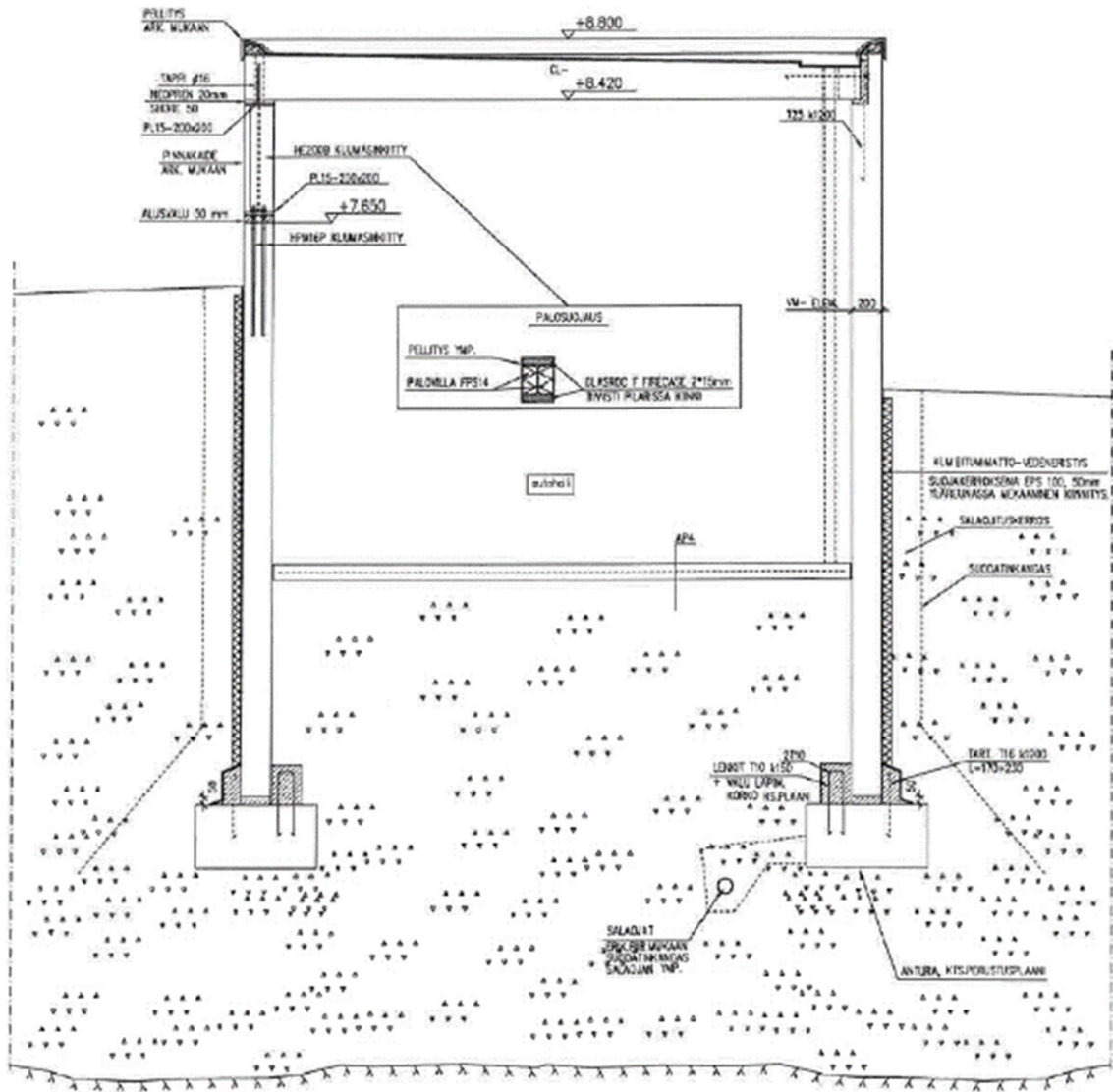
5-5





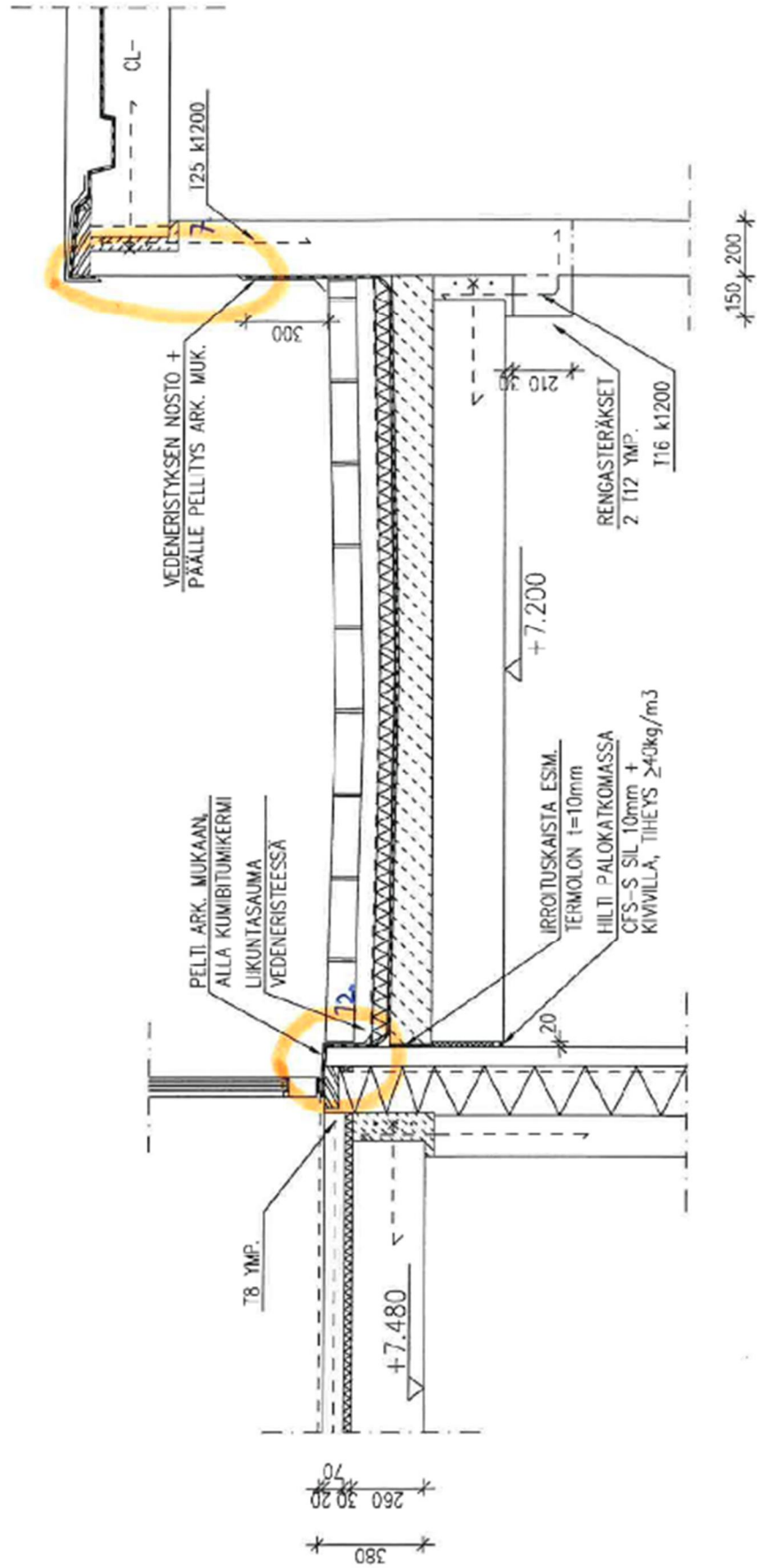


9-9

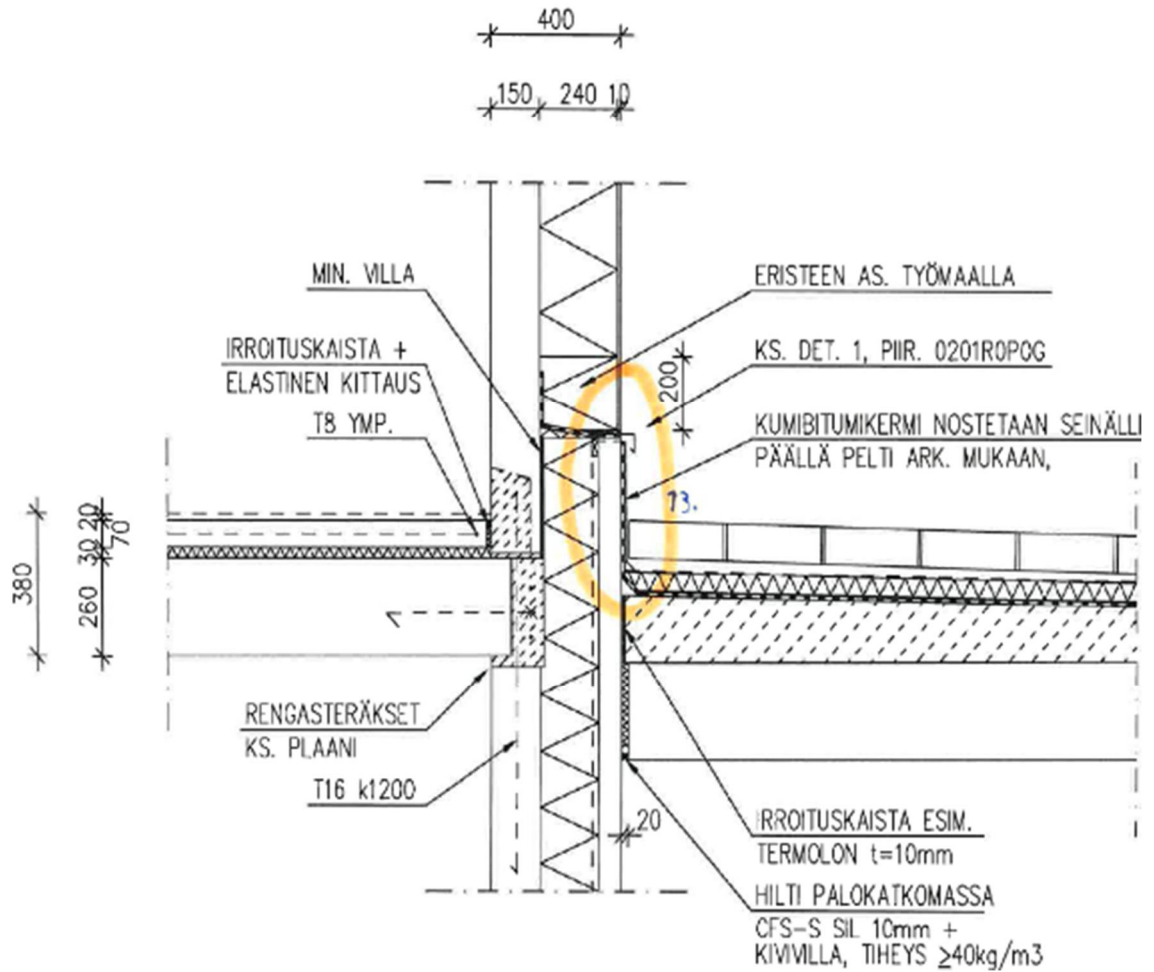




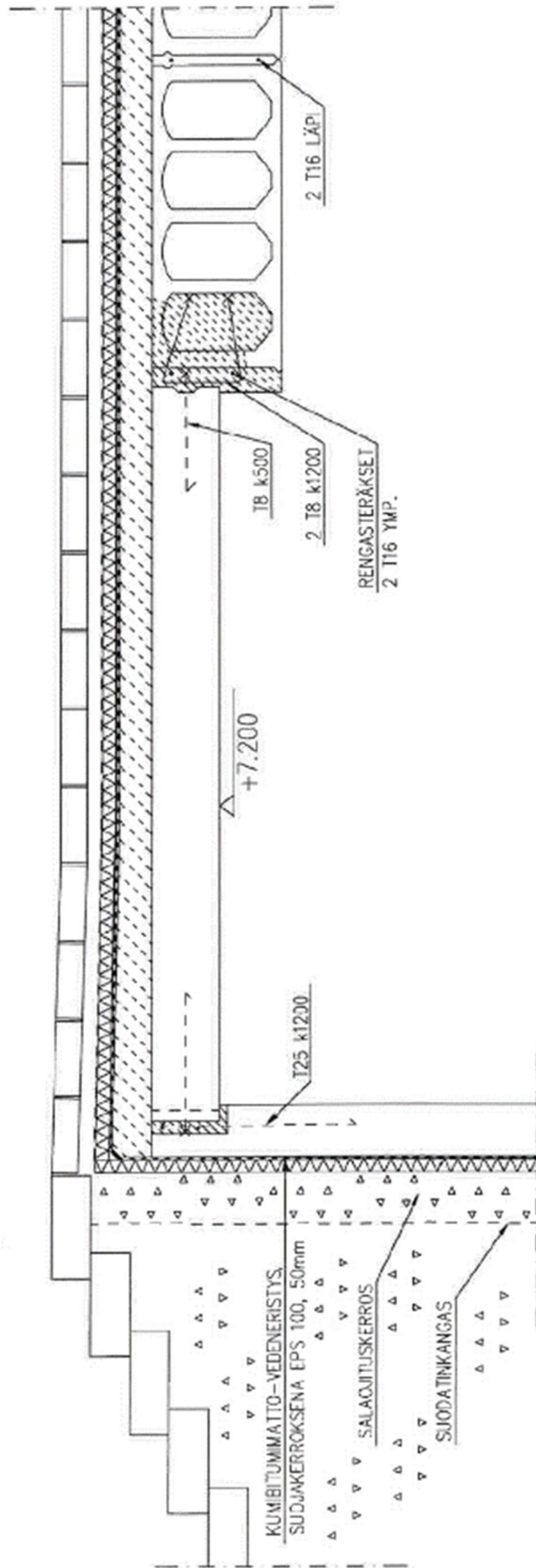
11-11



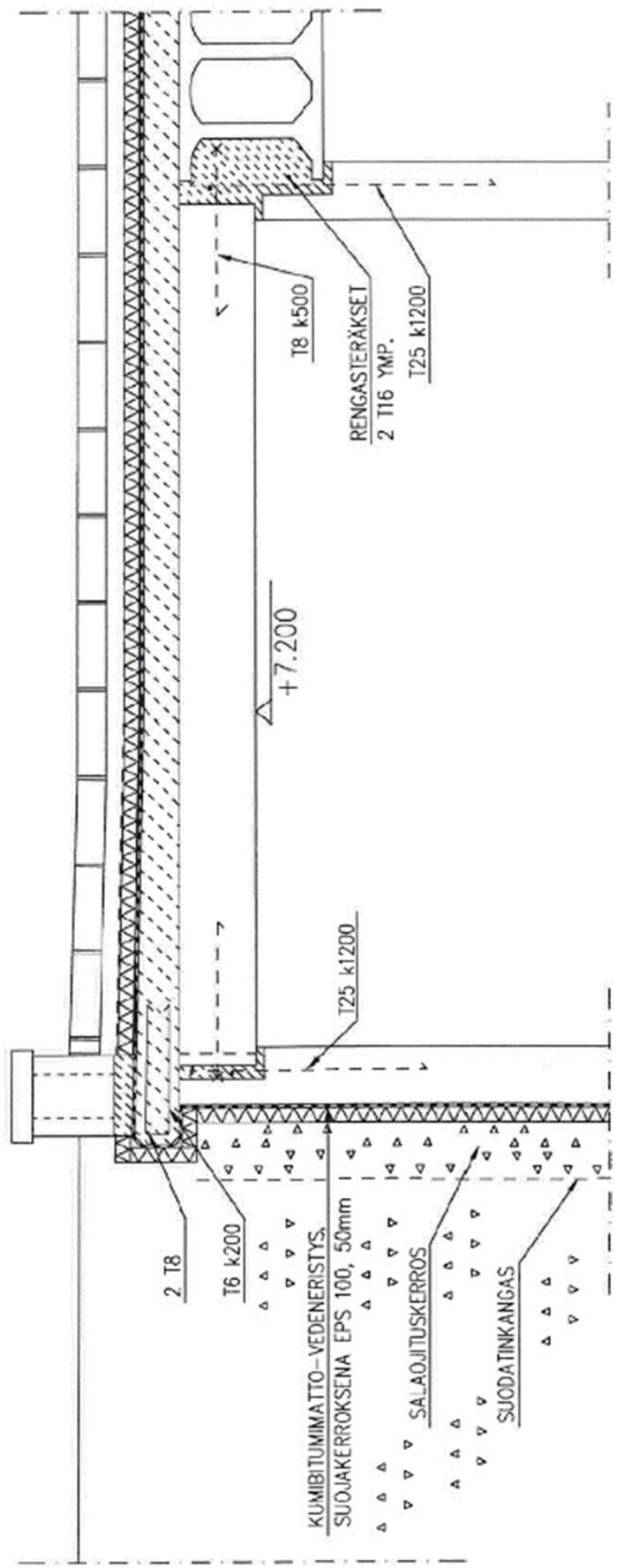
12-12



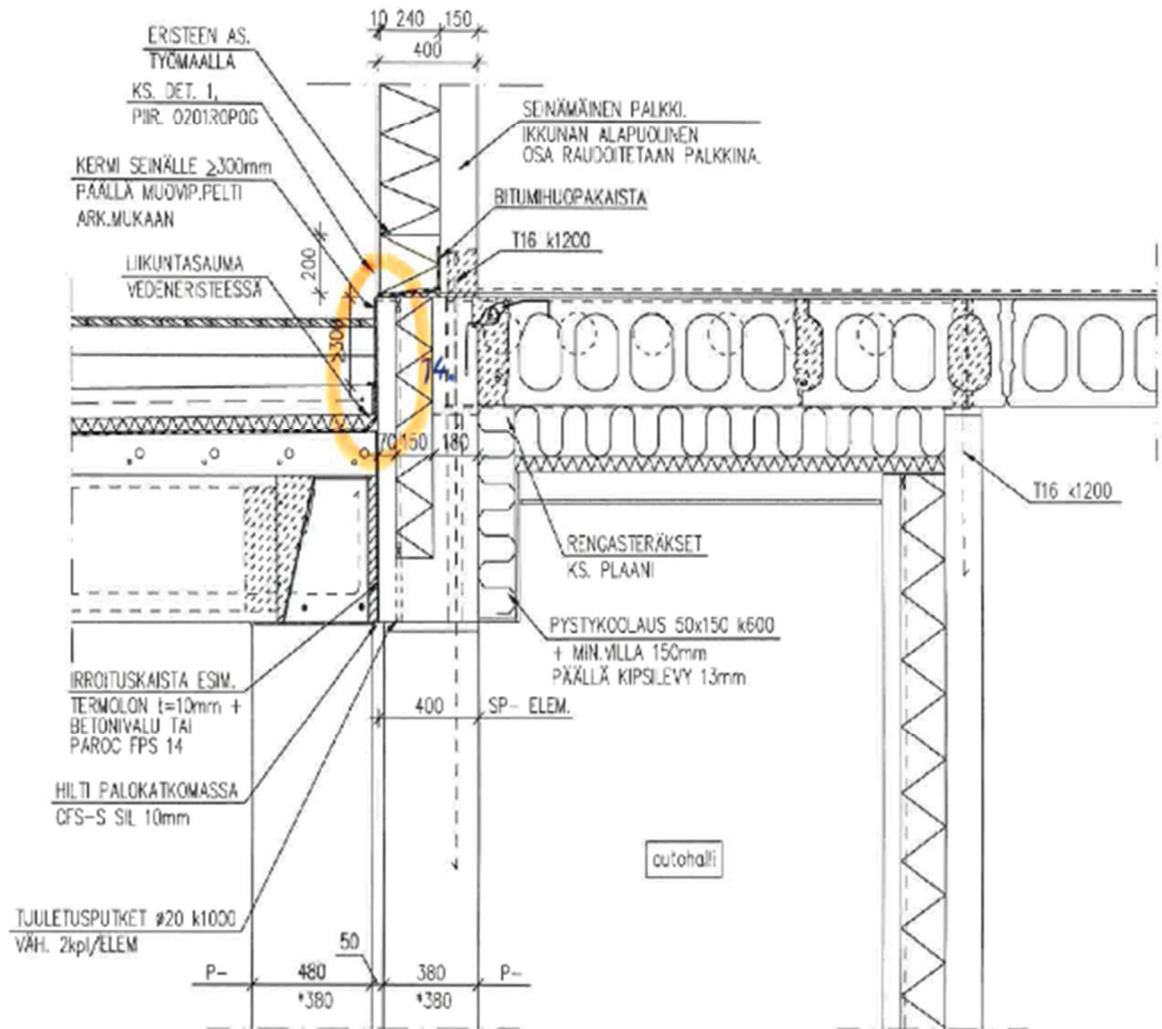
13-13



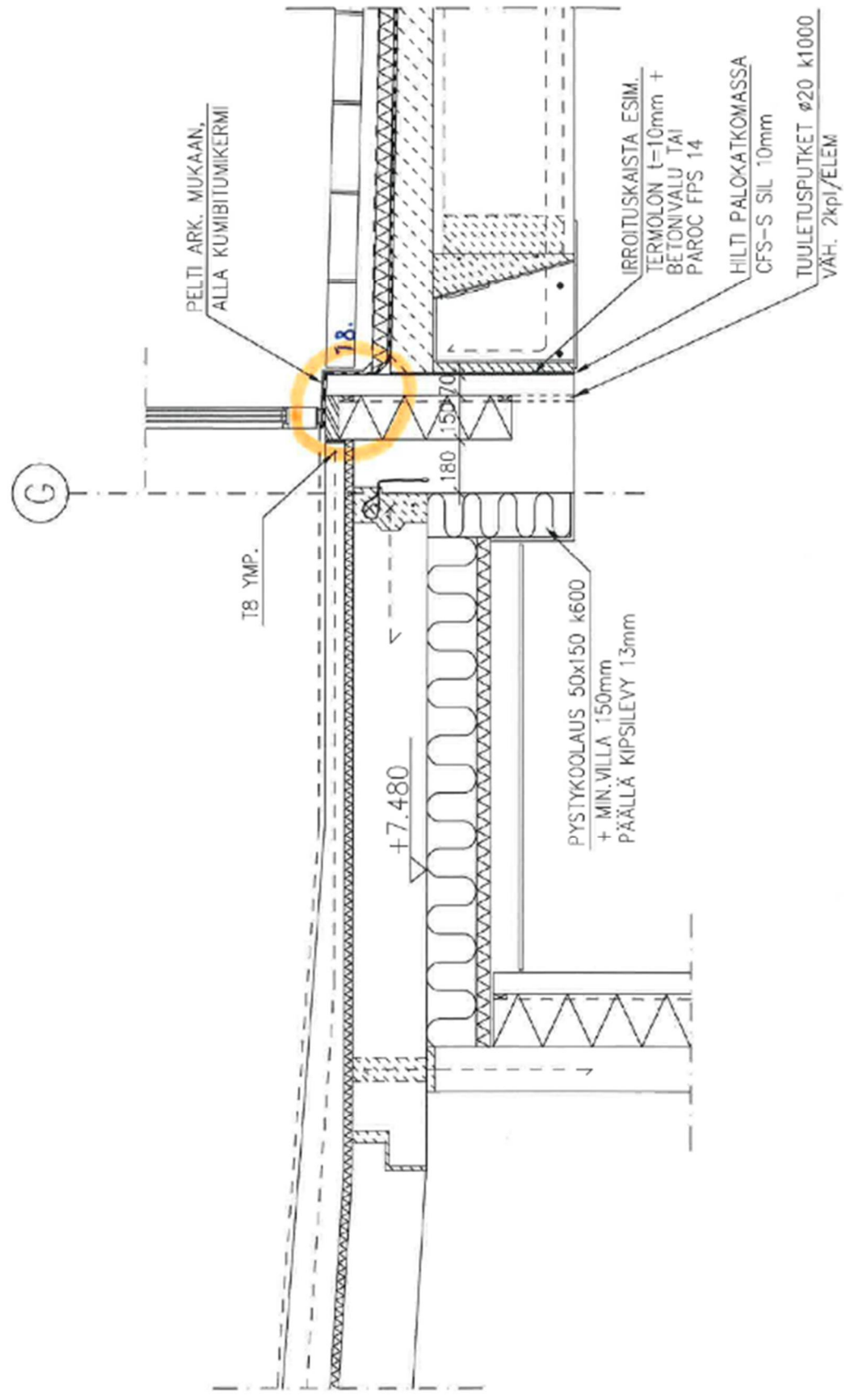
14-14



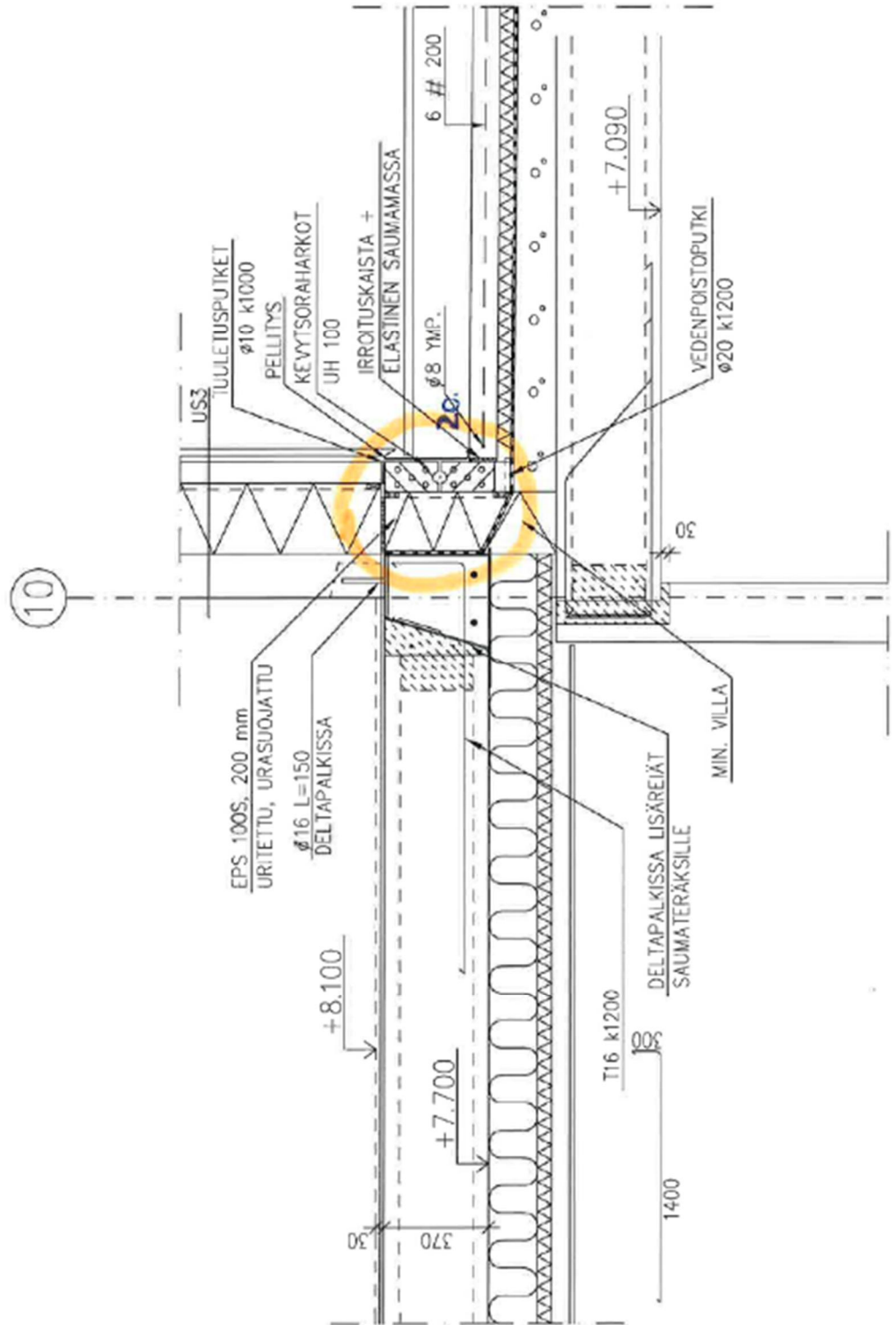
15-15

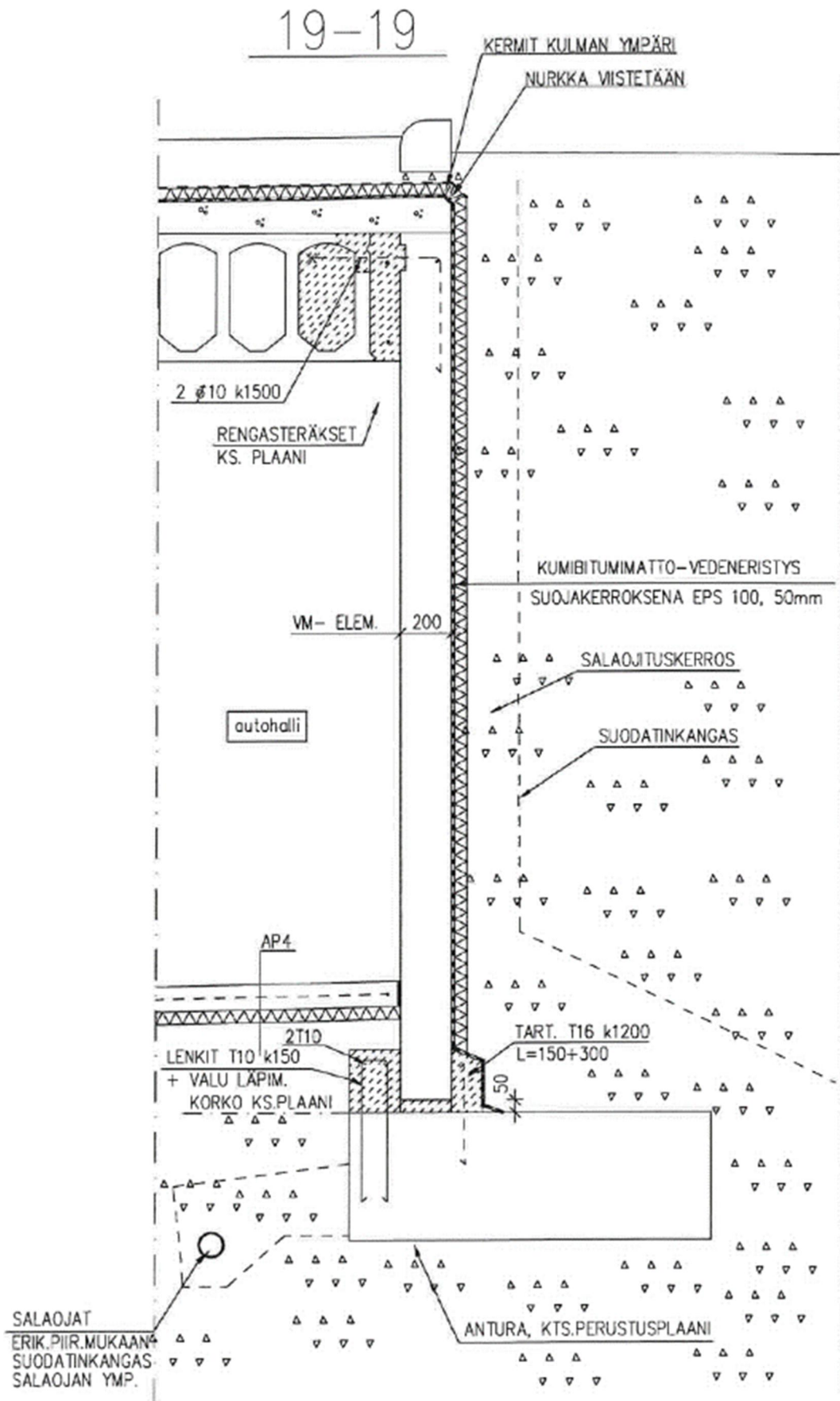


16-16

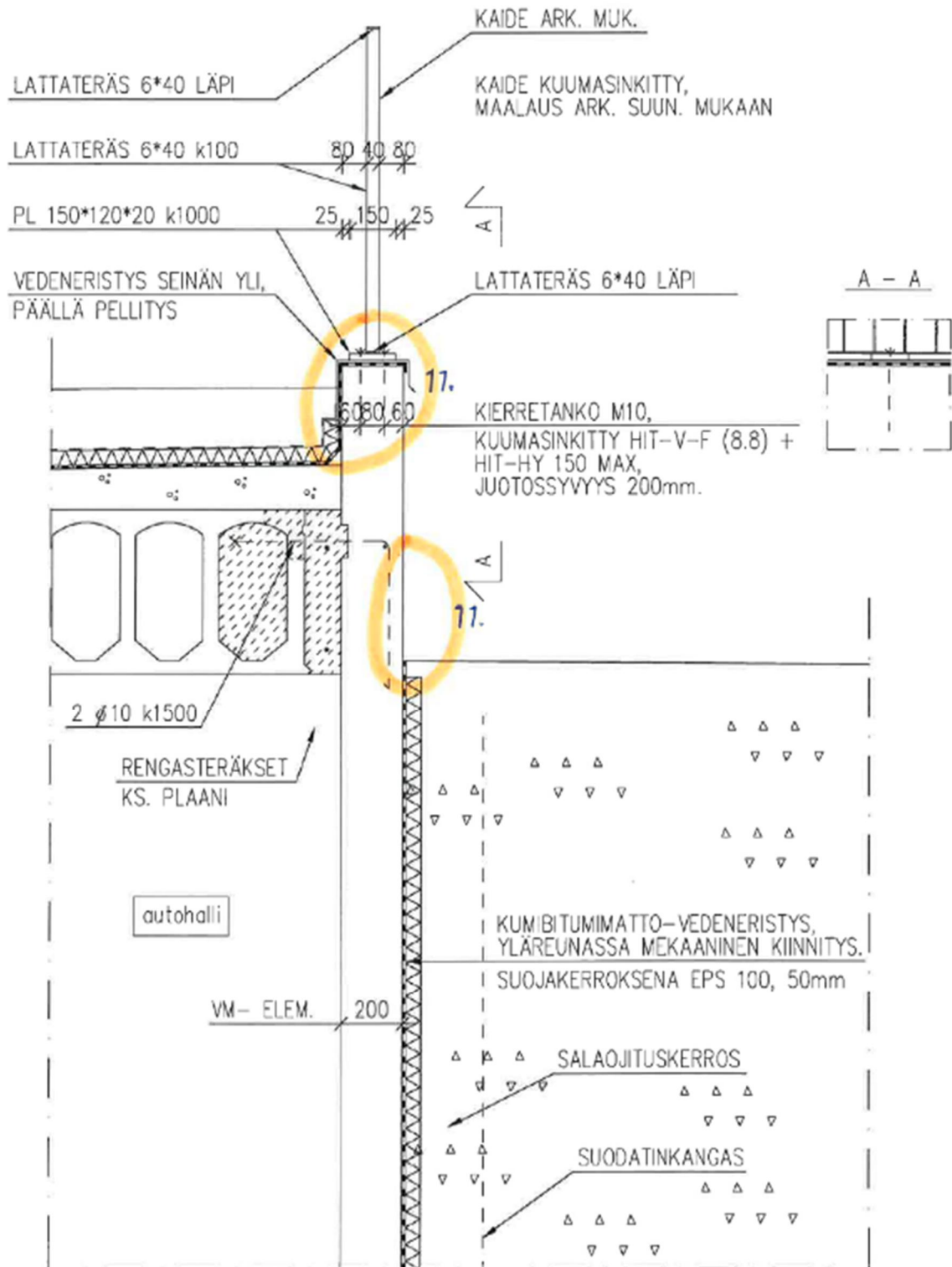


18-18





20-20



# 21-21

