



SAVONIA

■ OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

AUTOPAIKOITUS TÄYDENNYSRAKENTAMIS- KOHTEESSA

Edullisen rakenneratkaisun tutkinta

TEKIJÄ: Jani Junes

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala			
Koulutusohjelma Rakennustekniikan koulutusohjelma			
Työn tekijä Jani Junes			
Työn nimi Autopaikoitus täydennysrakentamiskohteessa			
Päiväys	24.4.2014	Sivumäärä/Liitteet	56/2
Ohjaajat lehtori Matti Mikkonen, yliopettaja Janne Repo			
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppanit Janne Repo			
Tiivistelmä <p>Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää arkkitehtiluonnoksen pohjalta autopaikoituksen rakenteet, tutkia savunpoistoratkaisua ja tehdä kustannuslaskenta-arvio kohteelle. Työssä selvitettiin täydennysrakentamisen vaikutusta yhteiskunnallisesti, alueellisesti ja asukkaiden näkökulmasta. Työssä tutkittiin myös täydennysrakentamiskohteen autopaikoitustarpeen muodostumista ja miten se eroaa uudisrakentamiskohteen autopaikoituksesta.</p> <p>Tietoa täydennysrakentamisesta haettiin jo tehdyistä tutkimuksista sekä asiantuntijälähteistä. Työssä selvitettiin osittain maan alla olevan paikoitustilan palo-, savunpoisto- ja ilmanvaihtoratkaisuja ja mitä vaatimuksia nämä aiheuttavat rakennukselle ja sen rakenteille. Työssä haettiin kustannustehokasta ratkaisua autopaikoituksen rungolle ja selvitettiin tähän tarvittavia rakenteita.</p> <p>Arkkitehtiluonnosten pohjalta tehtiin Revit Architecture -ohjelmalla 3D-malli, josta vietiin geometriatiedot Tekla Structures -ohjelmaan IFC-tiedostomuodon avulla. Tekla Structures -ohjelmalla mallinnettiin rakennuksen runko. Malleista saatiin helposti selville rakennukseen tarvittavat määrät, tilavuudet ja pinta-alatiedot kustannuslaskentaa varten.</p> <p>Opinnäytetyön tuloksena saatiin 3D-mallien lisäksi kustannustietoa rakennuksesta ja rakenteesta. Opinnäytetyö voi toimia ohjeena kun halutaan tutustua sekä rakenteellisiin että paloturvallisuusasioihin.</p>			
Avainsanat Täydennysrakentaminen, autopaikoitus, jännitetty rakenne, kustannuslaskenta, paloturvallisuus, savunpoisto			
Luottamuksellisuus Julkinen			

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme In Construction Engineering			
Author Jani Junes			
Title of Thesis Car Parking in Complementary Building			
Date	24.4.2014	Pages/Appendices	56/2
Supervisors Mr Matti Mikkonen, Lecturer and Mr Janne Repo, Principal Lecturer			
Client Organisation /Partners Janne Repo			
<p>Abstract</p> <p>The purpose of this thesis was to find out on the basis of the architectural drawings, the structure of the parking building and to examine smoke ventilation solutions and to make a cost accounting estimate of the object. The impact of the complementary construction from the point of view of the society and the region and the residents of that area was investigated.</p> <p>Further information about complementary building was collected from the already done researches and expert resources. The thesis examined the solutions for fire safety, smoke extraction and ventilation in a partly underground lying parking building and what kind of demands these set to the building and its structures. A cost effective solution to the frame of the building and to the structures it needed was sought.</p> <p>On the basis of the architectural plan a 3D model was done by the Revit Architecture program and the geometrical details were taken from there to the Tekla Structures Program in the IFC file format. The frame of the building was modelled by the Tekla Structures Program. The models gave information for the calculation of the required quantities and volumes and the area information of the building for the cost accounting purposes.</p> <p>As a result of the thesis, in addition to the 3D models also cost information of the building and its structures was received. This thesis can work as a guide when there is a need to explore both structural and fire safety issues.</p>			
Keywords Complementary building, car parking, tensioned structure, cost accounting, fire safety, smoke extraxtion			
Confidentiality Public			

ESIPUHE

Tämä insinöörityö on tehty arkkitehti Janne Revon tilauksesta. Haluan kiittää häntä ja opinnäytetyön ohjaajaa Matti Mikkosta asiantuntevasta ja ammattitaitoisesta panoksesta ja tuesta opinnäytetyön teossa. Suuren kiitoksen ansaitsee myös arkkitehtiopiskelija Samu Lehto ja sisutusarkkitehtiopiskelija Pekka Eskelinen, joiden kanssa sain olla viemässä tämän opinnäytetyön antamaa oppia käytäntöön arkkitehtikilpailussa. Olen myös saanut valtavaa tukea vaimoltani Soililta tämän opinnäytetyön teossaan.

Kuopiossa 16.4.2014

Jani Junes

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	7
1.1	Taustaa.....	7
1.2	Miksi täydennysrakennetaan?	7
1.3	Tavoitteet.....	8
2	TÄYDENNYSRAKENTAMINEN	9
2.1	Perustietoa täydennysrakentamisesta.....	9
2.2	Täydennysrakentaminen osana uudistuvaa kaupunkia.....	10
2.3	Täydennysrakentamisen taloudelliset vaikutukset.....	11
2.4	Autopaikoitus täydennysrakentamisessa	12
2.5	Autopaikoitustarpeen tarkastelu täydennysrakentamisessa	14
3	AUTOPAIKOITUKSEN SUUNNITELMAT	18
3.1	Suunnitelmien työstäminen.....	18
3.2	Luonnossuunnitelmat	19
3.3	Mallikuvat.....	21
3.3.1	Revit Architecture – malli.....	21
3.3.2	Tekla Structures – malli	22
3.3.3	Visualisoidut kuvat	22
3.4	Rakenteiden suunnittelu	24
3.5	Runkojärjestelmän valinta	25
3.5.1	Jännitetyt rakenteet	26
3.5.2	Pilarit	27
3.5.3	Palkit.....	29
3.5.4	Välipohja ja liittolaattarakenteet	32
3.5.5	Maanvarainen laatta	36
3.5.6	Ulkoseinät	36
3.5.7	Väliseinät.....	36
3.5.8	Viherkaton rakenne	36
3.6	Rungon jäykistys.....	37
3.7	Rakenteiden massoittelu ja yhteenveto	38
4	PALOTURVALLISUUS PYSÄKÖINTIRAKENTEISSA.....	39
4.1	Paloturvallisuustarkastelun lähtökohdat	39

4.2	Rakennuksen paloluokka	40
4.3	Autosuojan suojaustaso.....	42
4.4	Palokuormat ja paloajat.....	42
4.5	Autosuojan osastointi	43
4.6	Rakenteellinen paloturvallisuus	44
4.7	Ajoneuvosuojan ilmanvaihto, savunpoisto ja perusratkaisut	45
4.8	Yhteenvedo ja ilmanvaihdosta ja savunpoistoratkaisusta	49
5	KUSTANNUSARVIO	50
5.1	Kustannusten muodostuminen	50
5.2	Rakennusratkaisujen kustannusvaihtelu	51
5.3	Kohteen kustannuslaskelma.....	52
6	POHDINTA JA JOHTOPÄÄTÖKSET	54
	LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT	55
	LIITE 1: KUSTANNUSLASKELMAT ERI RUNKOVAIHTOEHDOLLA	57

1 JOHDANTO

1.1 Taustaa

Idea tästä työstä saatiin arkkitehti Janne Revon Uusi Puu-Kuopio -lisensiaattityöstä, jossa tutkitaan täydennysrakentamista Kuopion keskustan rännikatujen varsille. Kuopion kaupunki on kiinnostunut Uusi Puu-Kuopio selvitystyöstä ja Miktech Oy:n koordinoima puutuotealan ja puurakentamisen kasvu- ja kehittämisohjelma Eastwood 2014 on laajentanut tutkimusta järjestämällä arkkitehtikilpailun yhdessä Savonia-AMK:n kanssa.

Sain osallistua tähän arkkitehtikilpailuun asiantuntijana ja tuoda tässä opinnäytetyössä hankkimaani osaamista oman pysäköintiehdotuksen rakentamiseen. Pysäköintiratkaisut vaativat perehtymistä ja alueen erityispiirteiden tuntemista täydennysrakentamiskohteissa.

1.2 Miksi täydennysrakennetaan?

Kaupungistuminen tuo lisääntyvän asuntotarpeen kaupunkeihin ja niiden rakennetuille alueille. Ihmiä muuttaa edelleen pois maaseudulta ja taajamista lähemmäs palveluita. Tämä ajaa kaupungeja rakentamaan uusia asuntoja. Asuntojen rakentamisessa on merkitystä kestäväen kehityksen kannalta, minne rakennetaan ja millä ehdoilla. Toisaalta nyt on havahduttu myös siihen tosiasiaan, että vanhat kerrostaloasunnot ovat rapistumassa. Suuri määrä nykyisistä kerrostaloista rakennettiin 1970-luvulla. Valtiolla, kaupungilla ja taloyhtiöillä ei tahdo riittää rahaa näiden korjauksiin. Taloyhtiöt voisivat myydä kerrostalojen välissä olevaa tyhjää tilaa täydennysrakentamista varten. Tästä voisi saada rahaa vanhojen kerrostalojen parannuksiin ja korjauksiin, kuten hissien rakentamiseen tai vesikato korjaukseen.

Täydennys- ja lisärakentamiselle on asetettu odotuksia ja siitä on odotettu paikkaamaan asuntotarvetta ja samalla tuomaan rahaa taloyhtiöille korjausrakentamista varten. Täydennysrakentaminen on edullista erityisesti yhdyskunnan kannalta. Uusia teitä ja palveluita ei tarvitse rakentaa vaan voidaan käyttää ja kehittää olemassa olevia palveluita ja parantaa koko asuinalueen arvoa. Täydennysrakentamiseen liittyy kuitenkin haasteita, jotka tulisi ratkaista ennen kun hankkeeseen voidaan ryhtyä. Tavallista on, että täydennysrakentamiselle löytyy tilaa asuinalueiden isoilta pysäköintipaikoilta. Tämä tuo välittömän autopaikoitushaasteen tonteille. Pysäköintipaikkojen rakentaminen autopaikoitusnormien mukaan on kallista ja voi viedä pohjan täydennysrakentamisprojektin kannattavuudelta. Jokainen kohde on erityinen ja jokaisella alueella on omat erityispiirteet. Alueiden erityispiirteitä tulee selvittää ja miettiä paikkaansa sopivin ratkaisu autopaikoituksen ja tilankäytön suhteen.

1.3 Tavoitteet

Työn tavoitteena on suunnitella kohteeseen rakenteet ja tutkia ilmanvaihtoa, savunpoistoa ja paloteknisiä ratkaisuja pysäköintitilassa. Lisäksi tavoitteena on saada laadittua kustannusarvio Excel- taulukkolaskentaohjelmalla. Kustannusarvion pohjalta saadaan kohteelle autopaikkakohtainen kustannus. Lisäksi kustannuksia lasketaan erilaisille runkovaihtoehtoilta.

Tässä opinnäytetyössä selvitetään täydennysrakentamista osana uudistuvaa kaupunkia ja lisäksi tutkitaan sen taloudellisia vaikutuksia. Tärkeänä asiana on tutkia autopaikoitusta täydennysrakentamisessa. Tämän opinnäytetyön pohjaksi saatiin yliopettaja arkkitehti Janne Revolta arkkitehtiluonnos, jonka pohjalta mallinnetaan 3D-malli Revit Architecture ohjelmalla.

Työtä lähdetään tekemään 3D-mallin pohjalta. Mallista saadaan kustannuslaskentaa varten pinta-ala ja määrätiedot, jotka helpottavat laskentaa. Revit-malli viedään Tekla Structures ohjelmaan, jonka avulla rungon suunnittelu helpottuu. Tietoa haetaan alan kirjallisuudesta ja verkkolähteistä runkoratkaisun ja savunpoiston- ja ilmanvaihdon osalta. Runko suunnitellaan massoittelemalla, eli yhdistellään oikeita ratkaisuja niin että rakenteesta tulee järkevä ja toimiva. Rakenteiden mitoitus ei sisälly opinnäytetyöhön.

2 TÄYDENNYSRAKENTAMINEN

2.1 Perustietoa täydennysrakentamisesta

Täydennysrakentamisella tarkoitetaan olemassa olevaa yhdyskuntarakennetta ja palveluverkkoa hyödyntävää, sekä täydentävää rakentamista. Täydennysrakentaminen käynnistää aina kaavaprosessin, kun tontille tarvitaan lisää rakennusoikeutta. Lisärakentamisella tarkoitetaan olemassa olevien rakennusten samalle tontille rakennettavaa uutta rakennusta tai laajennusta. Lisärakentaminen onnistuu silloin, kun tontilla on vielä rakennusoikeutta jäljellä. Täydentämällä olemassa olevia rakenteita voidaan saada kaivattuja asuntotyyppejä, kuten perhe- ja senioriasuntoja. Samalla voidaan vaikuttaa siihen, että suomalaislähiöiden sosiaalinen rakenne ei pääse yksipuolistumaan. Kuvassa 1 näkyy hyvin laajennusvaihtoehtoja täydennysrakentamiseen.



Kuva 1 Laajennusvaihtoehtoja täydennysrakentamiseen (Uutta Helsinkiä.fi)

Betonielementtijulkisivujen vauriot, hissittömyys, puutteellinen lämmöneristys ja käyttöikänsä päähän tulleen LVI-laitteiston ja -putkiston peruskorjaus ovat tyypillisiä 1960–1975 vuosina rakennettujen kerrostalojen korjauskohteita. Julkisivuremontti ja putkiremontti ovat kalleimpia korjaustöitä. Asunto-osakeyhtiöiden ongelmana on yleensä se, että korjauksia lykätään viimeiseen asti, jolloin remonteista tulee isoja. (Tolvanen 2009,12)

Kuva 2 havainnollistaa hyvin täydennysrakentamista. Kuvassa näkyy vanha kerrostalokortteli, jonka keskelle on haluttu pientalomaista asumista. Uudet asunnot tuovat vaurautta alueelle ja vahvistavat aluetta sosiaalisesti. Alueelle on tarkoitus tuoda kohtuuhintaista perheasumista lähelle keskustan palveluja.



Kuva 2 Täydennysrakentamisehdotus Kuopion keskustan kortteliin (Eskelinen, Junes, Lehto 2014-4-4)

Aiemmin täydennysrakentamiselle ei ole tullut niin kovia odotuksia ja paineita kuin nyt. Täydennysrakentamisesta on odotettu ratkaisua kantakaupunkien asuntopulaan. Yhdyskunnan kannalta täydennysrakentaminen on taloudellisesti erittäin kannattavaa. Asuinyhtiöiden kannalta kiinnostus ei ole ollut niin suurta. Kannattavia ratkaisuja ei ole vielä löydetty riittävästi. Kaupungit eivät ole koskaan valmiita. Kaupungit muuttuvat, sekä uudistuvat jatkuvasti.

2.2 Täydennysrakentaminen osana uudistuvaa kaupunkia

Suomelle 1900-luku on ollut kasvun ja kaupungistumisen vuosisata. Maatalouden tuotantomenetelmät kehittyivät ja tuottavuus parani. Samalla maatalouden tarvitsema työvoima väheni nopeasti. Kaupungeissa teollisuuden tuotanto ja työvoiman tarve ajoivat ihmisen kaupunkiin. Myöhemmin teollisuuden tuottavuuden nousu vähensi työvoimatarpeita tuoden tilaa palveluiloille. Elintasojen nousu ja kaupungistuminen loivat palveluille kysyntää. Palveluilojen kasvu voimisti väestön kasaantumista kasvukeskuksiin. Kaupungistuminen alkoi Suomessa Keski-Eurooppaan verrattuna myöhään. Kaupungistuminen jatkuu yhä, mistä johtuen kaupunkiin tarvitaan lisää asuntoja. (Loikkanen 2004, 21–26)

Kaupungin kestävyys kannata on suuri merkitys sillä, mihin uudet asunnot rakennetaan. Kaupungin laajeneminen ei ole aina välttämätöntä. Tarvittavia asuntoja voidaan rakentaa myös tiivistämällä olemassa olevaa yhdyskuntarakennetta. Vanhat kerrostalovaltaiset asuinalueet muuttuvat vaikka sinne ei rakennettaisi mitään. Lapsien ja nuorien osuus vähenee ja senioreiden määrä kasvaa asukkaiden ikäjakautumassa. Koko alueen asukasmäärä laskee ja asutokuntien koko pienenee. (Hasu 2014, 16)

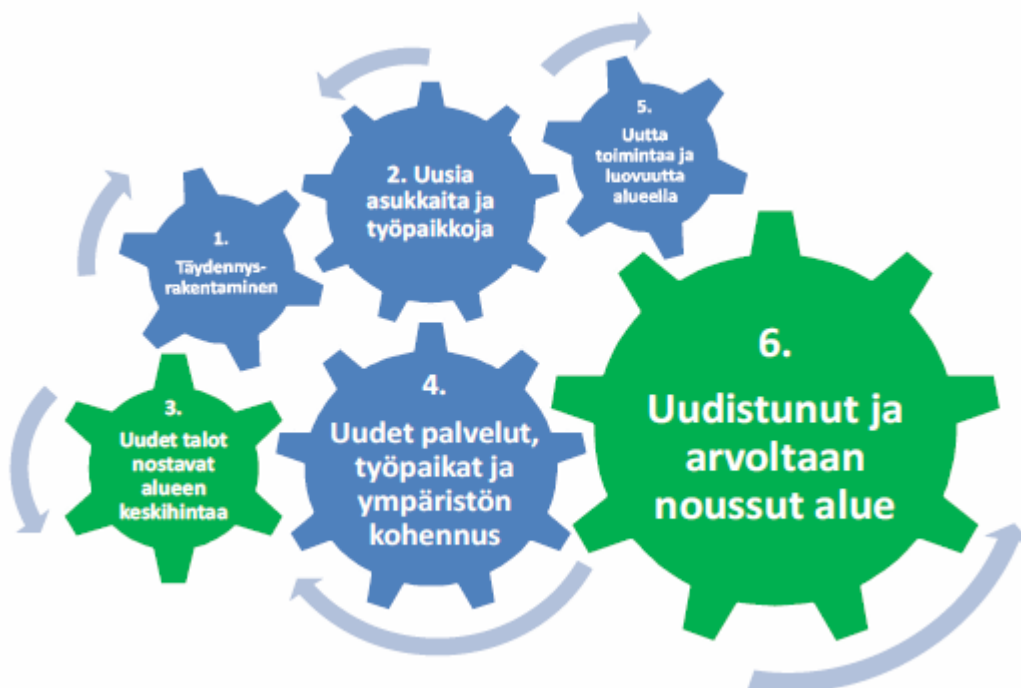
Toisaalta vanhat lähiöt ovat suuren haasteen edessä. Haasteena on lähinnä rakennuskannan peruskorjaustarve, asukaskannan ikääntyminen ja vähentyminen, hissittömyys, asutokannan yksipuolisuus ja väljä asukastiheys, joka johtaa palveluiden tehottomuuteen ja kannattomuuteen. Rakentamalla alueelle uusia erilaisia asuntoja, toisaalta monipuolistetaan asutokantaa, toisaalta saadaan alueelle uusia asukkaita. Tämä mahdollistaa lähipalveluiden kannattavuuden ja monipuolistumisen. (Lukkarinen 2011, 140)

Kestävän kehityksen tavoitteet ovat viime vuosina lisänneet kiinnostusta toisaalta alueiden täydentämiseen ja myös tiivistämiseen. Näin vältetään turhalta kunnallistekniikan ja palveluiden rakentamiselta ja säilytetään vapaata luontoa. Täydennysrakentaminen on osa valtakunnallisia alueidenkäyttötavoitteita. Tavoitteena on samanaikaisesti parantaa elinympäristön laatua, aluerakenteen toimivuutta ja parantaa yhteysverkostoja ja energiahuoltoa. Erityisesti kasvukeskuskaupungit ovat ryhtyneet edistämään yhdyskuntarakenteita valtakunnallisten tavoitteiden mukaisesti. (Hasu 2014, 15)

2.3 Täydennysrakentamisen taloudelliset vaikutukset

Yhdyskunnan näkökulmasta täydennysrakentaminen on edullista, koska investoinnit infrastruktuuriin ovat uudistusrakentamiskohteita oleellisesti edullisempia. Rakennetut liikenne-, energia- ja vesihuoltoverkot ovat Suomessa niin väljiksi mitoitettuja, että niiden kapasiteetti riittää merkittäväänkin täydennysrakentamisen tarpeeseen (Hasu, Knuuti, Kurvinen, Lahti, Niemi, Nykänen, Staffans, Virta 2014, 89). Täydennysrakentamisen potentiaali on tiedostettu monissa muuttovoittoisissa kunnissa ja kaupungeissa.

Parhaimmillaan täydennysrakentamisella voidaan nostaa asuntojen ja kiinteistöjen arvoa jos alueen haluttavuus asuinpaikkana kasvaa. Haluttavuus lisääntyy silloin, kun alueen arvostus ja laatu asuin-ympäristönä nousevat. Hyvällä täydennysrakentamisen suunnitellulla saadaan aikaan tällaista arvonnousua. Toisaalta jos aluetta ei kehitetä, arvokehitys voi olla päinvastoin laskeva. Täydennysrakentaminen on arvonnousun näkökulmasta kannattavinta ydinkeskustan ulkopuolella, missä neliöhinnat ovat matalimmat. (Hasu 2014, 81)



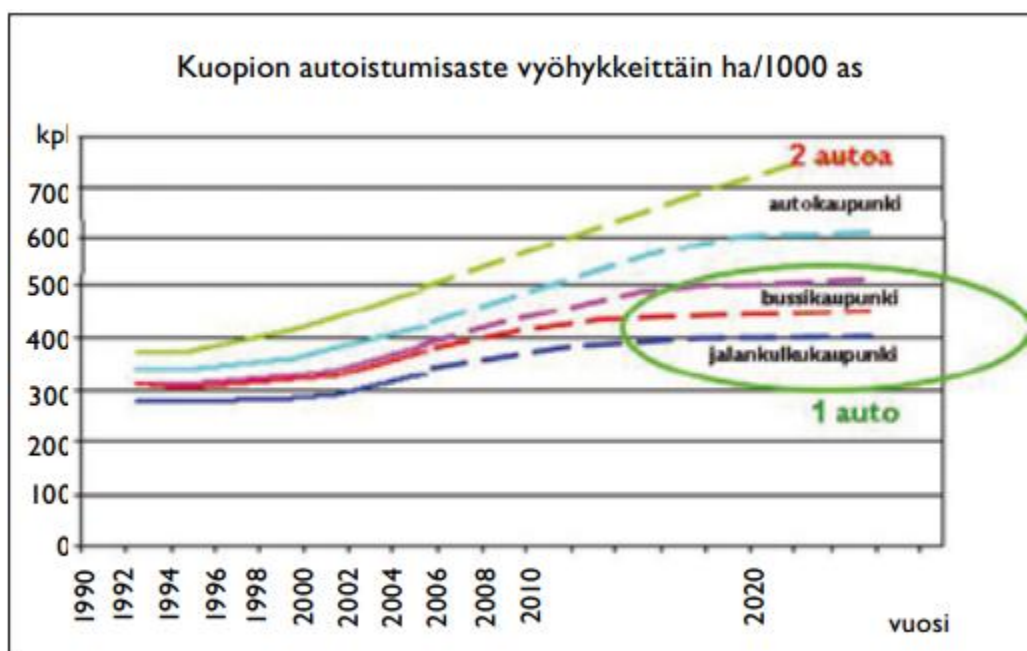
Kuvio 1 Täydennysrakentamisen mahdollistama positiivinen kierre (Hasu 2014, 80)

Täydennysrakentaminen voi joko nostaa tai laskea alueen laatua. Kuviossa 1 näkyy hyvin onnistuneen täydennysrakentamishankkeen tuoma positiivinen kierre. Täydennysrakentaminen tuo alueelle lisää asukkaita ja työpaikkoja. Uudet rakennukset lisäävät myös alueen arvoa. Toisaalta uudet asukkaat tuovat lisää toimintaa, toisaalta luovuutta alueelle. Näin koko ympäristön palvelut paranevat kun alueella on enemmän asukkaita. Lopputuloksena saadaan uudistunut ja arvoltaan noussut alue.

2.4 Autopaikoitus täydennysrakentamisessa

Pysäköinnin kehittäminen on täydennysrakentamisessa avainkysymyksiä. Autoilun määrä on kasvanut Suomessa viimeisten vuosien aikana (kuvio 2), samaan aikaan pysäköinnin tarve on myös kasvanut. Autoilija käyttää keskimäärin 2–5 pysäköintipaikkaa päivittäin ja tämä tila voisi tarjota monipuolisempaa hyötykäyttöä ajatellen kaupunkiympäristöä.

Kuitenkin autoistumista tulee seurata ja sen kasvun hidastumiseen varautua. Samalla on kuitenkin varauduttava siihen, että autokaupunkikehitys jatkuu. Kuviossa 2 näkyy autoistumisaste ja sen kehittyminen vuoteen 2020 asti ja sitä pidemmälle. Autojen kokonaismäärä tulee riippumaan siitä, kuinka eri vyöhykkeitä painotetaan kaavoituksessa. Uudessa Kuopion kaupunkirakennesuunnitelmassa ensisijaisena tavoitteena on kaupunkirakenteen täydentäminen ja joukkoliikenteen laajentaminen keskustan ulkopuolelle. (Kosonen 2007, 75)



Kuvio 2 Autokannan kehitys Kuopion seudulla (Kosonen 2007, 75)

On selvää, että lisärakentamishankkeen myötä tontin autopaikkatarve kasvaa. Täydennysrakentamiskohteissa autopaikkatarvetta taas tarkastellaan alueellisella tasolla. Tavallista on, että täydennysrakentamiseen tarvittava tila löytyy maantasoon rakennetulta pysäköintialueelta tai tonttien väliseltä piha-alueelta. Tällöin alueen pysäköintitarve on pystyttävä täyttämään muilla ratkaisulla. (Uutta helsinki)

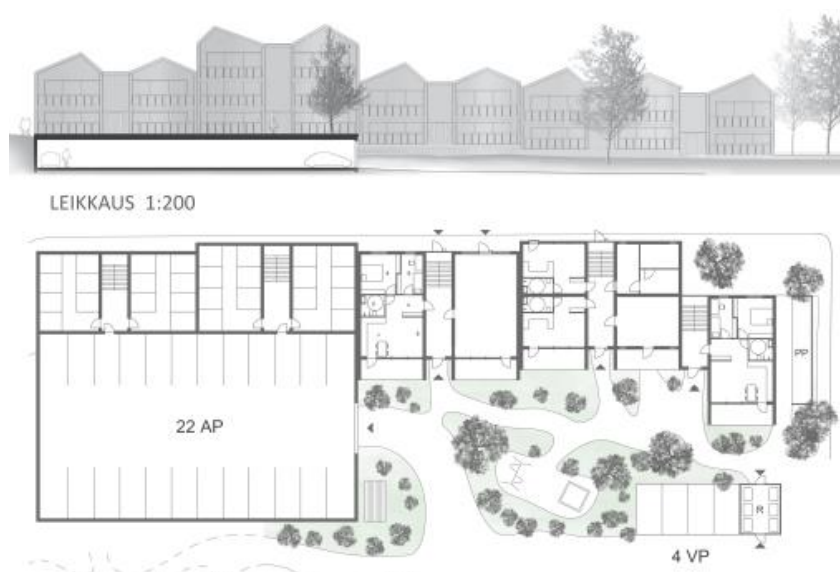
Uudisrakennuskohteissa pysäköintipaikkojen määrä suunnitellaan tyypillisesti pysäköintinormeihin nojautuen. Nämä autopaikoitusnormit määritetään asemakaavassa. Tavallisesti normit ilmoitetaan pysäköintipaikkoina kerrosneliötä kohden. Monissa kaupungeissa normit ovat vähimmäismääriä, jotka perustuvat ennemmin suurimmalle mahdolliselle tarpeelle kuin tyypilliselle käytölle. (Kalenoja 2013, 15)

Pysäköintinormien tinkimätön noudattaminen voi johtaa liialliseen pysäköintipaikkatarjontaan. Suunnittelussa vähemmälle huomiolle jää taloudellinen kannattavuus, kaupungin kehittämiselle asetetut tavoitteet tai vaihtoehtoisten kulkutapojen käyttöön kannustaminen. Usein asetut normit perustuvat muiden kaupunkien normeihin eivätkä ota huomioon paikallisia erityistekijöitä. (Kalenoja 2013, 15)

Kaupungin tarpeet huomioon ottavat, joustavat pysäköintinormit voisivat toimia ohjauskeinona ja ne määrittäisivät suunnan erilaisten alueiden pysäköinnin suunnittelulle. Normit tulisi sovittaa joustavasti vaihtuvien tarpeiden sekä muuttuvien olosuhteiden mukaan. Mitoitusohjeen mukaan täydennysrakentamishankkeissa autopaikkatarvetta voidaan tarkastella tilanteen mukaan. (Kalenoja 2013, 16)

Kuopiossa pysäköinnin suunnittelu on ollut yksityisautoilua suosivaa vaikka keskusta-alueen liikenteen yleissuunnitelmassa mainitaan, että tavoitteena on kehittää kaupungin keskustaa ja sen lähi-alueita erityisesti jalankulku- ja joukkoliikennekaupunkina. Pysäköinti on ollut hintatasoltaan hieman alhaisempaa kuin keskisuurissa kaupungeissa keskimäärin. (Kalenoja 2013, 22)

Jos alueen pysäköintiratkaisuna on ollut maantasopysäköinti, voidaan pysäköintialue käyttää täydennysrakentamiseen. Tällöin vaihtoehtoina ovat pihakannet, kiinteistökohtaiset pysäköintitalot tai keskitetyt pysäköintihallit. Kuvassa 3 on hyvä esimerkki täydennysrakentamiskohteen pysäköinnistä. Paikoitus on pyritty tekemään yksinkertaisesti ja samalla helposti käytettäväksi. Autopaikoitusratkaisussa on löydettävä kustannuksiltaan mahdollisimman kevyt ratkaisu, jotta täydennys- ja lisärakentamisen hyöty ei jäisi pieneksi.

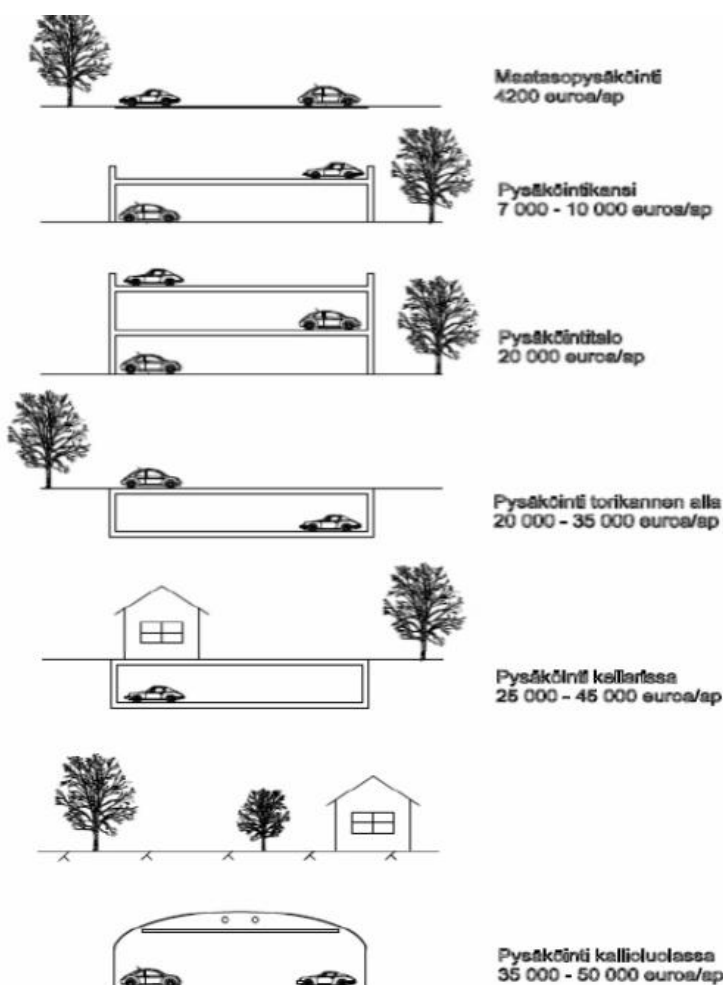


Kuva 3 Autopaikoitusehdotus (Eskelinen, Junes, Lehto 2014-4-4)

2.5 Autopaikoitustarpeen tarkastelu täydennysrakentamisessa

Täydennysrakentamishankkeiden ongelmaksi muodostuu useimmiten olemassa olevien autopaikkojen uudelleenjärjestäminen ja niiden toteuttamisen korkeat kustannukset. Pysäköinnin toteutuskustannukset voivat olla niin korkeat, että ne tekevät koko hankkeen kannattamattomaksi. (Tolvanen 2009, 61)

Maantasopysäköinti on halvempaa kuin maanalainen pysäköinti, mutta vie tilaa muulta maankäytöltä. Tämä myös rumentaa kaupunkikuvaa sekä huonontaa alueen asumisviihtyvyyttä. Kuvassa 4 on suuntaa-antavia autopaikoituksen toteuttamiskustannuksia.



Kuva 4 Suuntaa-antavia autopaikkojen toteuttamiskustannuksia (Kallio 2011, 9)

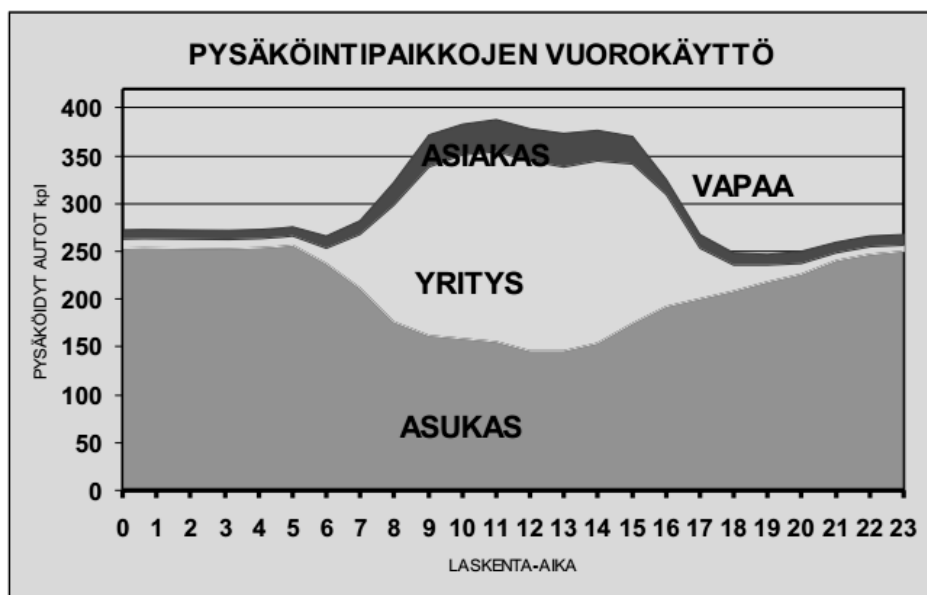
Perinteinen uudisrakentamista varten suunniteltu autopaikkannormisto ei välttämättä johda täydennysrakentamiskohteissa kannattavaan lopputulokseen. Autopaikkamääriä suunnitellessa ottaamalla huomioon alueen erityispiirteet, sekä pysäköintiin vaikuttavat tekijät pysäköintipaikkamäärä on mahdollista suunnitella lähemmäksi ihannetilannetta ja pysäköinnin hallinnan työkalujen avulla voidaan vähentää pysäköintipaikkatarvetta. Esimerkiksi asuinalueella voi olla paljon opiskelijoita ja se voi sijaita hyvin joukkoliikennetyhteyksien läheisyydessä. Näiden eri tekijöiden huomioiminen jo suunnitteluvaiheessa on erittäin tärkeää. (Kalenoja, Karhula, Palonen, Tiikkala 2013, 15)

Suunnittelussa on haettava ratkaisuja, jotka ovat tilanteen mukaan mahdollisimman keveitä ja kannattavia taloudellisesti.

Täydennysrakentamiskohteissa joudutaan tekemään kaavamuutos ja tässä tarkastelussa on joudutaan miettimään myös asuntojen autopaikkatarvetta. Suuria maantasoon rakennettuja autopaikkoja on pidetty joustamattomuudessaan ongelmallisina ja tehottomina. Nämä paikoituskentät ovat usein houkuttelevampia paikkoja täydennysrakentamiselle, mutta haasteena on maanpäällisen autopaikan korvaaminen muilla ratkaisulla näiden kalleuden takia.

Maantasopysäköinnin korvaamista on perusteltu laitospysäköinnillä laskelmin. Autopaikka piha-alueella vie tilaa noin 20 m². Autopaikkaa kohden voidaan rakentaa noin 40–100 k-m² uutta asuin-pinta-alaa asuinkerroslukumäärän ollessa 2–5. Rakennusoikeuden hinta esikaupunkialueella on noin 700–1000 €/k-m². Siten pysäköintikentän myyminen asuinrakennusta varten voisi tuottaa 28 000–100 000 € autopaikkaa kohden. Laskelman käytännön toimivuuden kannalta olennaista on rakennusoikeudesta saatava hinta. (Lehti 2010, 5)

Pysäköintialueiden mahdollisimman tehokkaan käytön mahdollistamiseksi voidaan hyödyntää niin sanottua vuorottaiskäytön periaatetta. Kuvio 3 havainnollistaa hyvin, miten sama pysäköintipaikka voi palvella kahta tai useampaa erilaista käyttäjäryhmää tai määränpäättä, joiden pysäköintihuiput sijoittuvat eri aikaan vuorokaudesta. Esimerkiksi toimisto voi jakaa pysäköintipaikkansa ravintolan tai teatterin kanssa, sillä niiden työntekijät ja asiakkaat tarvitsevat pysäköintipaikkoja eri aikaan päivästä. Jos yhtä pysäköintipaikkaa käyttää useampi autoilija, voi yleinen pysäköintitarve olla pienempi, kuin jos kaikille käyttäjille tarjottaisiin oma henkilökohtainen pysäköintipaikka. (Kalenaja 2013, 17)



Kuvio 3 Vuorokäytössä asukailta vapautuu päivällä autopaikkoja asiointi- ja työmatkapysäköintiin. (Pysäköintialueet)

Kadunvarsipysäköinti edustaa lähes aina vuorottaispysäköintiä, sillä paikat ne on yleensä sijoitettu niin, että paikat palvelevat useampia käyttäjiä. Vuorottaispysäköinti voi vähentää pysäköinnin tarvetta peräti 10–30 % verrattuna tilanteeseen, jossa esimerkiksi työpaikalla tai asuintalossa olisi käytössä varatut pysäköintipaikat. (Kalenaja 2013, 7)

Ilmainen pysäköinti ei välttämättä ole tae keskustan liikkeiden elinvoimaisuudelle. Enemmän ilmainen tai edullinen pysäköinti kasvattaa autoilun määrää, ohjaa paikat pitkäaikaisen pysäköinnin käyttöön eikä kannusta kulkemaan vaihtoehtoisilla kulkumuodoilla. Pysäköinnin hinnan alentaminen tai poistaminen voi johtaa pysäköintipaikkojen ruuhkautumiseen ja vaihtuvuuden pienentymiseen, jolloin pysäköintipaikka on vaikeampi löytää. Hintaa tärkeämpää tekijä keskustan vetovoimaisuuden kannalta ovatkin muun muassa ympäristön laatu, palveluiden valikoima sekä yleinen saavutettavuus. (Kalenaja 2013, 18)

Oikea pysäköinnin hinta tasapainottaa vuorokaudenajan mukaan vaihtelevan pysäköinnin kysynnän kadunvarsipaikkojen ihanteellisen määrän kanssa. Hinnoittelun avulla voidaan pyrkiä takaamaan, että muutama paikka on aina vapaana, jolloin autoilijat löytävät vapaan pysäköintipaikan kohteensa läheisyydestä. Pysäköinnin hinta tulisi asettaa sellaiselle tasolle, että voitaisiin saavuttaa 85–90 % käyttöaste. (Kalenaja, 18-19)

Taulukko 1 Pysäköinnin hallinnan keinojen vähentävät vaikutukset pysäköintipaikkojen määrään (Kalenaja 2013, 21)

	Vähentävä vaikutus pysäköintipaikkatarpeeseen		
	Matala	Keskitaso	Korkea
Vuorottaispysäköinti	10 %	20 %	30 %
Pysäköinnin rajoittaminen	10 %	20 %	30 %
Tutkimustietoon perustuvien ja joustavien normien käyttöönotto	10 %	20 %	30 %
Maksiminormit	10 %	20 %	30 %
Kävely- ja pyöräilyolosuhteiden parantaminen	10 %	20 %	30 %
Lisää olemassa olevien pysäköintipaikkojen kapasiteettia	5 %	10 %	15 %
Maksullinen pysäköinti	10 %	20 %	30 %
Pyöräpysäköinnin parantaminen	5 %	10 %	15 %
Tiedotuksen ja markkinoinnin parantaminen	5 %	10 %	15 %

Pysäköinnin hallinnan keinoilla on erilaisia vaikutuksia pysäköintipaikkatarpeeseen ja näin ollen pysäköintipaikkamääriin (Taulukko 1). Joillakin keinoilla voi olla vaikutusta myös kulkutavan valintaan ja liikennemääriin jos esimerkiksi osa autoilijoista siirtyy joukkoliikenteen käyttäjiksi. Tehokkaimmat keinot, kuten vuorottaispysäköinnin käyttöönotto, enimmäisnormit, pysäköinnin maksullisuus sekä pysäköintirajoitukset, voivat parhaimmillaan vähentää tarvittavaa pysäköintipaikkamäärää jopa 30 %. Yhdistelemällä näitä hallinnan keinoja voidaan saavuttaa suurempiakin vähennyksiä. (Kalenoja 2013, 21)

3 AUTOPAIKOITUKSEN SUUNNITELMAT

3.1 Suunnitelmien työstäminen

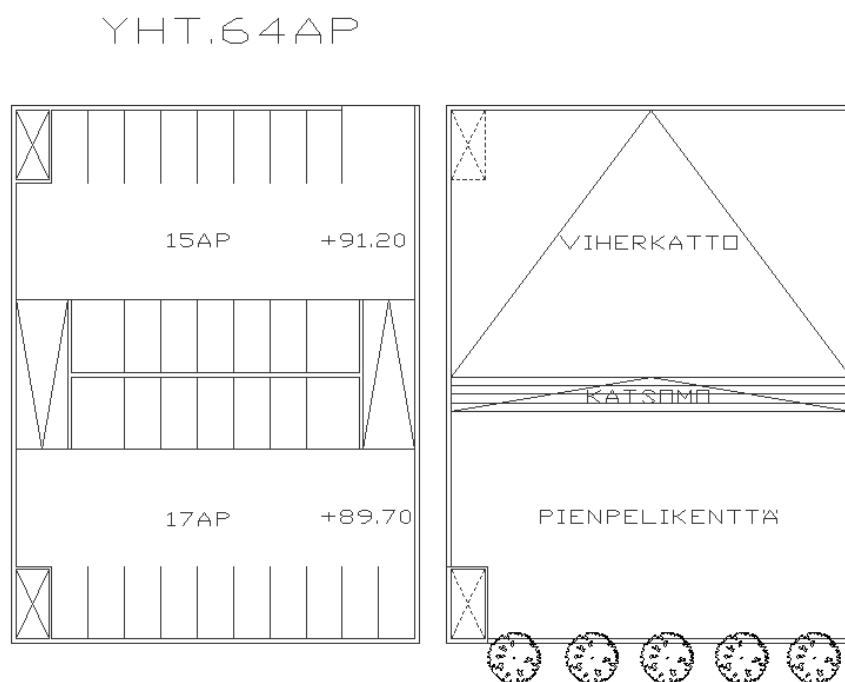
Tässä opinnäytetyössä rakennus- ja rakennesuunnitelmat viedään niin pitkälle, että kustannuslaskenta on mahdollinen. Osittain maan alle suunnitellun pysäköintirakennuksen on tarkoitus paikata täydennysrakentamisen vievää autopaikkatarvetta. Opinnäytetyöhön on saatu Savonia-ammattikorkeakoulun yliopettajalta, arkkitehti Janne Revolta luonnospiirustukset, jonka pohjalta on tehty 3D-malli Revit Architecture -ohjelmalla. Revit-mallista saadaan tarvittavat pinta-ala- ja tilavuustiedot kustannuslaskentaa varten. Revit-mallin pohjalta tuotetaan renderöity kuva paikoitusratkaisusta. Revit-malli viedään Tekla structures -ohjelmistoon ifc-tiedostomuodon avulla rakenteiden suunnittelua varten.

Koska tietomallia voi tuottaa eri suunnitteluohjelmilla, tarvitaan eri ohjelmien väliseen tiedonsiirtoon yhteinen siirtomuoto objektien älykkääseen tiedonsiirtoon. Talonrakennuksessa tähän on kehitetty IFC-formaatti, joka sisältää tiedon rakennusosien muodoista ja ominaisuuksista.

Tässä kohteessa suunnittelun haasteena on savunpoisto ja ilmanvaihto. Se tulisi toteuttaa siten, että ylimääräisiltä savunpoistoon tarkoitetuilta laitehankinnoilta vältyttäisiin. Osittain maan alla oleva rakennus asettaa rajoituksia ilmanvaihdolle, korvausilmalle ja turvalliselle poistumiselle palon aikana. Savunpoiston periaatetta käsitellään tarkemmin myös tässä opinnäytetyössä.

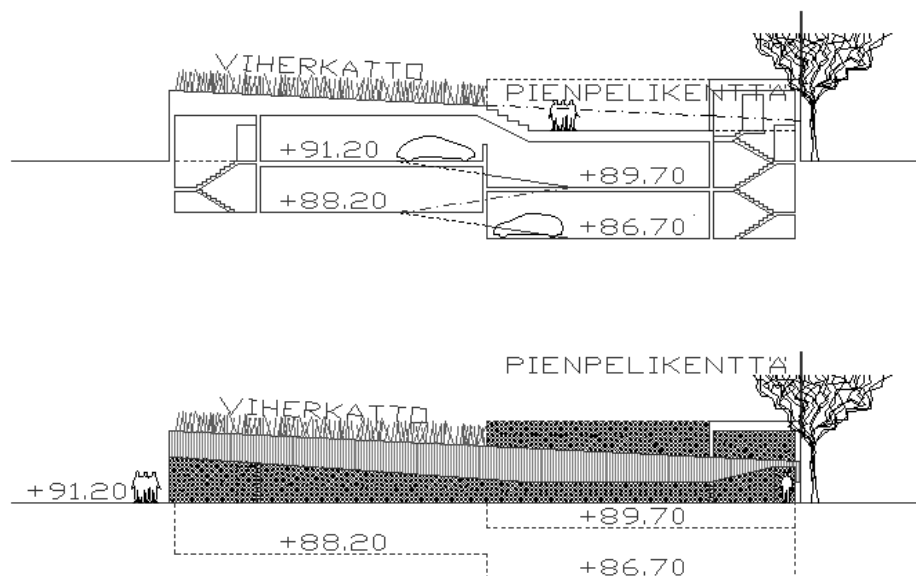
3.2 Luonnossuunnitelmat

Autopaikotusluonnokseen sisältyy pohjakuva ja vesikattokuva (kuva 5). Vesikatolle on suunniteltu pienpelikenttä ja viherkatto. Pohjakuvasta näkyy ylimmän autopaikotustason korkeus ja autopaikkojen jakautuminen eri tasoille.

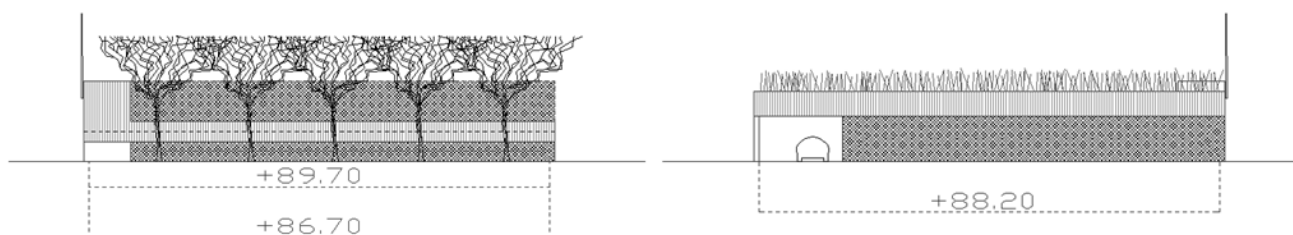


Kuva 5 Sisääntulo- ja pihakannen pohjaluonnos

Sisääntulotason pohjaluonnoksesta (Kuva 5) ilmenee, että paikoitusrakennus koostuu puolikerroksista tasoista. Ylin taso on maanpinnan tasossa, josta ajetaan sisään paikoitushalliin. Ylimmällä tasolla on 15 autopaikkaa. Alemmalle tasolle laskeudutaan luiskaa pitkin noin 1,5 metriä alaspäin. Alemmasta tasossa yli puolet on maan alla, joten tätä käsitellään kellarina. Tällä on vaikutusta palo-osastointiin. Autopaikotusrakennuksessa kellaritilat vaikuttavat tuuletus- ja savunpoistovaatimuksiin. Alemmassa tasossa on varattu tilaa 17 autopaikalle. Yksittäinen autopaikka on 2,5 metriä leveä ja 5 metriä pitkä. Kääntymisalue autopaikoilla on 7 metriä.



Kuva 6 ja Kuva 7 Koko rakennuksen leikkaus ja julkisivuluonnos länteen



Kuva 8 Julkisivuluonnos etelään ja pohjoiseen

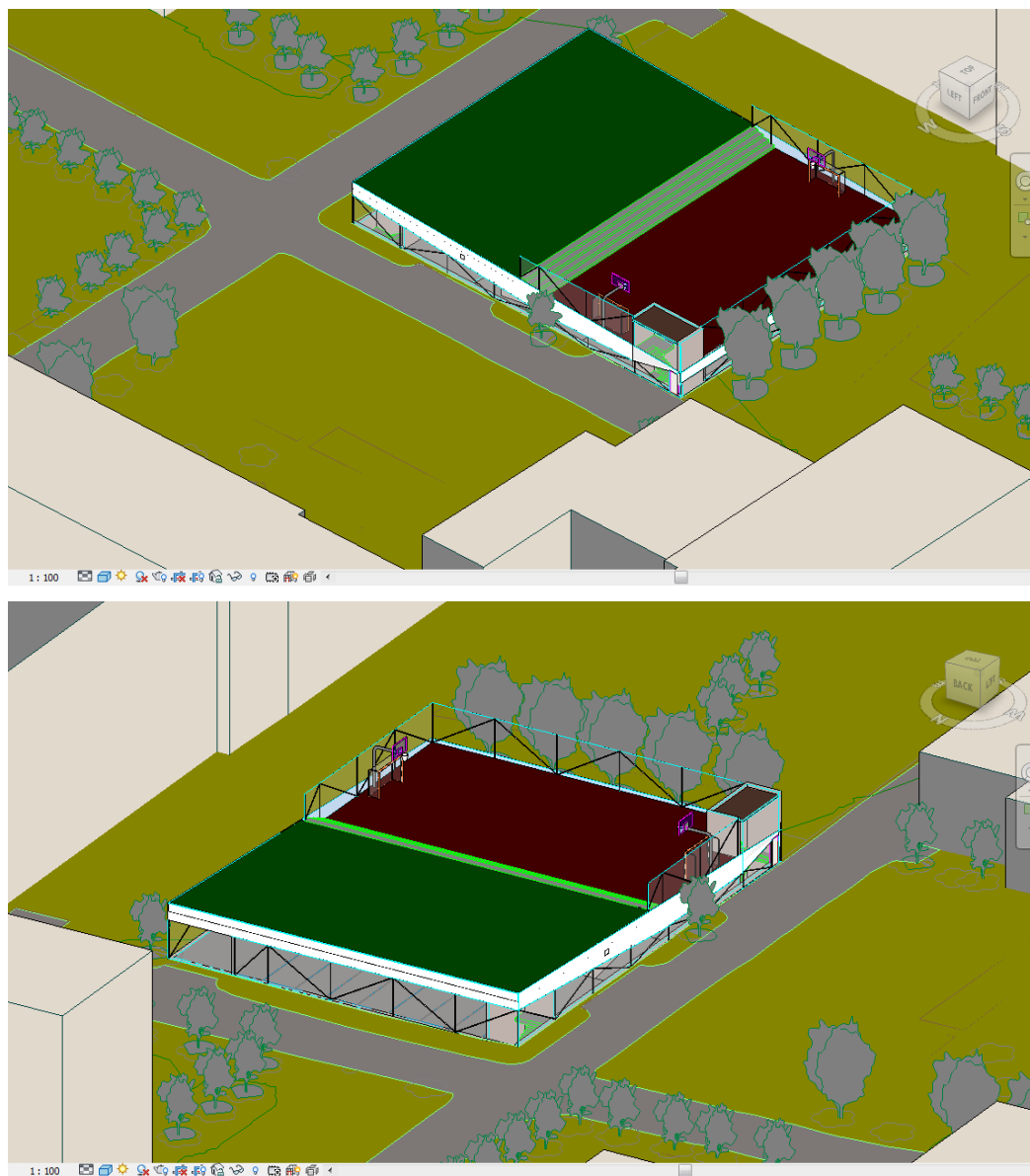
Rakennus leikkautuu neljässä eri tasossa maan alle yhteensä noin 3 metriä. Leikkauskuvasta (kuva 6) nähdään, miten rakennus leikkautuu maastoon. Toisaalta nähdään myös miten autopaikoitustasot laskeutuvat puolikerroksittain. Kuvasta 7 nähdään rakennuksen molemmilla sivuilla olevat porraskäytävät poistumista varten. Julkisivuissa käytetään ilmaa läpäisevää panssariverkkoseinää. Tämä tekee ylimmistä tiloista teknisesti avoimen, mikä vaikuttaa rakennuksen ilmanvaihtoon ja savunpoistoon. Rakennuksen "otsalautana" käytetään pystylaudoitusta, joka kiertää koko rakennuksen ympäri. Tämä toimii julkisivuissa visuaalisena tehosteena. Rakennuksen kansi, eli kattotilaan on suunniteltu toiselle puoliskolle pienpelikenttä ja toiselle kalteva viherkatto.

3.3 Mallikuvat

Luonnoksen pohjalta on tehty 3D-malli Revit Architecture-ohjelmalla, mallista on tehty visuaaliset kuvat. Visualisoinneista nähdään paremmin, miten rakennus sijoittuu suunniteltuun paikkaansa. 3D-malli on siirretty Tekla Structures - ohjelmaan, jotta rungon suunnittelu olisi helpompaa ja saadaan tarvittavat tiedot kustannuslaskentaa varten.

3.3.1 Revit Architecture – malli

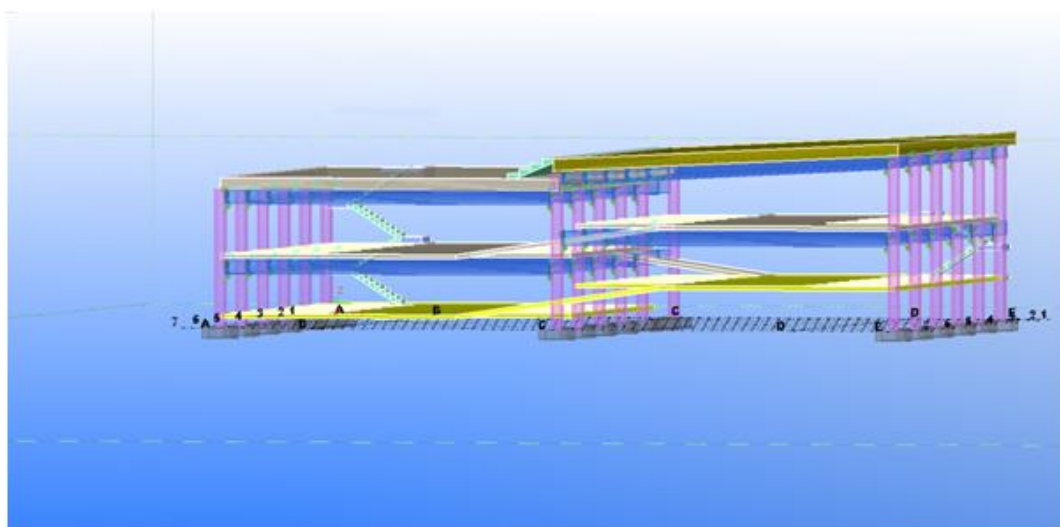
Revit-malli havainnollistaa hyvin luonnoksen pohjalta tehtyjä suunnitelmia. Mallista näkee hyvin, miten autopaikoitus asettuu ympärillä olevien rakennusten massaan (kuva 9 ja 10). Ympäröivät kerrostalot on massoiteltu Revit Architecture – ohjelman massoittelutyökalulla. Rakennusten muodot saatiin pohjakartasta, jonka laitoin malliin viitekuvaksi.



Kuva 9 ja Kuva 10 Revit Architecture - ohjelmalla mallinnettu paikoitustila (Junes 23-4-2014)

3.3.2 Tekla Structures – malli

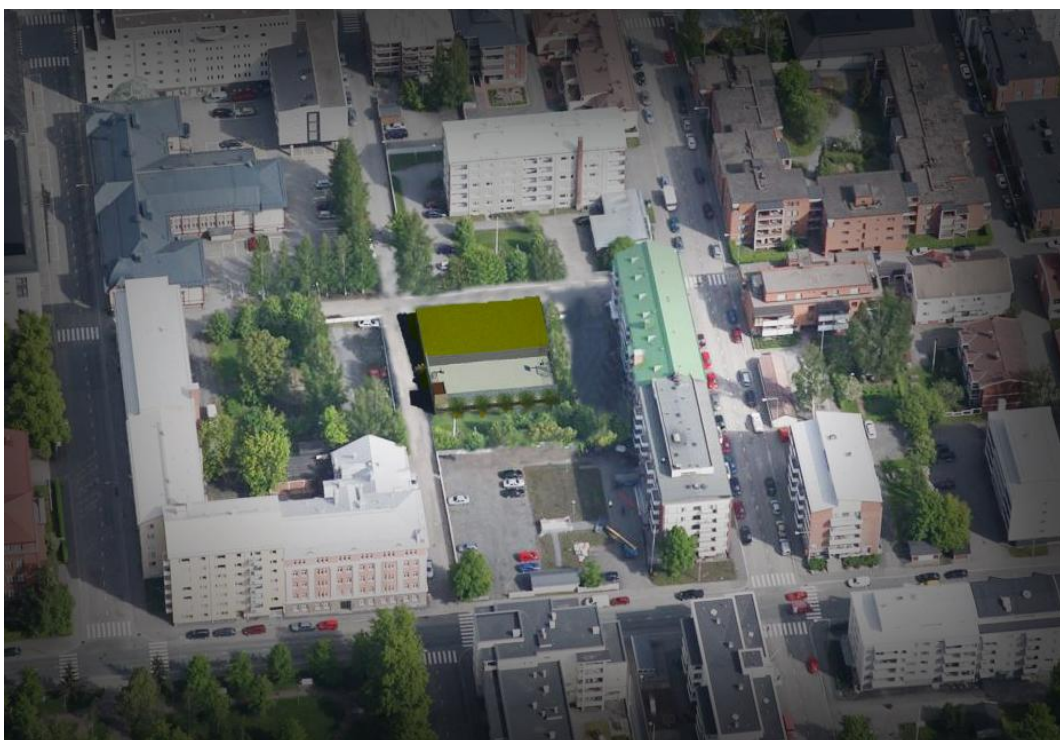
Rakenteet mallinnettiin Tekla Structures ohjelmalla (kuva 11). Revit-malli tallennettiin ifc-tiedostomuotoon, joka siirtää geometriatiedot toisessa ohjelmassa ymmärrettävään muotoon. Rakenteiden mallinnus onnistui Teklassa jouhevasti ja selkeästi. Revit-mallista suljettiin tasoja niin, että välipohjat ja katto jäivät näkyviin. Tämän jälkeen mallinnus oli helppoa ja rakenteet saatiin mallinnettua oikean mittaisina.



Kuva 11 Rakennuksen runko mallinnettuna Tekla Structures – ohjelmalla (Junes 23-4-2014)

3.3.3 Visualisoidut kuvat

Revit-malli renderöitiin sen omalla työkalulla. Tämän jälkeen renderöityä kuvaa käsiteltiin Adobe Photoshop CS6 – ohjelmalla ja liitettiin viistoilmakuvaan. Kuvasta 12 saadaan hyvä käsitys, miltä rakennus näyttää omalla paikallaan, maastoon sijoitettuna.



Kuva 12 Viistoilmakuva paikoitustilasta (Junes 15-4-2014)

Kuvassa 13 havainnollistetaan, miltä rakennus näyttää katutasosta katsottuna. Rakennuksen suunnittelussa on huomioitu, ettei rakennus olisi liian massiivinen. Kuva on myös renderöity Revit Architecture ohjelmalla.



Kuva 13 Rännikatunäkymä paikoitustilasta (Junes 15-4-2014)

Kuvassa 14 näkyy viherkattoa sekä pienpelikenttää. Portaat on tarkoitettu istumista seuraamista varten. Kuvasta ilmenee miltä rakennus tulisi näyttämään käytössä. Kuvaa on muokattu ja visualisoitu.



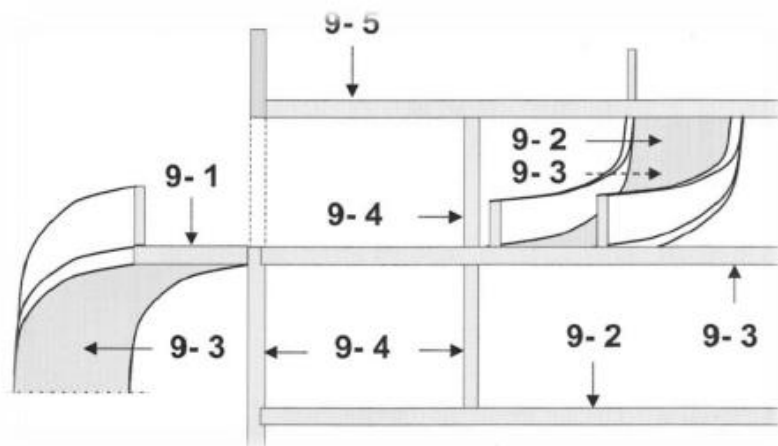
Kuva 14 Havainnekuva paikoitustilan urheilukentästä (Junes 15-4-2014)

3.4 Rakenteiden suunnittelu

Pysäköintilaitosten betonirakenteet joutuvat erittäin kovan ilmastollisen ja mekaanisen rasituksen alaiseksi. Edelleen autojen mukana kulkeutuvat erilaiset suolat ja kemikaalit lisäävät rakenteen vaurioitumisriskiä.

Tässä opinnäytetyössä puurakenteinen runko käy ylimmän kerroksen runkoratkaisuksi, mutta se asettaa ehtoja paloteknisessä tarkastelussa. Tällöin rakennukseen olisi asennettava sprinklerijärjestelmä ja kellaritilaan on oltava erillinen palo-ovi, tai erillinen sisäänkäynti, koska kellari ja maan tasossa oleva kerros kuuluvat eriin palo-osastoon. Puurakenteisen rungon käsittely sivuutetaan tässä opinnäytetyössä.

Maan alle rakennetuissa paikoitusrakenteissa runkomateriaaliksi valikoituu teräsbetonirakenne tämän kosteus-, lujuus-, jäykkyys-, ja palonkestävyysominaisuuksien takia. Pysäköintitalojen vesitiiviys saavutetaan betonirakenteilla ilman erillistä vedeneristystä. Kuitenkin betonirakenteille on olemassa käyttöikä- ja laatuvaatimuksia. Betonin on oltava oikean laatuista, jotta rakennuksen 50 vuoden käyttöikä saavutetaan. Kuvassa 6 näkyy rakennuksen osa ja taulukosta 2 nähdään sille tuleva rasitusluokkayhdistelmä, jota tarvitaan käyttöiän laskemiseen. Taulukosta 3 saadaan suositusarvoja eri rakennusosille.



Kuva 6 Pysäköintitalon rakennetyyppi, kylmä, vähän liikennettä (by 51, 64)

Taulukko 2 Rakenneosat ja rasitusluokkayhdistelmät (by 51, 64)

Rakenne-osa	Rasitusluokkayhdistelmä	Selite
9-1a	XC3,4; XD2; XF2	Sisäänajoramppi ja -taso 15 m. sisääntulosta, ei suojausta. Pysäköintitason ja ajorampin yläpinta, joita suolataan, ei suojausta.
9-1b	XC3; XF1	Sisäänajorampin suojattu pinta.
9-2	XC3,4; XD1,XF1	Pysäköintitason ja ajorampin yläpinta, joka ei kuulu luokkaan 9-1a.
9-3	XC3, XF1	Pysäköintitason ja ajorampin alapinta.
9-4a	XC3; XD1,XF1	Suojaamaton pystypinta 15 m. sisääntulosta.
9-4b	XC2; XF1	Suojattu pystypinta (vähintään 0,5 m. korkeudelle) 15 m. sisääntulosta, muu pystypinta.
9-5a	XC4; XD3; XF4	Ylin, sateelle altis taso rampeineen, joita suolataan.
9-6b	XC4; XD1; XF3	Ylin, sateelle altis taso rampeineen, joita ei suolata.

Pysäköintilaitoksen rakenteiden suunniteltu käyttöikä on yleensä 50 vuotta. Rasitusluokat valitaan Betonirakenteiden käyttöikäsuunnitteluohjeen by51mukaan (taulukot 6.7... 6.10). Valittava taulukko riippuu, mikä on kohteen rakennetyyppi. Eri rakennetyypeissä on lajiteltu rakenneosille rasitusluokakayhdistelmät. Rasitusluokat vaikuttavat käytettävät betonin laatuun ja lujuusluokkaan. Suunnittelun lähtökohta on useimmiten se, että liukauden torjuntaan ei käytetä suolaa.

Taulukko 3 Rakenneosien suositukset (by51, 65)

Rakenneosa (taulukkomittauksen vähimmäisvaatimukset, ks. liite 3) Rasitusluokakayhdistelmä	Suunnittelukäyttöikä	Raudoitustyyppi	Paikallavalurakenne			Elementtirakenne		
			Lujuusluokka Rakenneluokka	Betonipeitteen nimellisarvo [mm] (Sallittu mittapoikkeama on 10 mm)	Vesi-sementtisuhte	Lujuusluokka Rakenneluokka	Betonipeitteen nimellisarvo [mm] (Sallittu mittapoikkeama on 10 mm)	Vesi-sementtisuhte
9-1a (20) ¹⁾ XC3,4; XD2; XF2	50 v	br jr	K40-2 K40-1	45 45	0,55 0,55	K40-1 —	45 —	0,55 —
9-1b; ¹⁾ 9-3 (6) XC3; XF1	50 v	br jr	K35-2 K40-1	35 35	—	K35-1 —	35 —	—
9-2 (17) ¹⁾ XC3,4; XD1; XF1	50 v	br jr	K40-2 K40-1	40 40	0,55 0,55	K40-1 —	40 —	0,55 —
9-4a (16) XC3; XD1; XF1	50 v	br jr	K40-2 —	40 —	0,55 —	K50-1 —	30 —	0,45 —
9-4b (5) XC2; XF1	50 v	br jr	K35-2 —	30 —	—	K40-1 K60-1	30 25	—
9-5a (26) XC4; XD3; XF4	50 v	br jr	K45-1 —	50 —	0,45	K45-1 —	50 —	0,45
9-5b (19) XC4; XD1; XF3	50 v	br jr	K40-2 —	35 —	0,55 —	K40-1 —	35 —	0,55 —

Tasojen pintabetonin laatuvaatimus on tavanomaisissa tapauksissa C-3-40. Siinä C tarkoittaa valmiin pinnan tasaisuusvaatimusta, 3 tarkoittaa kulutuskestävyyttä ja 40 betonin lujuusluokkaa. Kulutuskestävyyssluokka 2 on saavutettavissa vain erillisillä pintasiroteilla. Pinnan hierto jätetään yleensä hieman karkeaksi, jotta pinta ei olisi talvella liukas. Kylmissä pysäköintilaitoksissa ei yleensä käytetä erillistä pölynsidontakäsittelyä.

3.5 Runkojärjestelmän valinta

Rakennejärjestelmän vaihtoehtona on joko paikallavalettu rakenne tai valmisosaelementeistä suunniteltu rakenne. Eroja näiden välillä tulee sekä rakentamisen nopeudessa että kustannuksissa. Toisaalta rakennuskustannuksia tulee tarkastella projektikohtaisesti, jotta optimaaliseen vaihtoehtoon päästään.

Paikallavaletuissa rakenteissa yleisimmin käytettävä pystyrakenne on pilarirakenne ja vaakarakenteena taas käytetään tavallisesti jälkijännitettyä tasavahvaa laattaa. Paikallavalettuna runko on jäykä stabiilisti, eikä sitä tarvitse työaikana tukea. Jälkijännitteisillä rakenteilla päästään sekä pitkiin että hoikkiin jänneväleihin. Toisaalta paikallavalurakenne on myös tiivis, eikä siinä ole saumakohtia. Paikallavalurakenteissa muottityö on keskeinen asia ja vaatii työmaalta taitoa suunnitella työvaiheet, jotta työ sujuu turvallisesti ja tulee oikein tehdyksi. Muottityö on tavallisesti hidasta ja vaatii apuvälineitä. Toisaalta muottikaluston hankinta lisää myös kuluja ja muottien huolto onkin työmaalla tärkeää, jotta muottimateriaalin pinta pysyy laadukkaana. Paikalla valettavat rakenteet ovat alttiina säiden ja vuodenaikojen vaihtelulle tuoden kustannuksia rakenteiden lämmitykseen ja niiden suojaukseen.

Elementtirakentamisen tärkeimpiä hyötyjä ovat nopea toimitus ja rakennusaika. Elementtejä voidaan alkaa valmistaa ennen kun rakennustyöt ovat työmaalla edes alkaneet. Työvaiheita on myös vähemmän ja rakenteita päästään kuormittamaan heti asentamisen jälkeen. Rakenteet ovat toisaalta tasalaatuisia ja toisaalta kosteusteknisesti toimivia. Hyvä laatu vaikuttaa myös rakenteen käyttöikänsä. Pysäköintilaitosten yleisin rakennejärjestelmä on pilari- palkkirunko, jossa pilari sijoitetaan autopaikkojen päihin. Pilariväli paikkojen pituussuunnassa on noin 17 metriä ja leveysuunnassa noin 5,0...7,5 metriä riippuen laattarakenteesta. Rakennuksen runko jäykistetään yleensä perustuksiin ulokkeena tukeutuvilla betoniseinillä, betonipilareilla tai betonipilareiden väliin rakennettavilla ristikoilla.(elementtisuunnittelu)

Elementtirakentamisen haasteena on nostotyö, toimiva työmaalogistiikka ja työturvallisuus. Elementtien on tultava juuri ajallaan, että turhalta odottamiselta vältytään ja rakentaminen sujuu jouhevasti. Elementtien nostoon liittyy nostettavan kappaleen putoamisvaara ja työskentelyssä on jatkuva putoamisvaara. Näihin asioihin joudutaan kiinnittämään jatkuvaa huomiota työmaalla.

Koska rakennettava kohde sijaitsee jo rakennetulla alueella, runkovalinnassa erityistä huomiota on kiinnitettävä rakennusaikaan ja toteutettavuuteen. Elementtirakentamisesta saatava hyöty rungon pystytysnopeudessa on tässä kohteessa ensiarvoinen ja se valikoitui tässä työssä pääasialliseksi rakennejärjestelmäksi. On kuitenkin huomioitava suunnittelussa, etteivät nostettavat kappaleet aiheuta pituuden ja painon vuoksi liiallisia vaikeuksia työmaalla.

3.5.1 Jännitetyt rakenteet

Jännitetyt rakenteet sisältävät erityisominaisuuksia, joita muilta betonirakenteilta puuttuu. Jännitetty rakenne saadaan yleensä pysymään halkeilemattomana. Rakenteessa on jännitystila ja oikein suunnitellussa rakenteessa ulkoisten kuormien vaikutus ei riitä muuttamaan tätä tilaa. Jännitettyillä rakenteilla siis säästetään materiaalikustannuksia, koska rakenteen ei tarvitse olla niin massiivinen. Jännitetty rakenne myös säilyy paremmin, koska rakenteen halkeilua pyritään estämään ja harjateräksiset ja punokset ovat paremmin suojassa korroosiolta. Jännitysmenetelmät jaetaan esijännittämiseen ja jälkijännittämiseen sen perusteella, missä vaiheessa ja miten jännitysvoima tuotetaan rakenteeseen, tai elementtiin. (Leskelä 2008, 623)

Esijännittäminen

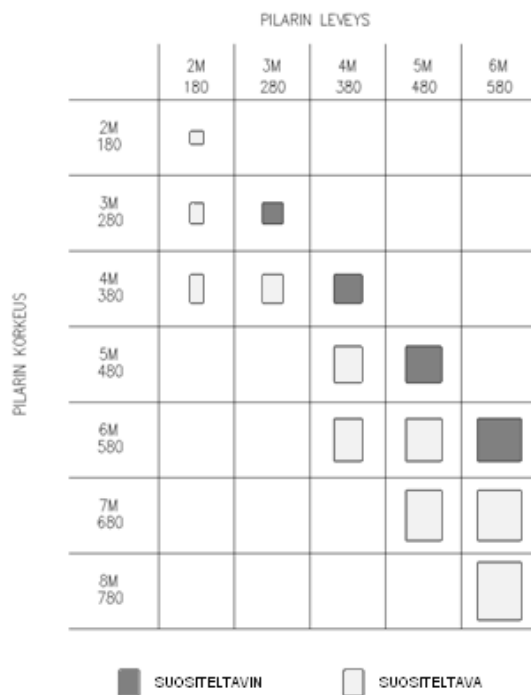
Esijännittämistä käytetään elementtien valmistuksessa. Menetelmässä jännepunokset tai langat vedetään ennalta määriteltyyn venymään ja kiinnitetään jännityspurkkiin, tai muottiin. Betoni valetaan jännitettyjen terästen ympärille ja jännitysvoima vapautetaan tarpeeksi kovettuneeseen betoniin. Betonin tartunta estää teräksen vapaan lyhenemisen ja betoniin syntyy alkujännitystila. Nimitys ”esijännittäminen” tarkoittaa, että teräkset jännitetään ennen betonin kovettumista.(Leskelä 2008, 623)

Jälkijännittäminen

Paikallavaletut pysäköintirakennukset tehdään hyvin usein jänneteräksin ja jännittämällä. Jälkijännittämisen avulla päästään pitkiin jänneväleihin ja hoikkiin rakenteisiin. Menetelmä on tehokkain suurissa rakenteissa, joita ei voida kuljettaa helposti pitkiä matkoja suuren kokonsa ja painonsa vuoksi. Menetelmässä jänteet jännitetään ja ankkuroidaan valmiina olevaan betonirakenteeseen kun se on kovettunut riittävästi. Jänteiden ympärillä käytetään tiivistä metalliputkea, niin etteivät jänteet tarttuisi betoniin. Näin ne pääsevät vapaasti liikkumaan jännittämisen aikana. (Leskelä 2008, 623)

3.5.2 Pilarit

Betonelementtipilareiden poikkileikkauksia ovat neliön, suorakaiteen ja pyöreän muotoiset pilarit. Pilareiden mittoja valittaessa tulisi kiinnittää huomiota arkkitehtonisiin, toiminnallisiin ja taloudellisiin vaatimuksiin. Kuvassa 15 näkyy suositeltavia poikkileikkauksia betonipilareille. Betoni ja symmetrisesti sijoitettu rauditus ottavat yhdessä vastaan puristusjännitykset. Pilari voidaan rakentaa myös raudoittamattomana, mutta poikkileikkaus kasvaisi merkittävästi.



Kuva 15 Suositeltavat suorakaiteen muotoisten pilareiden pilaripoikkileikkaukset (elementtisuunnittelu, runkorakenteet, pilareiden mittasuositus)

Palkkia tukevan pilarin leveydeksi suositellaan samaa kuin palkilla. Samassa kohteessa pyritään käyttämään samankokoisia poikkileikkauksia. Kantokykyä säädelään betonin vahvuudella ja raudituksen avulla. Taulukossa 4 ja taulukossa 5 näkyy, että suomessa yleisimmät runkorakenteiden lujuusluokat ovat C40, C40, C50 ja C60. (Vanhat lujuudet K40, K50, K60 ja K80). Välilujuusluokkia pyritään välttämään, koska laadunvalvontakustannukset kasvavat. (by 201, 447)

Taulukko 4 Betoniteollisuuden suosittelemat betonilujuudet pilareille (elementtisuunnittelu, runkorakenteet, betonilujuudet)

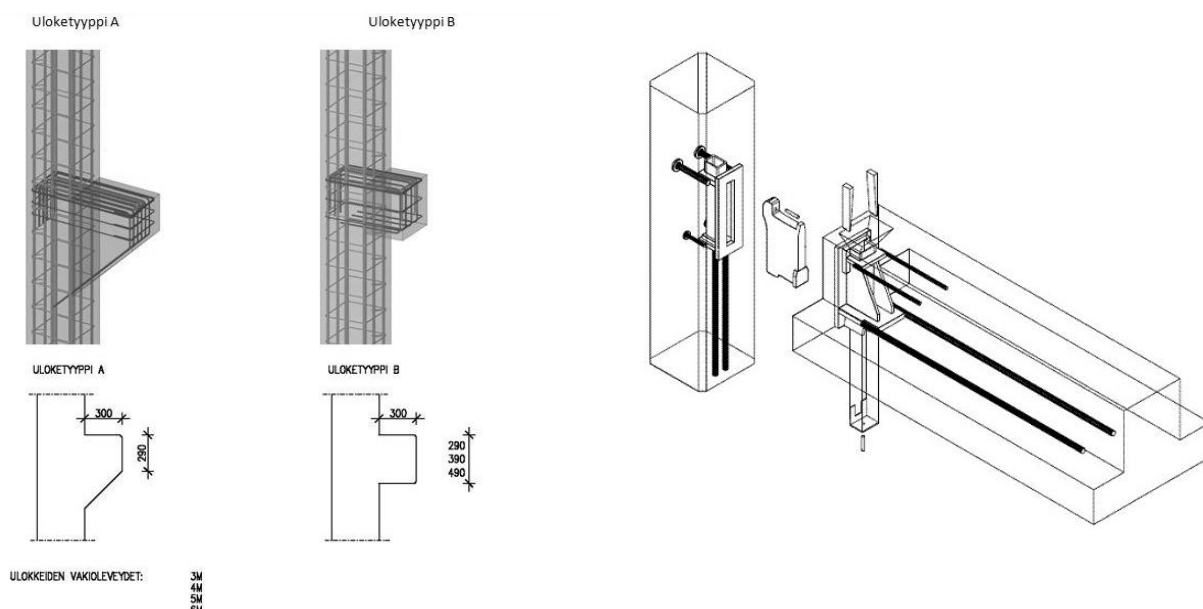
Elementtityyppi	Uusi lujuus (C-lujuus) MPa	Vanha lujuus (K-lujuus) MPa
TB-pilari	C30, C40, C50, C60	K40, K50, K60, K80
Jännitetty pilari	C40, C50	K50, K60

Pysäköintilaitoksissa, joissa on pilari-palkkirunko, pilarit sijoitetaan autopaikkojen päihin, siten että pilariväli paikkojen pituussuunnassa on noin 17 metriä ja paikkojen leveyssuunnassa noin 5,0...7,5 metriä. Tällöin pilareiden välille mahtuu 2...3 autopaikkaa ja kaksisuuntainen ajoväylä.

Suorakaiteen muotoisien pilareiden maksimipituus monikerrospilareissa on noin 15 metriä, eli 2...4 kerrosta. Pidempiäkin on mahdollista käyttää. Pyöreät pilarit suositellaan tehtäväksi kerroksen korkeuksina. Suurimmat tehtaalla valmistettavat pituudet, jotka voidaan työmaalla pystyttää yhtenä osana, ovat 20...24 m. (elementtisuunnittelu)

Pilareissa käytetään ulokkeita kannattamaan palkkeja. Elementtipilareiden valmistuksen kannalta suositaan teräksisiä, piiloon jääviä ulokkeita. Tällöin muottipintaa ei tarvitse rikkoa ja valmistuksessa voidaan käyttää teräsmuottikalustoa.

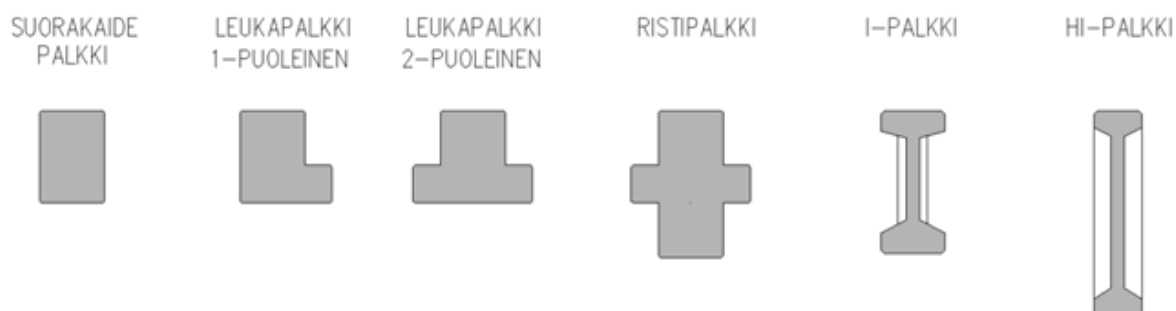
Betonisista pilariulokkeista (kuva 16) uloketyyppi A soveltuu näkyviin jääviin ulokkeisiin ja se on taloudellisin ulokevaihtoehto. Uloketyyppi B soveltuu käytettäväksi päistään lovetujen palkkien kanssa kohteissa, jossa ei haluta, että uloke jää näkyviin. Huomioitavaa on, että matalien jännebetonipalkkien yhteydessä ei voida käyttää upotettavaa betoniuloketta, koska vaadittavat ulokkeiden mitat eivät mahdollista palkkien loveamista. Tässä opinnäytetyössä tutkittava pysäköintirakennuksen rakenteena käytetään jännitettyä betonipalkkeja suuren jännevälin takia.



Kuva 16 Betonisen pilariulokkeen ja teräksisen piiloulokkeen (anstar) perustyyppit (elementtisuunnittelu)

3.5.3 Palkit

Elementtirakenteisessa pysäköintilaitoksessa vaakarunko koostuu palkeista ja palkkeihin tukeutuvista laatoista. Elementtipalkit voivat olla tavallisia teräsbetonipalkkeja tai jännitettyjä jännebetonipalkkeja. Paikoitustiloissa palkit ovat lähes poikkeuksetta esijännitetyjä elementtejä. Palkkien perustyyppinä ovat suorakaidepalkki, leukapalkki, ristipalkki ja HI ja I palkki.



Kuva 17 Palkkien perustyyppit (elementtisuunnittelu)

Palkkityyppivalintaa ja mittasuositukseen vaikuttavat muodon lisäksi jänneväli, kuormitukset ja käytötarkoitus. Suorakaide-, leuka- ja ristipalkkeja käytetään yleisimmin ala- ja välipohjissa. I-palkkeja käytetään yleensä kattokannattajina.(elementtisuunnittelu)

Taulukko 5 Betoniteollisuuden suosittelemat betonilujuudet palkeille (elementtisuunnittelu, runkorakenteet, betonilujuudet)

TB-palkki	C30, C40, C50	K40, K50, K60
Jännebetonipalkki (I-, HI-, suorakaide-, leuka-)	C40, C50, C60	K50, K60, K80

Palkkien mittoja valittaessa ja suunnittelussa huomioidaan se, että pystyttäisiin käyttämään mahdollisimman paljon samoja poikkileikkauksia. Suorakaidepalkki on edullisin ratkaisu kohtuullisilla jänneväleillä. Jos laataston alle tarvitaan tilaa, käytetään suorakaidepalkin sijasta leukapalkkia. Leukapalkin korkeus riippuu jännevälistä ja kuormituksesta. Leukapalkin korkeus vaikuttaa myös laataston paksuuteen. Pidemmällä jänneväleillä leukapalkki ei välttämättä ole edullisin vaihtoehto, kun välipohjaa joudutaan paksuntamaan tarpeettomasti, jolloin taloudellisuus kärsii. Ristipalkin käyttö on perusteltua jos palkin korkeus on yli 1000mm, tai palkkien jännevälit ovat pitkiä ja valmistussarka on pitkä. Nämä tilanteet ovat kuitenkin poikkeuksellisia.(elementtisuunnittelu)

	PALKIN LEVEYS				
	2M 180	3M 280	4M 380	5M 480	
PALKIN KOKKUS	3M 280				
	4M 380				
	5M 480				
	6M 580				
	7M 680				
	8M 780				
	9M 880				
	10M 980				

SUOSITELTAVIN
 SUOSITELTAVA

Kuva 18 Suorakaidepalkkien peruskoot(elementtisuunnittelu)

Teräsbetonisten palkkien käyttö on perustuteltua, kun kuormitus ja jänneväli ovat teräsbetonipalkin kuormitusalueella. Jos rakennekorkeus on sopiva, ensisijaisesti suositellaan suorakaidepalkkia.

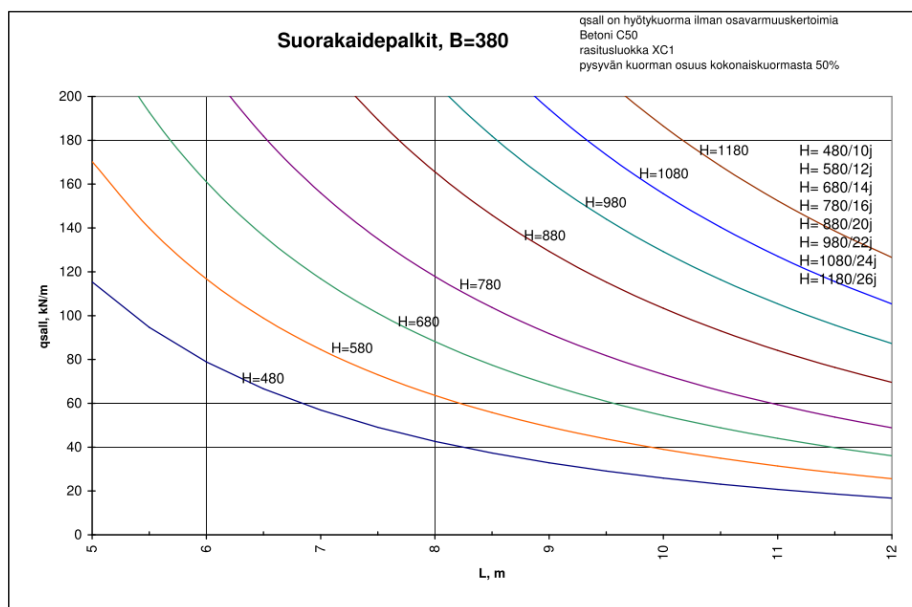
Jännebetonisten palkkien käyttö on perusteltua kun haetaan taloudellista ratkaisua, jolloin voidaan esimerkiksi suunnitella rakenne ilman välipilareita. Paikoitusrakennuksissa tämä on perusteltua rakennuksen toimivuuden ja käytön kannalta.

Kuvasta 19 nähdään, että pitkällä jänneväleillä jännitetyt palkit ovat voimakkaasti kaarevia. Kaarevuuden mittapoikkeama voi olla jopa 100mm palkin jännevälin puolessa välissä. Kaarevuus lisää palkin kuormituskapasiteettia ja vähentää välipilareiden tarvetta. Kaarevuus häviää kun palkkia kuormitetaan.

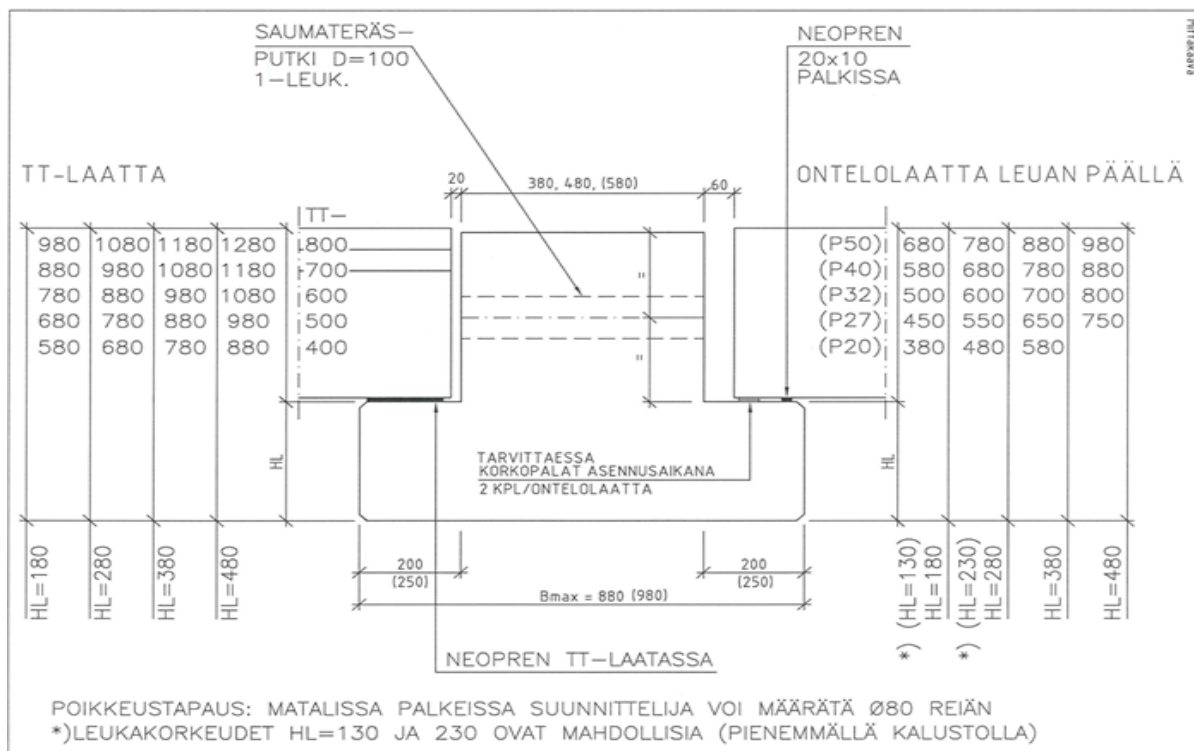


Kuva 19 Pitkän jännevälin jännitetty palkki elementtirakennuskohteessa(Ojala 2007, 19)

Lyhyemmän jännevälin jännitetyn suorakaidepalkin alustava mitoitus onnistuu vakioitujen palkkien kantokykykäyrästä. Leukapalkkien mitoituksessa käytetään myös suorakaidepalkkien kantokykykäyrästä. Pitkille jänneväleille ei löydy kantokykykäyrästä alustavaa mitoitusta varten.



Kuva 20 Esimerkki jännitetyn suorakaidepalkin kantokykykäyrästä (elementtisuunnittelu, kantokykykäyrät)



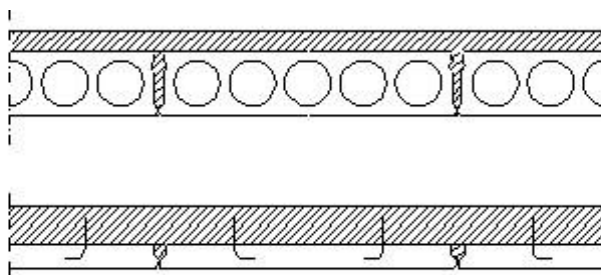
Kuva 21 Leukapalkin mittasuositus (Elementtisuunnittelu)

Leukapalkin päämitat suositellaan valittavaksi kuten suorakaidepalkilla. Palkin suositusleveys on ensisijaisesti 4M=380mm. Pilarin leveytenä käytetään samaa kuin palkin leveys.

3.5.4 Välipohja ja liittolaattarakenteet

Autopaikoituksen välipohjarakenne rakennettuna valmiselementeistä koostuu joko ontelolaatasta, tai kuorilaatasta, jonka päälle valetaan pintavalu. Tätä kokonaisuutta kutsutaan liittorakenteeksi. Tämä ratkaisu mahdollistaa eri materiaalien käytön niissä rakenteen osissa, joissa sen ominaisuuksia voidaan hyödyntää taloudellisimmin ja tehokkaimmin. Liittolaatta soveltuu tapauksiin, joissa hyötykuorma on suuri tai laatasta rasittavat pyöräkuormat. Liittolaatta lisää laataston pistekuorman kestävyttä, ja parantaa pistekuorman jakautumista silloin, kun pintabetoni on raudoitettu.

Pintavalun ja laatan paksuus määräytyy palkin korkeuden, kuormituksen ja laatan paksuuden mukaan. Palkin korkeus taas määräytyy kuorman, kuormitusalueen (pilarivälin) ja palkkien jännevälin mukaan. Liittorakenteen käyttökohteita ovat asuinrakennusten välipohjat, toimisto- ja liikerakennusten välipohjarakenteet ja pysäköintitalot. Liittolaattatyyppejä betonielementtilaatan (kuorilaatta ja ontelolaatta) ja sen päälle valettavan paikallavalun kokonaisuus (kuva 22).

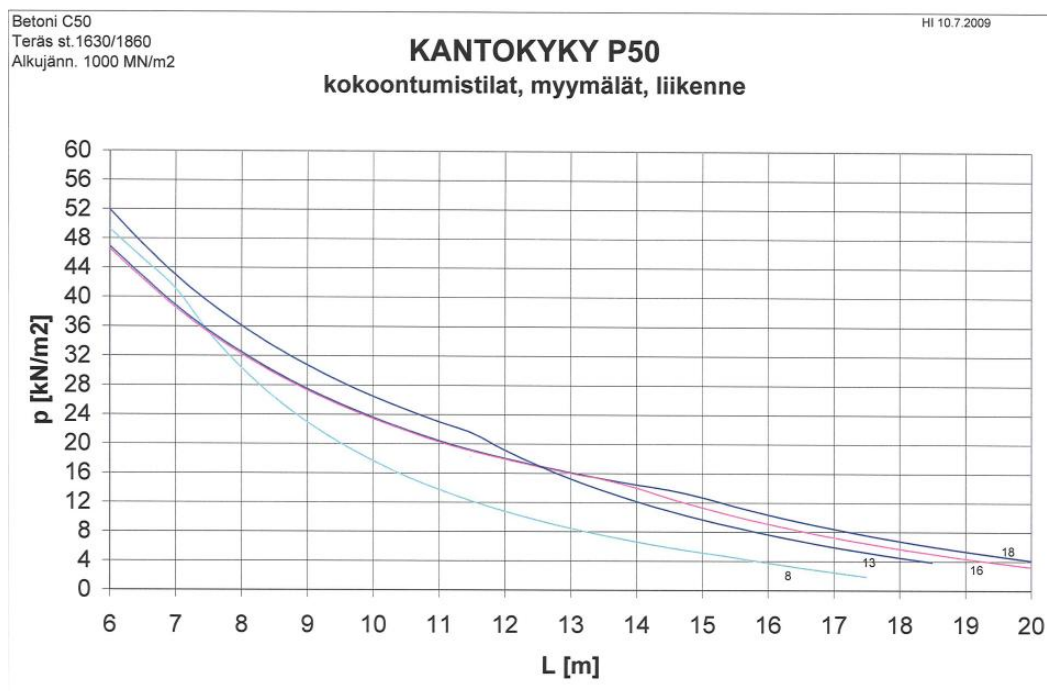


Kuva 22 Liittolaattatyyppejä: Ontelolaatta + pintabetoni, Kuorilaatta + paikallavalu (elementtisuunnittelu)

Ontelolaatta

Onteloliittolaattarakenne muodostuu ontelolaatasta ja sen päälle paikalla valetusta pintabetonista. Pintabetoni toimii rakenteessa osana puristuspintaa ja lisää laataston jäykkyyttä ja kuormituskestävyyttä. Onteloliittolaatta on edullisimmillaan kohteissa, joihin pintabetoni tulee joka tapauksessa jostain muusta syystä.

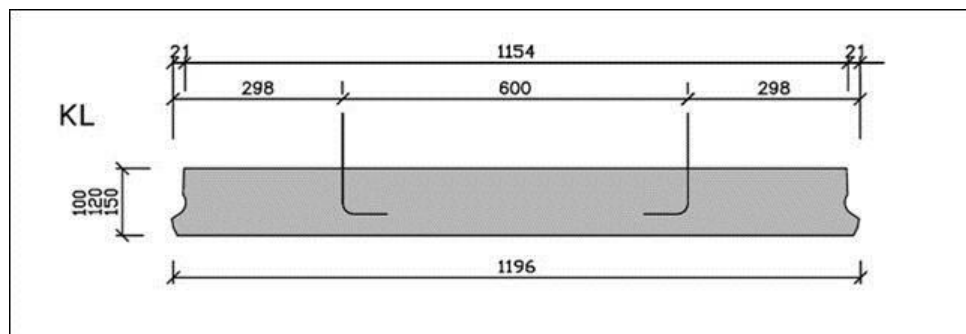
Onteloliittolaatan käyttöalue on kuorilaattaa pidemmällä jänneväleillä, eli 4...17m ontelolaatan tyypistä riippuen. Pidemmällä jänneväleillä laatan halkeilu tai taipuma rajaa sallitun kuorman. Tämä voi ylittyä jo pelkällä ontelolaatan ja pintabetonin painolla, jolloin muulle kuormalle ei ole enää kapasiteettia. Paikoituslaitosten ontelolaattaratkaisuihin käytetään 400mm tai 500mm paksuista laattaa ja 60...100mm paksua raudoitettua pintabetonia. Ontelolaataston kustannukset nousevat kun jännevälit kasvavat. Tyypillisin pilariväli ontelolaatastolla on 7200mm. Mitoituksessa on edullisinta käyttää kokonaislaattaelementtejä, eli 12M moduulimitoitusta. (elementtisuunnittelu)



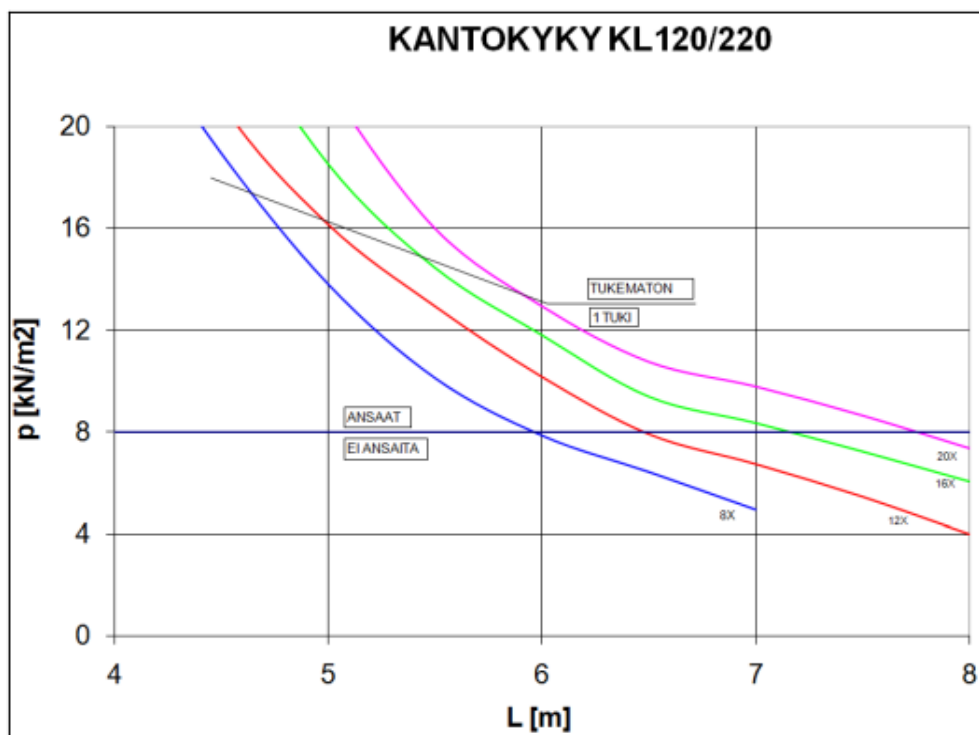
Kuva 23 Esimerkki P50 ontelolaatan kantokykykäyrästä (elementtisuunnittelu, kantokykykäyrät)

Kuorilaatta

Kuorilaatta toimii muottina päällevalulle. Paikoitustaloissa valitaan kuorilaatan paksuus siten, että laatta kestää paikallavalun painon, eikä sitä tarvitse tukea paikallavalun ajaksi. Tämä on järkevää sen takia, että työvaiheet helpottuvat työmaalla kun laattojen tukeminen ei ole tarpeen. Kuorilaatta-järjestelmä on kaksinkertainen liittorakenne, missä jännebetonipalkit toimivat paikallavalun kanssa liittorakenteena palkkien suunnassa ja kuorilaatat pintavalun kanssa toisessa suunnassa. Paikoitustaloissa laatan alapinnan tasaisuudella ja hammastuksilla ei ole samanlaista merkitystä kuin asuinrakennuksissa, joten laattaelementin ei tarvitse olla niin taipuisa. Esijännitetyn kuorilaatan paksuus paikoitustaloissa on 120 tai 150 mm, jolloin elementtejä ei tarvitse tukea väliaikaisesti. (elementtisuunnittelu, runkorakenteet, laatat, kuorilaatat)

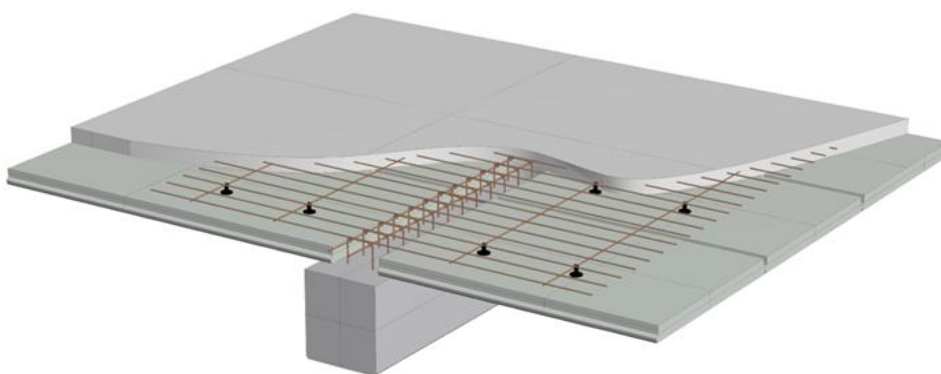


Kuva 24 Ansaallisen kuorilaatan poikkileikkaus (elementtisuunnittelu, runkorakenteet, laatat, kuorilaatat)



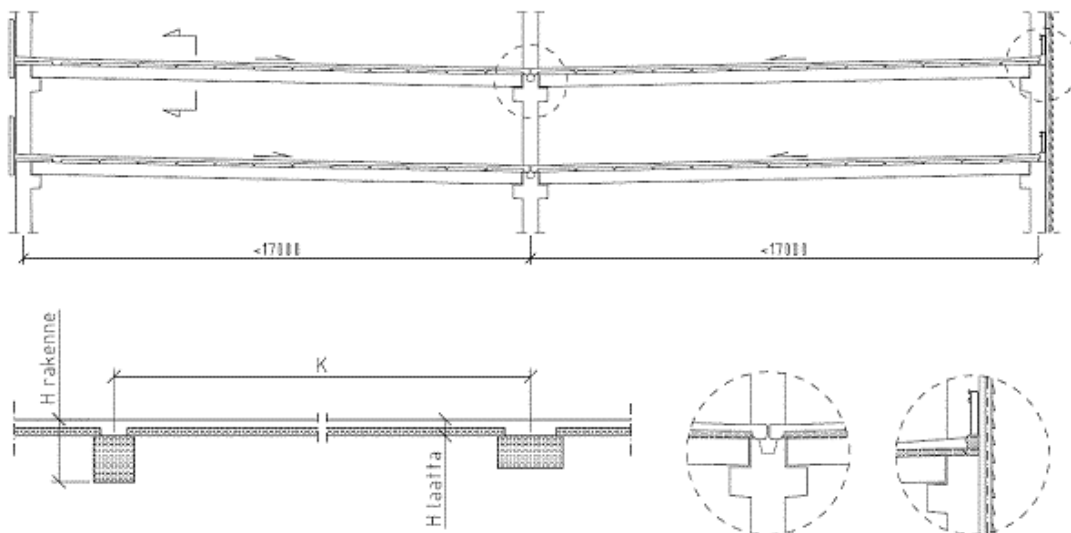
Kuva 25 Esimerkki kuorilaatan kantokykykäyrästä (elementtisuunnittelu, kantokykykäyrät)

Paikoitustalojen tyypillisessä kuorilaattaratkaisussa pilarijaoksi valitaan 5000 mm ja jännebetonipalkit sijoitetaan pysäköintiruutujen suuntaisesti. Palkkien jännemitaksi muodostuu tällöin noin 17000 mm ja kuorilaattojen jännemitaksi 5000 mm. Kuorilaattajärjestelmä on rakenteeltaan kaksinkertainen liittorakenne, missä jännebetonipalkit toimivat pintavalun kanssa liittorakenteena palkkien suunnassa ja kuorilaatat pintavalun kanssa toisessa suunnassa. Pintalaatan paksuus ja rauditus suunnitellaan tapauskohtaisesti jännemittojen ja kuormitusten mukaan.



Kuva 26 Kuorilaattaratkaisun rakenneperiaate (elementtisuunnittelu, runkorakenteet)

Paikoitushallin vedenpoisto vaatii suunnittelua, jolloin massiiviset kallistusvalut voisi välttää. Runkojärjestelmällä tehty vedenpoisto voi säästää merkittävän määrän betonia, riippuen kohteen laajuudesta. Tekemällä liittopalkista harjapalkki 1:50 kallistuksin saadaan tasojen peruskaadot kuntoon (kuva 27) ja samalla palkille lisäkorkeutta eniten rasitettuun poikkileikkaukseen. (elementtisuunnittelu) Porrashuoneita, seiniä ja pilareita ja laataston reunoja vasten tehdään riittävät vastakallistukset.



Kuva 27 Kallistukset runkojärjestelmällä (elementtisuunnittelu, rakennejärjestelmät)

Kuorilaatan massoitteeluun voidaan käyttää taulukkoa 6, josta saadaan kuormaluokan, palkin kuormitusleveyden suhteen saadaan korkeus laatalle ja rakenteelle. Taulukko on hyvä, kun halutaan ensikäden tietoa esimerkiksi välipohjan paksuudesta.

Taulukko 6 Laatan paksuus kuormitusleveyden ja kuormaluokan mukaan
(elementtisuunnittelu, runkorakenteet)

Palkin kuormitus- leveys [mm]	Kuormaluokka IV (2,5 kN/m ²)			Kuormaluokka III (5,0 kN/m ²)	
	H laatta [mm]	H rakenne (N) [mm]	H rakenne (M) [mm]	H laatta [mm]	H rakenne (N) [mm]
5000	200	750	580	200	850
6250	200	850	630	220	970
7500	220	870	700	220	970
N=normaalikorkuinen palkki, M=matala erikoispalkki					
Rakennekorkeudessa otettava huomioon kaarevuustoleranssit					

3.5.5 Maanvarainen laatta

Maanvaraisten betonilattioiden toteutukseen on uusi tekniikka tuonut erilaisia raudoitusmenetelmiä. Näitä ovat mm. polymeerikuitu, teräskuitu ja teräsverkko. Raudoitusmenetelmän valinnassa tulee huomioida taloudellinen kannattavuus ja käyttökelpoisuus erilaisissa betonirakenteissa. Maanvarainen alapohja koostuu alustäytöstä, lämmöneristeestä, betonilaatasta ja lattianpäällysteestä. (Danielov)

3.5.6 Ulkoseinät

Pakokaasujen poiston takia julkisivut ovat yleensä avoimia ja nauhamaisia. Usein julkisivuelementti toimii myös kaiteena, joka mitoitetaan tilan kuormaluokan mukaisille törmäyskuormille. Pysäköintitalot ovat tavallisesti kylmiä, joten julkisivuelementit ovat lämmöneristämättömiä kuori- ja/tai palkkielementtejä. (elementtisuunnittelu)

Kellarin seinien yläpuolinen runkojärjestelmä vaikuttaa seinien rakenteeseen. Kellariseinien suositellavat paksuudet ovat 160, 180, 200 ja 240 mm. Käytettävä paksuus määritellään kuormitusten mukaan. Pilari-palkkirunkoisissa rakennuksissa on edullisinta viedä elementtipilarit kellarin lattian tasoon, jolloin kellarin seinät voivat olla suoria levyjä ja asennusaikana seinät voidaan tukea suoraan pilariin. (elementtisuunnittelu)

3.5.7 Väliseinät

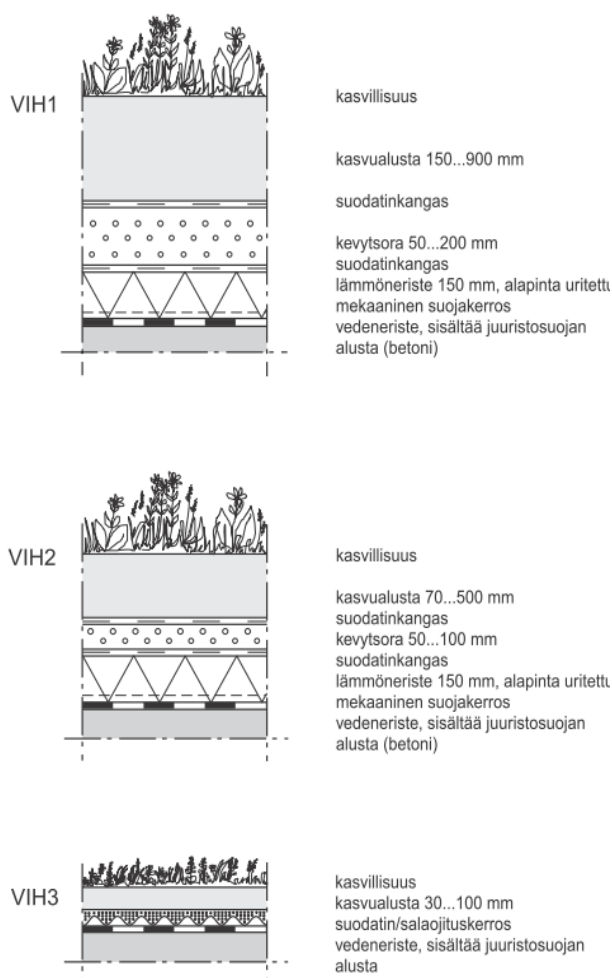
Pysäköintirakennuksissa kantava pystyrakenne on yleensä pilarirunko, jossa pilarit ovat poikkileikkaukseltaan pyöreitä tai neliön tai suorakaiteen muotoisia. Pilarit voidaan korvata rakennuksen keskellä myös seinärakenteella. (elementtisuunnittelu)

3.5.8 Viherkaton rakenne

Viherkatto ja kansirakenteiden istutukset ovat osa kaupunkien ja taajamien viheraluekokonaisuutta. Kattokasvillisuus toimii lähiympäristössään ilman kosteuden säätelijänä, lisää hapen määrää, sitoo pölyä ja ilman epäpuhtauksia. Viherkattojen suunnittelussa, materiaalinvalinnassa ja työmenetelmissä sekä huollossa on noudatettava erityistä tarkkuutta ja huolellisuutta. Katto on kasvillisuudelle erittäin vaativa kasvualusta, jossa kuivuus, paahde, lumi ja tuuli vaikuttavat kasvuoloihin.

Suunnittelussa tulee selvittää kannen käyttötarkoitukset ja toiminnot sekä määräytyvä hoidon taso. Katoilla, joita käytetään oleskeluun, käytetään yleensä tilaa muodostavaa kasvillisuutta, joka edellyttää syvää kasvualustaa. Kattorakenne voi rajoittaa kasvillisuuden korkeutta. Rakennesuunnittelussa otetaan huomioon viherkaton kuorma, joka on tavallisesti 60...1200 kg/m². Rakenteen kantavuus mitoitetaan veden kyllästämälle rakenteelle. Raskaiden istutusten paikat tulee ottaa huomioon jo suunnitteluvaiheessa.

Tutkittavan paikoitushallin kannen kaltevuus on alle 3%, mitä kuvan 29 perusteella voi pitää hyvänä kaltevuutena viherkattorakenteelle vedenpoiston ja kasvien viihtyvyyden kannalta.



Tyyppi		
VIH1...VIH2	1:80...1:20 1,25...5 %	suositeltava kaltevuus, hyvä vedenpoisto, kasvit viihtyvät
VIH3	1:50...1:3 2...33 %	veden virtaaminen tehostuu; otettava huomioon salaojitus- ja multakerroksessa, kattokasvillisuuden rakennekerrosten paikallaan pysyminen varmistettava
VIH3	1:3...1:2 33...50 %	kattokasvillisuuden rakennekerrosten paikallaan pysyminen mekaanisella tuella ja kiinnityksellä sekä vettä pidättävän kerroksen tarpeellisuus varmistettava
VIH3	1:2...1:1 50...100 %	kattokasvillisuuden rakennekerrosten toimivuuteen ja paikallaan pysymiseen sekä vettä pidättävän kerroksen tarpeellisuuteen kiinnitettävä erityisesti huomiota, kasvialusta tuettava mekaanisesti, sadeveden ja lumen rasitus suuret

Kuva 28 ja Kuva 29 Viherkattorakenteita (Kansi-kattopuutarhat ja viherkatot, 4–6)

3.6 Rungon jäykistys

Pysäköintilaitosten runko jäykistetään tavallisesti perustuksiin ulokkeena tukeutuvilla betoniseinillä, betonipilareilla tai pilareiden väleihin rakennettavilla ristikoilla. Seinien sijainti rakennuspohjassa tulisi olla kohtuullisen symmetrinen, jotta voimat jakautuisivat tasaisesti kaikille rakennusosille. Yleisin jäykistys poikkisuuntaan on mastopilarijäykistys. Tässä kohteessa mastopilarit ovat jäykästi kiinnitettynä perustuksiin ja ulokkeina ottavat vaakakuormia vastaan. (elementtisuunnittelu)

3.7 Rakenteiden massoittelu ja yhteenveto

Paikoitustilan rakenteiden valinta kannattaa miettiä tarkkaan jotta saadaan kestävä, taloudellinen ja paikkaansa sopivin rakenne. Toisaalta tarjouksia pyytäessä eri toimijat haluavat toteuttaa kohteen niillä ratkaisuihin, mikä on heidän toiminnassaan tehokkainta. Runkoa ei kannata tarjouspyyntövaiheessa suunnitella kovinkaan pitkälle. Tavallisesti elementtitoimittajat toteuttavat myös rakenne-suunnittelun.

Paikoitusrakenteissa välipilareita on hyvä välttää, jotta tila on käyttäjän kannalta helppo ja miellyttävä käyttää. Tämä on myös taloudellisuuden kannalta merkittävää, koska välipilarit tuovat lisäkuluja. Rakenteen suunnittelu ilman välipilareita on mahdollista, kun tilan korkeus on riittävä. Pitkillä jänneväleillä laatastalon kuormia siirtävien palkkien poikkimitat voivat kasvaa isoksi. Tämä tuo myös arkkitehdille tiettyjä reunaehdoja, ettei autopaikoitustilaa suunniteltaisi liian matalaksi.

Palkin korkeuteen vaikuttaa palkille tulevat kuormat. Tämä tulee huomioida, kun valitaan pilariväli. Mitä leveämpi kuormitusväli, eli mitä pidemmät pilarivälit, sitä enemmän kuormaa tulee palkille. Tämä johtaa siihen, että laatan ja palkin korkeudet kasvavat. Pilarivälin valinnassa kannattaa huomioida myös valittava välipohjarakenteen ratkaisu. Tavallisesti pilareiden leveys riippuu palkin leveydestä.

Ontelolaattaratkaisussa käytetään 400 mm tai 500 mm paksuista laattaa ja 60...100 mm paksua raudoitettua betonia. Välipohjan paksuudeksi ontelolaattaratkaisussa tulee noin 460...600 mm + palkin laipan korkeus (noin 180... 280mm). Vähimmillään välipohjan paksuus voi olla noin 640mm, enimmillään 880mm. Tavallisin pilariväli on 7200 mm. Tässä ratkaisussa palkit tulevat rakennuksen ulkoreunoille ja ontelolaatat sijoitetaan autopaikkojen suuntaisesti. Palkkien jännemitaksi muodostuu näin 7200mm ja ontelolaattojen jännemitaksi 17000mm.

Kuorilaattaratkaisussa pysäköintitasot muodostuvat jännebetonipalkkien, esijännitettyjen kuorilaattojen ja paikallavaletun pintabetonin täydellisestä liittorakenteesta. Tässä ratkaisussa pilarijaoksi kannattaa valita 5000 mm että laattoja ei tarvitsisi tukea paikalla valun ajaksi. Taulukosta 6 nähdään kuorilaatan perusmitat eri jännemitalalla ja kuormituksella. Yli 5m pitkät kuorilaatat tulee tukea joko yhdellä, tai kahdella tukilinjalla. Jännebetonipalkit sijoitetaan pysäköintiruutujen suuntaisesti, jolloin jännemitaksi muodostuu 17000mm ja kuorilaattojen jännemitaksi 5000 mm. Pintalaatan paksuus ja raudoitus suunnitellaan tapauskohtaisesti jännemittojen ja kuormituksen mukaan. (elementtisuunnittelu)

4 PALOTURVALLISUUS PYSÄKÖINTIRAKENTEISSA

4.1 Paloturvallisuustarkastelun lähtökohdat

Pysäköintirakennuksen suunnittelu tulisi lähteä liikkeelle paloteknisestä tarkastelusta, jotta valikoituisi toteutuskelpoiset ratkaisut ja myöhemmiltä suunnitelmien muutoksilta ja suuremmilta ongelmilta välttyttäisiin. Jo suunnittelun alkuvaiheessa tehdään arvio paloriskeistä. Palokuormien määrää, laatua ja sijoitusta selvitetään. Kartoittavana ovat turvallisuusvaatimukset, henkilömäärät ja henkilöiden poistumisreitit vaatimukset.

Pysäköintirakenteiden paloturvallisuuteen on kohdistunut kritiikkiä rakentajien suunnalta. Kevyemmästä lähestymistavasta löytyy esimerkkejä ulkomaisista kohteista. Suomessa on valittu kaikkien rakennusten paloturvallisuuden tasoksi Keski-Eurooppaa parempi turvallisuustaso. Ruotsissa paloturvallisuustarkastelu on ollut väljempää, mikä on mahdollistanut puurakentamisen laajemman käytön jopa autopaikotuslaitoksiin. Tämä näkyy hyvin kuvassa 30 ja 31.



Kuva 30 ja Kuva 31 Puurakenteinen autohalli Ruotsissa. (Multi-storey marvel, 2010)

Savunpoistolaitteiston hankinta voi olla rakentamisen merkittävä kustannuserä. Savunpoistoratkaisun on oltava tarkoituksenmukainen ja kustannustehokas. Siksi on tärkeää, että savunpoiston vaatimukset otetaan huomioon jo suunnittelun alkuvaiheessa. Tavallista on, että savunpoistojärjestelmällä hoidetaan myös tilan ilmanvaihto. On kuitenkin huomioitava, että ilmanvaihtoratkaisu asettaa vaatimukset tilan tuuletukselle erityisesti kellaritilassa. Painovoimainen savunpoisto on mahdollista järjestää kellaritiloista, mutta ilmanvaihtoon on hoidettava tuuletus. On tärkeää huomata, että näiden määräyksiä tulisi käsitellä rinnakkain, jotta mahdollisimman kevyeen ratkaisuun päästäisiin.

4.2 Rakennuksen paloluokka

Paloturvallisuuden suunnittelun kannalta on tärkeintä tietää rakennuksen paloluokka. Kun paloluokka tiedetään, suunnittelutehtävä helpottuu, kun iso osa palosuunnitelmista hoidetaan taulukkoja soveltaen. Rakennukset jaetaan paloteknisesti luokkiin P1, P2 ja P3 joista P1 on paloluokista paras, ja P3 on paloteknisesti heikoin.

Taulukko 7 Rakennuksen kokoa koskevat rajoitukset (RakMk E1,10)

TAULUKKO 3.2.1		RAKENNUKSEN KOKOA KOSKEVAT RAJOITUKSET		
Rakennuksen ominaisuus	Rakennuksen paloluokka			
	P1	P2	P3	
KERROSLUKU				
– yleensä	ei rajoitusta	enintään 2	enintään 2	
– asuinrakennus, työpaikkarakennus	ei rajoitusta	enintään 4	enintään 2	
– tuotanto- tai varastorakennus, autosuoja	ei rajoitusta	enintään 2	enintään 1	
KORKEUS				
– yleensä	ei rajoitusta	enintään 9 m	enintään 9 m	
– asuinrakennus, työpaikkarakennus	ei rajoitusta	enintään 14 m	enintään 9 m	
– yksikerroksinen tuotanto- tai varastorakennus	ei rajoitusta	ei rajoitusta	enintään 14 m	
KERROSALA				
Kerrosala yleensä				
– yksikerroksinen	ei rajoitusta	ei rajoitusta	enintään 2400 m ²	
– kaksikerroksinen	ei rajoitusta	ei rajoitusta	enintään 1600 m ²	
Kerrosala tuotanto- ja varastorakennuksissa sekä autosuojissa				
– yksikerroksinen	ei rajoitusta	ei rajoitusta	ei rajoitusta	
– kaksikerroksinen	ei rajoitusta	ei rajoitusta	ei sallittu	
Selostus	Rakennuksen korkeus on julkisivupinnan ja vesikaton leikkausviivan korkeus maan pinnasta (MRA 58 §). Tarvittaessa lasketaan rakennuksen nurkkapisteiden korkeuksien keskiarvo.			

Taulukosta 7 nähdään, että rakennuksen kokoa rajoitetaan paloluokittain. Tyypillisiä P3-luokan rakennuksia ovat pientalot (omakoti-, pari-, ja rivitalo). Jokainen rakennus on toteutettava vähintään P3-luokan rakennuksena. Niin ikään myös P3-luokan rakennuksien korkeutta on rajoitettu enintään kahteen kerrokseen ja lisäksi useampiin kellarikerrokseen. Rakennuksen kerrosala on rajoitettu. P3-luokkaiset erilliset rakennukset voivat olla enintään yksikerroksisia. Rakennuksessa voi olla kellari autosuojan pysyessä yhdessä kerroksessa. P3-luokan rakennuksen korkeus voi olla maksimissaan 9m, poikkeuksena tuotanto- ja varastotilat. Erillisen yksikerroksisen P3-luokan kerrosalaa ei ole rajoitettu. Kaksikerroksisen P3-luokan autosuojan kerrosala voi olla maksimissaan 1600m². Tämä paloluokka ei tule kuitenkaan kysymykseen, koska rakennus sijoittuu osittain maan alle ja kahteen eri kerrokseen.

P2-luokan rakennusta luonnehditaan ”suojaverhoiluksi puutaloksi”. Puutalon sisäpuolisia pintoja on paranneltu suojaverhouksella ja rakenteet mitoitetaan kestäämään tulipalossa puoli tuntia (30 min). P2-luokan rakennusten korkeutta on rajoitettu ja siinä voi olla pääsääntöisesti enintään kaksi kerrosta ja lisäksi useampia kellarikerroksia. Tuotanto- ja varastorakennukset toteutetaan tyypillisesti P2-luokan rakennuksena. P2-luokan erilliset autosuojarakennukset ja muuhun rakennukseen yhteydessä olevat autosuojat voivat olla enintään kaksikerroksisia. P2-luokan palotekninen korkeus on enintään yhdeksän metriä. Tämän rakennuksen maanpinnan korkeudella oleva sisääntulotaso voitaisiin toteuttaa omana avoimena palo-osastona P2-paloluokan mukaisesti. Rajoituksena olisi kellariin, eli maanpinna alle menevä ajotie, joka tulisi osastoida palo-ovella. Rakennus olisi myös mahdollista toteuttaa siten, että kellariin menee erillinen sisäänkäynti, jolloin rakennuksen maanpäällinen- ja kellariosa ovat eri palo-osastoa.

P1-luokan rakennus suunnitellaan siten, että sen pitää jäädä pystyyn palon sammuttua. Rakennuksen palokuormalla on merkitystä, koska se voi estää rakennuksen rakentamisen muuna kuin P1-luokan rakennuksena. Mitä suurempi tilan palokuorma, sitä suurempaa palonkestoaikaa rakenteilta vaaditaan. P1-luokan autosuojien tai muiden rakennusten kerroslukua tai korkeutta ei ole rajoitettu (taulukko 1). Yli kahdeksankerroksisten autosuojien palo-osastointia ei ole määritelty, katsotaan että tämä on käytännön rajoitus suurimmalle sallitulle kerrosluvulle.

Rakennukset voidaan aina toteuttaa paloteknisessä mielessä P1-luokan rakennuksena. Tämän opin näytetyön autopaikoitusrakennus toteutetaan kokonaan betonista, jolloin rakennus on jo suunniteltu paloteknisesti P1-luokan tason mukaisesti. Kellarikerrosten on toiminnan kannalta parasta olla yhteydessä toisiinsa ilman turhaa palo-ovea. Tämä tarkoittaa sitä, että koko rakennus tulisi käsittää yhtenä palo-osastona kellarikerroksen mukaisesti. Koska jo koko rakennusta käsitellään kellarikerroksen palovaatimuksen mukaisesti, rakennuksen sisäänajotie vaatii lämpöilmaisimella tai vastaavalla lipukejärjestelmällä toimivan palo-oven.

4.3 Autosuojan suojaustaso

Autosuojan suojaustaso määräytyy paloluokan mukaan ja rakennuksen huoneistoalan mukaan. Rakennuksen suojaustaso vaihtelee, jos rakennus on maan alla tai maan päällä. (Taulukko 8)

Taulukko 8 Autosuojan enimmäispinta-ala (RakMk E4, 3)

TAULUKKO 1	AUTOSUOJAN OSASTOJEN ENIMMÄISPINTA-ALA					
	P1		P2		P3	
	1-8 kerrosta maan päällä	Maan alla	1-2 kerrosta maan päällä	Maan alla	Erillinen autosuoja	Rakennuksen osana
Suojaustaso 1	3000 m ²	1500 m ²	3000 m ²	1500 m ²	1000 m ²	400 m ²
Suojaustaso 2	6000 m ²	3000 m ²	6000 m ²	3000 m ²	2000 m ²	1000 m ²
Suojaustaso 3	harkinnan mukaan	10000 m ²	harkinnan mukaan	10000 m ²	6000 m ²	3000 m ²
Taulukon huomautus:	Pinta-alat lasketaan kuten huoneistoala.					

Suojaustaso vaikuttaa rakennuksen paloluokkaan, suurimpaan sallittuun osastokokoon, savunpoistoon sekä kantavien ja osastoivien rakennusosien paloluokkavaatimuksiin. Suojaustasoja on kolme:

Suojaustaso 1

- Tavallinen alkusammutuskalusto (paloposti ja käsisammuttimet) sekä tarvittaessa tehostettu alkusammutuskalusto (palopostiverkko tai raskaat kemialliset sammuttimet)

Suojaustaso 2

- Paikallisesti ja hätäkeskukseen automaattisen ilmoituksen antava paloilmoitin sekä suojaustason 1 mukainen alkusammutuskalusto

Suojaustaso 3

- Automaattinen sammutinlaitteisto (sprinklerilaitteisto) sekä suojaustason 1 mukainen alkusammutuskalusto
- Joissa henkilöturvallisuus, suuret omaisuusarvot, suuret palo-osastot tai kohteen palotekninen luonne edellyttävät automaattista sammutuslaitteistoa

Tässä kohteessa valikoitui suojaustasoksi 2. Paikoitustilaa maan alla on noin 1500 neliötä. Sprinklerijärjestelmä ei ole kohteessa pakollinen, mutta sen käyttöön ottamista on harkittava palokunnan työtä helpottamaan.

4.4 Palokuormat ja paloajat

Palokuorma on vapautuva kokonaislämpömäärä, kun tilassa oleva aine täydellisesti palaa. Siihen luetaan kantavat, runkoa jäykistävät, osastoivat ja muut rakennusosat ja irtaimistot. Palokuorman tiheys ilmaistaan megajouleina huoneistoalan neliömetriä kohden (MJ/m²). Palokuorman tiheys määräytyy osaston käyttötavan perusteella (taulukko 9). Lukuarvot ovat keskimääräisiä ja yksittäistapauksissa riittäviä.

Taulukko 9 Periaatteet eri käyttötapojen mukaan sijoittamisesta palokuormaryhmiin. (RakMk E1, 8)

Ohje Periaatteet eri käyttötapojen sijoittamisesta palokuormaryhmiin:	
yli 1200 MJ/m²;	- Varastot, jotka ovat erillisiä palo-osastoja.
vähintään 600 MJ/m² ja enintään 1200 MJ/m²;	Tuotanto- ja varastotilojen palokuorma määritellään tai arvioidaan kohdekohtaisesti. - Osa kokoontumis- ja liiketiloista kuten myymälät, näyttelyhallit ja kirjastot; - asuinrakennusten kellariosastot, jotka sisältävät irtaimistovarastoja; - moottoriajoneuvojen korjaus- ja huoltotilat.
alle 600 MJ/m²;	- Asunnot, majoitustilat ja hoitolaitokset; - osa kokoontumis- ja liiketiloista kuten ravintolat, enintään 300 h-m ² :n myymälät, toimistot, koulut, urheiluhallit, teatterit, kirkot ja päivähoitolaitokset; autosuojat.
	Yleensä tähän ryhmään saa sijoittaa myös muihin palokuormaryhmiin kuuluvia tiloja, mikäli nämä tilat varustetaan tarkoitukseen sopivalla automaattisella sammutuslaitteistolla. Tämä ei koske 3–8-kerroksisia P2-luokan rakennuksia.

Lämpöarvon lisäksi on tarkasteltava palokuorman muodostavien materiaalien palamisnopeutta ja palamisominaisuuksia. Sprinklauksen pettäessä tai puuttuessa, huomioon tulee ottaa myös naapurialueiden syttyminen.

Tässä kohteessa palokuorma ei tuota ongelmaa. Kohde kuuluu palokuormaltaan alle 600MJ/m² ryhmään. Palokuormat vaikuttavat kohteen kantavien rakenteiden vaatimuksiin. Tässä opinnäytetyössä tarkasteltavana olevan paikoitustilan runko on betonista. Palokuormat eivät aseta vaatimuksia kantavissa-, eikä välipohjarakenteissa.

4.5 Autosuojan osastointi

Rakennuksen osastointi voidaan suunnitella kolmen osastointiperiaatteen mukaan: kerros-, käyttö- ja pinta-alaosastointi. Näitä kaikkia osastointitapoja joudutaan noudattamaan samassa rakennuksessa yhtä aikaa. Autosuoja osastoidaan muista käyttötapaosastoinnin mukaan. Kerrososastointin mukaan kellarikerrokset erotetaan omaksi palotekniseksi osastoksi (E1(5.1.2), 11). Autosuojiiin sovelletaan myös pinta-alaosastointia.

Autosuoja voidaan pitää pääasiallisesti maanpinnan alapuolella olevana, eli kellarina, mikäli vähintään puolet ulkoseinän pinta-alasta on maanpinnan alapuolella. Kellarikerrokset erotetaan yleensä omaksi palo-osastoksi. Kellarin ajotie ei saa tällöin yhtyä kerrosten ajotiehen. Autosuojan eri kerrokset kuuluvat samaan palotekniseen osastoon, jos kerrosten välistä ajotietä ei eroteta palo-ovella. Tässä opinnäytetyössä osastointi on järkevintä tehdä niin, että koko autosuoja on yhtenäistä palo-osastoa. Tällöin osastointivaatimukset eivät vaadi tekemään palo-ovea maanpäällisten ja kellaritilojen välille. Palo-ovi järjestetään rakennuksen sisäänkäyntiin. Kaikkiin autosuojiiin sovelletaan E4:n osastointikokoja jotka näkyvät taulukko 9:ssa.

4.6 Rakenteellinen paloturvallisuus

Kantavien ja osastoivien rakenteiden paloluokat määräytyvät taulukon 10 ja 11 mukaan. Määräykset on sovellettavissa ohjeessa E4 autosuojien osastoivien rakenteiden ja pintojen osalta.

Taulukko 10 Kantavien rakenteiden luokkavaatimukset (Asetus rakennusten turvallisuudesta. Suomen RakMk E1, 14)

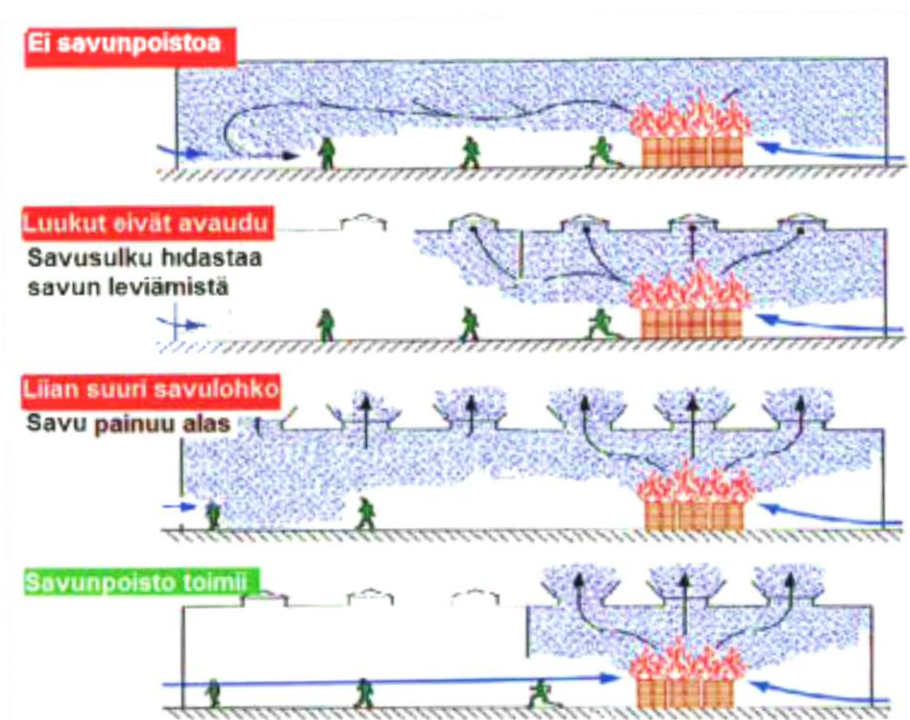
TAULUKKO 6.2.1		KANTAVIEN RAKENTEIDEN LUOKKAVAATIMUKSET				
		Rakennuksen paloluokka				
		P1			P2	P3
		Palokuorma MJ/m ²				
		yli 1200	600–1200	alle 600		
Sarake		1	2	3	4	5
Enintään 2-kerroksinen rakennus yleensä		R 120*	R 90*	R 60*	R 30	—
– jos rakennuksen eristeet eivät ole vähintään luokkaa A2-s1, d0		R 120	R 90	R 60	R 30	—
– hoitolaitokset, majoitustilat, kellarit		R 120	R 90	R 60	R 30	—
3–8-kerroksinen rakennus yleensä		R 180	R 120	R 60	■	■
3–4-kerroksinen asuin- tai työpaikkarakennus						
– kerrokset		R 180	R 120	R 60	R 60*	■
– kellarikerrokset		R 180	R 120	R 60	R 120	■
Yli 8-kerroksinen rakennus		R 240	R 180	R 120	■	■
Ylimmän maanalaisen kellarikerroksen alapuolella sijaitsevat kellarikerrokset		R 240	R 180	R 120	R 120	R 60
Yläpohjan rakenteiden vaatimukset, jos yläpohjan eristeet ovat vähintään luokkaa A2-s1, d0						
– enintään 2 kerrosta, ei ullakkoa; rakenteet, jotka ovat rakennuksen kantavan rungon tai jäykisteiden olennainen osa		R 60	R 60	R 60	R 30	—
– enintään 2 kerrosta, ei ullakkoa; rakenteet, jotka eivät ole rakennuksen kantavan rungon tai jäykisteiden olennainen osa		R 15	R 15	R 15	R 15	—
– 1 kerros, ei ullakkoa, automaattinen sammutuslaitteisto; rakenteet, jotka eivät ole rakennuksen kantavan rungon tai jäykisteiden olennainen osa		—	—	—	—	—
– 1 kerros, tuotanto- tai varastorakennus; ei ullakkoa; rakenteet, jotka eivät ole sen kantavan rungon tai jäykisteiden olennainen osa		—	—	—	—	—
Ullakon tai ontelon vesikattorakenteet, jotka eivät ole rakennuksen rungon olennaisia kantavia tai palossa runkoa jäykistäviä rakenteita		—	—	—	—	—
Taulukon huomautukset:	Parvekkeiden palonkestävyysvaatimus on puolet kerroksen kantavien rakenteiden vaatimuksesta. Tuotanto- ja varastorakennuksessa sallitaan lievennyksiä Suomen rakentamismääräyskokoelman ohjeiden E2 mukaisesti.					
Taulukon merkinnät:	* = jos kantavat rakenteet eivät ole vähintään luokkaa A2-s1, d0, tulee rakennuksen eristeiden olla vähintään A2-s1, d0-luokan tarvikkeista ○ = kantavat rakenteet on tehtävä vähintään luokan A2-s1, d0 tarvikkeista — = ei luokkavaatimusta ■ = ei mahdollinen					

Taulukko 11 Osastoivien rakennusosien luokkavaatimukset (Asetus rakennusten turvallisuudesta. Suomen RakMk E1, 15)

TAULUKKO 7.2.1		OSASTOIVIEN RAKENNUSOSIEN LUOKKAVAATIMUKSET			
		Rakennuksen paloluokka ja kerroskoko			
		P1 ja P2 3–8 kerrosta		P2 1–2 kerrosta	P3
		Palokuorma MJ/m ²			
		yli 1200	600–1200	alle 600	
Sarake		1	2	3	4
Osastoivat rakennusosat kerroksissa		EI 120	EI 90	EI 60	EI 30
Osastoivat rakennusosat kellareissa		EI 120	EI 90	EI 60	EI 30
Taulukon huomautus:		Tuotanto- ja varastorakennuksen pinta-alaosastointia toteuttavien rakennusosien luokkavaatimukset Suomen rakentamismääräyskokoelman ohjeiden E2 mukaan, autosuojan ohjeiden E4 mukaan ja kattilahuoneen sekä polttoainevälikamion osastoivien rakennusosien luokkavaatimukset ohjeiden E9 mukaan.			

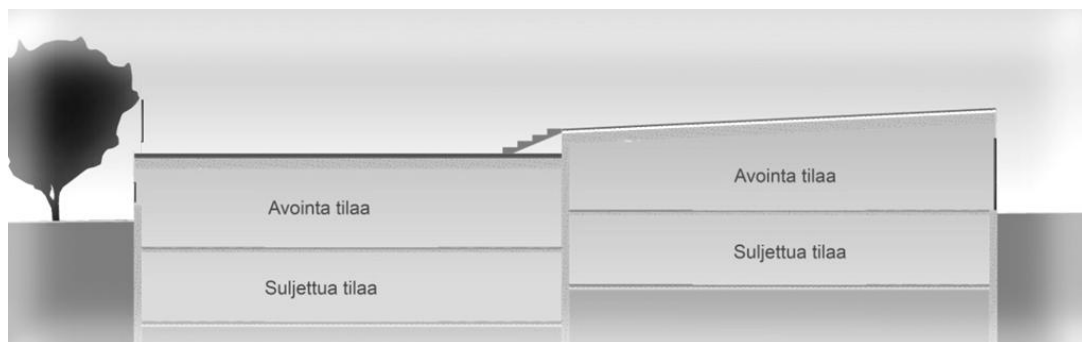
4.7 Ajoneuvosuojan ilmanvaihto, savunpoisto ja perusratkaisut

Savunpoistolla saadaan savu pysymään oleskeluvyöhykkeen yläpuolella poistumiseen tai palokunnan toiminnan alkamiseen tarvittavan ajan. Savunpoisto tulisi saada toimivaksi, jotta palavasta tilasta poistuminen olisi turvallista.



Kuva 32 Savunpoistolla saadaan savu pysymään oleskeluvyöhykkeen yläpuolella palokunnan toiminnan alkamiseen asti. (Rakennusten savunpoisto, 21)

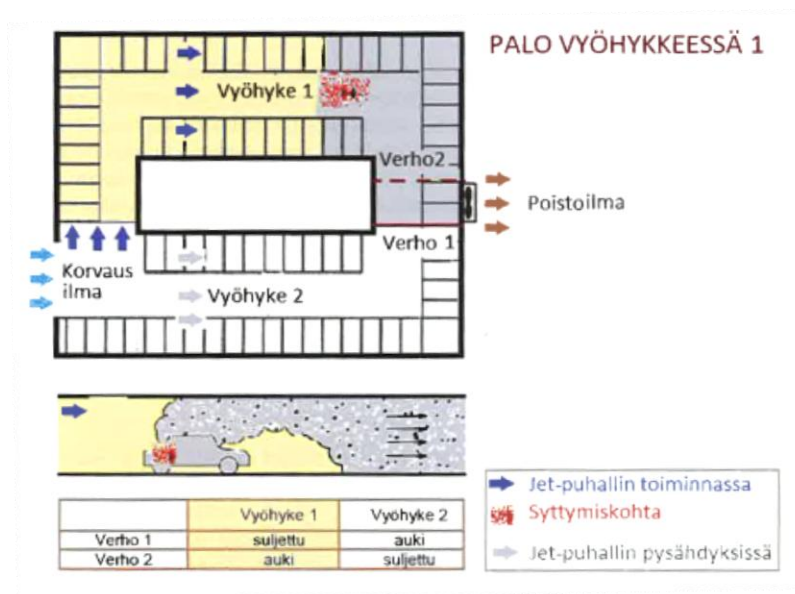
Jos lämmittämättömän moottoriajoneuvosuojan, esim. pysäköintitalon ulkoseinästä vähintään 30 % on avointa ja aukkojen pinta-ala on vähintään 10 % kunkin tason lattiapinta-alasta, ei suojassa vaadita erillistä ilmanvaihtoa. Tilassa ei kuitenkaan saa olla ilmankulkua huomattavasti haittaavia esteitä kuten väliseiniä tai palkkeja. (RakMk, D2) Tämän työn suunnitelmissa on kaksi ylintä tasoa avointa, lämmittämätöntä autosuojaa ja kaksi alinta on taas kellarillista, suljettua tilaa.



Kuva 33 Osa avointa, osa suljettua tilaa (Junes 16-4-2014)

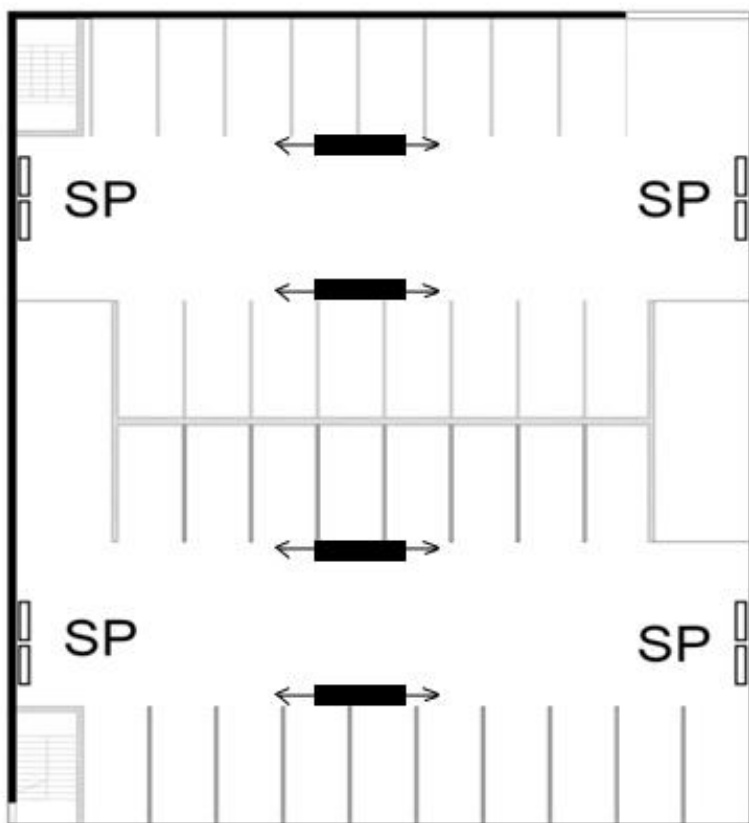
Moottoriajoneuvosuojien ilmanvaihto järjestetään siten, etteivät ilman epäpuhtaudet aiheuta terveydellistä haittaa suojien käyttäjille. Moottoriajoneuvosuojan tuloilma voi olla siirtoilmaa. (RakMk D2) Rakennukseen tulee suunnitella ja rakentaa riittävä mahdollisuus savunpoistoon (Rak Mk, E1 11.4.1)

Rakennusten savunpoiston perusratkaisuja ovat painovoimainen ja koneellinen savunpoisto sekä paineistus ja suuntapuhallukseen perustuva savunhallintamenetelmä. Perusratkaisun ja savunpoistolaitteiston valintaan vaikuttavat säädökset ja riskitarkastelu. Savunpoistolaitteistotyyppin valinnassa määrävänä tekijänä pidetään rakennuksen käyttötarkoitusta. Laitteiston tulee olla yhteensopiva rakenteiden, talotekniikan järjestelmien ja paloautomaatiikkalaitteistojen kanssa.



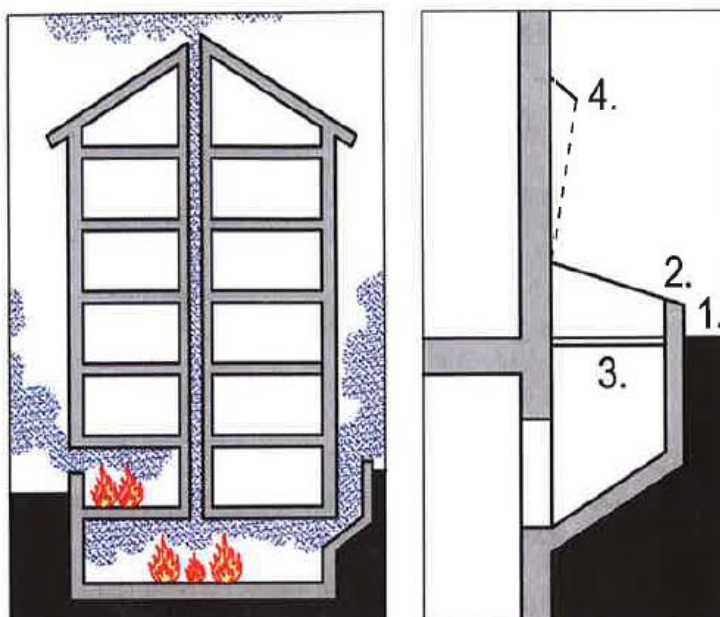
Kuva 34 Savunpoisto suuntailmapuhaltimella (Rakennusten savunpoisto, 149)

Suuntapainepuhaltimet varmistavat tehokkaan savunpoiston ja -hallinnan tulipalon sattuessa. Järjestelmän tärkein tehtävä hätätilanteessa on estää savun leviäminen paikoitustilassa ja suunnata savukaasut lähimpien poistopisteiden kautta ulos rakennuksesta.



Kuva 35 Esimerkki kahteen suuntaan toimivan suuntailmapuhaltimen ja savunpoistorilikön (SP) sijoittelusta välipohjatasoon (Junes, 16-4-2014)

Kellaritilojen savunpoisto tulee suunnitella niin, ettei uloskäytäviä eikä osastoituja sammutusreittejä tarvitse käyttää savunpoistoon. Savunpoistossa voidaan käyttää joko helposti avattavia ikkunoita, erillisiä savunpoistoluukkuja tai koneellista savunpoistoa.



Kuva 36 Kellarillisen tilan savunpoisto (Rakennusten savunpoisto, 54)

Tilojen ja käyttökohteiden savunpoisto luokitellaan kolmeen eri vaatimustasoon.

Savunpoistotaso I

Tason I savunpoiston järjestäminen ei edellytä erityisiä toimia, jos ikkunoita tai oviaukkoja voidaan käyttää savunpoistoon. Savunpoisto voidaan toteuttaa tason 1 mukaisesti kun osastointi, poistumistiet sekä rakennusten ja rakenteiden luokkavaatimukset täyttyvät. Normaalit asuinrakennukset ja toimitilat kuuluvat tähän tasoon.

Savunpoistotaso II

Tarkoittaa savunpoistoa, joka helpottaa sammutus- ja pelastustoimintaa, jotta palokunta voisi nopeasti käynnistää pelastus- ja sammutustehtävät. Suomen rakentamismääräyskokoelma E1 kohta 11.4.4. asettaa savunpoistolle vaatimuksen: ”Mikäli perustellut syyt sitä vaativat, savunpoisto on järjestettävä erityistoimenpitein, kuten savunpoistoluukkujen, savunpoistoikkunoiden tai huonetilojen yläosassa sijaitsevien helposti avattavien ikkunoiden avulla.” Savunpoistotasossa 2 käytetään savunpoistoluukkuja tai –puhaltimia jotka avautuvat mekaanisesti, avauspainikkeesta tai lämpöilmaisimen avulla.

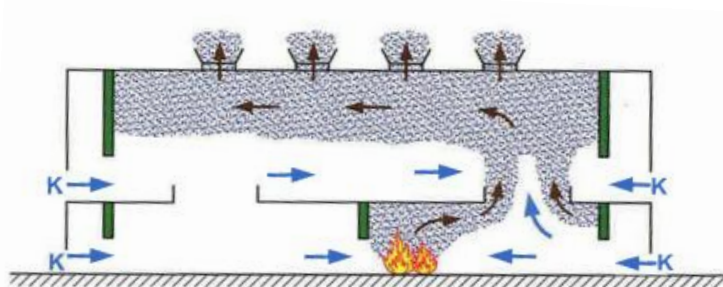
Savunpoistotaso III

Tässä tasossa käytetään savunilmaisimen avulla käynnistyvää automaattista savunpoistolaitteistoa. Savunpoisto toteutetaan tason III mukaisesti, kun tarkoituksena varmistaa ihmisten poistuminen ennen pelastushenkilöstön saapumista paikalle.

Korvausilma

Korvausilman saanti on savunpoistossa olennainen asia. Korvausilma-aukkojen määrä ja pinta-ala vaikuttavat savunpoiston tehokkuuteen. Savunpoistotason I ja II painovoimaisessa savunpoistossa savulohkon savunpoistoon liittyvin korvausilma-aukkojen pinta-alan tulee olla yhtä suuri kuin vaadittu savunpoistopinta-ala.

Savunpoistotasossa I Rakennuksen korvausilma-aukkojen tulee olla yhteydessä ainoastaan ulkoilmaan. Aukkojen sijoittumiselle ei ole asetettu vaatimuksia. Savunpoistotasossa II ja III korvausilma-aukkojen taso tulee olla savupatjapinnan alapuolella. Korkeus riippuu ilmavirran nopeudesta. Korvausilma-aukot tulee avautua automaattisesti tai ne tulee avata savunpoistoluukun aukaisun yhteydessä. (Rakennusten savunpoisto, 121)



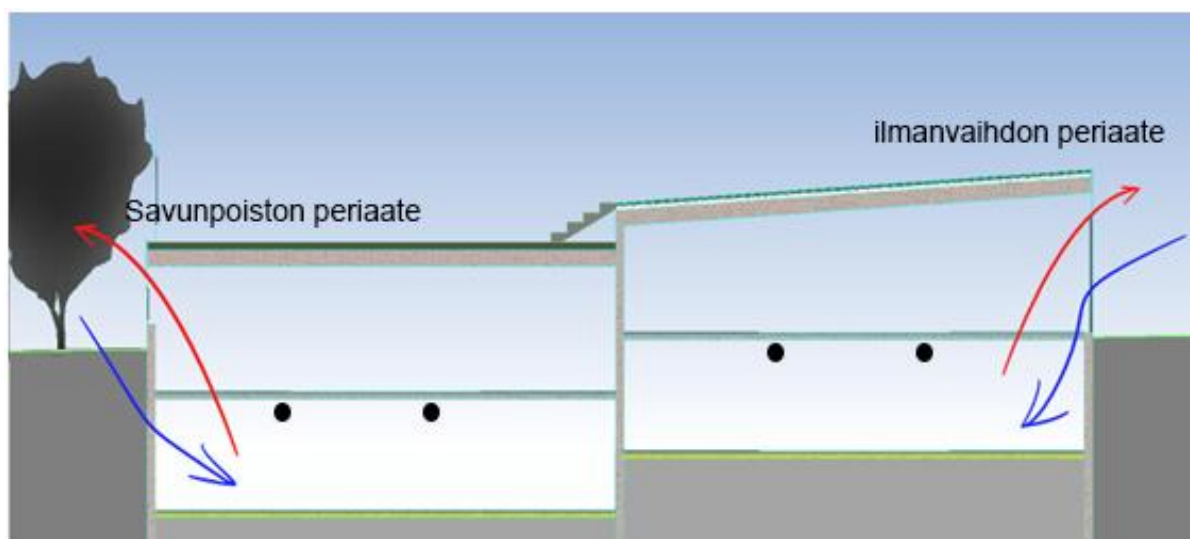
Kuva 37 korvausilma-aukkojen sijoitus.(Rakennusten savunpoisto, 122)

4.8 Yhteenveto ja ilmanvaihdosta ja savunpoistoratkaisusta

Jos yli puolet tilasta on maan alla, tila luokitellaan kellariksi. RakMK D2 Liite 2:ssa on annettu moottoriajoneuvosuojien ilmanvaihto-ohjeet. Tässä ohjeessa puhutaan, että ilmanvaihto voi olla painovoimainen vain alle 60m² riviautosuojissa, jossa sisällä ei ajeta. Avoimessa lämmittämättömässä autosuojassa ei kuitenkaan vaadita erillistä ilmanvaihtoa. Autosuoja on avoin, jos vähintään 30 % ulkoseinistä on avointa ja aukkojen pinta-ala on yli 10 % kerroksen pinta-alasta. Painovoimainen ilmanvaihto ei käy maanalaisissa paikoitustiloissa, mutta painovoimainen savunpoisto käy.

Henkilö-auton autosuoja kuuluu savunpoistoluokkaan 2. Tämä tarkoittaa savunpoistoa, joka helpottaa sammutus- ja pelastustoimintaa, jotta palokunta voisi nopeasti käynnistää pelastus- ja sammutustehtävät. RakMk E1 kohta 11.4.4. asettaa savunpoistolle vaatimuksen: "Mikäli perustellut syyt sitä vaativat, savunpoisto on järjestettävä erityistoimenpitein, kuten savunpoistoluukkujen, savunpoistokunoiden tai huonetilojen yläosassa sijaitsevien helposti avattavien ikkunoiden avulla." Savunpoistotasossa 2 käytetään savunpoistoluukkuja tai -puhaltimia jotka avautuvat mekaanisesti, avauspainikkeesta tai lämpöilmaisimen avulla. Savunpoistoluukuille on varattava 1 % tila palo-osaston lattia-alasta.

Maanalaisen tilan savunpoistoratkaisussa on käytetty välipohjan rutilän läpi tuulettuvaa ratkaisua. Savunpoistoon tämä ratkaisu riittää, mutta ilmanvaihdon ja savunhallinnan kannalta on yhtenä vaihtona suuntailmapuhallinjärjestelmä. Tässä järjestelmässä ei tarvitse rakentaa laajoja kanavistoja. Suuntailmapuhaltimet lähtevät käyntiin kun pysäköintitilassa epäpuhtaustasot kasvavat liian suuriksi. Kuvassa 38 vasemmalla puolella näkyy savunpoiston periaate. Savunpoiston kannalta siirtoilmapuhaltimet eivät ole välttämättömiä. Korvausilma pitää järjestää niin että korvausilma-aukot tulevat savupatjapinnan alapuolelle. Toisaalta ilmanvaihdon kannalta korvausilma voi olla siirtoilmaa, kuten se näkyy myös kuvasta. Raikas ilma tulee välipohjan läpi ja korvausilmaa ei tarvitse ilmanvaihdon takia järjestää. Ilmanvaihdossa ei saa kuitenkaan käyttää painovoimaista ratkaisua, vaan suuntailmapuhallin käynnistyy kun epäpuhtaudet kasvavat liian isoiksi.

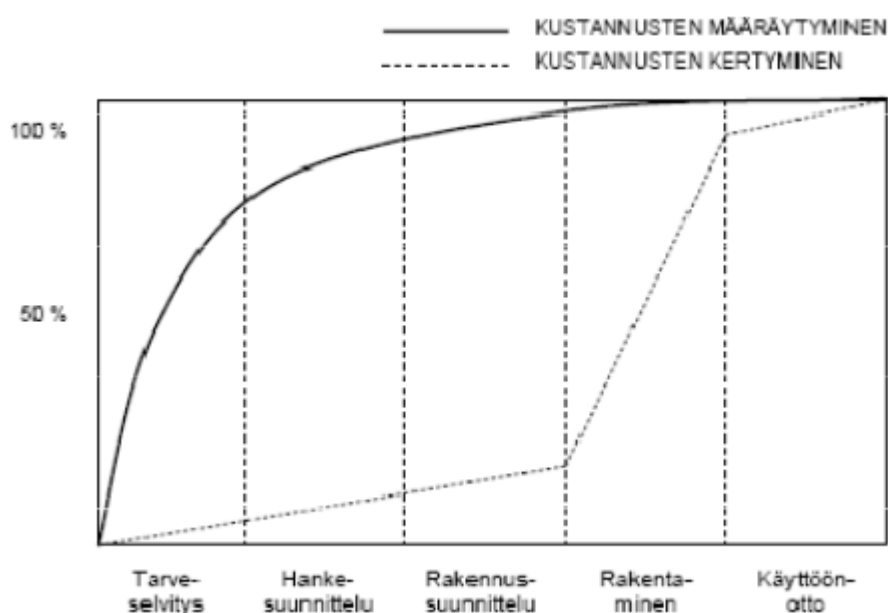


Kuva 38 Esimerkki korvausilman ja ilmanvaihdon toiminnasta sekä suuntailmapuhaltimien sijoitus

5 KUSTANNUSARVIO

5.1 Kustannusten muodostuminen

Kustannuslaskennan tarkoitus on ennustaa suunnitelmien pohjalta rakennuskohteen kustannuksia. Kustannusarvio tulee laskea ennakkoon, jotta tiedetään että kannattaako hankkeeseen ryhtyä. Kustannusarvion saadaan tietoon kustannukset joita tarvitaan tarjouspyyntövaiheessa vertailukohdaksi. Erityisesti täydennys- ja lisärakentamiskohteissa hintojen ennakkoon tietäminen on hyvin olennaista. Rakennushankkeen kustannukset määräytyvät lähes kokonaan tarveselvitys- ja suunnitteluvaiheissa.



Kuvio 4 Kustannusten määräytyminen rakentamisen eri vaiheissa (Korhonen, 22)

Tässä työssä kustannuslaskennalla on tarkoitus saada hintahaarukka kohteesta autopaikkaa kohden. Tällä tavalla voidaan tehdä arvio paikoitusratkaisun ja usein myös koko rakennusprojektin kannattavuudesta.

Kokonaisuudessaan hankkeen rakennuskustannukset muodostuvat olosuhteiden aiheuttamista eroista, suunnitteluratkaisuista, rakennuttamis- ja tuotantoratkaisuista ja tuotteiden hinnoista. Hankkeen rahoittajat eivät halua ryhtyä hankkeeseen, jos se on jo suunnitelmien pohjalta kannattamaton.

5.2 Rakenneratkaisujen kustannusvaihtelu

Rakenneteknisellä ratkaisulla on merkitystä kohteen kustannustehokkuudelle. Jo suunnittelun alkuvaiheessa olisi hyvä tietää rakennuksen runkorakenteen vaikutuksesta kustannusten muodostumiseen, sekä rakenteen rajoituksista jännemittojen suhteen. Erityisesti autopaikoituskohteissa tällä on merkitystä, koska huonolla suunnittelulla rakennus tulee kalliiksi ja käytettävyys on heikko. Välipohjaratkaisu vaikuttaa välipohjan paksuuteen ja näistä aiheutuvat kuormat vaikuttavat välipohjan kuormaa siirtävien palkkien kustannuksiin.

Tässä työssä käsiteltävä autopaikoitus on mahdollista toteuttaa kustannustehokkaasti kahdella eri vaihtoehdolla. Joko niin että välipohjan- ja yläpohjan laattana on kuori-, tai ontelolaatta, sekä sen päälle valettava pintavalu. Kustannukset vaihtelevat ratkaisusta riippuen. Ratkaisut tehdään kustannusten tai toteutettavuuden perusteella.

Taulukko 12 Autopaikoituksen välipohjaratkaisun hintatietoa ilman kuormia siirtäviä palkkeja ja pilareita

Rakenne	Laatan H	Pintavalu	€	
Kuorilaatta H=200	120	80	77,38 €	m2
	150	60	88,80 €	m2
Kuorilaatta H=220	120	100	79,35 €	m2
	150	70	89,78 €	m2

Rakenne	Laatan H	Pintavalu	€	
Ontelolaatta	400	60	85,30 €	m2
	400	80	87,27 €	m2
	400	100	89,24 €	m2
Ontelolaatta	500	60	102,62 €	m2
	500	80	104,59 €	m2
	500	100	106,56 €	m2

Laskelmat taulukossa 12 on tehty avuksi runkojärjestelmän valintaan. On hyvä tietää suuntaa antava hinta suunnitteluvaiheessa. Rakenteen paksuus riippuu laatan jännevälistä ja kuormituksesta. Tehdyt laskelmat eivät välttämättä ole käytettävissä joka tilanteessa, vaan on selvítettävä kuormat ja tarkistettava että riittääkö laatan kapasiteetti kyseiseen tapaukseen. Tämän jälkeen voi laskelmas- ta selvittää mahdolliset vaihtoehdot ja niiden hintavaikutus.

5.3 Kohteen kustannuslaskelma

Ennakkoon kartoitettu kustannuslaskelma on tärkeää, että saadaan suuntaa antavaa tietoa kohteen tulevista kustannuksista. Samalla voidaan tehdä johtopäätelmä, kannattaako suunnitelmat viedä tarjouskilpailuvaiheeseen. Ennakkolaskelmat ovat myös tärkeä vertailukohta tämän tarjouskilpailuvaiheen kustannuslaskelmiin.

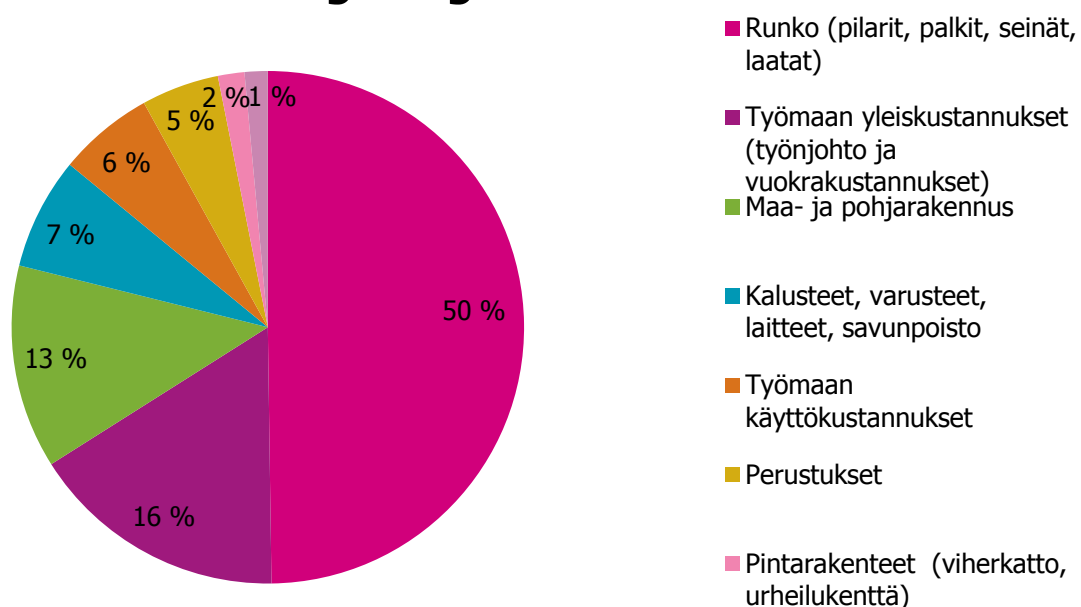
Autopaikoituskohteessa halvimaksi ratkaisuksi neliöhinnaltaan tulee tavallisesti kuorilaatta- tai ontelolaattaratkaisu. Kuorilaattaratkaisusta on etua myös palkkien kuormituksessa, koska välipohjan paksuus pysyy matalana. Näin ollen kuormia tulee vähempi ja palkilta ei vaadita niin isoa kuormituskestävyyttä.

Kustannukset on laskettu eri runkoratkaisuilla ja näistä on laskettu kustannusarviot (taulukko 13). Hinta on ilmoitettu neliöhinta-perusteisesti sekä autopaikkaperusteisesti. Eroja on saatu näillä ratkaisuilla. Lähekkäin toisiaan ovat kuorilaattaratkaisu ja ontelolaattaratkaisu. Kuorilaatan hintanousun selittää pilarijako, jolloin palkit vaikuttavat kustannuksiin. On huomioitava, että ontelolaattaratkaisun käyttökelpoisuus on tutkittava, koska laatan halkeilu voi rajata sallitun kuormituksen. Sallittu kuormitus voi täytyä pelkästään pintabetonin painolla. Ratkaisu, mikä on tuotettu jännittämättömillä rakenteilla, toi selkeästi kalleimman ratkaisun. Tämä ratkaisu vaatii ylimääräiset pilarilinjat ja on merkittävä kustannuslisä. Laskelmissa ei ole huomioitu maarakennuksessa mahdollisesti eteen tulevaa louhintakustannuksia, koska alueen pohjakartoitusta ei ollut mukana tässä opinnäytetyössä.

Taulukko 13 Rakennuksen kustannukset eri runkovaihtoilla

Paikoituksen hinta	€/m ²	€/autopaikka
Kuorilaattaratkaisu	1 054,17 €	32 942,96 €
Ontelolaattaratkaisu	1 018,57 €	31 830,40 €
Ratkaisu välipilareilla (jännittämätön rakenne)	1 189,38 €	37 168,08 €

Kulujen jakautuminen



Kuvio 5 Kulujen jakautuminen eri osa-alueisiin

Kuviosta 5 ilmenee kulujen jakautuminen karkealla tasolla. Kustannukset on laskettu kuorilaattarakenne-ratkaisun mukaisesti. Muissa ratkaisuissa rungon kustannukset vie kuorilaattaa isomman osan. Maa- ja pohjarakennustyö vievät ison osan kustannuksista, vaikkei tähän ole huomioitu pintatöitä eikä putkitöitä. Kohde on suunniteltu osittain maan alle ja tällä on iso vaikutus kustannuksiin. Runko on tässä kohteessa myös isossa osassa ja siinä saadut säästöt aikataulussa ja kustannuksissa ovat merkittäviä loppukustannuksen kannalta.

6 POHDINTA JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Työ antoi laajan tietopaketin autopaikoituksen suunnitteluun rungon ja savunhallinnan osalta. Täydennysrakentamisen osalta aihe oli erittäin mielenkiintoinen, koska täydennysrakentaminen on ollut paljon esillä erityisesti Kuopiossa. Aihe oli haastavaa rajata, jotta kokonaisuus pysyisi kaiken kaikkiaan järkevänä. Paljon oli uutta asiaa käsiteltävänä ja moneen uuteen asiaan sai tutustua.

Työssä oli tavoitteena tehdä 3D-malli rakennuksesta, suunnitella runkorakenteet, tehdä kustannusarvio ja hakea ratkaisua savunpoistolle. Kaikkiin näihin tavoitteisiin päästiin aikataulussa. Työn aloitus viivästyi, koska suunnitelmat muuttuivat heti alussa. Tarkoitus oli tutkia puurakentamisen soveltumista paikoitusrakentamiseen, mutta tämä asia hylättiin, koska suunnitelmapiirrukset muuttuivat alkuperäisestä. Teoriaa kuitenkin käsiteltiin paikoitusrakennukseen sopivalla tavalla, eli niiltä osin miten runkorakenteet soveltuvat kohteeseen. Runkorakenteista pyrittiin hakemaan kaikista sopivinta erityisesti välipohjaratkaisussa. Työssä käsiteltiin paikoitusrakennusta monelta eri kantilta. Työssä olisi kyllä voinut tehdä pidemmälle vietyjä suunnitelmia, mutta tein rajauksen siihen että kustannuslaskenta onnistuu.

Painopiste työssä on täydennysrakentamisessa ja miten annettu arkkitehtiluonnos soveltuu täydennysrakentamiskohteeseen. Yksityiskohtaisempiin soveltamisiin olisi pystytty jos alussa olisi tehty tiukemmat linjaukset käsiteltävistä asioista. Opinnäytetyössä oli aika vapaat kädet valita, mitä asioita siinä painotetaan. Keskeinen ongelma työssä oli havaintojen tuottaminen, koska teoriapohja on laaja ja tehtyjä ratkaisuja oli vaikea löytää varsinkin savunpoiston osalta. Asiaa yritettiin ratkaista kuulopohjaisella tiedolla. Tiedossa oli ritiläratkaisulla oleva savunpoistoaukko välipohjassa, mutta käytännössä ratkaisuun ei ollut selkeää kuvaa, eikä ohjetta. Käytännössä teoreettinen pohja ja kokonaisuus on ymmärrettävä paloturvallisuuden osalta, ja ratkaisun löytäminen vaatii laajan perehtymisen ja asiantuntija-arvion. Suuntapuhallusjärjestelmä toimisi välipohjan läpi tuulettuvassa ratkaisussa. Otin yhteyttä suuntapuhallusjärjestelmää markkinoiviin tahoihin, mutta valitettavasti en saanut heiltä kannanottoa kysymyksiini. Uskon että maanalaisen, suljetun autopaikoitustilan savunpoistosta ja ilmanvaihdesta voisi saada ihan oman opinnäytetyöaiheen.

Runko massoiteltiin mallinnusohjelmilla, jotta löytyisi sopivat palaset runkorakenteeseen. Erityisesti kuori- ja ontelolaattarakenteesta löysin hyvin tietoa. Tähän auttoi hyvin laajat verkkolähteet ja alan kirjallisuus. Tiedon löytäminen jännitetyn palkkiratkaisuun tuotti oman haasteensa. Jännitetyistä rakenteista oli tietoa tarjolla hyvin niukalti. Ratkaisun löytämisessä hain tietoa alan kirjallisuudesta ja verkkolähteistä, mutta sopivaa tietoa ei ollut helppo löytää. Pitkien jännevälien palkkiratkaisun poikileikkausten valinnassa käytin karkeaa arviota, että saan tiedot kustannuslaskentaa varten.

Kustannuslaskennan osalta sain selvitetyn autopaikkakohtaisen hinnan, jota voi pitää hyvänä ennakotietona kohteen kustannuksista. Tiedon saaminen on hyvin tärkeää, jotta saadaan alustavaa tietoa kohteen kannattavuudesta. Kustannustietoa saatiin myös erilaisista rakenneratkaisusta.

LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT

Elementtisuunnittelu. [Verkkoaineisto]. [Viitattu 2014-04-14] Saatavissa:

<http://www.elementtisuunnittelu.fi/fi>

Polku: elementtisuunnittelu.fi. Rakennejärjestelmät. Pysäköintilaitokset

ESKELINEN Pekka, JUNES Jani, LEHTO Samu. 2014. Tässä työssä esiintyvät digikuvat.[digikuva]. Sijainti: Kuopio: Tekijän sähköiset kokoelmat

HASU Eija, KNUUTI Pekka, KURVINEN Antti, LAHTI Pekka, NIEMI Olli, NYKÄNEN Veijo, STAFFANS Aija VIRTÄ Jari. 2014. ESPOO: VTT. Asuntoyhtiöiden uudistava korjaustoiminta ja lisärakentaminen. Saatavissa: <http://www.vtt.fi/inf/pdf/technology/2013/T97.pdf>

HOSTIKKA Simo, MIKKOLA Esko, RINNE Tuomo, TILLANDER Kati, ja WECKMAN Henry. Henkilöturvallisuuden kehittäminen maanalaisissa tiloissa paloriskejä pienentämällä. 2005. Tutkimus. Sijainti: Espoo VTT. Saatavissa: <http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2005/T2318.pdf>

Junes, Jani 2014. Työssä esiintyvät digikuvat. [digikuva]. Sijainti: Kuopio: Tekijän sähköiset kokoelmat.

KALENOJA Hanna, KARHULA Kaisa, TIIKKALA Hanne ja PALONEN Tuomas. Keskustan pysäköinti osana liikennejärjestelmää. 2013 Tutkimus. Sijainti: Tampere Verne TKK. Saatavissa:

http://www.tut.fi/verne/wp-content/uploads/pysakointiolosuhteiden_kehitys_tampereen_keskustassa.pdf

KALLIO, Mirva 2011 Asukaspysäköinnin tarve ja pysäköintinormien määrittäminen. Diplomityö. Sijainti: Espoo. Aalto-yliopisto. Saatavissa: <http://lib.tkk.fi/Dipl/2011/urn100477.pdf>

KANSI- JA KATTOPUUTARHAT SEKÄ VIHHERKATOT, RT 85-10709, Helsinki. Rakennustieto Oy

KORHONEN, Teijo 2010 Kustannuslaskenta rakennushankkeessa. Kajaanin ammattikorkeakoulu. Rakennustekniikka. Opinnäytetyö. [Viitattu 2014-04-14]. Saatavissa:

http://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/16206/Korhonen_Teijo.pdf?sequence=1

KOSONEN, Leo 2007. Kuopio 2015. Jalankulku-, joukkoliikenne- ja autokaupunki. Helsinki. Ympäristöministeriö. Saatavissa: <https://helda.helsinki.fi/handle/10138/38432>

LEHTI, Konsta 2010 Täydennysrakentaminen Helsingin Siltamäessä. Tampereen teknillinen yliopisto. Diplomityö. Saatavissa:

<http://www.rakennusteollisuus.fi/download.aspx?intFileID=1951&intLinkedFromObjectID=13070>

LESKELÄ, Matti V. 2008. Betonirakenteiden suunnittelu ja mitoitus by 210. Helsinki: Suomen Betoniyhdistys ry.

LOIKKANEN, Heikki A. 2004. Kaupunkitaloustieteen johdantokurssi [Luentomateriaali]. Helsinki:

Helsingin yliopisto. Saatavissa: <http://www.mv.helsinki.fi/home/heloikka/>

Polku: mv.helsinki.fi/home/heloikka/. Luku 5

LUKKARINEN, Sanna. 2011. Asunto-osakeyhtiön lisärakentamisen taloudellinen kannattavuus. Aalto Yliopisto. Diplomityö. Saatavissa:

<http://rt.e21solu.fi/download.aspx?intFileID=2482&intLinkedFromObjectID=13070>

Multi-storey marvel 2010. Puurakenteinen autohalli Ruotsissa. [Viitattu 28.3.2014] Saatavissa:

<http://www.timber-building.com/features/multi-storey-marvel/>

OJALA, Toni 2007 Koy Hermian Bitti / Paikoituslaitos. Runkoratkaisun toteutussuunnitelma. Rakennustekniikan koulutusohjelma. Opinnäytetyö. [Viitattu 2014-03-25.] Saatavissa:

<https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/9690/TMP.objres.962.pdf?sequence=2>

PYSÄKÖINTIALUEET 2010, RT 98-10986, Helsinki. Rakennustieto Oy

TOLVANEN, Anni 2009 Täydennysrakentamisen käynnistysvaiheen analyysi. 2009. Diplomityö. Si-
jainti: Espoo TKK. Saatavissa:

<http://www.rakennusteollisuus.fi/download.aspx?intFileID=1819&intLinkedFromObjectID=13070>

RAKENTEELLINEN PALOTURVALLISUUS, PYSÄKÖINTILAITOIKSET RIL 195-4-2005. Helsinki.

Suomen Rakennusinsinöörien liitto RIL ry

RAKENNUSTEN SAVUNPOISTO, SUUNNITTELU, YLLÄPITO JA TOTEUTUS RIL 232-2012. Helsinki.

Suomen Rakennusinsinöörien liitto RIL ry

Uutta Helsinkiä [Verkkosaineisto]. [Viitattu 2014-04-14] Saatavissa:

<http://www.uuttahelsinki.fi/fi/taydennysrakentaminen/mita-taydennysrakentaminen>

YMPÄRISTÖMINISTERIÖN ASETUS RAKENNUSTEN PALOTURVALLISUUDESTA. RakMk E1.

[viitattu 11.2.2014]. Saatavissa: <http://www.finlex.fi/data/normit/10530-37-3762-4.pdf>

YMPÄRISTÖMINISTERIÖN ASETUS TUOTANTO- JA VARASTORAKENNUSTEN

PALOTURVALLISUUDESTA RakMk E2. [viitattu 11.2.2014]. Saatavissa:

<http://www.finlex.fi/data/normit/28207-E2su2005.pdf>

YMPÄRISTÖMINISTERIÖN ASETUS AUTOSUOJIEEN PALOTURVALLISUUDESTA. RakMk E4.

[Viitattu 11.2.2014]. Saatavissa: <http://www.finlex.fi/data/normit/28206-E4su2005.pdf>

YMPÄRISTÖOPAS 39, RAKENNUSTEN PALOTURVALLISUUS & PALOTURVALLISUUS KORJAUSRA-
KENTAMISESSA. Ympäristöministeriö. Saatavissa: <http://hdl.handle.net/10138/40357>

LIITE 1: KUSTANNUSLASKELMAT ERI RUNKOVAIHTOEHDOLLA

Kuorilaattaratkaisu

1	Maa- ja pohjarakennus	218 536,09 €	12,85 %
2	Perustukset	83 340,14 €	4,90 %
3	Runko	846 292,72 €	49,77 %
4	Täydentävät rakennusosat	24 774,70 €	1,46 %
5	Pintarakenteet	28 466,84 €	1,67 %
6	Kalusteet, varusteet, laitteet, savunpoisto	120 000,00 €	7,06 %
7	Konetekniset aputyöt	0,00 €	0,00 %
8	Työmaan käyttökustannukset	102 500,00 €	60,3 %
9	Työmaan yleiskustannukset	276 371,33 €	16,25 %
			100 %
	Työmaa yhteensä		
	Tarjoushinta	1 700 281,83 €	B1
	Kustannusnousuvara, (kustannuksista)	0,00 €	B2
	Kate, (kustannuksista)	0,00 €	B3
	Alennus	0,00 €	B4
	Yhteensä veroton	1 700 281,83 €	
	Arvonlisävero 24,00 %	408 067,64 €	B5
	Veroton tarjoushinta B1 + B2 + B3 + B4	1 700 281,83 €	B6
	Arvonlisäverollinen tarjoushinta B5 + B6	2 108 349,47 €	B7

Ontelolaattaratkaisu

1	Maa- ja pohjarakennus	218 536,09 €	13,30 %
2	Perustukset	83 340,14 €	5,07%
3	Runko	836 070,38 €	50,89 %
4	Täydentävät rakennusosat	24 774,70 €	1,51 %
5	Pintarakenteet	28 466,84 €	1,73 %
6	Kalusteet, varusteet, laitteet	120 000,00 €	7,30 %
7	Konetekniset aputyöt	0,00 €	0,00 %
8	Työmaan käyttökustannukset	102 500,00 €	6,24 %
9	Työmaan yleiskustannukset	229 171,14 €	13,95 %
			100 %
	Työmaa yhteensä	1 642 859,29 €	B1
	Tarjoushinta		
	Kustannusnousuvara, (kustannuksista)	0,00 €	B2
	Kate, (kustannuksista)	0,00 €	B3
	Alennus	0,00 €	B4
	Yhteensä veroton	1 642 859,29 €	
	Arvonlisävero 24,00 %	394 286,23 €	B5
	Veroton tarjoushinta B1 + B2 + B3 + B4	1 642 859,29 €	B6
	Arvonlisäverollinen tarjoushinta B5 + B6	2 037 145,52 €	B7

Jännittämätön rakenne

	YHTEENVETO		
1	Maa- ja pohjarakennus	218 536,09 €	11,41 %
2	Perustukset	95 207,89 €	4,97 %
3	Runko	1 036 99,93 €	54,16 %
4	Täydentävät rakennusosat	24 774,70 €	1,29 %
5	Pintarakenteet	28 466,84 €	1,49 %
6	Kalusteet, varusteet, laitteet	120 000,00 €	6,27 %
7	Konetekniset aputyöt	0,00 €	0,00 %
8	Työmaan käyttökustannukset	102 500,00 €	5,35 %
9	Työmaan yleiskustannukset	291 866,88 €	15,05 %
			100 %
	Työmaa yhteensä	1 918 352,33 €	B1
	Tarjoushinta		
	Kustannusnousuvara, (kustannuksista)	0,00 €	B2
	Kate, (kustannuksista)	0,00 €	B3
	Alennus	0,00 €	B4
	Yhteensä veroton	1 918 352,33 €	
	Arvonlisävero 24%	460 404,56 €	B5
	Veroton tarjoushinta B1 + B2 + B3 + B4	1 918 352,33 €	B6
	Arvonlisäverollinen tarjoushinta B5 + B6	2 378 756,89 €	B7