



Pysäköintihallin holvityyppien kustannusvertailu

Jesse Kuusniemi

OPINNÄYTETYÖ
Toukokuu 2020

Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka
Rakennustuotanto

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka
Rakennustuotanto

KUUSNIEMI, JESSE:

Pysäköintihallin holvityyppien kustannusvertailu

Opinnäytetyö 46 sivua
Toukokuu 2020

Opinnäytetyön aiheena oli pysäköintihallin holvityyppien kustannusvertailu. Tavoitteena oli saada kustannustietoa kolmen erilaisen rakennusmenetelmän laskettujen ja toteutuneiden kustannusten perusteella. Tämä työ on tehty Pohjola Rakennus Oy Suomen toimeksiantona. Kustannustietoja ja rakentamiseen vaikuttavia eroavaisuuksia voidaan saatujen tulosten perusteella hyödyntää tulevaisuuden kohteissa.

Työssä saatiin paikkansapitävää ja ajankohtaista kustannustietoa paikallavale-tusta, kuorilaatoilla tehdystä sekä jälkijännitetyllä rakenteella toteutetuista pysäköintihallin holveista. Lisäksi työssä vertaillaan näiden rakennustapojen toteutusmenetelmiä, aikataulua ja työturvallisuutta sekä niiden vaikutusta hankkeen kustannuksiin ja toteutukseen. Työssä on esitetty vertailtavien rakenteiden tekniset ominaisuudet ja perustiedot. Rakenteiden perustietojen jälkeen perehdytään toteutusmenetelmiin sekä niiden aiheuttamiin haasteisiin ja huomioitaviin asioihin. Tämän jälkeen perehdytään kustannusten kertymiseen ja vertailtiin laskettuja ja toteutuneita kustannuksia. Lopuksi vielä analysoitiin aikatauluun ja työturvallisuuden vaikuttavia seikkoja.

Opinnäytetyössä selvisi, että rakennusmenetelmien välillä on jonkin verran eroja. Toteutusmenetelmät eroavat työvaiheiltaan toisistaan. Kustannuksissa voidaan havaita kuorilaatoilla toteutetun olevan kustannustehokkain rakennustapa. Aikataulullisesti paikalla valetun holvin toteuttaminen vie huomattavasti enemmän aikaa kuin kuorilaatoilla tehdyn holvin tai jälkijännitetty holvin. Työturvallisuusasi-oissa ei ole huomattavia eroja.

Asiasanat: pysäköintihalli, holvi, kustannusvertailu

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Construction Engineering
Building Production

KUUSNIEMI, JESSE:

Cost Comparison of Parking Hall Deck Types

Bachelor's thesis 46 pages
May 2020

The goal of this thesis was to gather cost information for different kind of parking hall decks on the calculated and actual costs of three different construction methods used in the construction of parking hall decks. This final thesis was commissioned by Pohjola Rakennus Oy Suomi. This information about costs and differences of factors affecting the constructions can be used in future projects.

The main goal was to gain accurate and current data on the costs of an in-situ deck, a thin-shell slab deck and a post-tensioned deck. In addition, implementation methods, schedules, and safety aspects of each method were compared, as well as the overall effect these factors have on the cost and implementation of the project. In this thesis, technical qualities and basic information on the structures to be compared is presented first, then methods of implementation and challenges caused by them. Next, a discussion is given on accumulation of costs together with a comparison of calculated and actual costs. Lastly, things affecting scheduling and safety are analyzed.

The result of the work done in this final thesis was that there are differences between these methods of construction. The implementation methods differ from each other significantly by stages of the operation. It was determined that the thin-shell slab deck is the most cost-effective method of construction. As regards schedule, the construction of an in-situ deck takes notably more time than is the case with a thin-shell slab deck or post-tensioned deck. There weren't any notable differences in terms of safety issues.

Key words: parking garage, parking hall, roof type, cost comparison

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	6
2	PYSÄKÖINTIHALLIEN HOLVITYYPIT	8
2.1	<i>Pysäköintihallirakentaminen</i>	8
2.2	<i>Paikallavalu holvi</i>	9
2.3	<i>Kuorilaatta holvi</i>	11
2.4	<i>Jälkijännitetty holvi</i>	13
3	TOTEUTUSMENETELMIEN VERTAILU	15
3.1	<i>Pysäköintihallin holvi paikalla valamalla</i>	15
3.1.1	<i>Paikalla valetun hyödyt ja haitat</i>	17
3.2	<i>Pysäköintihallin holvi kuorilaatoilla</i>	17
3.2.1	<i>Kuorilaatta holvin hyödyt ja haitat</i>	20
3.3	<i>Pysäköintihallin jälkijännitetty holvi</i>	20
3.3.1	<i>Jälkijännitetyn holvin hyödyt ja haitat</i>	23
3.4	<i>Välilliset vaikutukset työvaiheissa</i>	24
4	KUSTANNUKSET	26
4.1	<i>Työmaakustannusten kertyminen</i>	26
4.2	<i>Kustannuslaskenta</i>	27
4.3	<i>Jälkilaskenta ja loppuselvitykset</i>	28
4.4	<i>Kustannuslaskelma ja toteutuneet kustannukset</i>	28
4.4.1	<i>Paikallavalu holvi</i>	29
4.4.2	<i>Kuorilaatta holvi</i>	30
4.4.3	<i>Jälkijännitetty holvi</i>	31
4.4.4	<i>Perustukset ja pilarit</i>	32
5	AIKATAULU	33
5.1	<i>Ajallinen suunnittelu</i>	33
5.2	<i>Yleisaikataulu</i>	33
5.3	<i>Rakentamismuutoseikataulu</i>	34
6	TYÖTURVALLISUUS	37
6.1	<i>Työturvallisuus rakennustyömaalla</i>	37

6.2	<i>Paikallavalurakentamisen työturvallisuus.....</i>	38
6.3	<i>Työturvallisuus elementtiasennuksissa ja jälkijännityksessä.....</i>	40
7	JOHTOPÄÄTÖKSET	42
7.1	<i>Kustannukset.....</i>	42
7.2	<i>Aikataulu ja työturvallisuus.....</i>	42
8	POHDINTA.....	44
9	LÄHTEET	45

1 JOHDANTO

Rakennushankkeisiin sisältyy paljon eri tavoitteita, jotka liittyvät laatuun, aikatauluun, turvallisuuteen, käytettävyyteen, elinikään ja vaikka ympäristösuojeluun. Kaikkia näitä tavoitteita kuitenkin arvioidaan ja verrataan kustannusten kautta. Rakennushankkeen kustannuksien hallinta on merkittävä osa hankkeen jokaista vaihetta. Rakennushankkeeseen ryhtyvän on syytä miettiä, kuinka paljon ollaan valmiita maksamaan nopeasta toteutusajasta, paremmasta laadusta tai käytettävyydestä? Kustannusten perusteella mitataan rakennushankkeen lopullinen onnistuminen. Kustannuksien hallinta kulkee käsi kädessä projektin laadun, aikataulun ja laajuuden kanssa. (Rakennustieto Oy, 2018, Ratu KI-6033 Rakennushankkeen kustannushallinta, 8-13)

Rakennushankkeen eri vaiheissa ja erilaisia rakenneosia toteuttaessa tehdään kustannusvertailuja. Kustannusvertailujen avulla voidaan löytää parhain tuotantoratkaisu ja pystytään alentamaan kustannuksia ja parantamaan kilpailukykyä. Kustannusvertailut tehdään usein ennen työvaiheen aloittamista, mutta vertailuja voidaan tehdä toteutuneiden kustannusten perusteella, jolloin saadaan hyödyllistä tietoa tuleviin projekteihin.

Opinnäytetyössä vertaillaan kolme erilaista parkkihallin holvirakennetyyppiä. Vertailussa otetaan huomioon kustannukset, aikataulu, työmenetelmät ja työturvallisuus. Työssä tutkitaan toteutuneiden kustannusten perusteella kustannustehokkain tapa sekä tutkitaan, mikä on ajallisesti ja turvallisesti tehokkain pysäköintihallin holvin toteutusratkaisu. Työssä perehdytään myös holvien rakennustekniisiin eroavaisuuksiin ja työmaahan kohdistuviin välillisiin vaikutuksiin.

Kustannusvertailun kohteena on Pohjola Rakennus Oy Suomen kolmen työmaan pysäköintihallit. Työmaat sijaitsevat hyvin lähellä toisiaan samassa kaupunginosassa Tampereen Santalahdessa. Vertailu tehdään As Oy Pispanrannan Arielin ja Rubinon Pysäköintihallista, joka on toteutettu kuorilaatta rakenteisella holvilla, As Oy Pispanrannan Jubileen ja Minerinan pysäköintihallista, joka on toteutettu jälkijännitettynä holvina sekä As Oy Tikkutehtaan Loimu ja Hehkun, joiden pysäköintihallin holvi on tehty paikallavalamalla.

Tavoitteena on saada tämän hetkistä tietoa kyseisten pysäköintihallin holvirakennetyyppien kustannuksista. Jonka avulla pystytään jatkossa kohteiden hanke-/tarvesuunnittelussa miettimään mikä holvityyppi on kullekin pysäköintihallille sopivin ja kustannustehokkain. Työssä myös perehdytään työmaakustannusten hallintaan sekä hieman jälkilaskentaan. Vertailussa on myös otettu huomioon erikseen lasketut kustannukset ja toteutuneet kustannukset.

2 PYSÄKÖINTIHALLIEN HOLVITYYPIT

2.1 Pysäköintihallirakentaminen

Pysäköintihalli tai pysäköintilaitos on autojen pysäköintiä varten rakennettu rakennus tai rakennuksen osa, ne voivat sijaita maan alla, kellarissa tai erillisessä rakennuksessa. Pysäköintihalleja ja pysäköintilaitoksia rakennetaan kerrostalo-alueille, keskusta-alueille, liikekeskuksiin, terminaaleihin, sairaaloihin, vapaa-ajanalueille sekä messu- ja näyttelyalueilla. (Rakennustieto Oy, 2016, RT 98-11237 Pysäköintilaitokset, 2)

Pysäköintihallia tai laitosta suunniteltaessa on hyvä ottaa huomioon muun muassa esteettömyys, autolla ajamisen ja jalankulun sujuvuus ja turvallisuus, hyvä visuaalinen ilme (riittävä valaistus, vaaleat väriytykset, mahdollinen päivänvalo, rakenteiden muotoilu, avonaisuus, riittävä näkyvyys), ylä- ja alapohjan vedenpitävyys, kaadot ja viemärointi, ilmanvaihto, lämmitys ja kulunvalvonta. Pysäköintihallit mitoitetaan käyttötarkoituksen mukaisesti lyhytaikaiseen ja pitkäaikaiseen pysäköintiin. Asuinrakennusten parkkihalleissa on pitkäaikaista pysäköintiä ja paikkojen lukumäärä perustuu rakennuksen sijaintiin ja kaavan määräyksiin, yleinen parkkipaikkojen suhde on 0,5 parkkipaikkaa per asunto. Parkkipaikka on 2,5-2,8 m leveä ja noin 5 m pitkä. Pinta-alaa autopaikkaa kohti pysäköintihallissa on 25...30 m². (Rakennustieto Oy, 2016, RT 98-11237 Pysäköintilaitokset, 3-4)

Pysäköintihallien rakenteet tehdään betonista tai teräksestä. Pysäköintihallin rakennesuunnitteluun vaikuttaa jänneväli, kuormat, kerroskorkeus, paloturvallisuusmääräykset ja sijainti. Pysäköintihalleihin parhaiten soveltuva jänneväli on 16,5-17m, johon soveltuu parhaiten paikalla valettu pilarilaatta- tai pilaripalkkirakenne, elementtirakenne pintavalulla, tai paikallavaletun rakenteen ja elementtirakenteen yhdistelmä. Pidemmillä jänneväleillä käytetään paikallavalettua laattaa ja palkkia jälkijännitetyillä jänneteräksillä, jotka eivät tartu valuun. Teräksiset rungot tehdään poimulevy-laatoilla ja liittopalkeilla. Teräsrungon yhteydessä voidaan käyttää betonirakenteita. Teräsrunko vaatii palomääräysten mukaisen palosuojauksen. (Rakennustieto Oy, 2016, RT 98-11237 Pysäköintilaitokset, 3-6)

Pysäköintihalleissa on paljon turvallisuuteen vaikuttavia tekijöitä. Häätäpoistumistiet tulee olla esteettömät ja ne tulee merkitä kylteillä ja viitoilla. Viivoitukset, opasteet, ohjeet ja liikennemerkkit maalataan tai kiinnitetään pysäköintilaitoksen rakenteisiin. Pysäköintilaitoksissa oleellisia varusteita ovat paloilmotusjärjestelmä, savunpoisto ja savunohjausjärjestelmät ja muut turva- ja valvontajärjestelmät. (Rakennustieto Oy, 2016, RT 98-11237 Pysäköintilaitokset, 13-14)

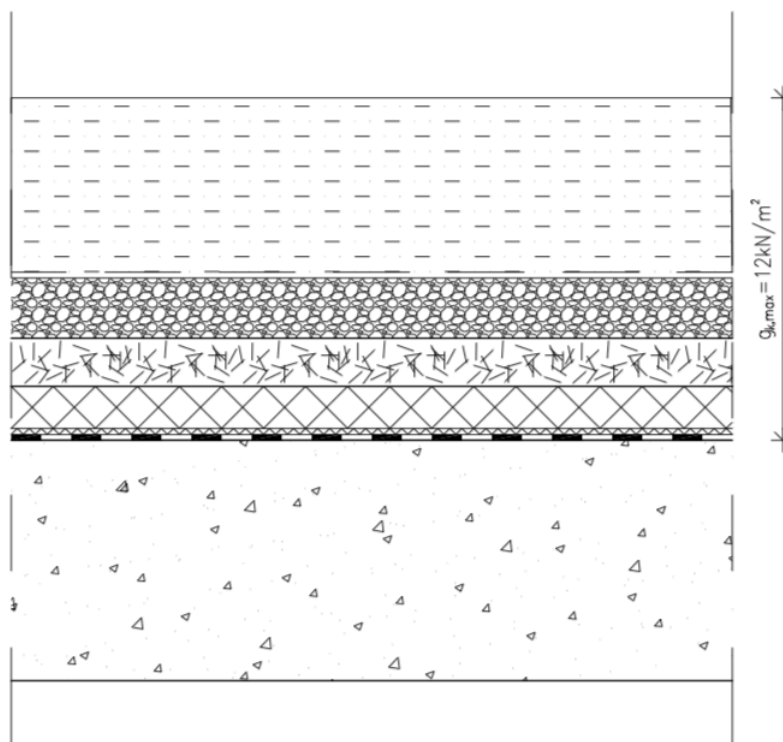
Tässä opinnäytetyössä kustannusvertailun kohteena on rakennuksien osat, jotka sijaitsevat kahden kerrostalo rakennuksen välissä, jolloin pysäköintihallin kannen rakenteet liittyvät talon rakenteisiin. Pysäköintihallien päällä ei ole asuinrakennelmia, niissä on piha-alueita ja joitain kevyitä puisia rakennelmia muun muassa polkupyöräkatoksia. Hallit ovat niin sanottuja puolilämpimiä halleja eli niitä ei lämmitetä erillisillä laitteilla, mutta yläpohjan rakenteissa on kuitenkin eristys. Vertailussa otetaan huomioon ainoastaan parkkihallin holvirakenne, sen alapuoliset pilarit ja yläpuoliset eristykset ja laatat ovat kutakuinkin samanlaisia jokaisessa menetelmässä.

2.2 Paikallavalu holvi

Paikallavaletun runkorakenteen suunnitteleminen ja toteuttaminen on yksinkertaista. Rakennuksen eri osien käyttötarkoituksiin pystytään vaikuttamaan. Laattojen vaihtelevat kuormitukset voidaan ottaa huomioon paikallisesti muuttamalla raudoitusta tai laattapaksuutta. Voidaan myös tehdä rakenteet lujemmasta betonista tai käyttää laattapalkistoja. Rakennuksen runkojärjestelmän valinta tehdään luonnossuunnittelussa, jolloin rakennuksen käyttötarkoitus ja tärkeimmät toiminnot vaikuttavat rakennuksen rungon ominaisuuksiin. (Rakennustieto Oy, 2004, RT-10814 Paikallavaletut betonirunkorakenteet, 2)

Paikallavaletun holvin työt tehdään rakennesuunnitelmien perusteella. Suunnitelmissa rakennesuunnittelija määrittää rakenteen vaadittavat ominaisuudet kuten seuraamusluokka, sallitut kuormitukset, paloluokka, teräsosien ja raudoitteiden ominaisuudet sekä betonin ominaisuudet (lujuus, rasitusluokka, käyttöikä, suoja-betonin nimellisarvo ja laatan vahvuus). Raudoitussuunnitelmat tulevat punosuunnittelijalta. Muottikaluston- ja tuennansuunnitelmat tulevat usein muotti- ja

tuentakalusto toimittajilta. (Rakennustieto Oy, 2004, RT-10814 Paikallavaletut betonirunkorakenteet, 5-6)



MULTA JA ISTUTUKSET RAKENNUSELITYKSEN MUKAAN

JUURISUOJAMATTO

SUODATINKANGAS, KÄYTTÖLUOKKA N2, SAUMAT LIMITTÄIN >200mm

min.150 mm SALAOJAKERROS/KEVENNYS, VAAHTOLASI TAI KEVYTSORA

80 mm KUITUBETONI (kuitubetonin toimittajan suositusten mukaisesti)

70 mm XPS SUULAKEPURISTETTU SOLUPOLYSTYREENI, esim. Finnfoam F400

20 mm LAAKEROINTIKERROS, SALAOJAMATTO, esim. Enkadrain S5004C/T110PP

VEDENERISTYS VE80R, YLIMMÄSSÄ KERROKSESSA JUURISUOJA

400 mm KANTAVA TERÄSBETONILAATTA RAKENNEPIIRUSTUSTEN MUKAAN,
KALLISTUS >1:80. PILARIN KOHDALLA LÄVISTYSRAUUDOITUS

PINTAKÄSITTELY RAKENNUSELITYKSEN MUKAAN

PALONKESTOLUOKKA REI60

Kuva 1 Paikallavaletun pysäköintihallin kansileikkaus (Sokopro Loimu)

Paikallavaletun holvin tuotantoprosessi koostuu useammasta eri vaiheesta. Paikalla valettaessa oleelliset työvaiheet ovat muotitus ja raudoitus, betonin kuljetus, betonointityöt, jälkityöt ja kovettumisen seuranta.

Ensimmäisessä vaiheessa tehdään muotit ja raudoitus. Muottien valintaan vaikuttaa tehtävän holvin omapaino, paksuus, sijainti ja vuodenaika. Muotti on väliaikainen rakenne, jonka tehtävänä on kantaa, tukea ja suojata betoni valutöiden ja kovettumisen aikana. (Rakennustieto Oy, 2012, Ratu 0398 Levymuottityö, 6)

Toisessa vaiheessa betoni kuljetetaan työmaalle märkänä eli se on tuoretta ja työstettävää. Betoni voidaan varastoida työmaalla vastaanottoasemaan tai se voidaan pumpata tai nostaa betoninnostoastialla suoraa betonointi kohteeseen.

Betonointi vaiheessa muotti- ja raudoitustyöt on tehty. Varaukset ja putkituksen on asennettu sekä betonointi töitä varten tehdyt kulkusillat ja telineet on valmiit. Betoni lasketaan muottiin ja se tiivistetään suurtaajuusvibralla. Valmiin laatan pinta tasoitetaan lanaamalla. (Rakennustieto Oy, 2012, Ratu 0403 Betonointi, 6)

Jälkitöillä tarkoitetaan valmiin betonilaatan liian nopean tai liian hitaan kovettumisen estämistä. Liian kuumat ja kuivat olosuhteet saavat betonin halkeilemaan ja liian kylmissä olosuhteissa betoni saavuttaa tarvittavan lujuuden hitaasti. Talvella betonia lämmitetään ja kesällä betonin halkeilua pyritään estämään kemikaaleilla tai vedellä kastelemalla. (Rakennustieto Oy, 2012, Ratu 0403 Betonointi, 8-9)

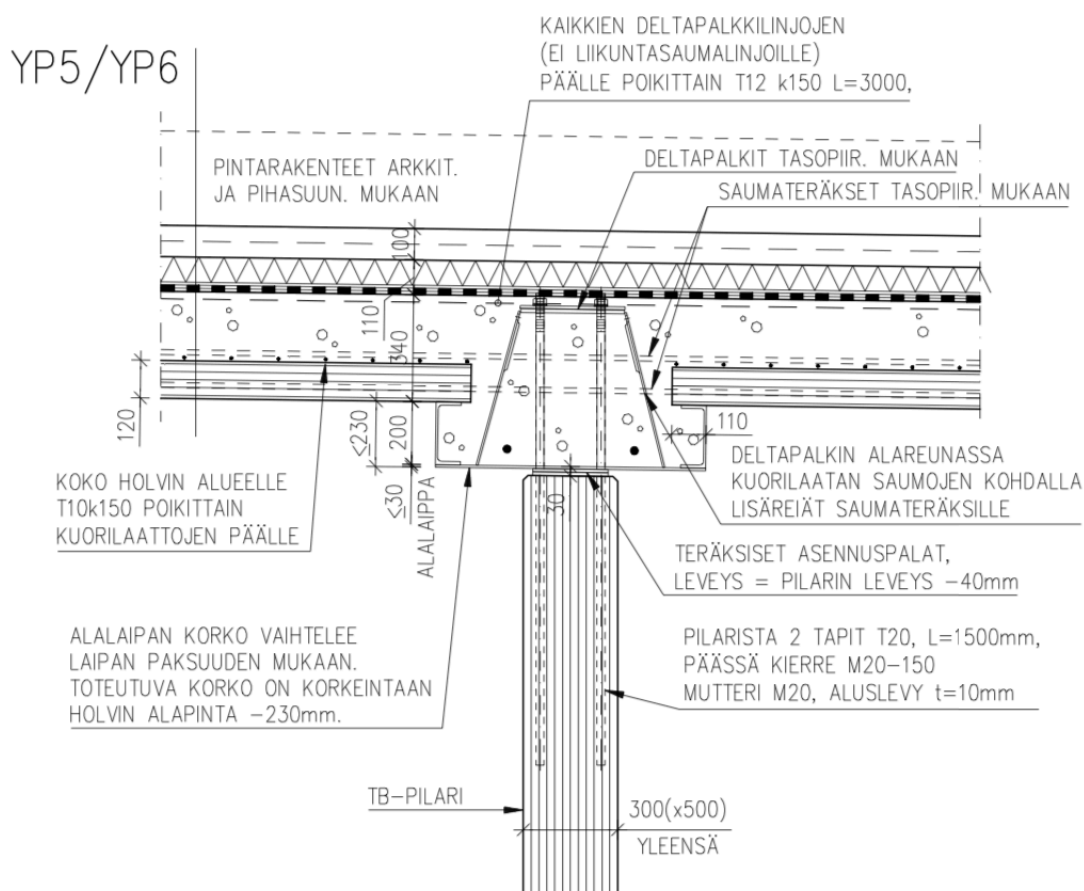
2.3 Kuorilaatta holvi

Kuorilaatta on ohut, esijännitetty laattaelementti. Kuorilaatan päälle valetaan pintavalu, jolloin se toimii liittorakenteena. Kuorilaattoja käytetään alapohjissa, välipohjissa ja parkkitasoissa. Kuorilaattoja käytetään pysäköinti-, varasto-, teollisuus ja asuntorakentamiskohteissa. (Rajaville Consolis, n.d., Ontelo- ja kuorilaatat)

Kuorilaatan tehtävä on olla muottina päälle valettavalle betonille. Kuorilaatta toimii pääraudoituksen sisältävänä liittorakenteena yhdessä pintavalun kanssa. Pileri-palkkirunkoratkaisuissa oleellinen osa on laataston tukena oleva palkisto. Palkit ovat teräsbetonisia tai teräksisiä Delta-palkkeja tai vastaavia. Laatastot pystytään suunnittelemaan tuettavaksi valun aikana tai ilman tuentaa. Kuorislaa-

tat eivät kannata pintavalusta aiheutuvia kuormia ennen kuin pintabetoni on saavuttanut tarvittavan lujuuden. Pitkillä laatastoilla tuet lyhentävät jännevälejä betonin kovettumisen ajaksi. Kuorilaatastoista pystytään tekemään vedenpitäviä kansirakenteita. (Parma Consolis, 2012, Parman kuorilaatastot, 3.)

KANSI JA PALKISTO KALLISTETTU KOKONAISUUTENA.
HOLVIN ALAPINNAN KOROT TASOPIIRUSTUKSEN MUKAAN.
HOLVIN YLÄPINNAN PAIKALLISKAADOT ESIM. KAIVOJEN YMPÄRILLÄ TASOPIIR. MUKAAN.



- DELTAPALKKI TUETAAN ASENNUSAIKAISESTI, KUNNES JUOTOSVALU ON KUIVUNUT
- KUORILAATAT LADOTAAN TASAISESTI MOLEMMILTA PUOLIN

Kuva 2 Kuorilaatta rakenteellisen pysäköintihallin kansileikkaus (Sokopro Arielle)

Kuorilaatat asennetaan neljästä nostopisteestä nostamalla, palkistojen päälle. Kuorilaatat irrotetaan palkeista joko kuminauhalla tai elementtikorokkeilla. Paikalleen asennettujen kuorilaattojen alle tehdään tarvittavat tuennat. Kuori laattojen

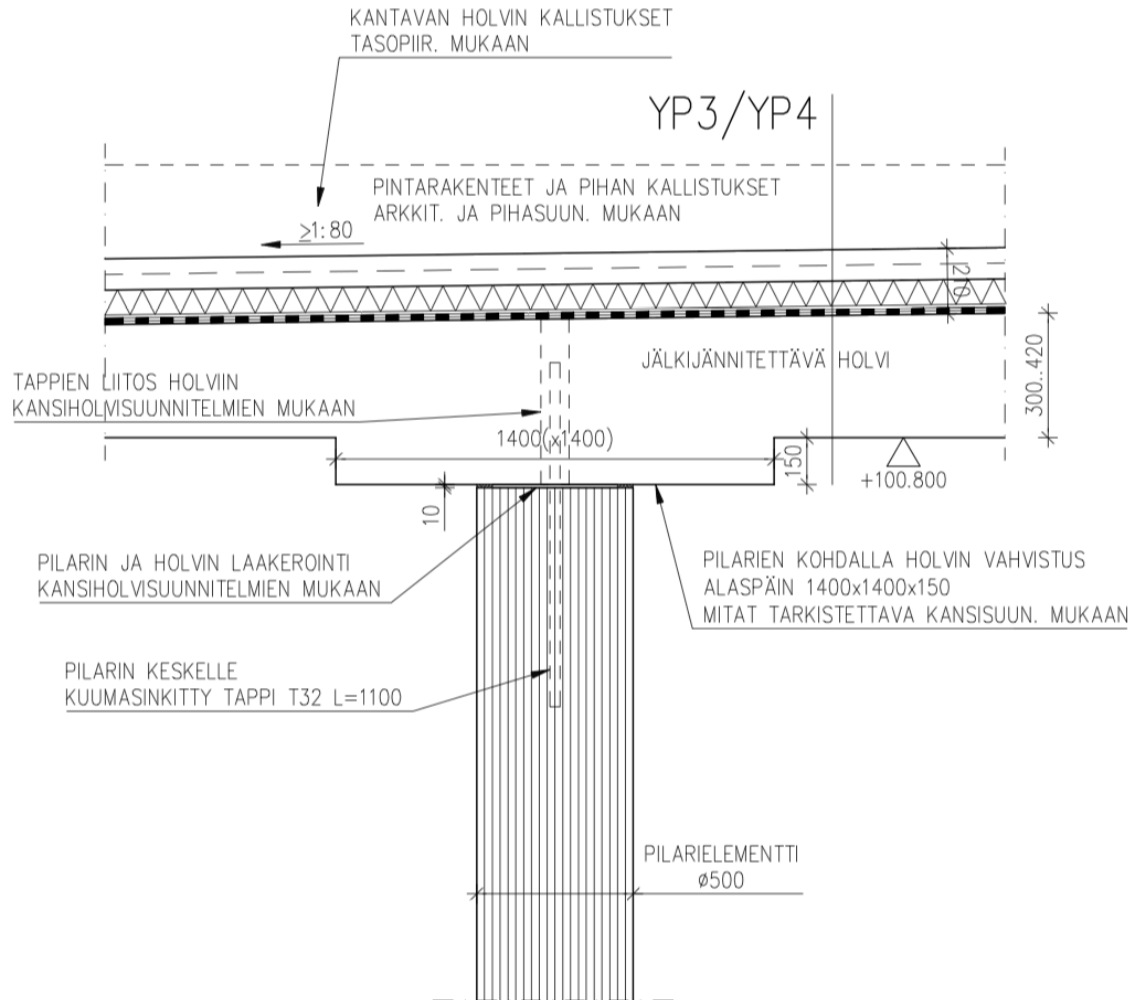
pintavalua tehtäessä toimitaan samoin kuin normaali paikallavalussa, ainoana erona on, että kuorilaatat toimivat muottina alla. Kuorilaattojen päälle tehdään raudoitukset, varaukset ja putkitukset. (Rakennustieto Oy, 2012, Ratu 0390 Kuorilaattaelementti- ja liittolevytyö, 6)

2.4 Jälkijännitetty holvi

Jälkijännitetty holvi on ominaisuuksiltaan erilainen kuin normaali massiivi- tai onteloholvi. Holvirakenne ei halkeile, jolloin sen vedenpitävyys paranee. Jälkijännitetyllä holvilla päästään pitkiin jänneväleihin ja mataliin kerrospaksuuksiin. (Rakennusteollisuus RTT ry, Betoniteollisuus ry, Betonilattiyhdistys ry, 2012, BLY-14 Betonilattiat kortisto, 24)

Jännityksen ansiosta betonirakenne ei halkeile, jolloin päästään pienempään taipumaan ja suurempaan taivutusjäykkyyteen. Rakenne on jännitetty betoniin tarttumattomilla vaijerijännteillä. Jännteet siirtävät holvin massaa viereisien rakennusten kantaville rakenteille. Käyttämällä jälkijännitettyä laattaa voidaan pienentää betonin määrää ja vähentää holvin pääteräksiä huomattavasti. (Rakennusteollisuus RTT ry ym. 2012, BLY-14 Betonilattiat kortisto, 26)

JÄLKIJÄNNITETTY AUTOHALLIN HOLVI
ERIKOISSUUNNITELMIEN MUKAAN.



Kuva 3 Jälkijännitetyn pysäköintihallin holvileikkaus (Sokopro Jubilee)

Paikallavaletun holvin tavoin muotti ja raudoitustyöt tehdään ennen valua. Muotteina voidaan käyttää normaaleita muottijärjestelmiä. Betonointi ja jälkityöt voidaan tehdä myös tehdä samoilla menetelmillä. Jänteiden jälkijännitykseen tarvitaan erityisosaamista ja työhön soveltuvan kaluston. Jännitystyöt aloitetaan, kun betoni on saavuttanut 70-80 % loppulujuudestaan. (Rakennusteollisuus RTT ry ym. 2012, BLY-14 Betonilattiat kortisto, 24-26)

3 TOTEUTUSMENETELMIEN VERTAILU

3.1 Pysäköintihallin holvi paikalla valamalla

Tässä tapauksessa muotit tehtiin Dokan holvimuotti järjestelmällä. Raudoitus tehtiin punos suunnitelman mukaan. Raudoituksen määrä laskettu noin. 34160 kg.



Kuva 4 Paikallavaletun holvin muotit ja tuenta (kuva J.Ottman)



Kuva 5 Paikallavaletun holvin raudoitusta ja alla muotti (kuva J.Ottman)

Valu eli betonointityöt tehtiin 2-4 hengen työryhmällä sekä pumppukuski ja säiliö-auto kuski. Kansi jaettiin lohkoihin, jolloin mahdollistettiin riittävä laatu ja minimoitiin riskit. Betoni tuotiin työmaalle sekoitussäiliöautolla. Betoni pumpattiin muotin päälle betonin kuljetuspumppuautolla tai autobetonipumpulla. Holvin paksuus on 400 mm, pinta-ala 1245 m² ja valun koko oli noin 510 m³. Valmiin valun päälle levitettiin jälkihoitoaine.



Kuva 6 Paikallavaletun holvin betonointityöt (Kuva: J.Ottman)

Tässä tapauksessa laatta peiteltiin seuraavana päivänä rakennusmuovilla, jolla pyritään estämään veden haihtumista laatasta. Betonin kovettumista seurattiin valuun asennetuilla lämpömittareilla. Rakenteen lämpötilasta pystytään laskemaan betonin lujuus.



Kuva 7 Paikallavaletun holvin peittäminen (Kuva: J.Ottman)

3.1.1 Paikalla valetun hyödyt ja haitat

Taulukko 1 paikalla valetun holvin hyödyt ja haitat

HYÖDYT
Kantavuus
Helppo toteuttaa läpiviennit, varaukset ja putkitukset
Vedenpitävyys
Yhtenäinen rakenne, ei saumoja
HAITAT
Vaikea talvella (lämmitys ja suojaus)
Muottien huollontarve/ hinta
Raskaat raudoitukset työmaalla
Isot valumäärät
Isot muotti- ja tuentakalustotyöt

(J.Ottman, haastattelu, 18.2.2020)

3.2 Pysäköintihallin holvi kuorilaatoilla

Kuorilaatat asennettiin autonosturilla palkiston päälle. Pilareiden päälle asennettu palkisto koostuu delta ja teräsbetoni palkeista. Palkit siirtävät kuormat pilareiden kautta perustuksille.



Kuva 8 Kuorilaatasto ennen valua (Kuva: S.Aarnio)

Kuorilaattojen päälle tulee punossuunnitelmien mukainen rauditus ja rakenne- suunnitelmien mukainen valu. Läpiviennit, varaukset ja putkitukset asennetaan ennen valua. Raudoitusta noin 17750 kg.



Kuva 9 Raudoitukset kuorilaataston päällä (Kuva: S.Aarnio)

Pintavalu tehdään samalla tavalla kuin paikalla valettavaa rakennetta. Erona vain se, että kuorilaatta rakenne ei tarvitse erillistä muottia, koska laatat toimivat muottina. Rakenne tuetaan altpäin väliaikaisesti, kunnes betoni on kovettunut tarpeeksi ja rakenne on saavuttanut riittävän lujuuden.



Kuva 10 Kuorilaataston väliaikainen tuenta (Kuva: S.Aarnio)

Betonointityöt tehtiin betonipumppuautolla pumppaamalla ja betoni kuljetettiin työmaalle sekoitussäiliöautolla. Pintavalussa käytettiin 10 hengen työryhmää ja se on 240-340 mm paksu, pinta-alaa noin 1454 m² ja betonia noin 400 m³. Holvin betonointi tehtiin kokonaan yhden päivän aikana. Riittävän kovan valun pinta hiottiin päältä ajettavalla betonihiomakoneella.



Kuva 11 Kuorilaatastojen holvivalu (Kuva: S.Aarnio)

Paikallavaletun holvin tavoin, betonin kovettumista seurattiin valuun asennetuilla lämpömittareilla. Valun päälle suihkutettiin jälkihoitoaine, joka estää halkeilua. Valmis holvi kasteltiin ja peiteltiin. Kastelua jatkettiin kaksi vuorokautta. Lopuksi holvin pinta hiottiin, varmistaen vedeneristyskerroksen riittävän tarttuvuuden.

3.2.1 Kuorilaatta holvin hyödyt ja haitat

Taulukko 2 Kuorilaatta holvin hyödyt ja haitat

HYÖDYT
Kuorilaattojen tasainen laatu, jos hyvä toimittaja
Kuorilaattojen saatavuus hyvä
Helpompi talvella
Ei muottitöitä
Kevyt rauditus työmaalla
Yksinkertainen tuentakalusto
Vähemmän mittauksia
HAITAT
Vaatii liikuntasauvoja
Epätasalaatuisuus jos huonot elementit
Epäsiisti ulkonäkö alapuolella
Iso alue vaikea asentaa
Delta-palkkien täyttövalut työlääät

(O-P.Stenberg, työnjohtaja, haastattelu 18.2.2020)

3.3 Pysäköintihallin jälkijännitetty holvi

Jälkijännitetty holvi muistuttaa hyvin paljon paikalla valettua holvia työvaiheiltaan. Holvi valetaan muottien varaan. Tässä tapauksessa muotteina toimivat Doka:n muottikalusto.



Kuva 12 Holvin muottikalustoa (Kuva J.Oksanen)

Rauditus toteutettiin punossuunnitelmien mukaisesti. Rakenteen jälkijännittävät jännevaijerit suunnittelivat niiden suunnitteluun erikoistunut urakoitsija. Jännevaijerit tulevat raudoitukset sekaan, jänteet ovat kuitenkin tarttumattomia, jolloin ne pystytään jännittämään rakenteen saadessa riittävä lujuus. Jännitysvaijereiden päät erotetaan valusta laatikoilla.



Kuva 13 Raudoitukset ja jälkijännitysvaijerit (Kuva: J.Oksanen)



Kuva 14 Jälkijännitysvaijereiden päät laatikossa (Kuva: J.Oksanen)

Betonointi toteutettiin kahdessa osassa. Betoni kuljetettiin työmaalle sekoitussäiliöautolla ja betoni pumpattiin muotille betonipumppuautolla. Betonoinnissa käytettiin 4 hengen työryhmää. Jälkijännitetty valu (ensimmäinen osa) on 300-420 mm paksu ja kooltaan noin 350 m³. Parkkihallin reunoilla oli lisäksi noin 61 m³ kuorilaattavalu (toinen osa). Holvin alla kaasulämmitys 7 kpl 60 kw lämmitintä.



Kuva 15 Jälkijännitetyn holvin valu (Kuva: J.Oksanen)

Valun jälkeen betonin pintaan levitettiin jälkihoitoaine halkeilun välttämiseksi ja kovettunut pinta hiottiin päältä ajettavalla betonihiomakoneella. Holvi kasteltiin ja peiteltiin seuraavana päivänä.



Kuva 16 Holvin hionta helikopterilla (Kuva J.Oksanen)

Holvin saavutettua 70-80% lopullisesta lujuudestaan tehtiin jälkijännitys, jossa jännitysvaijerit kiristettiin mekaanisesti, esille jääneistä vaijereiden päistä.

3.3.1 Jälkijännitetyn holvin hyödyt ja haitat

Taulukko 3 jälkijännitetyn holvin hyödyt ja haitat

HYÖDYT
Mahdollistaa pitkät jännevälit
Vaatii vähemmän pilareita
Ohut betoninrakenne paksuus
Vähemmän raudoitusta, kun paikallavaluholvissa
Vesitiivis rakenne
Helppo toteuttaa, jos ei käytetä palkistoa
HAITAT
Varauslaatikkojen jälkivalut

(J.Niiranen, työnjohtaja, haastattelu 18.2.2020)

3.4 Välilliset vaikutukset työvaiheissa

Pysäköintihallien holvi rakenteita tehdessä on syytä huomioida ainakin seuraavia välillisiä vaikutuksia: Sijainti, varastointi, kuljetus, sääolosuhteet, muiden töiden eteneminen ja kalusto.

Sijainti saattaa tuottaa ongelmia, koska holvit ovat laajalla alueella, betonointi ja nostelu saattaa olla hankalaa. Pysäköintihallin korkeus ei kuitenkaan näissä tapauksissa tuota ongelmia, sillä holvit ovat ainoastaan 3-3,5 metrin korkeudessa. Muottityöt pystytään tekemään maasta ja raudoitukset pystytään tekemään muotin päällä. Korkeammalla työskentely vaatisi huomattavasti enemmän kalustoa muun muassa telineitä, jotta työ pystytään tekemään turvallisesti.

Varsinkin paikallavaletuissa ja jälkijännitetyssä holvissa suurehkon muottikaluston varastointi ja kuljetus vaatii resursseja. Kuorilaattojen osalta ongelmaa ei ole, koska laatat asennetaan suoraan elementtikuljetusauton kyydistä. Kuorilaattojen asennus kuitenkin vaatii järeää nostokalustoa, koska laattojen asennuspaikat saattavat olla kaukana nosturista. Betonointityöt eivät vaadi varastointitilaa, kun betoni pumpataan suoraan sekoitussäiliöauton kyydistä työpisteeseen.

Sääolosuhteet tuottavat merkittävää vaikutusta holvitöihin varsinkin syksyllä ja talvella. Kylmillä säillä holvia pitää lämmittää ja sen yläpuoli pitää peittää lämpöä eristävillä patjoilla, jotta betonin lujuskehitys on riittävän nopeaa. Kun taas keuhällä ongelmana on liiallinen kuumuus, jolloin valua pitää kastella ja veden liian nopea haihtuminen tulee estää muovi peittelyllä.

Muiden töiden edistyminen vaikuttaa merkittävästi pysäköintihallin holvin rakentamiseen. Pysäköintihallin holvi voidaan rakentaa vasta, kun maanrakennustyöt, putkityöt, perustustyöt, pilarit ja liittyvien seinien työt ovat tehty. Parkkihallin holvin valmistuminen vaikuttaa myös muihin töihin. Esimerkiksi parkkihallin maanvarasta lattiaa ei tehdä ennen kuin parkkihallissa on kansi.

Kaluston kuluminen, hajoaminen ja huolto saattaa vaikuttaa työmaahan välillisesti. Varsinkin muottikaluston kuluminen ja säännöllinen huoltaminen vie työmaan resursseja ja varoja. Myös työmaan käytössä mahdollisesti olevat työkooneet vaativat käyttäjän ja työnjohtajien valvonnan.

4 KUSTANNUKSET

4.1 Työmaakustannusten kertyminen

Rakennustyömaan kustannushallinnan tavoitteena on toteuttaa hanke tavoitearvion mukaisesti. Kustannuksia valvotaan kolmessa vaiheessa. Ennakkovalvontaa tehdään sopimuksien laadinnan yhteydessä, työnaikaista valvontaa tehdään seuraamalla kustannuspoikkeamia, sekä rakennuksen loppukustannuksia enustetaan koko rakentamisen ajan. (Rakennustieto Oy, 2018, Ratu KI-6033 Rakennushankkeen kustannushallinta, 80)

Työmaan kustannukset liittyvät työmaan perustamiseen, työnjohtoon, työntekijöihin, veteen, sähköön, mittauksiin, jätehuoltoon, logistiikkaan, nostureihin, nostimiin, telineisiin, tiedottamiseen ja työturvallisuuteen. Näihin kustannuksiin vaikuttaa oleellisesti työmaan laajuus, vaativuus, kesto, korkeusasema ja vuodenaika. Lisäksi kustannuksiin saattaa vaikuttaa tilaajan ehdot. Välittömiä kustannuksia ovat materiaalit, työntekijät, mittaukset, logistiikka ja työvälineet.

Lisäksi työmaahan kohdistuu noin 12 prosentin yleiskustannukset, jotka sisältävät työmaarakennukset, työturvallisuus, sähkötyöt, rakennushissi, työkalut, työmaanhallinto, työmaakuljetukset, polttoaineet, työmaatarvikkeet, rahoituskustannukset, työmaatoimisto, varastojen ylläpito, työmaaedustus, koulutukset, luottamustehtävät, työterveyshuolto, mittaukset, siivoukset, loppusiivous, lumityöt ja lämmitys. (Rakennustieto Oy, 2018, Ratu KI-6033 Rakennushankkeen kustannushallinta, 75)

Oleellisesti työmaan kustannuksiin voidaan vaikuttaa hyvällä suunnittelulla, varautumalla sääolosuhteisiin, hyvillä ennakkohankinnoilla ja logistiikkasuunnitelmilla sekä osaavalla työnjohdolla ja ammattitaitoisilla työntekijöillä.

4.2 Kustannuslaskenta

Kustannuslaskenta tarkoittaa rakennushankkeeseen kuluvan rahan määrän arviointia ennen rakentamisen alkamista ja sen aikana. Kustannuslaskentaa suorittaa kohteen vaiheesta riippuen rakennuttaja, suunnittelija, erikoisuunnittelijat sekä päätoteuttaja.

Laskentaa tehdään kohteen erivaiheissa eritasoisilla lähtöaineistoilla, joka vaikuttaa laskennan tarkkuuteen. Aikaisessa vaiheessa tehdyt laskennat ovat epätarkkoja johtuen karkeista lähtötiedoista. Keskeisiä kustannuslaskennan menetelmiä ovat viitekohde- ja tilastomenettelyt, joka perustuu toteutettujen kohteiden tietoihin verraten rakennettavan kohteen laajuuteen, tätä menetelmää käytetään lähinnä tarveselvitys- ja hankesuunnitteluvaiheissa. Laajuus- ja tilapohjaiset menettelyt, joita käytetään suunnitteluvaiheessa, tämä laskenta perustuu aiemmista kohteista saatuihin kustannustietoihin ja ne jaettuna pinta-alalle tai tilavuudelle. Rakennusosa- ja tuoteosalaskenta, jossa rakennuksen osien määrä kootaan piirustuksista tai tietomallista, jolloin syntyy rakenneluettelo, jolloin voidaan laskea rakenneosien kokonaishinta. Tätä käytetään suunnitteluvaiheessa, tarjouslaskennassa ja hankinnan vertailuissa. Suorite- ja panospohjainen laskenta, jonka perusteena ovat määräluettelot. Suoritelaskennassa kohteen määrät hinnoitellaan hintatietojen perusteella. Suoritelaskentaa voidaan tehdä, kun rakennuskohhteessa on vähintään pääpiirustukset sekä rakennuselostus ja perustussuunnitelmat. Panospohjainen laskenta tarkoittaa kohteen rakennusosan työn, materiaalin, hankinnan tai tuotteen hinnoittelua, jolloin käytetään toteutunutta ja testattua kustannus sekä menekkitietoa. (Rakennustieto Oy, 2018, Ratu KI-6033 Rakennushankkeen kustannushallinta, 36-48)

Toteuttajan kustannuslaskennan tavoitteena on määrittää tarkka-arvio, siitä kuinka paljon rakennuskohteeseen kuluu rahaa. Laskenta tehdään rakentamisen valmisteluvaiheessa. Laskennan avulla rakennusliike voi tehdä käynnistyspäätöksiä, mitata riittävätkö omat resurssit kohteen kustannuksiin ja laajuuteen, sekä voidaan osallistua tarjouskilpailuihin. Rakennusliikkeen kustannuslaskennan kohteena on tuotanto, jonka takia tuotannon hahmottamisen on tärkeää. Sen takia kustannuslaskentaan osallistuu monesti laskennan, hankinnan ja tuotannon

henkilöjä. (Rakennustieto Oy, 2018, Ratu KI-6033 Rakennushankkeen kustannushallinta, 65)

4.3 Jälkilaskenta ja loppuselvitykset

Jälkilaskennalla tarkoitetaan laskentaa, joka perustuu rakennusprojektin toteutuneisiin kustannuksiin sekä suoritemääriin. Jälkilaskennassa kohteen rakennusaikana ylläpidetään kustannustietoja ja ne kootaan käytettäväksi tulevia kohteita varten. Jälkilaskennan tavoitteena on selvittää, kuinka onnistunut hanke on taloudellisesti ja määrittää hankkeelle tulos. Hankkeen rakennusaikana kerätty kustannustieto tuottaa välitöntä palautetta ja vertailukohtia yrityksen laskentaryhmälle. Jälkilaskentaa voidaan tehdä, kun työkokonaisuus valmistuu ja kaikki laskutus on hoidettu. (Rakennustieto Oy, 2018, Ratu KI-6033 Rakennushankkeen kustannushallinta, 95)

Taloudellinen loppuselvitys tarkoittaa rakennuskohteen tilisuhteiden selvittämistä, kun rakennus on luovutettu tai vastaanottotarkastus on pidetty. Loppuselvityksen ideana on se, että projektin osapuolien välille ei jää vaatimuksia. Taloudellisessa loppuselvityksessä selvitetään kaikki saatavat tai mahdollisesti maksettavat maksut. Takuuajan maksuihin se ei vaikuta. Oleellisena osana loppuselvitystä ja sen tekemistä ovat urakoitsijoiden muutos- ja lisätyöt, joiden hinnoista ja maksuista sovitaan loppuselvityksessä. (Rakennustieto Oy, 2018, Ratu KI-6033 Rakennushankkeen kustannushallinta, 94)

4.4 Kustannuslaskelma ja toteutuneet kustannukset

Kustannuslaskelma on arvio rakennushankkeeseen kuluvista kustannuksista. Hankkeen valmistuttua voidaan laskea toteutuneet kustannukset. Tässä työssä on erikseen vertailtu laskettuja kustannuksia ja toteutuneita kustannuksia. Vertailun hinnoissa ei ole huomioitu pysäköintihallien holvien yläpuolisia eikä alapuolisia rakenteita. Voidaan olettaa, että hallien maarakennustöiden, perustusten, pilarien ja kannen päälisien osien kustannukset ovat kutakuinkin samat.

4.4.1 Paikallavalu holvi

Taulukko 4 Paikallavaletun holvin lasketut kustannukset

Nimike	Määrä	Hinta €
Holvimuotti työt	1174m ²	48204
Holvimuotti	1174m ²	14088
Liikuntasäula	250jm	14500
Raudoitus	34160kg	49532
Betoni	427m ³	46970
Betonipinnan hierto	1174m ²	34633
PV-palkki muottityöt	94m ²	5170
PV-palkki betonointi	76m ³	1368
PV-palkki betoni	76m ³	8360
PV-palkki raudoitus	13536kg	19627
YHTEENSÄ €		242 452,00 €
m ²	1174	
€/m ²		206,52

Taulukko 5 Paikallavaletun holvin toteutuneet kustannukset

Nimike	Hinta €
Kannentyöt	41100
Holvimuotti materiaali	34264
Betonipinnan hierto työ	6330
Kannenbetoni materiaali	50000
Kannen raudoitus	49763
PV- palkki työ	9832
PV-palkki materiaali	8883
PV-palkki raudoitus ja työ	30017
YHTEENSÄ €	230 189,00 €
€/m ²	196,07

4.4.2 Kuorilaatta holvi

Taulukko 6 Kuorilaatoilla toteutetun holvin lasketut kustannukset

Nimike	määrä	Hinta €
Kuorilaatat	167kpl	107520
Kuorilaattojen asennus	167kpl	22680
Deltapalkit	16kpl	45440
Deltapalkkien asennus	16kpl	2240
Kannen betoni	491m ³	54010
Työ ja asennusteräokset	2929kg	4247
Rauditus	17750kg	21229
Liikuntasaumamat	50jm	2842
Kannen hionta	1445m ²	7948
Kannen työt	1445m ²	11712
YHTEENSÄ		279 868,00 €
m ²	1445	
€/m ²		193,68

Taulukko 7 Kuorilaatoilla toteutuneen holvin toteutuneet kustannukset

Nimike	Määrä €
Betonielementit (kuorilaatat)	73556
Kuorilaattojen asennus	22378
Deltapalkit	60915
Deltaplakkien asennus	2144
Kannen työt urakka Urakoitsija 1	82148
Kannen hierto	2836
YHTEENSÄ €	243 977,00 €
€/m ²	168,84

4.4.3 Jälkijännitetty holvi

Taulukko 8 Jälkijännitetyn holvin lasketut kustannukset

Nimike	Määrä	Hinta €
Holvimuotti ja purku	967m ²	51309
Raudoitus	22685kg	32893
Betoni	349m ³	36645
Hionta	967m ²	4835
Hierto, puhallus ja jälkihoito	967m ²	24175
Liikuntasaumat	153jm	8874
Jälkijännitys + suunnittelu	967m ²	116040
YHTEENSÄ €		274 771,00 €
m ²	967	
€/m ²		284,15

Taulukko 9 Jälkijännitetyn holvin toteutuneet kustannukset

Nimike	Hinta €
Kannenurakka sisältäen holvin muotit, työt ja purkamisen, raudoituksen, betonin, pinnan hierron, liikuntasaumat, jälkijännityksen ja sen suunnittelun	227500
Betonit	38300
YHTEENSÄ €	265 800,00 €
€/m ²	274,87

4.4.4 Perustukset ja pilarit

Taulukko 10 Perustuksien ja pilarien kustannukset

	Paikalla valettu holvi	Kuorilaatta holvi	Jälkijännitetty holvi
Perustukset	77 484,00 €	35 734,00 €	25 929,00 €
Pilarit	33 700,00 €	19 890,00 €	17 845,00 €
YHTEENSÄ	111 184,00 €	55 624,00 €	43 774,00 €
Yhteensä €/m ²	94,71 €	38,49 €	45,27 €

5 AIKATAULU

5.1 Ajallinen suunnittelu

Aikataulu on ohjekartta projektin toteutukselle. Aikataulu kertoo mitä pitää tehdä milloinkin, jotta projektin läpivienti onnistuu asetettuun määräaikaan mennessä. Aikataulussa työvaiheet sijoitellaan aikajaksolle, miettien mitkä tehtävät, miten ne ajoitetaan ja missä järjestyksessä tehtävät tulee suorittaa. (Rakennustieto Oy, 2017, Ratu KI-6031 Rakennushankkeen ajallinen suunnittelu ja ohjaus, 6)

Ajallinen suunnittelu ja aikataulun avulla rakennushankkeen ohjaus, ovat merkittävässä osassa rakennushankkeen tuotannonohjausta. Aikataulujen tulee olla realistisia, mutta myös tavoitteellisia. Hanke toteutetaan aikataulun pohjalta. Suunnitelmat pohjautuvat aikatauluun ja suunnitelmista poikkeamiset voidaan havaita aikataulun avulla. (Rakennustieto Oy, 2017, Ratu KI-6031 Rakennushankkeen ajallinen suunnittelu ja ohjaus, 62)

Rakennushankkeen kokonaisaikatauluttamisesta vastaa rakennuttaja. Koko rakennusprosessin aikataulu on hyvä jakautua ainakin hanke- ja rakennussuunnitteluvaiheisiin sekä rakennus- ja käyttöönottovaiheisiin. Lisäksi projektin aikana voidaan tehdä hankinta-aikataulu, alustavia ja pitäviä yleisaikatauluja, rakentamisvaihe aikataulu, suunnitelma-aikatauluja sekä viikkoaikatauluja. (Rakennustieto Oy, 2017, Ratu KI-6031 Rakennushankkeen ajallinen suunnittelu ja ohjaus, 42)

5.2 Yleisaikataulu

Urakoitsijan tai päätoteuttajan kannalta merkityksellisin on yleisaikataulu. Yleisaikataululla kuvataan koko rakennushankkeen kulkua sekä sitä käytetään työaikaiseen valvontaan. Yleisaikataulu toimii myös työmaan yleisenä informatiivivälineenä. (Rakennustieto Oy, 2017, Ratu KI-6031 Rakennushankkeen ajallinen suunnittelu ja ohjaus, 43)

Yleisaikataulu laaditaan kolmessa eri muodossa, jotka eroavat toisistaan käyttö-tarkoituksen ja tarkkuuden osalta. Alustava yleisaikataulu, joka tehdään tarjous-vaiheessa, on karkea ja sen tarkoituksena on selvittää tärkeimmät työvaiheet ja -menetelmät, hankkeen kesto sekä tärkeimpien resurssien kuormitus. Sopimus-yleisaikataulu syntyy, kun alustava yleisaikataulu käydään läpi sopimusneuvotte-luissa. Tarvittaessa alustavaa aikataulua muokataan ja tarkennetaan. Sopimus-yleisaikataulu tulee liitteeksi sopimukseen. Sopimusyleisaikataulu tarkennetaan työaikatauluksi työvaiheiden ja urakoitsijoiden töiden yhteensovittamista varten. Työaikataulusta vastaa päätoteuttaja. (Rakennustieto Oy, 2017, Ratu KI-6031 Rakennushankkeen ajallinen suunnittelu ja ohjaus, 42-46)

5.3 Rakentamisvaiheaikataulu

Rakentamisvaiheaikatauluja luodaan täydentämään työaikataulua lähtötietojen karttuessa. Rakentamisvaiheaikataulujen tavoitteena on varmistaa työaikataulun pitävyys. Rakentamisvaiheaikataulut luodaan 2-6 kuukauden ajanjaksoille tai tie-tyille rakentamisvaiheille. (Rakennustieto Oy, 2017, Ratu KI-6031 Rakennus-hankkeen ajallinen suunnittelu ja ohjaus, 55)

Tässä opinnäytetyössä käytetyt aikataulut ovat otoksia kohteiden todellisista yleisaikatauluista ja työvaiheaikatauluista. Rakentamisvaiheaikataulut on jaettu työvaiheille esimerkiksi perustukset, runko, vesikatto, parkkihalli ja niin edelleen. Aikataulut on rajattu tai niissä on merkitty punaisella neliöllä parkkihallien holvi-työt.

Paikallavaletun parkkihallin holvin töihin kuluu aikataulun mukaan 58 päivää. Hol-vin työt jaksotettiin kahteen osaan torninosturin siirron takia. Laudoituksen pur-kuun kului pidempi aika kuin oli ajateltu. Aikataulussa pysyttiin oletetusti muilta osin.

Taulukko 1 Paikalla valetun holvin aikataulu osa 1

13	Holvimuotti	5 pv	05.09.19								
14	Holvimuotti	10 pv	26.09.19								
15	Holvinraudoitus 1	5 pv	16.09.19								
16	Holvinraudoitus 2	10 pv	21.10.19								
17	Holvin betonointi osa 1	1 pv	20.09.19								
18	Holvin betonointi Osa 2	1 pv	01.11.19								
19	Laudoituksen purku 1	5 pv	07.10.19								
20	Laudoituksenpurku 2	10 pv	11.11.19								

Taulukko 2 Paikalla valetun holvin aikataulu osa 2

-7	Parkkihallin työt	69 pv	21.10.19	31.01.20							
7.1	Kannen valu loppuun	1 pv	01.11.19	01.11.19							
7.2	2.vaiheen laudoituksen purku	10 pv	11.11.19	22.11.19							

Kuorilaataston päälle valetun holvin töihin kuuluu aikataulun mukaan 20pv. Holvin raudoituksen, tukkeiden ja valun lisäksi. Kuorilaattojen asennukseen kului 3 päivää. Yhteensä aikaa kuluu siis noin 23 päivää. Aikataulussa pysyttiin oletetusti.

Taulukko 3 Kuorilaattaholvin aikataulu

-2	Parkkihalli	6 256	46	137 pv	15.04.19	29.11.19						
2.1	Perustukset			15 pv	15.04.19	08.05.19						
2.2	Runkoasennus			15 pv	09.05.19	29.05.19						
2.3	Kansityöt	3 128	57	55 pv	23.05.19	11.09.19						
2.3.	Kannen raudoitus			10 pv	23.05.19	06.06.19						
2.3.	Tukkeet ja valu	3 128	313	10 pv	07.06.19	20.06.19						
2.3.	Huopatyöt			20 pv	24.06.19	21.08.19						
2.3.	Eriste+betonilaattatyö			15 pv	22.08.19	11.09.19						

Jälkijännitetyn holvin töihin kuuluu aikataulun mukaan 24 päivää. Muottityöt vievät viisi päivää. Raudoitus kestää kuusi päivää, koska jännitysvaljerien asennus tarvitsee hieman aikaa. Valu tehdään kahtena päivänä ja jälkijännitys suoritetaan, kun holvin lujuus on riittävä. Lopuksi valetaan jälkijännityksessä käytetyt varauskolot ja puretaan muotit. Jälkijännitetyn holvin työt sujuivat aikataulun mukaisesti.

Taulukko 4 Jälkijännitetyn holvin aikataulu

-1	PARKKIHALLI	234 pv	25.03.19	
1.1	MRU ja Paalutus	20 pv	25.03.19	
1.2	perustukset	69 pv	25.04.19	
1.3	Runko	12 pv	02.10.19	
- 1.4	Kansi	43 pv	14.10.19	1.4
1.4.1	Muottityö	5 pv	14.10.19	1.4.1
1.4.2	Rauditus	6 pv	21.10.19	1.4.2
1.4.3	Punostus	4 pv	22.10.19	1.4.3
1.4.4	Valu	2 pv	29.10.19	1.4.4
1.4.5	Jännitystyö + varauskolojen valu	5 pv	04.11.19	1.4.5
1.4.6	Muotin purku ja palautukset	2 pv	07.11.19	1.4.6

6 TYÖTURVALLISUUS

Työturvallisuus on rakennustyömaiden tärkein prioriteetti. Jokaisen rakennustyömaan lähtökohtana pitäisi olla, että työntekijät pääsevät kotiin ilman työtapaturmia.

6.1 Työturvallisuus rakennustyömaalla

Jokaisen rakennusalueella työskentelevän tulee pitää huolta siitä, ettei olla tekemissään aiheuta itselleen tai muille vaaraa. Riskit ja vaaranpaikat pitää osata tunnistaa ja niiden ennaltaehkäisy on jokaisen vastuulla.

Rakennustyömaalla työskentelevälle henkilölle pitää tehdä perehdytys. Perehdytys tulee olla tehtynä ennen töiden aloittamista. Perehdytyksessä käydään läpi seuraavat asiat: kohteen tiedot, aikataulu, kohteen toteutuksesta vastaava organisaatio, tilaajan turvallisuusvaatimukset, ensiavun sijainti ja ohjeet, paloturvallisuus, työmaatoimisto, sosiaalilat, varastot, parkkipaikat, turvallisuussuunnitelmiin perehtyminen, henkilösuojainten käyttö ja opastus, työkoneiden käyttötarkastus ja käyttöön ohjaus sekä työmaa kierros. Perehdytyksen tueksi tulee aina tehdä kirjallinen suunnitelma, jolla seurataan opastuksen etenemistä. Jotta työ voidaan tehdä turvallisesti, tulee työntekijä opastaa työtehtävään. Työhön opastus on tärkeä osa ennakoivaa työsuojelua. Työntekijä pitää opastaa työhön, jos työn on tekijälleen uusi, työtehtävät vaihtuvat, otetaan käyttöön uusia laitteita, työ toistuu harvoin, työmenetelmät muuttuvat, turvallisuusohjeita laiminlyödään tai työpaikalla sattuu työtapaturma. (Laura Ahokas, Jukka Mäkeläinen, Perehdyttäminen ja työopastus, 2013)

Rakennustyömaalla työskentelevällä henkilöllä tulee olla suoritettuna työturvallisuuskorttikurssi. Jokainen työturvallisuuskoulutuksen käynyt henkilö osaa toimia turvallisesti työmaalla. Kortit ja kurssit uusitaan viiden vuoden välein. Henkilöiltä, jotka tekevät tulitöitä vaaditaan tulityökorttikurssinsuorittaminen ja työnjohdon myöntämä tulityölupa. Työmaalla työskentelevällä henkilöllä tulee myös olla nä-

kyvillä kuvallinen henkilökortti, jossa näkyy nimi, veronumero ja kenen palveluksessa työntekijä on. Henkilökortti toimii usein myös kulunvalvonnassa kulkulupana. (Työturvallisuuskeskus. n.d. Työturvallisuuskortti)

Perehdytetty ja turvallisesti työskentelevä rakennusmies pystyy tunnistamaan vaarat ja välttelemään mahdollisia vaaranpaikkoja. Hyvä tapa on vaaranpaikan kohdatessa korjata mahdollinen virhe, tai vähintään ilmoittaa siitä työnjohdolle välittömästi.

Toimihenkilöiden tulee pitää huoli, että työmaalle on tehty tarvittavat turvallisuus-suunnitelmat. Vaadittavia suunnitelmia ovat putoamissuunnitelma, telinesuunnitelma, nostotyösuunnitelma, elementtiasennussuunnitelma, sähkö- ja valaistus-suunnitelma, paloturvallisuussuunnitelma ja ensiapusuunnitelma. Työmaan aluesuunnitelma ja sen päivittäminen on iso osa turvallisuutta. Aluesuunnitelmaan tulee merkitä muun muassa ensiapupaikat, alkusammutuskalusto, kulku- ja poistumistiet, kokoontumispaikat, jätelavat, varastoalueet ja sähkökeskukset. (Betonikeskus ry, 2010, Betonielementtien turvallinen asennus, 6)

Työnjohdon ja työmaalla työskentelevien toimihenkilöiden tehtävä on ylläpitää turvallisuutta työmaalla, sekä puuttua rikkeisiin ja vaaralliseen työskentelyyn välittömästi. Toimihenkilöiden on tehtävä työmaalla vaadittavat tarkastukset kuten nostinten, telineiden, koneiden ja kaikkien apuvälineiden viikoittaiset tarkastukset turvallisuuden säilyttämiseksi. Viikoittaisen turvallisuustarkastuksen eli TR-mittauksen lisäksi toimihenkilöiden tulee tehdä havaintoja työturvallisuuteen liittyen työmaakerrosten yhteydessä.

6.2 Paikallavalurakentamisen työturvallisuus

Paikallavalurakentamisessa on useita työvaiheita, joten riskinpaikkoja on monia, jokaiseen työvaiheeseen pätee kuitenkin samat yleiset säännöt.

Henkilökohtaiset suojaimet tulee olla kunnossa. Työntekijän tulee aina käyttää suojakypärää, turvajalkineita, suojakäsineitä, näkyvää vaatetusta ja suojalaseja.

Pölylle altistuessa pitää käyttää hengityssuojainta. Työkoneita käyttäessä tai äänekään työn läheisyydessä käytettävä kuulonsuojamia. Työt tulee tehdä oikeassa asennossa ja mahdollisuuksien mukaan käyttää nostolaitteita apuna.

Tulitöiden tekeminen vaatii tekijältä tulityökortin ja toimihenkilöltä kirjallisen tulityöluvan, jossa määritetään turvallisuusohjeet. Tulityötä tekevällä tulee olla alkusammutuskalusto välittömässä läheisyydessä. Tulitöiden jälkeen kohteessa pitää vartioida tunnin ajan. (Rakennustieto Oy, 2011, Ratu 1182-S Tulitöiden turvallisuus, 3)

Nostaminen tulee tehdä nostosuunnitelmien mukaisesti työnjohdon valvonnassa. Nostokoneiden tarkastukset pitää olla asianmukaisesti suoritettu enne kuin nostotyö alkaa. Nostureiden ja nostolaitteiden tulee olla suorituskyyvyiltään riittävät ja sopia käyttötarkoitukseen. Niissä tulee myös olla tarvittavat turvakytkimet. Nostimen kuljettajalla tulee olla tarvittava pätevyys nostotyöhön ja nostojen alla ei saa työskennellä. (Rakennustieto Oy, 1998, Ratu 1182-S Nostotöiden turvallisuus, 2)

Muottitöissä tulee varmistaa muottien riittävä tuenta, etteivät muotit pääse kaatumaan tai putoamaan, asennuksen tai varastoinnin aikana. Muottien tulee kestää betonoinnista aiheuta paine. Muottitöissä käytetään paljon vaarallisia käsityökaluja kuten pyörösaha, joiden käyttöön työntekijä tulee olla opastettu. Muotteja purkaessa tulee varmistaa rakenteen riittävä kantavuus ja olla varovainen, ettei jää muottien osien alle. (Rakennustieto Oy, 2012, Ratu 0398 Levymuottityö, 8)

Raudoitustöissä tulee huomioida huono ergonomia, työasennolla pitää pyrkiä välttämään selän, polvien ja ranteiden rasitukselta. Raudoituksen terävät kärjet tulee suojata varokkeilla ja työskentelyssä tulee käyttää viiltosuojakäsineitä. Raudoituksessa käytettävien työkoneiden käyttöön työntekijä on perehdytettävä, suuri riski käsien vammautumiselle. Esimerkiksi kulmahiomakonetta käytettäessä. Hitsaus töiden tekijällä tulee olla vaadittava ammattitaito ja hitsaukseen sopeva suojarustus eli hitsausnaamari ja palamattomat suojavaatteet. (Rakennustieto Oy, 2021, Ratu 0402 Raudoitus, 5-8)

Betonointitöitä tehtäessä tulee olla päällä suojavastusteet. Betonin tai siitä irtaantuvan veden päästessä iholle tulee se pestä ensisijaisesti. Jos sitä joutuu silmään, on silmä huuhdottava runsaalla vedellä. Betonipumppu auton sijainti tulee etukäteen suunnitella ja merkitä aluepiirroksien. Betonipumppuauton pystytyspöytäkirja tulee täyttää enne pumppauksen aloittamista. Valussa työskennellessä tulee varoa betoniroiskeita ja teräviä raudoituksia. Tuulisella säällä betonipumppaus tai nostaminen saattaa olla vaarallista. (Rakennustieto Oy, 2012, Ratu 0403 Betonointi, 8-9)

6.3 Työturvallisuus elementtiasennuksissa ja jälkijännityksessä

Elementtien asennuksissa tulee huomioida samoja turvallisuusasioita kuin paikalla valettaessakin. Elementtiasennuksiin käytetään usein järeää nostokalustoa ja väliaikaisia tuentoja, joiden kanssa pitää olla erittäin varovainen. Lisäksi elementtien varastointi työmaalla vaatii turvalliset olosuhteet.

Elementtiasennuksista on tehtävä turvallisuussuunnitelmat ennen asennuksien aloittamista. Päätoteuttaja tarkastaa ja hyväksyy suunnitelmat. Tarvittaessa elementtiasentajat ja päätoteuttaja tekevät suunnitelmat yhteistyössä. Työmaan aluesuunnitelma tulee pitää ajan tasalla koko työmaan toteutuksen ajan. (Betoni-keskus ry, 2010, Betonielementtien turvallinen asennus, 7-10)

Työmaajärjestys ja työmaalla liikkuminen tulee olla suunniteltua ja toteuttaa turvallisesti. Rakennustyömaalla tulee olla siistiä ja varastoitavat materiaalit ja jätteet niille kuuluvissa paikoissa. Elementit varastoidaan työmaalla niille tarkoitettuihin elementtivakkeihin ja pukkeihin. Työmaan teiden tulee olla kantavat ja riittävän leveät. Elementtiasennus suoraan kuormasta tulee olla mahdollista. Työmaan läpiajo pitää olla mahdollinen tai kääntöpaikat raskasta kalustoa varten. Työmaan ajoväylät ja niiden rajoitukset pitää olla selvästi erotettuna muusta työmaasta ja merkittynä liikennemerkein. (Betoni-keskus ry, 2010, Betonielementtien turvallinen asennus, 11-12)

Isoimpia vaaratekijöitä elementtiasennuksessa on korkealla työskentely, elementtien nostot, telineillä ja työtasoilla työskentely, aukot ja kuilut, sekä tulityöt ja

erilaisien laitteiden käytöt. Tikkaita ja telineitä saa käyttää vain väliaikaisena kulutienä tai asennuksen apuna. Putoamissuojaus työmaalla tulee olla rakennusturvallisuusmääräyksen ja putoamissuoaussuunnitelman mukainen. Suojakaiheet, -aidat, -verkot, -katokset ja -kannet tulee olla oikein asennettu. Työmaan aukot ja kuilut tulee olla peitetty ja merkattu selkeästi. (Betonikeskus ry, 2010, Betonielementtien turvallinen asennus, 14-18)

Korkealla työskenneltäessä tulee pitää huoli, että henkilökohtainen putoamissuojaus on kunnossa. Oikeanlaiset valjaat tulee olla päällä. Elementtejä asentaessa pitää työskennellä rauhallisesti ja ympäristöä havaiten. Elementit ovat raskaita ja voivat olla epävakaita ilmassa esimerkiksi sääolosuhteitten takia. Elementtien asennuksessa raajojen puristukseen joutuminen on riskitekijä. Elementit tulee nostaa suunnittelijan määrittämistä nostolenkeistä tai nostopisteistä.

Elementtien asennuksessa käytetään tyypillisesti autonosturia tai torninosturia. Nosturin nostokyky valitaan riittäväksi raskaimman elementin mukaan. Nosturin sijoituspaikan maanpohjan kantavuus tulee olla varmistettu. Torninosturin saapuessa sille tulee tehdä käyttöönottotarkastus ja ajoneuvonosturin saapuessa työmaalle tehdään vastaanottotarkastus. Nostureiden huollot ja määräaikaistarkastukset pitää olla tehty asianmukaisesti. Nosturin kuljettajalla tulee olla suoritettuna ammattitutkinto tai riittävä pätevyys nostotyöhön. Nostoapuvälineet kuten nostolenkit, -ankkurit, -raksit ja -koukut tulee olla työn vaatimuksien mukaiset ja pidettävä hyvin huollettuna. Nostoapuvälineissä on merkinnät nostokapasiteeteista. (Betonikeskus ry, 2010, Betonielementtien turvallinen asennus, 25-27)

7 JOHTOPÄÄTÖKSET

7.1 Kustannukset

Kustannuksia vertailtiin kohteiden laskettujen ja toteutuneiden kustannusten perusteella. Jotta kustannuksista saatiin vertailu kelpoisia, jaettiin ne euroa per neliö (€/m²). Merkittäviä eroja laskettujen ja toteutuneiden kustannusten välillä ei ollut, kaikkien rakennustapojen lopulliset kustannukset jäivät kuitenkin hieman pienemmäksi kuin oli laskettu.

Vertailemalla pysäköintihallin holvityyppien toteutusmenetelmien toteutuneita kustannuksia voidaan havaita kuorilaatoilla toteutetun holvin olevan kustannustehokkain noin 169,8 (€/m²) euron neliöhinnalla. Paikalla valetun holvin neliöhinta oli noin 197 (€/m²) euroa ja jälkijännitetyn holvin hinta noin 274,9 (€/m²) euroa. Tuloksia voidaan pitää paikkaansa pitävinä, kuitenkin erilaiset urakkatoteutukset vaikuttivat hieman. Jälkijännitetyn holvin työt ostettiin urakoitsijalta melko kokonaisvaltaisena. Kuorilaatta rakenteisen holvin töissä oli myös hieman isompia kokonaisuuksia ja paikalla valetun holvin työt tehtiin kokonaisuudessaan päätoteuttajan toimesta.

Kustannuksia vertailtaessa tulee myös huomioida holvityypille sopivat perustus- ja pilariratkaisut, joiden kustannukset myös vaikuttavat kokonaiskustannuksiin. Paikallavaluholvi vaatii yleensä hieman raskaammat perustukset ja pilarit, jotka nostavat hieman kustannuksia. Kuorilaatoilla ja jälkijännitetyllä rakenteella toteutettu holvi ei vaadi aivan yhtä järeitä perustuksia ja pilareita. Perustusten ja pilarien kustannukset ovat havaittavissa taulukosta 10. Taulukko on kuitenkin vain suuntaa antava sillä, tässä tapauksessa paikallavaluholvin perustukset toteutettiin maanvaraisena ja muut perustukset tulivat paalujen varaan.

7.2 Aikataulu ja työturvallisuus

Koska parkkihallien laajuus ja vaativuus sekä sijainti ovat lähes samanlaisia voidaan niitä verrata suoraan keskenään. Aikatauluja vertailemalla voidaan havaita, että pysäköintihallin holvi paikalla valamalla kestää huomattavasti pidempään kuin kuorilaatalla tai jälkijännitetyllä holvilla toteuttaessa. Paikalla valetun holvin

toteutukseen kuluu enemmän aikaa, koska se on rakenteeltaan huomattavasti vahvempi ja sisältää raskaammat raudoitukset, jonka ansiosta muottityöt, raudoitus ja muottien purku vie paljon aikaa. Kuorilaatta holvin ja jälkijännitetyn holvin toteutus kesti kutakuinkin yhtä kauan ja vei noin puolet vähemmän aikaa kuin vastaavanlainen paikalla valettu holvi. Kuorilaatoilla toteutettu holvi oli kuitenkin jonkin verran laaja-alaisempi, joten suhteessa se vei vähemmän aikaa kuin jälkijännitetty holvi. Kuorilaatat toimivat muotteina jolloin muottitöitä ei tarvita ja säästetään aikaa rakentamisessa.

Työturvallisuusasioita tarkasteltaessa voidaan huomata kaikilla rakennustavoilla olevan samankaltaisia huomioitavia asioita työturvallisuutta suunniteltaessa ja ylläpidettäessä. Erityistä huomiota työturvallisuuteen on pidettävä muottitöissä, raudoitustöissä ja betonointitöissä. Kuorilaatta holvilla toteuttaessa on huomioitava nostotöiden ja elementtiasennuksen vaatimat suunnitelmat ja työturvallisuuden valvonta. Kaikissa toteutustavoissa on pidettävä huolta työntekijöiden henkilökohtaisista suojarusteista ja turvallisesta työskentelystä.

8 POHDINTA

Tämä opinnäytetyö tehtiin Pohjola Rakennus Oy Suomen toimeksi antona ja työn tarkoituksena oli saada tämänhetkistä paikkaansa pitävää tietoa pysäköintihallien holvityyppien eroavaisuuksista. Työssä aluksi esiteltiin rakenteiden perustiedot ja ominaisuudet. Jonka jälkeen työssä perehdyttiin holvityyppien toteutuksien eroavaisuuksiin, vertailtiin kustannuksia ja aikataulua sekä lopuksi tarkasteltiin työturvallisuus asioiden eroavaisuuksia.

Pysäköintihallien holvi tyyppin valintaan vaikuttaa moni asia. Projektin suunnittelu- vaiheessa tulee holvityypin valintaa tehdessä miettiä mahdollisimman sopiva ratkaisu työvaiheiden, kustannusten, aikataulun ja työturvallisuuden perusteella. Mikään tulevaisuuden kohde ei tule olemaan samanlainen, kuin tässä työssä vertailussa olleet ratkaisut. Tämän työn tuloksena saadut perustiedot ja tulokset voivat kuitenkin auttaa tulevaisuuden valinnoissa.

Työssä selvisi, että kuorilaatoilla toteutettu holvi on kustannusten perusteella järkevin valinta samantapaiseen kohteeseen. Kuorilaattaholvin puolesta puhui myös sen rakentamiseen kulunut lyhempi aika verrattuna muihin ratkaisuihin. Paikallavaluholvilla ja jälkijännitetyillä holvilla on myös omat hyvät ominaisuutensa ja joissakin kohteissa ne voivat olla järkevin ratkaisu.

Saatuja tuloksia voidaan pitää suurimmilta osin paikkaansa pitävinä ja käyttökelpoisina, kun mietitään pysäköintihallin holvityyppiä. Tuloksissa kuitenkin on hieman tulkinnanvaraisuutta, sillä kohteiden pohjaratkaisut, koko ja urakoiden toteutustavat eroavat hieman toisistaan.

9 LÄHTEET

Laura Ahokas. Jukka Mäkeläinen. 2013. Perekdyttäminen ja työopastus, Luettu 1.3.2020 [https://ttk.fi/koulutus_ja_kehittaminen/julkaisut/digijulkaisut/perekdytta-
minen_ja_tyopastus - ennakoivaa tyosuojelua](https://ttk.fi/koulutus_ja_kehittaminen/julkaisut/digijulkaisut/perekdytta-
minen_ja_tyopastus_-_ennakoivaa_tyosuojelua)

Betonikeskus ry. 2010. Betonielementtien turvallinen asennus. Luettu 2.3.2020

Parma Consolis. 2012. Parman kuorilaatat. luettu 18.2.2020 [https://parma.fi/userassets/uploads/documents/2018/06/parma_kuorilaatas-
ton_suunnitteluohje_2016-1.pdf](https://parma.fi/userassets/uploads/documents/2018/06/parma_kuorilaatas-
ton_suunnitteluohje_2016-1.pdf)

Rajaville Consolis. n.d. Ontelot- ja kuorilaatat. luettu 18.2.2020 [http://www.raja-
ville.fi/tuotteet/laatat/ontelo-ja-kuorilaatat](http://www.raja-
ville.fi/tuotteet/laatat/ontelo-ja-kuorilaatat)

Rakennusteollisuus RTT ry. Betoniteollisuus ry. Betonilattiyhdistys ry. 2012. Betonilattiat kortisto. Suomen Rakennusmedia Oy. luettu 25.2.2020 <http://www.bly.fi/File/BLY-14.pdf?rnd=1356602833>

Rakennustieto Oy. 2018. Ratu KI-6033 Rakennushankkeen kustannushallinta. Rakennustieto Oy. Luettu 20.1.2020

Rakennustieto Oy. 2016. RT 98-11237 Pysäköintilaitokset. Luettu 22.1.2020

Rakennustieto Oy. 2004. RT-10814 Paikallavaletut betonirunkorakenteet. Luettu 22.1.2020

Rakennustieto Oy. 2012. Ratu 0398 Levymuottityö. Luettu 3.2.2020

Rakennustieto Oy. 2012. Ratu 0403 Betonointi. Luettu 3.2.2020

Rakennustieto Oy. 2012. Ratu 0390 Kuorilaattaelementti- ja liittolevytyö. Luettu 5.2.2020

Rakennustieto Oy. 2017. Ratu KI-6031 Rakennushankkeen ajallinen suunnittelu ja ohjaus. Rakennustieto Oy. Luettu 13.3.2020

Rakennustieto Oy. 1998. Ratu 1182-S Nostotöiden turvallisuus. Luettu 5.3.2020

Rakennustieto Oy. 2011. Ratu 1182-S Tulitöiden turvallisuus. Luettu 5.3.2020

Rakennustieto Oy. 2021. Ratu 0402 Raudoitus. Luettu 5.3.2020

Työturvallisuuskeskus. n.d. Työturvallisuuskortti. luettu 2.3.2020 <https://www.tyoturvallisuuskortti.fi/kortti>