

Betonielementtirakenteisen toimistorakennuksen vakiodetaljit

Juha Luusua

Opinnäytetyö
Toukokuu 2015

Rakennustekniikan koulutusohjelma
Tekniikan ja liikenteen ala





Tekijä(t) Luusua, Juha	Julkaisun laji Opinnäytetyö	Päivämäärä 05.05.2015
	Sivumäärä 38	Julkaisun kieli Suomi
		Verkkojulkaisulupa myönnetty: x
Työn nimi Betonielementtirakenteisen toimistorakennuksen vakiodetaljit		
Koulutusohjelma Rakennustekniikka		
Työn ohjaaja(t) Marko Viinikainen		
Toimeksiantaja(t) Sweco Rakennetekniikka Oy		
Tiivistelmä <p>Opinnäytetyön tarkoitus oli luoda betonielementtirakenteisen toimistorakennuksen vakio-liitosdetaljikirjasto Sweco Rakennetekniikka Oy:n käyttöön.</p> <p>Kirjaston luomisen myötä toimeksiantajaorganisaatiolla on käytössään ulkoasultaan yhtenäisiä detaljeja, jotka ovat yhteneviä aikaisemmissa projekteissa tehtyjen kirjastojen kanssa. Kun detaljit ovat ulkoasultaan samanlaisia, riittävän tarkkoja ja selkeitä, se lisää asiakkaan luottamusta yrityksen laatuun ja yhtenäisyyteen.</p> <p>Opinnäytetyö toteutettiin kokoamalla ensin toimeksiantajan sekä yhteistyökumppani Parma Oy:n aineistoista käyttökelpoiset detaljit. Kun sopivat detaljit oli valittu, työstettiin niitä siten, että niissä on tarvittavat mitat, tekstit ja ne ovat tyyliltään samanlaiset.</p> <p>Lisäksi opinnäytetyössä tutkittiin Lean–ajattelun pohjalta detaljoinnin hyötyjä sekä käytiin läpi tyyppillisen toimistorakennuksen rakenteita.</p> <p>Lopputuloksena saatiin tietopaketti toimistorakennuksen rakenteista, niiden detaljoinnista sekä luotua salainen vakiodetaljikirjasto toimeksiantajan sisäiseen käyttöön pdf- ja dwg- muotoisina.</p> <p>Työn tuloksena syntynyt detaljikirjasto käytetään apuna Sweco Rakennetekniikka Oy:n tulevien betonielementtirakenteisten toimistorakennusten suunnittelussa.</p>		
Avainsanat (asiasanat) betonielementti, detaljisuunnittelu, toimistorakennus,		
Muut tiedot		



Author(s) Luusua, Juha	Type of publication Bachelor's thesis	Date 05.05.2015
		Language of publication: Finnish
	Number of pages 38	Permission for web publication: x
Title of publication Standard details of a prefabricated concrete office building		
Degree programme Civil Engineering		
Tutor(s) Viinikainen Marko		
Assigned by Sweco Rakennetekniikka Oy		
Abstract <p>The purpose of this thesis was to construct a standard detail library for a prefabricated concrete office building for Sweco Rakennetekniikka Oy's usage.</p> <p>Due to the construction of the library, the assigning organisation now has to its use details with uniform appearance that are consistent with the libraries made in the previous projects. Having details with similar appearance that are accurate and explicit enough increases the clients trust in the quality and uniformity of the company.</p> <p>This thesis was executed by first compiling the usable details from the data of both the assigning organisation and their co-operation partner Parma Oy. After choosing the suitable details they were processed to possess the requested measures, texts and similar styles.</p> <p>This thesis also studied the advantages of detailing from the Lean thinking point of view and the typical office structures were concerned.</p> <p>The results of the thesis are a databank consisting of the structures of an office building and detailing them as well as a covert library of standard details for the internal usage of the assigning organisation in pdf and dwg formats.</p> <p>The details library resulting from this study is going to be used as a guideline with the future design of prefabricated concrete office buildings at Sweco Rakennetekniikka Oy.</p>		
Keywords/tags (subjects) Concrete element, detail design, office building		
Miscellaneous		

Sisältö

1. Työn lähtökohdat.....	3
1.1. Toimeksiantaja ja yhteistyökumppanit	3
1.2. Tehtävä ja tausta	4
2. Lean-ajattelu	6
2.1. Johdatus Lean-ajattelun maailmaan	6
2.2. Pitkän tähtäimen filosofia	8
2.3. Hukan eliminointi	8
2.4. Kunnioita, haasta ja kasvata heitä.....	10
2.5. Jatkuva parantaminen ja oppiminen.....	11
2.6. Lean rakennusalalla	12
3. Betonielementtirakenteet.....	13
3.1. Betonielementtirakentamisen historiaa	13
3.2. Rakentamismääräykset	15
3.3. Laatu	15
4. Betonielementtirakenteinen toimistorakennus.....	16
4.1. Mittajärjestelmä	16
4.2. Runkojärjestelmä.....	17
4.3. Liitosdetaljit rakenneosittain.....	19
4.3.1. Perustukset.....	19
4.3.2. Pystyrakenteet.....	22
4.3.3. Vaakarakenteet	25
4.3.4. Porrashuoneet ja kuilut.....	27
4.3.5. Julkisivut	29
4.3.6. Väliseinät	31
5. Yhteenvedo ja pohdinta	35
Lähteet.....	37

Kuviot

Kuvio 1 Swecon levittäytyminen Eurooppaan	4
Kuvio 2 Toyotan tavan neljän periaateluokan malli.....	7
Kuvio 3 Pilari-palkkirunko betoni- ja piilokonsoleilla	18
Kuvio 4 Pyöreän pilarin liitos perustukseen	21
Kuvio 5 Kantavan väliseinän ja perustuksen liitos	22
Kuvio 6 Pilarin ja palkin välinen liitos piilokonsolilla	24
Kuvio 7 Palkki-palkki- liitos pilarin sivulla.....	25
Kuvio 8 Deltapalkin ja ontelolaataston liitos.....	27
Kuvio 9 Lepotason kannatus seinästä	28
Kuvio 10 Nauhaelementin pulttikiinnitys pilariin, yläosa	30
Kuvio 11 Nauhaelementin kannatus pilarista betonikonsolilla	31
Kuvio 12 Ontelolaatan päätyliitos väliseinälle	33
Kuvio 13 Väliseinän T-liitos.....	34

1. Työn lähtökohdat

1.1. Toimeksiantaja ja yhteistyökumppanit

Sweco Rakennetekniikka Oy on osa ruotsalaista kansainvälisesti toimivaa rakennus-, energia ja ympäristöalan asiantuntijayritystä. Se tuottaa konsultointi- ja suunnittelu- palveluita rakennetekniikan, arkkitehtuurin, talotekniikan, yhdyskuntatekniikan, teollisuuden ja ympäristöaloilla. Lisäksi se tarjoaa projektinjohto- ja rakennuttamispalveluita. (Sweco Suomessa 2014.)

Swecolla on toimipaikkoja ja tytäryhtiöitä yhteensä 12 eri maassa. Sweco on jaettu neljään alueelliseen organisaatioon: Sweco Finland, Sweco Sweden, Sweco Norway sekä Sweco Central Europe(ks kuvio 1). Ja Suomessa edelleen Sweco Rakennetekniikka, Sweco Talotekniikka, Sweco Ympäristö, Sweco Industry, Sweco PM, Sweco Architects sekä Arkkitehtitoimisto Brunow & Maunula Oy. Konsernissa on kaiken kaikkiaan noin 9000 työntekijää, joista 1800 työskentelee Suomessa. Sweco Rakennetekniikka työllistää noin 700 henkilöä ympäri Suomen. Sweco toteuttaa vuosittain noin 37 000 hanketta yli 1 500 asiakkaalle 80 maassa ympäri maailman. (Sweco Suomessa 2014.)



Kuvio 1 Swecon levittäytyminen Eurooppaan

Opinnäytetyön yhteistyökumppanina toimi Parma Oy, joka on Suomen suurin betonielementtien valmistaja ja alan markkinajohtaja. Sillä on toimintaa kahdellatoista eri paikkakunnalla ja se työllistää noin 750 työntekijää. Yritys tarjoaa asiakkailleen elinkaariedullisia, kustannustehokkaita ja konkreettisia tuotteita aina suunnittelusta rakennuksen luovutukseen. Parma kuuluu kansainväliseen Consolis-konserniin, joka on Euroopan suurin betonitekniikkaan perustuvien ratkaisujen tuottaja. Consolis toimii 32 maassa ja sillä on yli 10 000 työntekijää. (Tietoa Parmasta 2014.)

1.2. Tehtävä ja tausta

Sweco-konsernissa oli tarve valmiille betonielementtirakenteisen toimistorakennuksen vakioliitosdetaljeille, joista löytyy riittävästi yksityiskohtia ja mittatietoja. Tällä hetkellä olemassa olevat vakiodetaljit ovat epätarkkoja ja niistä puuttuvat tarkentavat mitat. Näin ollen suunnittelijat käyttävät omia lähteitään ja soveltavat määräyksiä omien kokemuksensa mukaan, jolloin jokaiselta suunnittelijalta tulee erilaiset elementit ja mitat. Nykyisellään projektilla saattaa olla eri suunnittelijoita, jolloin samoissa rakenneyksityiskohdista on erilaisia versioita. Tämän työn pohjalta konsernin intranettiin luotiin yhtenäinen detaljikirjasto.

Detaljikirjasto parantaa suunnittelun laatua, kun erilaiset suunnittelukäytänteet yhdistetään ja vakioidaan, jolloin suunnitteluvirheiden mahdollisuus pienenee. Kirjasto parantaa myös työtehokkuutta, kun resursseja ja aikaa ei kulu sellaisen tiedon etsimiseen, joka konsernin sisällä on jo valmiina käytettävissä, mutta sitä ei ole vain vielä kerätty yhteen paikkaan.

Kirjaston luomisen myötä toimeksiantajaorganisaatiolla on käytössään ulkoasultaan yhtenäisiä detaljeja, jotka ovat yhteneviä aikaisemmissa projekteissa tehtyjen kirjastojen kanssa. Kun detaljit ovat ulkoasultaan samanlaisia, riittävän tarkkoja ja selkeitä, se lisää asiakkaan luottamusta yrityksen laatuun ja yhtenäisyyteen.

Suunnittelun vakiointi vaikuttaa positiivisesti myös elementtitehtaan toimintaan. Nykyään tehtaat joutuvat tekemään suunnitteluprosessin epäyhtenäisyyden vuoksi samasta tuotteesta erikokoisia ja yksityiskohdiltaan erilaisia tuotteita. Erilaisten tuotteiden turha tekeminen vie ylimääräistä aikaa ja muita resursseja tehtailta.

Opinnäytetyö oli tarkoitus toteuttaa tutkimalla Swecon ja Parman detaljiaineistoja ja näin saada selville käytössä olevat detaljit, mitoitusyksityiskohdat ja -käytännöt. Kun materiaalit oli kerätty, kutsuttiin Parman ja Swecon edustajat neuvotteluun. Neuvottelussa päätettiin käytettävät detaljit ja mitat sekä mahdolliset vanhentuneet ja muuten vialliset detaljit hylättiin. Neuvottelutulosten perusteella tehtiin AutoCad-ohjelmistolla yhtenevät detaljit, koottiin niistä kirjasto sekä lopuksi julkaistiin ne. Neuvotteluissa sovittiin myös sopiva esitysmuoto (fontit, tyylit ja muut ulkonäköön vaikuttavat seikat). Detaljia piirrettäessä otettiin huomioon muunnettavuus 3D-muotoiseksi tulevaisuudessa.

2. Lean-ajattelu

2.1. Johdatus Lean-ajattelun maailmaan

Toimeksiantajien tuloksellisuutta on pyritty parantamaan sisäistämällä kokonaisvaltaisesti Lean-ajattelun filosofia. Leanissa on kolme tasoa: ideaali, periaatteet sekä työkalut ja menetelmät. Ideaalina on antaa asiakkaille palveluita tai tuotteita, jotka sopivat täydellisesti heidän tarpeisiinsa, välittömästi ja ilman hukkaa. Periaatteina ovat säännöt, joilla ideaaliin pyritään pääsemään. Työkalut ja menetelmät ovat keinoja, joilla pyritään saamaan periaatteet toimimaan ja ylläpitämään jatkuvaa parantamista. Lean toimii tehokkaimmin, kun sitä noudatetaan koko arvoketjussa, aina asiakkaasta suunnittelupöydälle ja tehtaista alihankkijoihin. (Vakeva 2010.)

Yksi osa jatkuvaa parantamista ja hukan eliminointia on vakioliitosdetaljikirjastojen luominen. Lean-ajatus perustuu neljääntoista periaatteeseen, joista periaate 6, ”Standardisoidut tehtävät ovat jatkuvan parantamisen ja työntekijöiden sitouttamisen perusta”, erityisesti kehottaa panostamaan standardiratkaisuihin. Koska Lean-ajattelu on merkittävässä roolissa toimeksiantajan ajatusmaailmaa, jonka myötä on myös vakiointiin alettu panostamaan, löytyy luvuista 2.2. - 2.3. kattava tietopaketti Lean-ajattelusta.

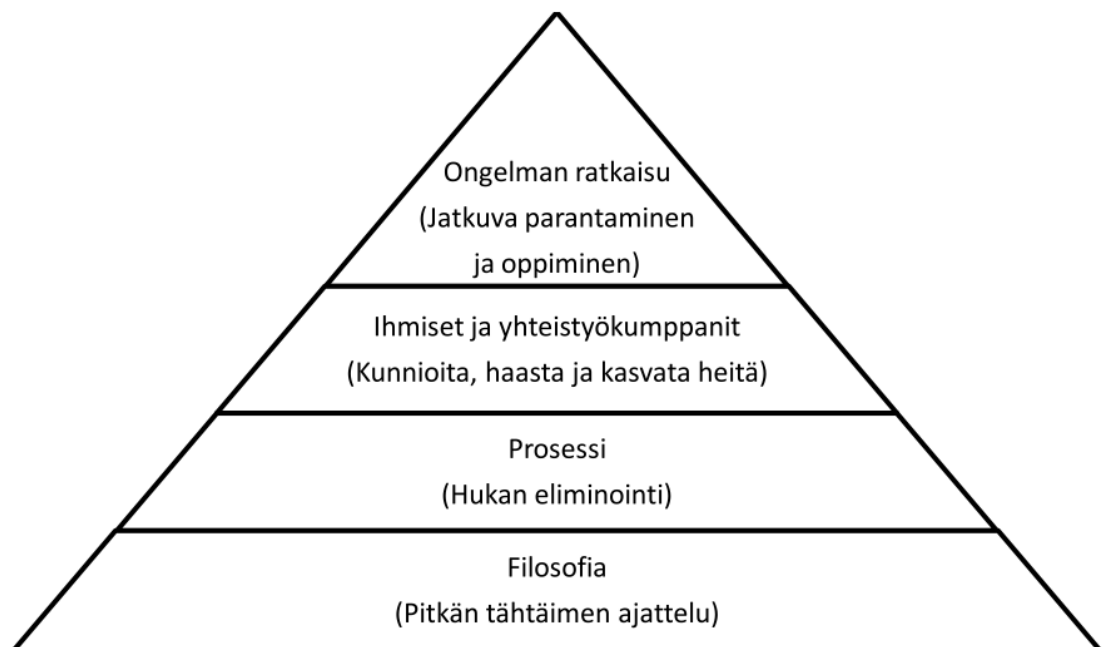
Toyotan TPS (Toyota Production System) on tehokas tuotantojärjestelmä, joka tunnetaan yrityksen ulkopuolella Lean-ajatteluna. Nerokkaan tuotantojärjestelmän avustamana Toyota on valmistanut usean vuosikymmenen aikana miljoonia autoja ympäri maailman ja onkin noussut maailman suurimpiin autovalmistajiin. (Liker 2013, 15.)

Ensimmäisen kerran Lean-ajattelusta puhuttiin James Womackin ja Daniel Jonesin kirjoittamassa kirjassa *The Machine That Changes The World*, jossa kerrotaan Toyotan tuotanto- ja johtamistavasta. Tämän jälkeen Leanista on kirjoitettu monia teoksia

viimeisen 10 vuoden aikana ja se on hallinnut teollista valmistusta siitä asti. (Liker 2013, 15.)

Toyotan filosofiassa on tarkoitus luoda mahdollisimman suurta riippuvuutta ihmisiin ja tarjota työkaluja jokapäiväistä kehitystä varten. Työntekijöillä on koko ajan tunne kiireestä, tarkoituksesta ja ryhmätyöstä, koska prosessin on tarkoitus toimia virtaviivaisesti ja se on riippuvainen jokaisen työpanoksesta. Jos tuotantolinjaston ongelmaa ei pian sen ilmettyä poisteta, se johtaa tuotannon pysähtymiseen ja pahimmillaan varaston tyhjenemiseen. Tämän vuoksi kaikki ovatkin sitoutuneita jatkuvaan ongelmien ratkaisuun, mikä parantaa heidän ongelmanratkaisutaitojaan koko ajan. (Liker 2013, 36.)

Tuotantojärjestelmä perustuu neljääntoista periaatteeseen, jotka on jaettu neljään ryhmään: filosofia (pitkän tähtäimen ajattelu), prosessi (hukan eliminointi), ihmiset ja yhteistyökumppanit (kunnioita, haasta ja kasvata heitä), ongelman ratkaisu (jatkuva parantaminen ja oppiminen) (ks. kuvio 2).



Kuvio 2 Toyotan tavan neljän periaateluokan malli (Liker 2013, 6)

2.2. Pitkän tähtäimen filosofia

Periaate 1. Tee päätökset pitkän tähtäimen filosofian pohjalta ja tarvittaessa lyhyen tähtäimen taloudellisten tavoitteiden kustannuksella.

On erittäin tärkeää noudattaa koko organisaatiossa pitkän tähtäimen filosofiaa. Yksittäisen työntekijän on tiedettävä paikkansa yrityksessä, luotettava taitoihinsa sekä kehitettävä ja ylläpidettävä taitojaan jatkuvasti. Lähtökohtana on tuottaa palveluita ja hyötyä asiakkaalle, yhteiskunnalle ja taloudelle. Kaikessa toiminnassa on aina ajateltava tätä periaatetta. Tarvittaessa pitkän tähtäimen suunnitelma menee lyhyen tähtäimen suunnitelman edelle. (Liker 2013, 37.)

2.3. Hukan eliminointi

Hukan eliminointi on TPS:n yks pääajatuksista. Sillä tarkoitetaan turhien ja lisäarvoa tuottamattomien vaiheiden ja toimintojen takia hukkaan heitettyä aikaa ja resursseja. Toyota on tunnistanut 8 eri hukan tyyppiä (suluissa elementtisuunnittelun hukan tyypit, jos eroaa Toyotan tyypeistä): 1. ylituotanto, 2. odottelu, 3. tarpeeton kuljettelu (tarpeeton suunnitelmien julkaisu), 4. ylikäsittely, 5. tarpeettomat varastot, 6. tarpeeton liikkuminen (suunnitteluvirheet), 7. viat (suunnitelmien revisioita), 8. työntekijän luovuuden käyttämättä jättäminen. (Liker 2013, 28-29.)

Periaate 2. Luo jatkuvan prosessin virtaus tuodaksesi ongelmat esille.

Kun prosessi suunnitellaan toimimaan jatkuvan virran periaatteella, pyritään pääsemään eroon sellaisista tilanteista, jolloin projektit odottavat tekijäänsä ja muuten seisovat paikallaan. Laadukas ja nopea virtaus yhdistää myös prosessit ja ihmiset yhteen niin, että virheet havaitaan heti niiden ilmaannuttua. Suoravirtaisuus on vietävä organisaatiotasolle, jotta siitä saadaan täysi hyöty irti. (Liker 2013, 37.)

Periaate 3. Käytä imujärjestelmiä välttääksesi ylituotanto.

Kolmannen periaatteen mukaan toimittaessa asiakkaille tarjotaan tuotantoprosessin aikana vain se, mitä he haluavat, niin paljon kuin he haluavat ja ennen kaikkea silloin kun he haluavat. Tällöin annetaan asiakkaan kulutuksen ohjata tuotantoa. Ylituotannon välttämiseksi pyritään minimoimaan keskeneräisten ja valmiiden tuotteiden varastoa vastaamaan kysyntää. Toisaalta asiakkaan päiväkohtaiseen kysyntään on reagoitava nopeasti, luottamatta liikaa tietokoneohjattuihin aikatauluihin. Eli tehdään tuotantopiirustukset kerralla valmiiksi yhteistyössä elementtitoimittajan kanssa välttämällä keskeneräisiä piirustuksia. (Liker 2013, 37.)

Periaate 4. Tasapainota työmäärä.

On tärkeää tasapainottaa työmääriä ja olla näin kuormittamatta yksittäisiä ihmisiä liikaa ja samalla poistaa tuotantoaikataulusta epätasaisuudet. Usein yritykset, jotka pyrkivät toteuttamaan Lean-periaatetta, unohtavat tämän ja sen, että hukan poistaminen on vain kolmasosa menetyksellistä Lean-ajattelua. Suunnittelussa kannattaa edetä mieluummin hitaasti ja harkiten kuin nopeasti. ”Toimi kuin kilpikonna, älä kuin jänis.” (Liker 2013, 38.)

Periaate 5. Luo kulttuuri, jossa pysähdytään korjaamaan ongelmia, jotta laatu saataisiin kuntoon heti ensimmäisellä kerralla.

Organisaatiossa periaatteena tulisi olla, että asiakkaan vaatima laatu ohjaa toimintaa, minkä takaamiseksi tulisi käyttää kaikkia mahdollisia nykyaikaisia laadunvarmistusmenetelmiä. Toimiva järjestelmä on sellainen, jossa välineistön huomattua ongelman se pysähtyy, ilmoittaa projektin johtajalle ja ratkaisee ongelman mahdollisimman nopeasti ilman, että ongelmat kasaantuvat. Pitkällä tähtäimellä tämä parantaa tuotavuutta. (Liker 2013, 38.)

Periaate 6. Standardisoidut tehtävät ovat jatkuvan parantamisen ja työntekijöiden sitouttamisen perusta.

Jotta prosessin kulku olisi mahdollisimman ennustettavaa ja säännöllistä, tulisi sen suorittamisessa käyttää vain vakaita ja toistettavia menetelmiä. Tämä on erityisen

tärkeää virtauksen ja imuohjauksen kannalta. Prosessin nykyisistä menetelmistä tulisi standardisoida parhaat sekä antaa työntekijöiden yksilöinä loistaa ja näin kehittää standardia paremmaksi. Näin toimittaessa saadaan parannukset siirrettyä myös muiden työntekijöiden käytettäväksi. (Liker 2013, 38.)

Tämän periaatteen toimeenpano oli tämänkin työn osatavoitteena, kun detaljit vakioidiin eli standardisoitiin.

Periaate 7. Käytä visuaalista ohjausta, jotta ongelmat eivät jää piiloon.

Tehdään sellaisia visuaalisia toimintoja, joista on helppo havaita kuinka tulisi toimia jotta toimitaan standardin mukaan. Työpisteille pitäisi sijoittaa yksinkertaisia apuvälineitä jatkuvan virtauksen tehostamiseksi. Lisäksi kaikenlaiset raportit tulisi olla tiiviitä ja yhden sivun mittaisia. (Liker 2013, 38-39.)

Periaate 8. Käytä vain luotettavaa ja perusteellisesti testattua teknologiaa, joka palvelee ihmisiä ja prosesseja.

Teknologiaa ei tulisi koskaan käyttää ihmisten korvaamiseksi, vaan heidän työnsä tukemiseksi. Usein hyväksi todetun teknologian käyttäminen on viisaampaa kuin uusi ja testaamaton tai lähes testaamaton teknologia. Uudet teknologiat tulisivatkin testata perusteellisesti ennen kuin niistä tehdään osa tuotantoprosessia. Sellaiset teknologiat, jotka ovat keskeneräisiä, voivat olla ristiriidassa yrityksen muun toiminnan kanssa vaarantaen niiden vakautta, luotettavuutta ja ennustettavuutta. Tällaiset järjestelmät tulee joko muokata tai hylätä kokonaan. (Liker 2013, 39.)

2.4. Kunnioita, haasta ja kasvata heitä

Periaate 9. Kasvata johtajia, jotka ymmärtävät työn perusteellisesti, noudattavat filosofiaa ja opettavat sitä muille.

Johtajia on parempi kasvattaa yrityksen sisältä, sen sijaan että palkattaisiin sellaisia ulkopuolelta, jotka eivät ymmärrä yhtiön filosofiaa ja toimintamalleja. Heidän nimit-

täin täytyy toimia roolimalleina muille työntekijöille. Hyvä johtaja kykeneekin opettamaan muille yrityksen filosofiaa ja tuntee oman ja työntekijöidensä työn yksityiskohdaisesti. (Liker 2013, 39.)

Periaate 10. Kehitä poikkeuksellisen etevä ihmisiä ja ryhmiä, jotka noudattavat yrityksen filosofiaa.

Kouluttamalla poikkeuksellisia työntekijöitä, jotka toimivat niin yksilöinä kuin ryhmänä toteuttaen yrityksen filosofiaa, päästään sellaiseen ainutlaatuiseseen tilanteeseen, jossa luodaan vahva ja vakaa työkuultuuri, jossa yrityksen arvot ja käsitykset tulevat hyvin esille. Työntekijöitä tulee kouluttaa tiimityöskentelyyn, sillä sitä ei opita itsestään. Kun tiimityöskentely hallitaan, se itsessään jo parantaa laatua ja tuottavuutta. (Liker 2013, 39-40.)

Periaate 11. Kunnioita yhteistyökumppaneilla ja alihankkijoilla laajennettua verkostoa tarjoamalla heille haasteita ja auttamalla heitä kehittymään.

Yhteistyökumppaneita tulee kohdella niin kuin he olisivat osa yritystä sekä kunnioittaa heidän mielipiteitään. Heitä tulisi haastaa vaativilla tavoitteilla sekä tietenkin myös auttaa heitä saavuttamaan ne. Näin voidaan osoittaa kunnioitusta heitä kohtaan. (Liker 2013, 40.)

2.5. Jatkuva parantaminen ja oppiminen

Periaate 12. Mene itse paikalle, jotta ymmärrät tilanteen perusteellisesti.

Kun johtajat tutustuvat ongelmiin ja muuhun prosessiin paikan päällä, pystyvät he perehtymään asioihin paremmin kuin että he joutuisivat esittämään teorioitaan kuulemansa perusteella. Myös ylemmän johdon kannattaisi toimia tämän periaatteen mukaan välttääkseen vain pintapuolisen asioiden ymmärryksen. (Liker 2013, 40.)

Periaate 13. Tee päätökset hitaasti yksimielisyyden pohjalta kaikkia vaihtoehtoja perusteellisesti harkiten ja toteuta päätökset nopeasti.

Päätöksiä ei tulisi tehdä ennen kuin asiaan on perehdytty riittävästi. Toisaalta, kun päätökset tehty, ei tulisi viivytellä niiden toimeenpanossa. Yksimielisen päätöksen takaamiseksi tulee prosessin kaikkien osapuolten kanssa keskustella kaikista ongelmakohdista sekä niiden ratkaisuksista riittävästi. Vaikka tämä veisikin aikaa, se takaa laadukkaimman lopputuloksen. (Liker 2013, 40.)

Periaate 14. Tee yrityksestäsi oppiva organisaatio väsymättömän arvioinnin ja jatkuvan parantamisen kautta.

Jatkuvan parantamisen työkaluilla saadaan selvitettyä vakaankin prosessin tehottomuutta ja näin ollen siitä saadaan entistä vakaampi. Yleensä resurssien tuhlaus näkyy parhaiten prosesseissa, joissa varastojen käyttö on mahdollisimman vähäistä. Yrityksen osaamisen suojelemiseksi pyritään hidastamaan henkilöiden ylenemistä ja sen sijaan kehitetään ja koulutetaan pysyvää henkilöstöä. Johtajien seuraajien valintaan tulee käyttää erityistä harkintaa ja hyviä perusteita. Kun käytetään standardikäytäntöjä, ei tarvitse keksiä pyörää uudelleen jokaisen uuden projektin ja johtajan kohdalla. (Liker 2013, 40-41.)

2.6. Lean rakennusalalla

USA:ssa Lean Construction Instituutit ovat osoittaneet, että Leanin toimintatavoilla kustannuksia voidaan rakennusprojekteissa vähentää kohteesta riippuen jopa 10-40 % (Lean soveltaminen rakennusteollisuuteen n.d.).

Perinteisesti rakentaminen ja sen suunnitteleminen on kuin liikkuvaan maaliin ampuamista: Täytyisi olla jo rakentamassa, ennen kuin on ehditty edes suunnitella. Tulee tarve nopeille päätöksille, jolloin virheiden mahdollisuus luonnollisesti kasvaa. Sannonta sanoo, että hyvin suunniteltu on puoliksi tehty, mikä voitaisiin nykyisin muotoilla toisin: hyvin tehty on puoliksi suunniteltu. (Laitinen 2012.)

Rakennusalalla luontainen projektimuotoisuus antaa hyvän mahdollisuuden Lean-ajattelun portaittaiseen omaksumiseen koko organisaatiossa. Organisaation reagoimista voidaan testata esimerkiksi pilottiprojektilla. (Säynätkari 2011, 20.)

Suunnitteluun ja toteutukseen osallistuu usein henkilöitä eri ammattiryhmistä, muun muassa rakennesuunnittelija, vastaava työnjohtaja ja rakennuttaja. Heidän välilleen on usein vaikea löytää yhteistä kieltä, kun jokaisella on eri näkökulma ja tausta tarkastella asioita. Rakennusprojektin aikana saatu oppi katoaa yleensä projektin valmistuttua, koska projektiryhmä koostuu usein monen eri yrityksen edustajista eikä yhteistyö näin ollen jatku. Lean-rakentamisen yksi perusoletuksista on kaikkien sidosryhmien osallistuminen suunnitteluun ja sen avulla voidaan kehittää yhteistoimintaa ja osaajien välistä oppimista. (Säynätkari 2011, 20.)

3. Betonielementtirakenteet

3.1. Betonielementtirakentamisen historiaa

Betonielementtien historian Suomessa voidaan sanoa alkaneen jo sota aikana, jolloin merkittävin teräsbetonihanke oli Salpa-linja itärajalla. Tuolloin saatiin arvokasta kokemusta teräsbetonirakentamisesta, jota hyödynnettiin myös siviilipuolelle. Sodan runtelemaan Suomeen tarvittiin uusia rakennustekniikoita, jotta saataisiin jälleenrakentaminen hoidettua mahdollisimman tehokkaasti. Teräsbetonissa tuntui olevan eniten potentiaalia. (Hytönen & Seppänen 2009, 19-22.)

Kivitaloissa elementtien käyttö alkoi kevytbetonista. Ensimmäiseksi askeleeksi kevytbetonista alettiin rakentamaan harkkoja seinärakenteen lämmöneristeeksi ja myöhemmin myös välipohjissa Siporex-laattoja. Kevytbetonin heikkous oli sen heikko lujuus, joten alettiin pikkuhiljaa siirtymään teräsbetonin puolelle. Tietävästi ensimmäi-

nen betonielementtikohde oli Valtion Rautateiden Hyvinkäälle rakennettu keskusko-
nepaja vuonna 1946. Siellä käytettiin esivalmisteisia betonipalkkeja. (Hytönen & Sep-
pänen 2009, 23-26.)

Esijännitystekniikka otettiin Suomessa käyttöön 1940-luvun lopulla ja se tarkoittikin
suurta suunnan muutosta suomalaisessa rakentamisessa; saatiin yhä isompia ja jän-
neväiltään pidempiä elementtejä. Ensimmäiset jännebetonipalkit valmistettiin Re-
pola-Viipuri Oy:n sahalaitokseen Pikisaareen vuonna 1949. (Hytönen & Seppänen
2009, 27.)

Ensimmäinen täyselementtirakennus valmistui 1953 Helsingin yliopiston Portharia-
instituutin tiloiksi. Asuinrakentamisessa betonielementtejä alettiin käyttämään vasta
huomattavasti myöhemmin 1950-luvun lopulla. Tähän johti puute nostureista, uu-
sien muottitekniikoiden kehittäminen sekä työmaiden hidas koneellistuminen. 1960-
luvulla alettiin käyttämään sandwich-elementtejä, erityisesti nauhaelementit olivat
suosittuja, kunnes ruutu-elementit syrjäyttivät ne 1960-luvun lopulla. (Hytönen &
Seppänen 2009, 30-31, 41, 48-49.)

Elementtirakentamisen huippuvuodet osuivat 1970-luvulle, jolloin vuosittain noin
250 000 ihmistä muutti maalta kaupunkiin ja tarvittiin paljon uusia asuntoja. Myös
1970-luvulla betonirakentaminen otti paljon kehitysaskelaita, kun muun muassa pak-
kasenkestävä betoni ja ontelolaatta välipohjaratkaisuna alkoivat yleistyä. (Hytönen &
Seppänen 2009, 99, 105-107.)

Betonielementtirakentaminen on säilyttänyt aina nykypäivään asti suosionsa toivot-
tuaan monelle alan yritykselle kohtaloksi koituneesta 1990-luvun lamasta
(Betonielementtirakentamisen vaiheista 2009).

3.2. Rakentamismääräykset

Rakentamismääräyskokoelmien on tarkoitus ohjata rakentamista ja näin varmistaa rakentamiselta vaadittava vähimmäistaso. Se sisältääkin runsaasti erilaisia määräyksiä ja ohjeita, mistä määräykset ovat velvoitteita ja ohjeet vain suosituksia.

(A1 Suomen rakentamismääräyskokoelma 2006, 3.)

Detaljikirjastoa tehtäessä on tärkeää, että detaljit ovat tämänhetkisten viranomaismääräysten mukaisia sekä toimivia ja helposti toteutettavia.

3.3. Laatu

Laatu määritellään ISO-9000 –laatujärjestelmästandardissa sellaiseksi kokonaisuudeksi, joka sisältää ominaisuuksia, jotka mahdollistavat organisaation, toiminnon, prosessin tai tuotteen kyvyn täyttää siltä vaadittavat ja odotetut ominaisuudet (SFS-EN ISO 9001 2008, 22-32).

Laatua on kuvattu asiaksi, joka antaa kohteelleen erinomaisuuden leiman (Hokkanen & Strömberg 2006, 19). Toisaalta laatu saa erilaisia tulkintoja sen mukaan, mistä näkökulmasta sitä katsotaan. Liiketaloudessa kyse on yleisesti laadusta, kun taas kansantaloudessa puhutaan hyödystä (Karlöf 2004, 47). Konsulttialalla laatu kuvaa tuotteen fyysisten ominaisuuksien lisäksi myös asiakkaan tyytyväisyyttä ja odotuksia tuotteesta ja palvelusta. Toisaalta kustannustehokkuus on aina yrityksen kannattavuuden ehto eikä edes asiakastyytyväisyys mene tämän edelle. (Lecklin 2002, 18.) Valmistaja pyrkii fyysiseen virheettömyyteen, jossa vertailukohtana ovat suunnitteluvaatimukset (Hokkanen & Strömberg 2006, 19).

Tuotantoprosessin vakiointi on yksi osa laadun parantamista. Kun rakennusosan tuotannon vaiheet, aina suunnittelusta käyttöönottoon asti, on suunniteltu etukäteen

mahdollisemman kustannustehokkaiksi ja virhevapaiksi, saadaan virheiden mahdollisuudet mahdollisimman pieniksi. Vakiointi on vaihtoehtojen rajaamista. (Särkilahti 2013.) Tässä opinnäytetyössä keskityttiin betonielementtirakenteisen toimistotalon vakiointiosdetaljiin, mikä on vain osa kyseisen tuotanto-osan tuotantoprosessia.

Detaljit ovat osa rakennesuunnitteluyrityksen laadunhallintajärjestelmää. Se on yrityksen työväline, jolla hallitaan ja varmistetaan laatua. Myös yrityksen työntekijät voivat hyödyntää laadunhallintajärjestelmää saavuttaakseen tuotteelle vaaditut laatuvaatimukset.

Tuotantotalouden professori Paul Lillrank on määritellyt laatukäsitteelle kuusi eri näkökulmaa, jotka kaikki täydentävät eivätkä millään lailla sulje pois toisiaan. Laatu näkökulmat ovat valmistuslaatu (valmistuskeskeinen laatu), tuotelaatu (tuotekeskeinen laatu), arvolaatu (arvokeskeinen laatu), kilpailulaatu (kilpailukeskeinen laatu), asiakaslaatu (asiakaskeskeinen laatu), ympäristölaatu (ympäristökeskeinen laatu). (Lecklin 2002, 20; Kankainen & Junonen 2001, 7.)

Liitosdetaljit parantavat nimenomaan valmistuskeskeisestä näkökulmasta katsottua laatua. Siinä valmistusprosessi pyritään pitämään annettujen määritysten mukaisina. Näkökulmassa korostetaan prosessin yhdenmukaisuutta ja virheettömyyttä ja työ pyritään tekemään annettujen ohjeiden, piirustusten ja standardien mukaan.

4. Betonielementtirakenteinen toimistorakennus

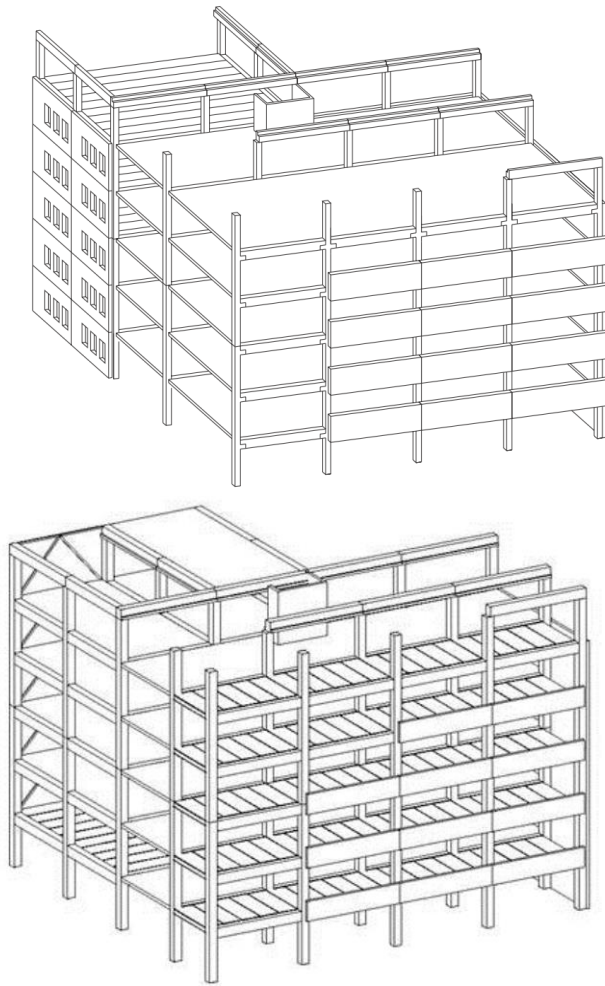
4.1. Mittajärjestelmä

Toimistorakennuksen rungon moduuliverkkona käytetään pilareihin nähden keskeistä moduuliverkkoa. Yleensä jako valitaan toimistohuoneen koon kerrannaiseksi,

jotta julkisivulinjojen pilarit saataisiin sijoitettua toimistohuoneiden väliseinälinjoille. Yleensä moduulijako on 2400 mm leveissä toimistohuoneissa 7200 mm tai 8400 mm ja 2700 mm leveissä 5400 mm tai 8100 mm. On suositeltavaa käyttää moduuliverkon perusmittana 3M. Vaakarakenteelle suositellaan perusmoduulina 12M, kuitenkin minimissään 6M. Kerroskorkeuden määrittämisessä tulee ottaa huomioon vapaakorkeuden lisäksi myös talotekniikan tilavaraukset. Yleensä kerroskorkeus vaihtelee toimistorakennuksissa 4200...4800 mm. Sen valintaan vaikuttavat mm arkkitehtuuri, tilan käyttötarkoitus sekä rakenteiden vaatima tila. (RT 82-10821 2004, 2.)

4.2. Runkojärjestelmä

Suomen yleisimmin käytetty runkotyyppi toimistorakennuksissa on pilari-palkki järjestelmä, jossa palkkilinjat ovat rakennuksen pituussuunnassa. Vaakarakenteena on tapana käyttää suorakaide- ja leukapalkkeja sekä ontelo- tai kuorilaattoja ja pystyrakenteina betonipilareita. Jotta toimistorakennukset saataisiin suunniteltua muuntojuostaviksi, runko suunnitellaan niin, että se rajoittaa sisätilojen muutoksia mahdollisemman vähän. Se ei kuitenkaan saa johtaa liian vähäiseen määrään jäykistäviä rakenteita, mikä voi johtaa kalliisti toteutettaviin ankkurointirakenteisiin perustuksissa ja muissa jäykistävässä rakenneosissa. (RT 82-10821 2004, 2.) Kuviossa 3 on esitetty toimistorakennuksen runko, jossa palkit on tuettu betonikonsoleilla(ylempi) ja teräksillä piilokonsoleilla(alempi).



Kuvio 3 Pilari-palkkirunko betoni- ja piilokonsoleilla (RT 82-10821, 7-8)

Kantavana pystyrunkona pyritään pilareiden käyttöön, huomioiden rakenteen stabiili-
teetti. Kantavien betoniseinien määrä pyritään minimoimaan rungon sisällä, jotta
saataisiin mahdollisimman hyvä muuntojoustavuus. Jäykistävinä seininä voidaan
käyttää esimerkiksi porrashuoneiden seiniä, palo-osastoivia seiniä tai hissikuiluja. Ra-
kennuksen jäykistykseen tulee kiinnittää riittävästi huomiota jo luonnosvaiheessa ja
varmistuttava, että se on riittävän jäykkä. Seinien sijasta voidaan käyttää myös jäykis-
teristikoita, jotka mahdollistavat paremman muunneltavuuden. (RT 82-10821 2004,
2.)

Palkkilinjat ovat yleensä käytävän suuntaisia, jolloin mahdollistetaan käytävän suun-
taisen tekniikan esteetön sijoitus. Yleensä palkkilinjoja on 2-4 riippuen runkosyvyy-
destä ja kuormista. (RT 82-10821 2004, 2.)

Toimistorakennuksissa käytetään myös kantavat julkisivut–runkojärjestelmää, mutta sitä ei tässä työssä käsitellä tämän enempää.

4.3. Liitosdetaljit rakenneosittain

Tässä työssä tehtiin olennaisimmat vakioliitosdetaljit etukäteen valittuun betonielementtirakenteiseen toimistorakennukseen toimeksiantajan sisäiseen käyttöön. Kirjaston tarkoituksena on säästää suunnitteluprosessin resursseja sekä nopeuttaa työn kulkua.

Liitosdetaljien lähteenä käytettiin pääasiassa Parma Oy:n sekä Sweco Rakennetekniikka Oy:n tuottamia liitosdetaljeja betonielementtirakenteille. Kyseiset detaljit olivat monesti epätarkkoja, jolloin niistä puuttuu mittaviivoja tai muita oleellisia tietoja, lisäksi ne ovat hajallaan kahden eri yrityksen sisällä. Osa järjestelmässä olevista detaljeista olivat myös vanhentuneita, joista päästiin samalla eroon.

Detaljeja työstettiin niin pitkälle kuin mahdollista, minkä jälkeen ne täydennettiin yhteistyössä Sweco:n ja Parma:n kanssa. Niiden perusteella detaljit muokattiin lopulliseen muotoonsa. Luvuissa 4.3.1 - 4.3.6 on käyty detalji tyyppejä rakenneosittain läpi.

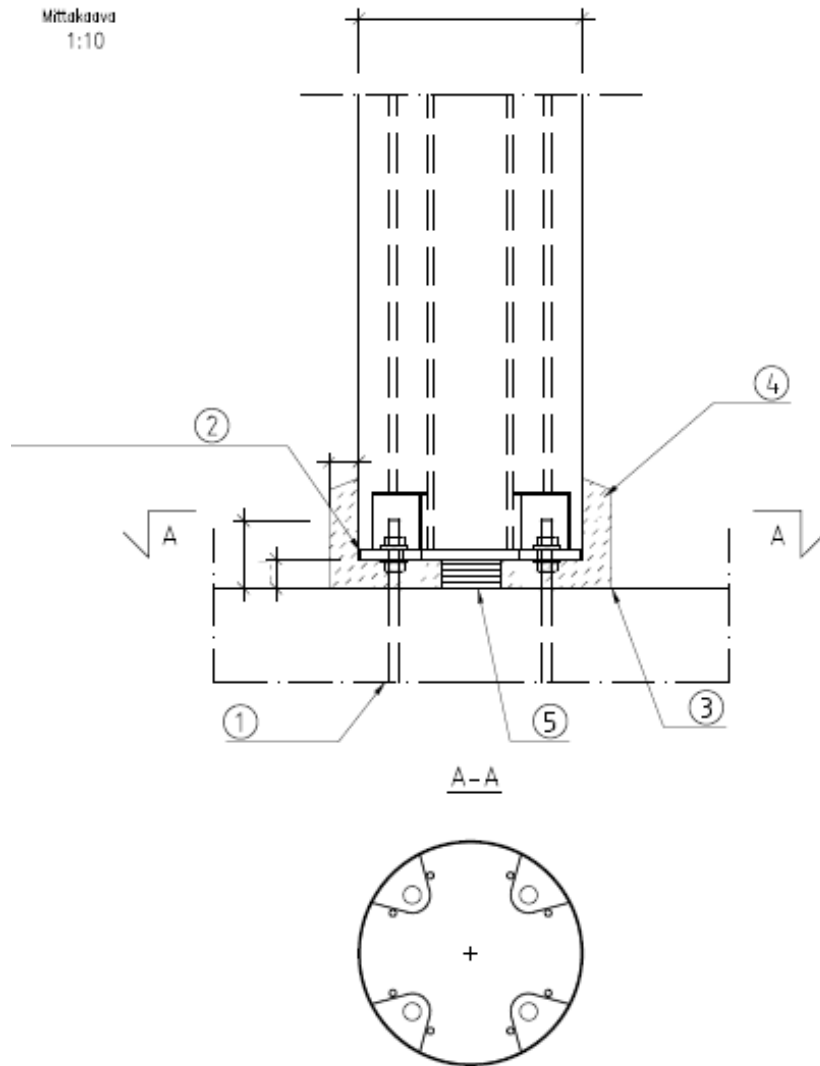
4.3.1. Perustukset

Toimistorakennuksen kantavat pilarit perustetaan anturoiden varaan, jotka voivat olla paikalla valettuja tai elementtirakenteisia. Julkisivut ovat ei-kantavia, joten ne kannatetaan pilareihin tai pilariantureihin, eikä niille siis tarvita erikseen omia anturoita. Jos rakennus on kellarillinen, niin maan alla kuormittaa ulkoseiniä maan paine, jolloin ulkoseinät yleensä perustetaan teräsbetonianturoille. (RT 82-10821, 8.)

Perustusliitoksia ovat rakenneosien liitokset, jotka liittyvät perustuksiin. Tässä työssä on tehty detaljit perustus-pilari liitokselle kahden johtavan tuoteosavalmistajan tuotteille (Anstar ja Peikko). Liitokset on esitetty niin pyöreille kuin suorakaidepilareille.

Lisäksi kirjastosta löytyy liitoksia erilaisten kantavien- ja maapaineseinien, sekä sokkelielementtien liitoksista perustuksiin, erilaisine liitostyyppineen (tappiliitos, seinäkenkäliitos).

Kuviossa 4 on esimerkki pyöreän pilarin ja perustuksen välisestä liitoksesta. Liitoksessa on käytetty Anstarin valmistamaa APK-P(2) pilarikengää sekä siihen sopivaa peruspulttia(1). Pilarikengää käytetään elementtipilarien jatkamiseen sekä niiden liittämiseen perustuksiin. Pilarin liitos muodostuu pilarikengästä, joka asennetaan elementtimuottiin ennen valua. Liitos on käyttökunnossa, kun betoni on saavuttanut suunnittelulujuuden. Valmiissa liitoksessa jälkivalu(3) siirtää pilarin normaalivoiman perustuksille. Taivutusmomentista syntyvät puristusvoimat, niin ikään johdetaan peruspultin ja jälkivalun kautta perustuksille ja vetovoimat pilarikengä-peruspulttiliitoksen avulla. Liitoksen leikkausvoimat siirtyvät kengän pohjalevyltä peruspultin reunapuristuksen kautta perustukselle. (APK pilarikengä käyttöohje 2013, 4.)



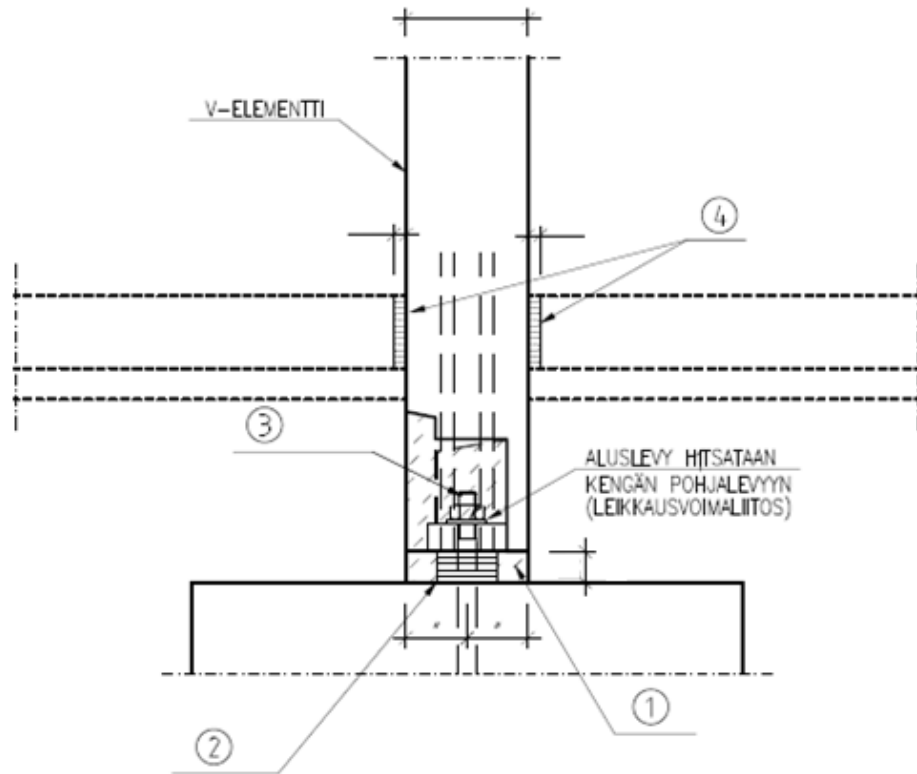
Kuvio 4 Pyöreän pilarin liitos perustukseen

Pilari-perustus liitoksissa muuttuvat kengän ja pilarin koon muuttuessa peruspultin(1) koko ja ulottuma perustuksista, jälkivalun(3) paksuus sekä korroosiosuojauksen leveys ja korkeus(4).

Kuviossa 5 on esitetty esimerkki kantavan väliseinäelementin ja perustuksen välisestä liitoksesta. Esimerkkiliitoksessa on käytetty Anstarin valmistamaa seinäelementin pulttiliitosta. Liitoksessa käytetään yhtä mutteria ja normaalia isompaa seinäkengän aluslevyä, sekä korkopaloja elementtien välissä. Seinäelementtien vaakasaumat

suunnitellaan siirtämään kaikki puristus ja leikkausrasitukset. (ASL seinäkenkä käyttö-ohje 2011, 8.)

1:10



Kuvio 5 Kantavan väliseinän ja perustuksen liitos

Kyseistä liitosta voidaan käyttää päällekkäisten seinäelementtien liittämiseksi toisiinsa ja perustuksiin. Itse pulttiliitos toimii ainoastaan vetoliitoksena, mutta kun asennus on suoritettu aluslevyjen päälle ja sauma valettu umpeen toimii saumavalu ja aluslevy myös puristusvoimien välittäjänä. (ASL seinäkenkä käyttöohje 2011, 4.)

4.3.2. Pystyrakenteet

Toimistorakennuksen kantavana rakenteena toimii tässä tapauksessa pilarirunko, jossa pilarit voivat olla 1-4 kerrosta korkeita. Yleensä pilarikoko valitaan eniten kuormitetun pilarin mukaan, jolloin tarkastellaan eniten rasitettua reuna- ja keskipilaria. Pilarikoko pyritään pitämään samana ylhäältä alas asti, ainoastaan kellarikerroksen

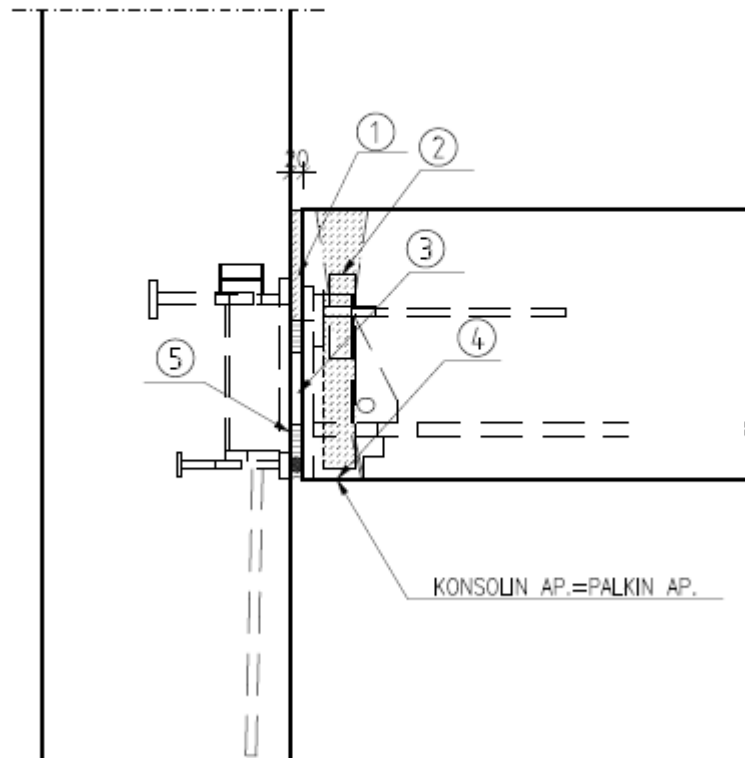
pilarikokoa voidaan muuttaa. Pysäköintitilojen pilarikokoa on syytä muuttaa vain toiseen suuntaan, jotta pysäköinti ei vaikeutuisi. Alimpien kerrosten kantavuutta onkin suositeltavampaa parantaa muuttamalla joko raudoitusta tai betonilujuutta. (RT 82-10821 2004, 8-9.)

Kun toimistorakennus toteutetaan suorakaidepalkein, tehdään pilarit monikerrospilareina, yleensä neljän kerroksen korkuisina. Palkit ovat tällöin yksiaukkoisia ja palarin ja palkin liitos tehdään joko teräksisillä piilokonsoleilla tai lovipäisillä palkeilla sekä betonikonsoleilla. Myös leukapalkkien yhteydessä voidaan käyttää monikerrosparirunkoa. Pilarit mitoitetaan yleensä kerroksittain nivelellisesti tuettuna sauvana, jolloin niihin kohdistuu ylemmistä kerroksista vain normaalivoimaa ja epäkeskisyyttä tulee vain tarkasteltavan kerroksen pystykuormista. (Toimisto- ja liikerakennukset 2010.)

Tämän työn lopputuloksena syntyneessä detaljikirjastossa on esitetty pilari-palkki-liitoksia käyttäen kahden suuren toimijan (Peikko ja Anstar) tuoteosia. Kirjastosta löytyvät muun muassa palarin liitokset deltapalkkiin, suorakaidepalkkiin ja leukapalkkiin, niin keskellä kuin reunallakin. Liitokset ovat yleisimmin toteutettu käyttäen teräksisiä piilokonsoleita.

Kuviossa 6 on esitetty neliöpalarin liitos suorakaidepalkkiin Anstarin AEP-piilokonsolin avulla. AEP-piilokonsolia käytetään elementtipalkin liittämiseen nivelellisenä, joko elementtipilariin tai betoniseinään. Liitos siirtää palkin leikkausvoiman ja vääntömomentin sekä pituussuuntaisen vaakavoiman. Sitä ei voi käyttää momenttijäykkään liitokseen. Konsoli siirtää palkin kuormat niin asennus- kuin käyttötilanteessakin. Koska piilokonsolista ei tule ulkonevia osia, voidaan elementtien tekovaiheessa käyttää teräsmuotteja. (AEP piilokonsolin käyttöohje 2013, 4, 17.)

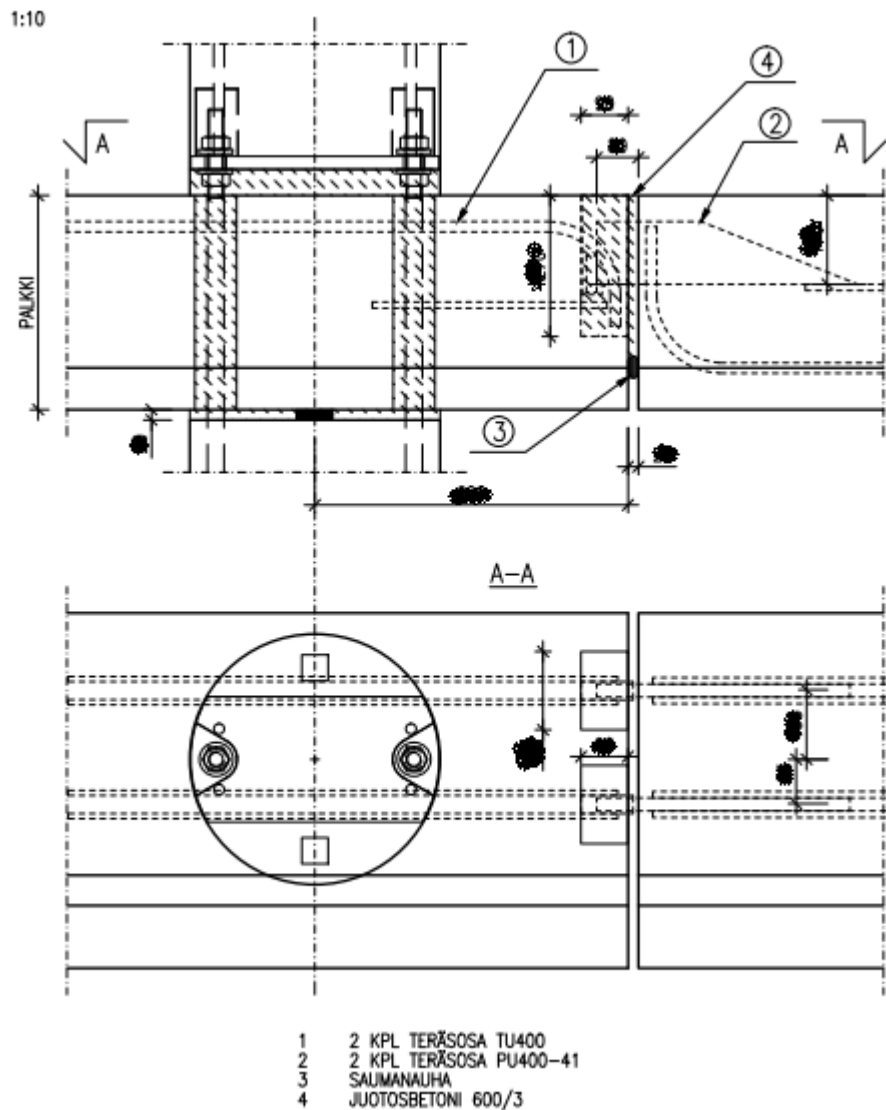
1:10



Kuvio 6 Pilarin ja palkin välinen liitos piilokonsolilla

Konsolin alapinta suositellaan asennettavan samaan tasoon kuin palkin alapinta ja pilarin ja palkin väliin suunnitellaan 20 mm:n väli.

Palkit voidaan tukea myös pilarin päähän, jolloin pilarit tehdään yhden kerroksen korkeuksina. Tällaisten elementtien suunnittelussa on erityisesti otettava huomioon tukipinnan riittävyys. Yksikerrospilarirungossa palkit voidaan viedä ulokkeena pilareiden yli ja sijoittaa pilarit vapaammin (ks. kuvio 7. (Toimisto- ja liikerakennukset 2010.)



Kuvio 7 Palkki-palkki- liitos pilarin sivulla

4.3.3. Vaakarakenteet

Pilari-palkkirakenteessa vaakarunko koostuu pilareihin tukeutuvista palkeista sekä palkkeihin tukeutuvista laatoista. Palkit voivat olla teräs- tai jännebetonipalkkeja (suorakaide- tai leukapalkit) tai teräслиittopalkkeja (esim. deltapalkki). Rakennuksen keskellä voidaan käyttää matalaleukapalkkeja, joissa laatan alapuolelle tulevan leuan

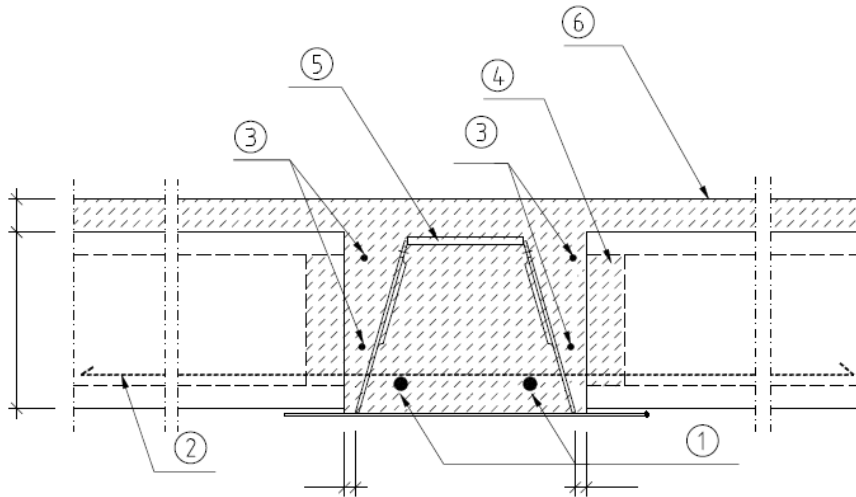
korkeus on 80-180 mm. Tällöin leuat eivät ole esimerkiksi putkivetojen tiellä. Ulkoseinillä on useimmiten edullisinta käyttää laatan alapuolisia suorakaidepalkkeja. Palkit ja laatasto toimivat yhdessä jäykistävänä levynä. (RT 82-10821 2004, 9-10.)

Alustavassa mitoituksessa reuna- ja keskipalkkien koko määritellään eniten rasiitetujen palkkien mukaan. Palkit tuetaan useampikerroksisiin pilareihin teräspiilokonsolin tai betonikonsolin avulla. Kerrospilareihin palkit tuetaan pilarin päähän niin, että siihen kohdistuu vain yläpuolisen pilarin normaalivoimaa. Ylimmän kerroksen palkit voidaan tukea myös suoraan pilarin päähän. (RT 82-10821 2004, 9-10.)

Yleisimmin toimistorakennuksen laattana käytetään 320 mm paksua ontelolaattaa ja erikoistapauksissa myös kuorilaattaa. Mikäli jännevälit ovat pitkiä, voidaan käyttää myös 400 mm:n ontelolaattaa aina 17 m:iin asti. Pitkillä jänneväleillä pilari ja palkkimäärät pienenevät, mutta muuntojoustavuus voi kärsiä kuormien noustessa myöhemmin. (RT 82-10821 2004, 9-10.)

Kuviossa 8 esimerkkinä on Peikon valmistaman liittopalkin (deltapalkki) ja ontelolaattojen liitosdetalji. Deltapalkkien avulla voidaan toteuttaa suuria ja avoimia tiloja. Ne ovat teräslevyistä hitsattuja, onttoja ja sivuilta rei'itettyjä palkkeja, jotka betonoidaan työmaalla. Kun betoni on kovettunut, palkki toimii liittopalkkina ontelo-, liitto- ja kuorilaatoille. Palkit valetaan yhtäaikaisesti ontelolaattojen saumavalun kanssa. Deltapalkin liittovaikutus mahdollistaa pitkät jännevälit. Deltapalkit mahdollistavat jopa 12 x 12 tai 8 x 16 m kokoiset jännevälit ja niitä on saatavana 185-500 mm korkuisina. (Deltapalkki n.d.)

1:10



Kuvio 8 Deltapalkin ja ontelolaataston liitos

Rakennesuunnittelija mitoittaa liitokseen paloteräkset(1), saumateräkset(2) ja rengasteräkset(3). Mitoituksessa tulee ottaa huomioon myös deltapalkin erityisvaatimukset. Muun muassa ontelolaataman tukipinta-vaatimukset ovat korkeammat kuin yleensä.

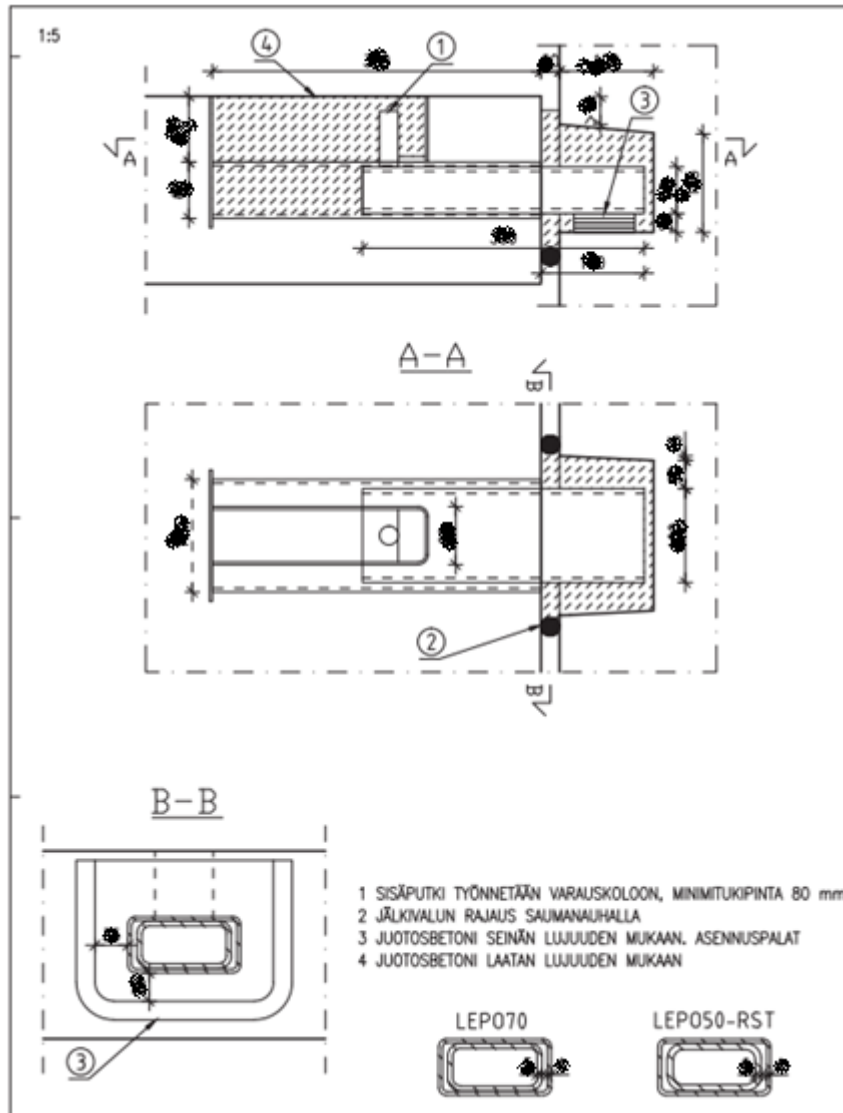
4.3.4. Porrashuoneet ja kuilut

Porrashuoneet ja kuilut toteutetaan yleensä betonirakenteisina ja ne toimivat rakennusten jäykistävinä rakenteina. Kuilut toteutetaan pääsääntöisesti elementtirakenteisina. Kun rakenteeseen kohdistuu suuria kuormia, voidaan rakenne toteuttaa myös paikalla valettuna. Ne porraskuilut, jotka eivät ole jäykistäviä elementtejä voidaan toteuttaa myös teräsrakenteisina. Portaat ovat yleensä teräsbetonisia porraselementtejä. (Toimisto- ja liikerakennukset 2010.)

Tämän opinnäytetyön lopputuloksena syntyneestä detaljikirjastosta löytyy muun muassa lepotasojen kannatuksia seinästä erilaisin konsolein.

Kuviossa 9 on esitetty esimerkkinä lepotason kannatus seinästä Semtun LEPO50(70)-RST-konsolin avulla. Semtu Oy:n LEPO-tasokannakkeet ovat ensisijaisesti lepotasojen

kannatukseen tarkoitettuja piilokonsoleita. Niitä voidaan käyttää myös muiden rakenteiden kannatukseen, kunhan otetaan huomioon muun muassa reunaetäisyyksien riittävyys. (LEPO-tasokannakkeet 2012, 3.)



Kuvio 9 Lepotason kannatus seinästä

LEPO-taso kannakkeet siirtävät leikkausvoimia ja ne asennetaan laattaelementtiin ennen niiden valua. Kannakkeessa on kaksi sisäkkäistä putkea (kuviossa oikealla alhaalla), joista sisempi liutetaan laatan yläpinnan varauskoloon sijoitetun terästäpin(1) avulla seinä rakenteeseen. Sisäputki lukitaan paikoilleen jälkivalulla(4) tai

muulla soveltuvalla tavalla. Sisäputkeen seinäelementistä kohdistuva tukireaktio saadaan otettua vastaan laatan lisäraudoituksen avulla. Konsolin nimen lopussa oleva luku (Esim. LEPO 70=70kN) kertoo kannakkeen laskentakapasiteetin. (LEPO-tasokannakkeet 2012, 3-5.)

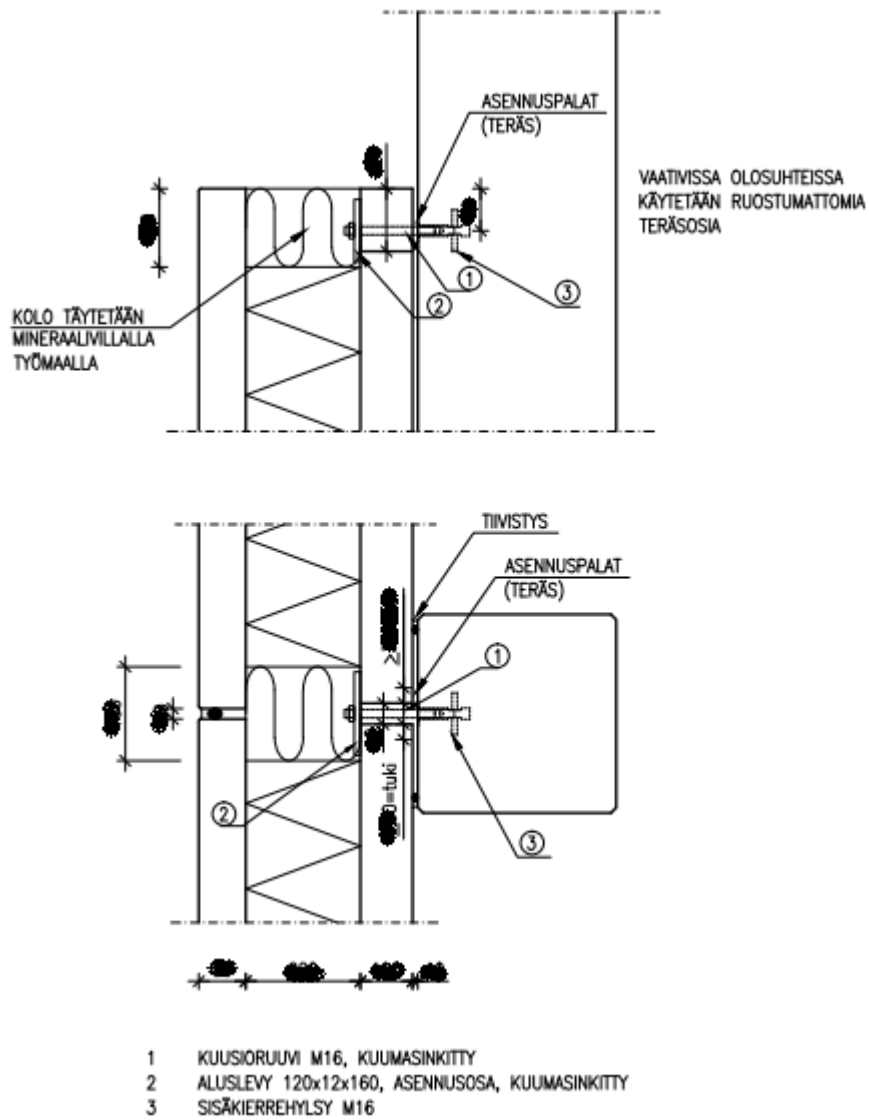
Mitoituksessa tulee huomioida muun muassa minimi reunaetäisyydet, keskiöetäisyydet, rakenteen minimi paksuus ja betoniluokka. Normaalisti lepotasokannakkeiden palosuojaus hoidetaan sauman juotosvalulla. (LEPO-tasokannakkeet 2012, 7.)

4.3.5. Julkisivut

Pilari- ja palkkirakenteisissa toimistorakennuksissa käytetään yleensä ei-kantavia sandwich-rakenteita, nauha- ja ruutuelementtejä. Jos elementtien sisäkuorta ei ole suunniteltu kannattelemaan yläpuolisten elementtien painoa, ei elementtejä voida tukea toisiinsa päällekkäin perustuksiin asti. Tällöin suunnitellaan pilarielementteihin erilliset konsolit elementtien kannatusta varten. Pilarivälin ollessa pitkä, voidaan julkisivut kannatella myös julkisivulinjalla olevasta palkista. (RT 82-10821 2004, 10.)

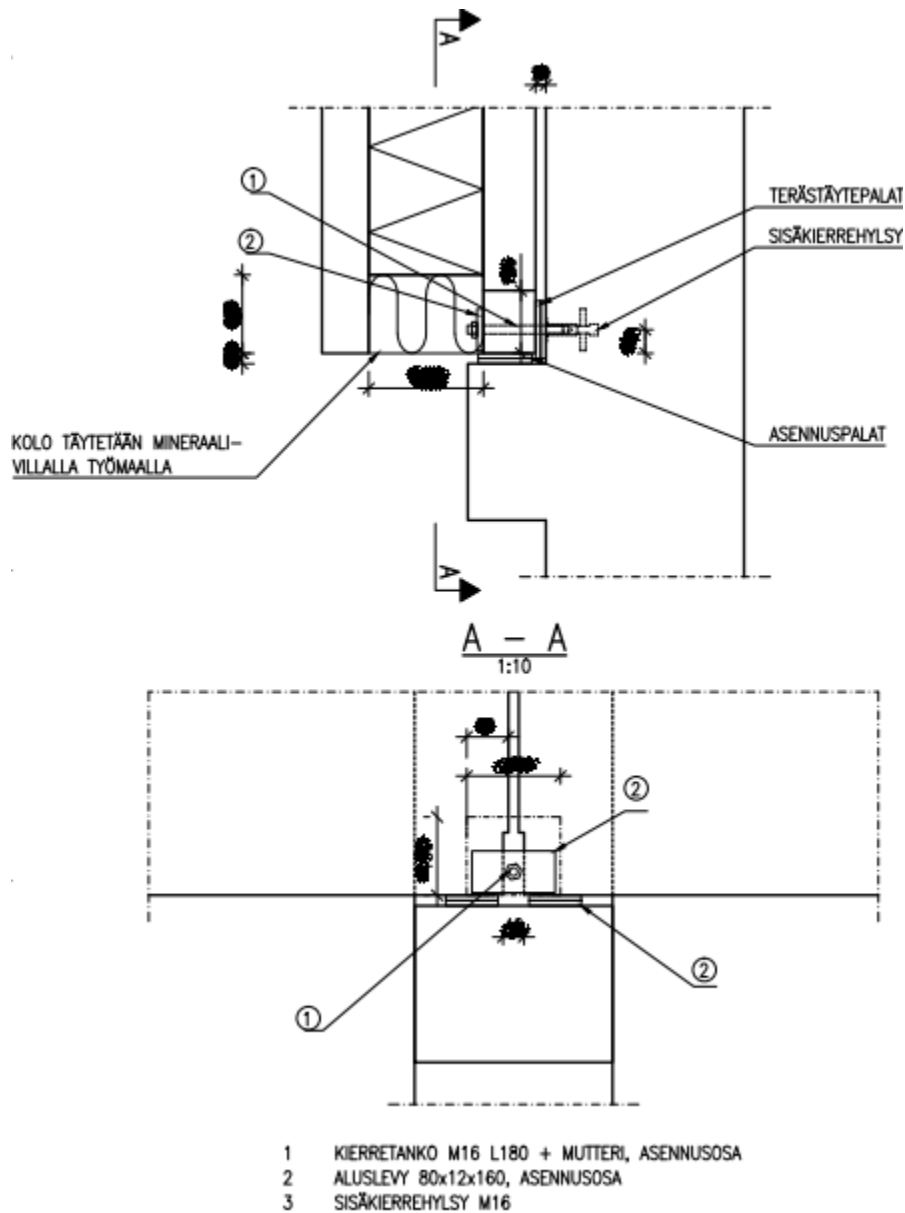
Tämän opinnäytetyön lopputuloksena syntyneestä detaljikirjastosta löytyy muun muassa seuraavat liitokset: Nauhaelementtien liitokset pilariin, Nauhaelementin kannatus pilarista (teräs- ja betonikonsoleilla) sekä elementtien keskinäisiä liitoksia.

Kuviossa 10 on esitetty esimerkki siitä, kuinka nauhaelementti voidaan kiinnittää pilariin sisäkierrehylsyn ja pultin avulla. Liitos ottaa vastaan vain sivuttaissuuntaisia kuormia, jolloin pystykuormat (omapaino) menevät joko perustuksille tai pilarille konsolin avulla.



Kuvio 10 Nauhaelementin pulttikiinnitys pilariin, yläosa

Kuviossa 11 on esitetty nauhaelementin kannatus pilarista betonikonsolin avulla. Kuviossa nauhaelementti on liitetty pilariin sivuttaisvoimia vastaan sisäkierrehylsy-pultti liitoksella (kuten myös yläpää ks. kuvio 10) ja elementin omat painot siirtyvät konsolin kautta perustuksille.



Kuvio 11 Nauhaelementin kannatus pilarista betonikonsolilla

4.3.6. Väliseinät

Betonisia seinäelementtejä käytetään väliseinien lisäksi ulkoseinien sisäkuoressa ja kellarin maanpaineseininä. Elementtiseinän voi tehdä joko raudoittamattomana tai raudoitettuna. Jos halutaan, että elementti toimii teräsbetoniseinä, täytyy siinä käyttää vähintään minimiraudoitusta. Yleensä toimistorakennuksen jäykistävät beto-

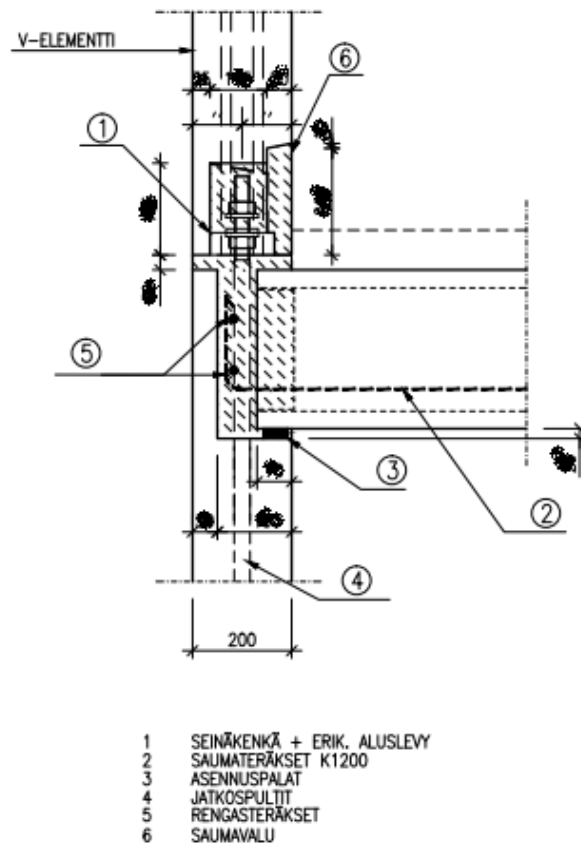
niseinät joudutaan raudoittamaan. Seinät ovat yleensä puristettuja rakenteita, pois luettuna jäykistävät ja maanpaineseinät, joissa on myös vaakakuormitusta. (Seinät n.d.)

Seinäelementtien suunniteltu maksimikorkeus on 3,6 m, mutta nostolenkit ja muut ulkonevat osat voivat ulottua aina 4,2 m asti. Maksimipituus on 8-9 m. Seinien paksuuden suunnitteluun vaikuttavat käyttökohde, kuormitukset, yläpuolisten elementtien tukipintojen vaatimukset sekä palo- ja äänitekniset asiat. Toimistorakennuksissa raudoittamattoman seinän paksuudet vaihtelevat 120..240 mm. Kantavat ja jäykistävät seinät ovat minimissään 180 mm. (Seinien mittasuositukset n.d.)

Tämän työn lopputuloksena syntyneestä detaljikirjastosta löytyvät muun muassa seuraavia liitoksia: ontelolaatan (pääty ja sivu) liitos seinään, seinien välisiä päittäisliitoksia sekä seinän pään ja pilarin välinen liitos. Kuviossa 12 on esitetty ontelolaatan päätyliitos kantavaan väliseinään. Kuviossa näkyy myös väliseinien keskinäinen liitos seinäkengän avulla. Seinäkengän toimintaperiaatteesta on kerrottu enemmän luvussa 4.3.1.

Ontelolaatasto toimii yleensä jäykistävänä levynä, ja sen toiminta tällaisena edellyttää yhtenäisenä tason ympäri kiertävää rengasraudoitusta(5). Sen määrä riippuu tasolle tulevan vaakakuorman suuruudesta sekä jäykistävien pystyrakenteiden välimatkasta. Reunateräksinä toimivia teräksiä on oltava vähintään 2T10. Lisäksi liitoksessa on saumateräs(2), joka vahvistaa saumaa ja varmistaa rengasterästen toimintaa. (Ontelolaatastojen suunnitteluohje 2012, 57.)

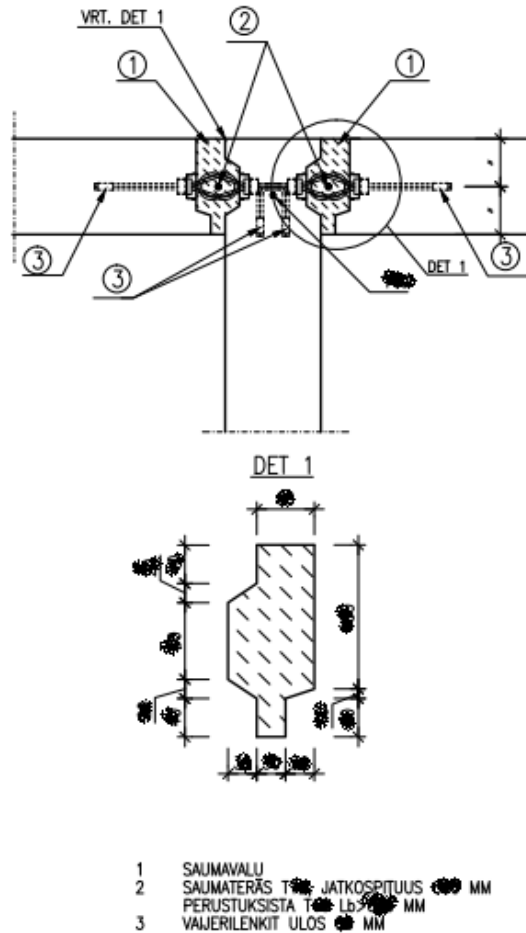
1:10



Kuvio 12 Ontelolaatan päätyliitos väliseinälle

Kuviossa 13 on esimerkki väliseinien välisestä T-liitoksesta vaijerilenkkien avulla. Vaijerilenkki liitoksissa betonielementit kiinnitetään toisiinsa lenkkiraudoituksen(3), saumavalun(1) ja betonivaarnan(2) avulla. Vaijerilenkit koostuvat vaarnakotelosta ja sen läpi menevästä vaijerilenkistä. (Vaijerilenkki ohje 2012, 1.)

1:10



Kuvio 13 Väliseinän T-liitos

Sauman pituussuuntainen leikkausvoima jakaantuu vinoon puristuskomponenttiin ja vaakasuoraan vetokomponenttiin. Leikkausvoiman vino puristuskomponentti menee koteloiden sisään sekä niiden väliin muodostuvien betonivaarnojen välityksellä liitettäville elementeille puristuksena ja vaakakomponentti menee vajjerilenkkien välisenä vetoliitoksena betoniosalta toiselle. Vaarnalenkkisaumat on tarkoitettu vain leikkausrasituksille, se ei toimi vetorasitetuissa saumoissa. Jotta saavutettaisiin saumaa vasten kohtisuora kapasiteetti, edellytetään seinän päältä vaarnamaista muotoa. (VS-K-ohje 2013, 3, 8.)

Esimerkiksi Semtun VS-vaarnalenkeille on määritelty elementin minimi paksuudet (80 mm), minimi k-jako(250 mm), sekä ensimmäisen kotelon minimi etäisyys reunasta (100 mm). (VS-K-ohje 2013, 6.)

5. Yhteenveto ja pohdinta

Opinnäytetyön tarkoituksena oli luoda Sweco Rakennetekniikka Oy:lle betonielementtirakenteisen toimistorakennuksen vakioliitosdetaljikirjasto. Ennen tätä työtä olemassa olleet vakiodetaljit olivat epätarkkoja ja niistä puuttui tarkentavia mittoja, joten tarkennuksille oli tarvetta. Työn loputtua detaljikirjasto julkaistiin Sweco-konsernin intranetissä pdf- ja dwg -muotoisina. Itse lopputuloksena syntynyt detaljikirjasto jää salaiseksi liiketoiminnallisista syistä.

Detaljikirjastoon tuli loppujen lopuksi noin 100 erilaista detaljia, joista noin kolmannes oli sellaisia, jotka olivat lähestulkoon valmiita. Tämä kolmannes on tehty aikaisemmassa projektissa, jossa luotiin detaljikirjasto hallirakennuksille. Näistä otettiin soveltuvat detaljit ja muokattiin niitä tarvittaessa toimistorakennuksille sopiviksi. Yksi osa detaljeista tehtiin Parman ja Swecon vanhoista detaljeista, joista puuttui tarkentavia tietoja ja olivat tyyliltään (ulkoasu, fontit jne.) eriäviä. Lisäksi pieni osa luotiin toimeksiantajan toiveiden ja rakennusmääräysten pohjalta.

Liitosdetaljeissa käytettiin yleensä jonkin tuotevalmistajan tuotteita liitoksen toteuttamiseen. Näiden valmistajien suunnittelijoille tarkoitetuissa teknisissä käyttöohjeissa oli erittäin paljon tietoja, kyseisen tuoteosan käyttämisestä erilaisissa tapauksissa. Kyseisistä oppaista löytyi, juuri tietyille osalle tarkoitettut mittatiedot ja muut yksityiskohdat, jolloin niiden suhteen ei tarvinnut kovinkaan paljon soveltaa. Pidänkin näitä oppaita yhtenä parhaimmista lähteistä tämän opinnäytetyön tekemiseen. Myös Rakennusteollisuuden tuottamissa RT-korteissa oli erittäin selkeästi kerrottu rakentamismääräyksistä. Nämä lähteet yhdessä muun muassa rakentamismääräysten kanssa ovat mielestäni erittäin luotettavia, koska ne perustuvat suoraan Suomen valtiovallan luomiin velvoittaviin lakeihin.

Detaljikirjaston lisäksi tämän opinnäytetyön kirjallisessa osuudessa on tietopaketti toimistorakennuksen rakenteista, betonielementtirakentamisen historiasta sekä toimeksiantajan toimintafilosofiaa selventävä osuus Lean-ajattelusta. Kuulostaa varmasti ihan luonnolliselta, että tämän kaltaisessa opinnäytetyössä kerrotaan toimistorakennuksen rakenteista ja betonielementtien historiasta, mutta miten tällainen Lean-ajattelu tähän liittyy? Lean-ajattelu on oppi toimintatavasta, jossa on tarkoitus saada yrityksestä mahdollisemman tuottava pitkällä aikavälillä noudattamalla opin neljätoista periaatetta. Näistä ehkä tärkeimmät ovat tuotantoprosessien hukkien minimointi ja asiakastyytyväisyys. Toimeksiantajayritys on päättänyt pyrkiä tämän opin toimintaperiaatteisiin, joista yksi osa on tuotantoprosessin standardisoiminen ja edelleen detaljien vakioiminen. Koska tämän kirjaston luontiin on päädytty pitkälti Lean-ajattelun myötä, annoin sille myös arvoisensa huomion ja sitä käsitelläänkin hyvin laajasti tässä työssä.

Detaljikirjastoa ja tätä kirjallista tuotosta luodessa oma tietämykseni betonielementtirakenteisen toimistorakennuksen detaljeista ja rakenteista lisääntyivät huomattavasti. Myös tähän osa alueeseen liittyvät rakentamisen määräykset ja ohjeistukset tulivat tutuiksi. Lisäksi elementtisuunnittelu.fi internetsivuston hyödyllinen aineisto tuli hyödynnettyä. Työn aikana piti sovittaa kokousten muodossa monen ihmisen aika-tauluja yhteen ja organisoida asiat niin, että kaikki työn vaiheet tuli tehtyä ajallaan. Välillä tämä oli haastavaa. Myös kirjalliseen osuuteen tietojen hankkiminen ja niiden pohjalta tekstin tuottaminen raportointiohjeiden mukaisesti oli aluksi haastavaa, mutta työn aikana kehityin siinä huomattavasti. Detaljikirjaston luonnin lisäksi työn tavoitteena oli tutustua detaljeihin ja niiden suunnitteluun vaikuttaviin asioihin sekä harjaantua AutoCAD-ohjelman käytössä. Myös nämä tavoitteet täyttyivät.

Tässä opinnäytetyössä tehty detaljikirjasto julkaistiin Swecon intranetissä. Siellä se on koko konsernin suunnittelijoiden vapaassa käytössä, kommentoitavissa ja tarvittaessa niitä päivitetään suunnittelijoiden kommenttien ja muuttuvien rakentamismääräysten myötä. Tulevaisuudessa konsernissa on tarkoitus tehdä samanlaisia kirjastoja myös muista rakennustyypeistä.

Lähteet

A1 Suomen rakentamismääräyskokoelma. 2006. Rakentamisen valvonta ja tekninen tarkastus. Määräykset ja ohjeet 2006. Ympäristöministeriön asetus. Viitattu 7.1.2015 <http://www.finlex.fi/data/normit/28238-A1su2006.pdf>.

APK piilokonsoli käyttöohje. 2013. Villähde:Anstar.

APK pilarikenkä käyttöohje. 2013. Villähde:Anstar.

ASL seinäkenkä käyttöohje. 2011. Villähde:Anstar.

Betonielementtirakentamisen vaiheista. 2009. Betoni.com. Viitattu 5.1.2015. <http://www.betoni.com/ajankohtaista/2009/08/17/uusi-teos-betonielementtirakentamisen-vaiheista>

Deltapalkki. N.d. Peikon internet sivut. Viitattu 11.4.2015 <http://www.peikko.fi/kategoria-deltapalkki>

Hokkanen, S. & Strömberg, O. 2006. Laatuun johtaminen. Jyväskylä: Sho Business Development Oy.

Hytönen, Y. & Seppänen, M. 2009. Tehdään elementeistä. Jyväskylä: Betonitieto Oy.

Kankainen, J. & Junonen J-M. 2001. Laatuajattelu ja rakennustyömaan laatuotoimintot. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Karlöf, B. 2004. Tehokas johtaminen, yritystalouden kaivattu ydin. Helsinki: Edita Prima Oy.

Laitinen, J. 2012. BIM:n mahdollisuudet hukan poistossa ja arvon luonnissa. Viitattu 1.4.2015 http://www.ril.fi/media/files/tietomallit/ril_laitinen.pdf

Lean soveltaminen rakennusteollisuuteen. N.d. Viitattu 1.4.2015 <http://www.lci.fi/fi/content/lcifin1>

Lecklin, O. 2002. Laatu yrityksen menestystekijänä. Helsinki: Talentum Media Oy.

LEPO-tasokannakkeet. 2013. Semtu LEPO-tasokannakkeet käyttö- ja suunnitteluohje. Viitattu 25.4.2015. http://www.semtu.fi/files/9913/3215/7231/LEPO-tasokannakkeet_17022012.pdf

Liker, J. 2013. Toyotan tapaan. Helsinki: Readme.fi

Ontelolaatastojen suunnitteluohje. 2012. Betoniteollisuus Ry. Viitattu 29.4.2015. www.elementtisuunnittelu.fi/.../Ontelolaatastojen%20suunnitteluohje.pdf

RT 82-10821. 2004. Betonielementtirunkorakenteet. RT-ohjetiedosto. Helsinki: Rakennustietosäätiö RTS.

Seinien mittasuositukset. N.d. Elementtisuunnittelu.fi. Viitattu 16.4.2015
<http://www.elementtisuunnittelu.fi/fi/runkorakenteet/seinat/seinien-mittasuositus>

Seinät. N.d. Elementtisuunnittelu.fi. Viitattu 16.4.2015 <http://www.elementtisuunnittelu.fi/fi/runkorakenteet/seinat>

SFS-EN ISO 9001. 2008. Laadunhallintajärjestelmät. Vaatimukset. 4. p. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS.

Sweco Suomessa. 2014. Swecon verkkosivusto. Viitattu 7.12.2014
<http://www.sweco.fi/fi/Finland/Sweco-Suomessa/>

Särkilahti, T. 2013. Rakentamisen laatu - totta vai taru. Viitattu 18.12.2014
<http://www.kirafoorumi.fi/attachments/2013-02-04T09-31-1541.pdf>

Säynätkari, A. 2011. Lean-rakentamisen käyttöön otolla saavutettavat hyödyt rakentamisalalla. Kandidaatintyö. Aalto yliopisto, Maanmittaustieteiden tutkinto ohjelma. Viitattu 20.4.2015. http://arvo.aalto.fi/publications/kandi_saynatkari.pdf

Tietoa Parmasta. 2014. Parman verkkosivusto. Viitattu 7.12.2014
<http://www.parma.fi/tietoa-parmasta>

Toimisto- ja liikerakennukset. 2010. Elementtisuunnittelu.fi. Viitattu 11.3.2015.
<http://www.elementtisuunnittelu.fi/fi/rakennejarjestelmat/toimisto-ja-liikerakennukset>

Vakeva. 2010. Vakevan Lean-koulutusmateriaali Swecon koulutukseen 17.12.2010.

Vaijerilenkki ohje. 2012. Betoniteollisuus ry:n vaijerilenkki ohje. Viitattu 27.4.2015.
<http://www.google.fi/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=7&sqi=2&ved=0CDoQFjAG&url=http%3A%2F%2Fwww.elementtisuunnittelu.fi%2FDownload%2F23853%2FVaijerilenkkiohje%2520%25281%2529.pdf&ei=POI9Vez3OYvjy-wPssYCwBQ&usg=AFQjCNECGI8sf5hDMKNX8zJ4E0ksn6TcjA>

VS-K-ohje. 2013. VS-vaarnalenkit käyttö- ja suunnitteluohje. Viitattu 27.4.2015.
http://www.semtu.ee/files/3913/8363/3295/VS-K-ohje_14062013.pdf