



Maiju Laaksonen

Betonelementtikohtaiset tarkastuslistat

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Rakennustekniikan tutkinto-ohjelma

Insinöörityö

15.5.2023

Tiivistelmä

Tekijä: Maiju Laaksonen
Otsikko: Betonielementtikohtaiset tarkastuslistat
Sivumäärä: 61 sivua
Aika: 15.5.2023

Tutkinto: Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma: Rakennustekniikka
Ammatillinen pääaine: Rakennetekniikka
Ohjaajat: Project Engineer, Sanna Kalanti
BIM Coordinator, Mikko Tonteri
Lehtori, Joni Pirhonen

Opinnäytetyön keskeisenä tavoitteena oli luoda betonielementtien suunnittelun tarkistuslistat Excel- tiedostona. Tarkistuslistojen ideana on mahdollistaa laadukkaampi betonielementtisuunnittelu ja saada uudet suunnittelijat hyödyntämään listoja betonirakenteiden suunnittelussa. Tavoitteena oli myös, että tässä insinöörityössä esitellään tyypillisten rakentamiseen käytettäviä elementtien suunnittelua.

Nuoret rakennesuunnittelijat yleensä aloittavat työnsä elementtien suunnittelulla. Yhtenäiset elementtisuunnitelmat ovat yrityksille laadun vuoksi tärkeitä ja tarkistuslistojen avulla elementtisuunnitelmat voi saada yhteneväisiksi.

Lopputuloksena on opinnäytetyössä tutkittu elementtien suunnittelua, historiaa ja kehitystä. Tarkistuslistat ovat opinnäytetyössä salainen osuus, mutta salaisia tarkistuslistoja paikaten tähän opinnäytetyöhön on koottu elementtien suunnittelua, piirustusteknisiä ominaisuuksia ja elementtien mallinnusta. Elementit, joita on koottu opinnäytetyöhön, on sokkeli-, kuori-, väliseinä, ruutu-, sisäkuori-, pilari- palkkielementit ja massiivilaatta- sekä ontelolaattaelementit.

Avainsanat: betonielementti, mallinnus, elementtipiirustus, tarkastuslista

Abstract

Author: Maiju Laaksonen
Title: Precast concrete checklists
Number of Pages: 61 pages
Date: 15 May 2023

Degree: Bachelor of Engineering
Degree Programme: Civil Engineering
Professional Major: Structural Engineering
Supervisors: Project Engineer Sanna Kalanti
BIM Coordinator, Mikko Tonteri
Senior Lecturer Joni Pirhonen

The central goal of the final year project was to draw up checklists for the design of concrete elements as an Excel file. The idea of the checklists is to enable better quality precast concrete design and to get new designers to use the lists in the design of the concrete structures. The goal was also that this graduate study presents the design of typical elements used in construction.

Young structural engineers usually start their work by designing element. Consistent elements plans are important for companies because of quality and checklists can be used to make element plans consistent.

As a result, the design, history, and development of the elements have been studied in the thesis. The checklists are a secret part of the thesis, but by improving the secret checklist, element design, drawing technical features and element modelling are included in this thesis. The elements that have been covered in the study are plinth-, shell-, wall-, column-, beam elements, slab, and hollow slab.

Keywords: concrete element, modelling, element drawing, checklist

Sisällys

1	Johdanto	1
1.1	Työn tausta	1
1.2	Työn tavoitteet	1
1.3	Tutkimusmenetelmät	2
1.4	Työn rajaus	2
2	Elementtirakentaminen Suomessa	3
2.1	Elementtirakentamisen historia ja kehitys	3
2.2	Elementtien kehitys	4
2.3	Suunnittelun kehitys	4
2.4	Normit ja standardit nykytilanne	5
3	Elementtien mallintava suunnittelu	7
3.1	Tietomallinnus	7
3.2	Elementtipiirustukset	8
3.2.1	Seinäelementtien piirustukset	8
3.2.2	Pilari-elementtien piirustukset	9
3.2.3	Palkki-elementtien piirustukset	10
3.2.4	Laattaelementtien piirustukset	10
3.3	Betonelementtien tunnuksukset	11
3.4	Reikä- ja varaussuunnittelu	17
3.5	Suunnittelu-aikataulut	17
4	Perustuselementti	18
4.1	Sokkelielementti (AS)	18
4.1.1	Sokkelielementin raudoitus	21
4.2	Kuorielementti (KE)	22
5	Seinäelementit	23
5.1	Seinäelementtien rakenne	23
5.1.1	Väliseinäelementti (V)	23
5.1.2	Ruutuelementit (S&R)	23
5.1.3	Sisäkuorielementit (SK&RK)	24
5.2	Seinäelementtien raudoitus	25

5.3	Kiinnitysosat	27
5.4	Ansaat	29
6	Laattaelementit	31
6.1	Massiivilaatta (L)	31
6.2	Ontelolaatta (O)	33
6.3	Ontelolaattojen raudoitus	36
6.4	Laattaelementin rei'itys	36
6.5	Tuennat	38
7	Pilari-elementti	40
7.1	Konsolit	41
7.1.1	Betoniset konsolit	42
7.1.2	Teräksiset piilokonsolit	43
7.2	Pilari-palkkiliitos ja pilarin perustusliitos	44
8	Palkkielementit	45
8.1	Palkkien rei'itys	46
9	Parveke-elementit	47
9.1	Parvekelaatta (CL) ja parvekekatto (CX)	48
9.2	Parvekepieli (M)	49
9.3	Parvekepielen ja laatan liitos	50
9.4	Parvekekaide (Z)	51
9.5	Parvekekaiteen ja laatan liitos	52
9.6	Parvekkeiden raudoitus	54
10	Elementtien tarkastuslistat	55
10.1	Elementtien valmispiirustukset	55
10.1.1	Piirustusalue	56
10.1.2	Yleistieto- ja tuotetietoalue	57
10.1.3	Raudoiteluettelo	58
10.1.4	Valutarvikeluettelo	59
10.1.5	Detaljit	59
11	Yhteenveto	60

Lyhenteet

- ACN: *Assembly control number*. Mallissa kokoonpanoille talletettava kokonaislukutieto, joka on sovittu käytettäväksi betonielementtien yksilöllisenä tunnistenumeronä.
- BIM: *Building information model*. Rakennuksen tietomalli.
- BEC: Betonielementtien mallintavan suunnittelun ohjeistus.
- BES: Betonielementtistandardi.
- CAD: *Computer-aided design*. Tietokoneavusteinen suunnittelu.
- CE: *Conformité Européenne*. EU:n direktiivien vaatimukset täyttävä tuotemerkintä.
- ETA: Eurooppalainen tekninen arviointi. Asiaankuuluvan eurooppalaisen arviointiasiakirjan mukaisesti rakennustuotteen perusominaisuuksiin liittyvä suoritustasojen dokumentoitu arvio.
- ICT: *Information and communication technology*. Tieto- ja viestintäteknologia.
- IFC: *Industry foundation classes*. Rakennuksen mallinnuksessa käytetty tuotetietojen siirron kansainvälinen standardi.
- TS: Trimble Solutions Oy:n tietomallinnusohjelma Tekla Structures-ohjelmiston lyhenne.
- UDA: *User defined attribute*. TS-ohjelmistossa mallin objekteille talletettavaa liitännäistietoa (metatieto).
- VDC: *Virtual design and construction*. Virtuaalinen suunnittelu.

1 Johdanto

1.1 Työn tausta

Betonelementtirakentamisen historia Suomessa on suomalaisen rakentamisen teollistumisen ja rakentamisen historiaa. Betonelementtejä käytetään kaikenlaisessa rakentamisessa. Esivalmisteisesta betonista voidaan rakentaa siltoja, tukimuureja tai vaikka junien tunnelien suurakenteita myös perinteisen talorakentamisen lisäksi. Betonelementtien runkojärjestelmät ovat vakioituja ja yleisimmät niistä ovat pilari-palkit-laatat-järjestelmä sekä kantavat seinät-laatat-järjestelmä. [1]

Tämä opinnäytetyö on tehty Sweco Finland Oy:n betoniteknologian toimeksiantona. Sweco Finland Oy:n osaaminen kattaa kaikki betonirakenteisiin ja betonirakentamiseen liittyvät palvelut. Swecolla suunnitellaan jännitetyt rakenteet, paikallavalettavat rakenteet, elementtirakenteet, silta – ja infrarakenteet. [2]

1.2 Työn tavoitteet

Opinnäytetyön tarkoituksena oli luoda betonelementtien suunnittelun tarkistuslistat. Tarkistuslistojen ideana on mahdollistaa laadukkaampi betonelementtisuunnittelu ja saada varsinkin uudet suunnittelijat hyödyntämään listoja esivalmisteen betonirakenteiden suunnittelussa. Tällä hetkellä Suomessa Swecon suunnittelijat tuottavat eritasoisia suunnitelmia. Tarkistuslistojen avulla on tarkoitus yhtenäistää betonelementtien suunnittelua Swecolla. Lopputuotoksena halutaan tuottaa Swecon betoniteknologialle tarkistuslistat, joista hyötyvät myös BIM- sekä VDC-teknologia. Tämän opinnäytetyön kirjallisessa osuudessa on selvitetty mitä betonelementtien suunnittelijan täytyy ottaa huomioon elementtejä suunniteltaessa, tätä kautta myös betonelementtien tarkistuslistat muodostuvat. Tässä opinnäytetyössä ei tehtyjä tarkistuslistoja esitetä, vaan ne ovat luokiteltu salassa pidettäväksi.

1.3 Tutkimusmenetelmät

Tutkimuksessa tarkastellaan betonielementtien suunnittelua ja mallinnusta yleisesti. Työssä perehdytään betonielementtien suunnittelijan työnkuvaan sekä elementtien mallinnukseen sekä mallinnuksesta tuotettaviin elementtipiirustuksiin. Tutkimuksessa perehdytään elementteihin ja niitä kautta mitä tarkastuslistoissa on.

1.4 Työn rajaus

Betonielementtien tarkistuslistoihin kuuluvat seinäelementit (V, SK, RK, S, R, KE, AS), laatta-, (L, O), parveke-elementit-, (CL, CX, M, Z), pilarielementti sekä palkit (K, JK). Edellä mainitut elementtityypit tarkastellaan tarkemmin tässä opinnäytetyössä.

2 Elementtirakentaminen Suomessa

2.1 Elementtirakentamisen historia ja kehitys

Elementtirakentamisen tutkinta alkoi ennen toista maailmansotaa. Elementtirakentamisen kysyntä alkoi toisen maailmansodan jälkeen 50-luvulla, kun sodan tuhojen korjaamiseen tarvittiin nopeasti tehokasta ja taloudellista rakennustapaa. [1]

Muuttovirta maalta kaupunkeihin 1960–70-luvulla pakotti tuottamaan nopeita ratkaisuja rakentamiseen. Silloin ensimmäiset sandwich-julkisivuelementit valmistettiin. Elementtien teollistamisen mallia otettiin Ranskasta, Tanskasta ja Ruotsista. Elementit valmistettiin urakoitsijoiden tuomilla betonirakentamiseen tarkoitetuilla suur- ja pöytämuottitekniikalla sekä kenttävalimoilla. [1]

Vuosina 1968–70 kehitettiin asuntorakentamista varten BES-järjestelmä. Tämä ensimmäinen BES-järjestelmä perustui kantaviin pääty- ja väliseiniin, ei-kantaviin sandwich-ulkoseiniin ja välipohjiin. Parvekkeet olivat erillään perustoilla seisovia parveketorneja. Esijännitettyjä ontelo- ja kotelolaattoja alettiin käyttämään laattaelementteinä. BES-järjestelmässä betonielementit sekä niiden liitosdetaljit standardoitiin niin, että urakoitsijat pystyivät hankkimaan valmisosia samaan rakennukseen monilta toimittajilta. [1]

Elementtijärjestelmien standardointi jatkui toimitila- ja teollisuusrakentamisen puolelle 1980-luvulla, jolloin laadittiin Runko-BES-aineisto. Runko-aineistossa koottiin mittajärjestelmä pilari-palkkirungolle, mitta- ja tyyppisuositukset rakennosille sekä liitosdetaljit. 1980-luvulla alkoi lisääntyä tuoteosakauppa, jossa elementtiteollisuus otti suurempaa toimitusvastuuta. Tuoteosakauppaan sisältyi elementtien suunnittelu, valmistus, asennus ja juotosvalut. [1]

2.2 Elementtien kehitys

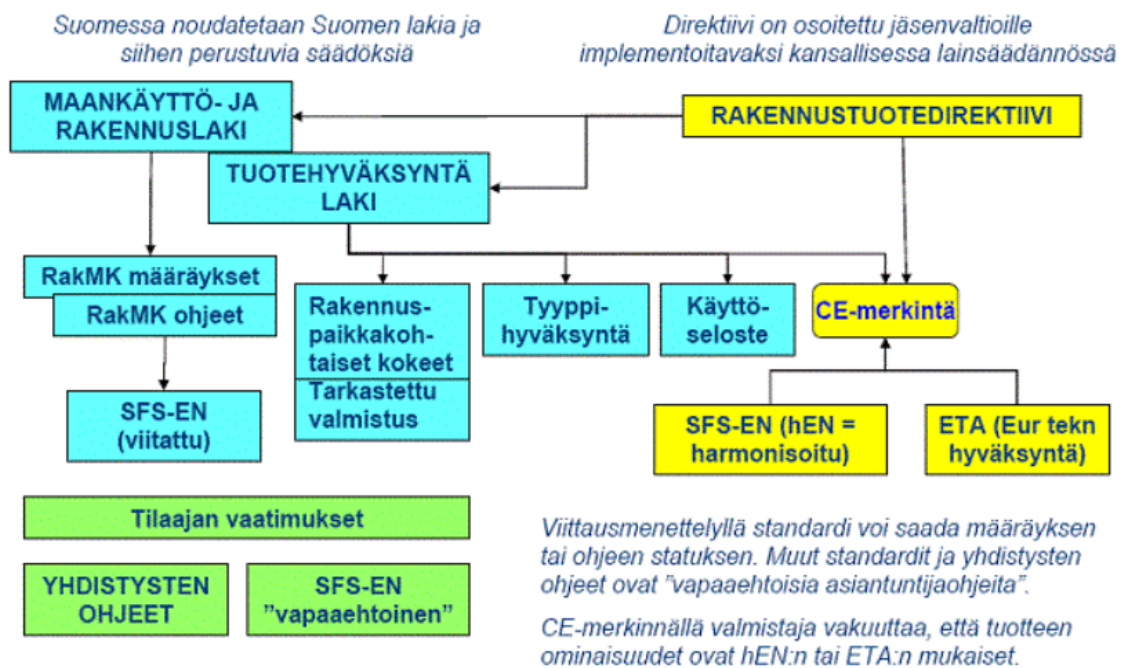
70-luvulla ontelolaattojen kehitys käynnistyi BES-rakentamisen myötä. Ontelolaattoja valmistettiin aluksi 265 mm paksuisina, mutta kehitystä tapahtui paksuimpiin profiileihin aina 500 mm paksuihin laattoihin asti. 1200 mm leveiden laattojen rinnalla kokeiltiin 2400 mm leveitä laattoja, mutta näistä on luovuttu. Vuosien varrella on kehitetty erikoislaattoja eri käyttötarkoituksiin. 80-luvulla tuli käyttöön esijännitetty kuorilaatta asuntorakentamiseen, myöhemmin sitä on käytetty enemmän pysäköintirakennusten laatastoina. 80-luvulla on kehitetty runkoratkaisu, jossa palkit voivat olla jatkuvia ja pilarit ovat 1-kerroksisia. Samaan aikaan kehitettiin matalapalkit sekä teräspiilokonsoliliitoksien käyttö pilari-palkkiliitoksessa. Korkealujuusbetonin lisääntyessä pilarit ovat tulleet hoikemmiksi ja hoikkien palkkien jännevälit ovat kasvaneet. Kehitystä on ollut erilaisissa kuorielementeissä ja rapatuissa julkisivuissa. Lämmöneriste oli aluksi 70 mm paksuinen sandwich-elementissä, mutta eristettä on kasvatettu energiatehokkuuden vuoksi 220 mm [1]

2.3 Suunnittelun kehitys

60-luvulla rakennesuunnittelussa aloitettiin hyödyntämään tietotekniikkaa suunnittelun mitoituslaskelmissa. Elementtisuunnittelussa tärkeitä työkaluja alkoivat olemaan tietokoneavusteinen suunnittelu ja sähköinen tiedonsiirto ja -hallinta. CAD-ohjelmien yhteiskäyttöä ja standardointia varten on kehitetty vuosina 1984–1985 BEC-järjestelmä. BEC-järjestelmän kansainvälisillä hankkeilla on päästy nykyiseen tietomallintamiseen. Nykyinen BEC-ohjeistus on tehty 2012. Oheistuksen tarkoitus on määritellä yhteisiä sääntöjä betonielementtien mallinnukselle. BEC-ohjeistusta noudattamalla, mallit ovat samanlaisia riippumatta suunnittelutoimistosta tai mallintajasta. Nykyään ICT-teknologia tarjoaa teollisuudelle elementtirakentamiselle työkaluja, joilla lisätään toiminnan laatua, tuotavuutta ja tehokkuutta. [1]

2.4 Normit ja standardit nykytilanne

Betonielementtien suunnittelua ja rakentamista koskeva viranomaisohjeistus muodostuu maankäyttö- ja rakennuslaista, rakennustuotteiden tuotehyväksyntään liittyvistä laeista, rakennusmääräyksistä ja -ohjeista sekä eurokoodeista ja kansallisista liitteistä. Kuva 1 havainnollistaa Suomessa noudatettavaa yleistä rakennuslakia ja siihen perustuvia säädöksiä sekä rakennustuotteiden kansallista lainsäädäntöä. [3]



Kuva 1. Kaavio Suomen rakentamisen olennaisista määräyksistä, standardeista ja tuotehyväksynnästä [3]

Maankäyttö- ja rakennuslaissa (132/1999) määritellään rakentamista koskevat yleiset edellytykset, olennaiset tekniset vaatimukset, rakentamisen lupamenetely ja viranomaisvalvonta. Olennaisia teknisiä vaatimuksia (laki 117 §), koskevat rakenteiden lujuudet ja vakaus, paloturvallisuus, terveellisyys, käyttöturvallisuus, esteettömyys, meluntorjunta ja ääniolosuhteet. Tarkemmat rakentamista koskevat säännökset ja ohjeet on koottu Suomen rakentamismääräyskokoelmaan. [4]

Tuotehyväksyntälaki koostuu EU:n rakennustuotedirektiivin periaatteista. [3] Laki eräiden rakennustuotteiden tuotehyväksynnästä 954/2012 säättää menettelystä toteamisen, täyttääkö rakennustuote maankäyttö- ja rakennuslaissa (132/1999) tai sen nojalla säädetyt olennaiset tekniset vaatimukset. Lakia sovelletaan sellaiseen rakennustuotteeseen, jolle CE-merkintä ei ole pakollinen. Tuote hyväksytään tyyppihyväksyntälaitoksen tai ympäristöministeriön myöntämällä tyyppihyväksynnällä. [5] Tuotehyväksyntälaki sisältää rakennuspaikka-kohtaiset kokeet, jotka voidaan korvata tarkastetulla valmistuksella. Tarkastettu valmistus on pakollinen betonivalmisosille, ellei niitä ole CE-merkitty. [3] Rakennustuotedirektiivin ensisijainen hyväksyntämenettely on CE-merkintä. CE-merkintä perustuu joko eurooppalaiseen harmonisoituun standardiin tai eurooppalaiseen tekniseen hyväksyntään (ETA). CE-merkittyjä tuotteita ei voida tyyppihyväksyä eikä niiltä voi vaatia käyttöselostetta. [3]

Betonistandardeja on yhteensä noin 300. Standardit voidaan jakaa neljään eri tyyppiin, jotka ovat suunnittelustandardit, tuotestandardit, testausstandardit ja toteutusstandardit. Viranomainen voi muuttaa standardit viittausmenetelmällä pakollisiksi tai hyväksytyiksi ratkaisuuksi. [3]

3 Elementtien mallintava suunnittelu

3.1 Tietomallinnus

Tietomallipohjainen suunnittelu on muuttanut rakennusalan suunnittelumenetelmiä tietomallien käytön yleistyessä. Tietomallipohjaisessa suunnittelussa suunnitteluryhmä aloittaa työn totuttua aikaisemmin. Näin tietomallien hyödyt saadaan täysimääräisesti käyttöön. Mitä useampi suunnittelija ja toimija käyttää tietomalleja, sitä paremmin tietomallipohjainen suunnittelu toimii. Mallintamisen edut jakaantuvat yksittäisen suunnittelualan hyödyistä laajemmin rakentamisprosessille. Koko rakentamisprosessissa hyödynnetään tietomalleja. Tyypilliset 3D-suunnitelmat voidaan täydentää 4D- tai 5D-suunnittelmiksi, jolloin tietomallissa voi olla mukana aikataulutusta ja kustannusohjaus. Yleisimmin käytettyjä tietomallintamiseen perustuvia suunnitteluohjelmia ovat Tekla Oyj:n Trimble Solutions- ja Jidea Oy:n JCAD Concrete Designer- 3D-mallinnusohjelmat. [6]

Rakennusten kolmiulotteisista malleista käytettiin aikaisemmin nimitystä tuotemalli. Nykyään yleistynyt nimitys on tietomalli, joka on käsitteenä laajempi kuin tuotemalli. Tietomalli yleensä koostuu monista suunnittelualojen malleista sekä muista tietolähteistä rakennukseen liittyen. Betonielementtien valmistamista varten tehtyä suunnittelun mallia voidaan nimittää tuotemalliksi. [6]

Perinteisen rakentamisprosessin tiedonsiirron ja -hallinnan ongelmia on mahdollista korjata tai poistaa tietomallitekniikalla. Tietomallien käyttö vahvistaa alan yleisiä kehitystavoitteita, kuten elinkaarivastuullisen rakentamisen toteutumista. Tietomallien hyötynä on mahdollisuus tiedon tehokkaaseen ja havainnolliseen siirtoon osapuolilta toisille, esimerkiksi yhteisillä projektipankeilla. [6]

3.2 Elementtipiirustukset

Piirustusten numerot koostuvat elementtien tyyppitunnuksista ja piirustusten järjestyslukujen numeroista. Piirustuksien numerot ovat samat kaikille samanlaisille betonielementeille. Valmispiirustuksessa kerrotaan, valmistettavien elementtien yksilölliset tunnuksot ja kuinka monta kappaletta elementtiä valmistetaan. [6]

Elementtipiirustuksissa on tärkeää luettavuus, yleisilme, näkymät ja niiden sisältö, mitoituksien periaatteet, taulukoiden rakenteet ja sisällöt, raudoite- ja tarviketunnuksien sisällöt sekä katsomissuunta. [7, p. 2]

Tyyppipiirustukset on pääasiassa laadittu A3-kokoiselle paperille riippuen, mikä elementti on kyseessä. Sivuja tulee yleensä 1–3. Elementin piirustukseen voi vielä tulla erillinen sivu sähkösuunnittelusta. A3 on tyypillinen piirustuskoko, mutta sitä ei vaadita. Mikäli elementtipiirustus tehdään usealle A3-paperille, on ensimmäinen A3-sivu varattava taulukoille sekä mahdolliselle 3D-näkymälle. 3D-näkymän sisältö ja asento tulee asettaa niin, että se toimii elementtiä selkeyttävänä näkymänä. Elementtipiirustuksissa tavoitellaan erillisiä raudoitus- ja mittanäkymiä ja yksinkertaisissa elementeissä raudoitus voidaan näyttää mittanäkymässä. Elementin päämitat esitetään 4 mm korkuisella fontilla ja muut mitat 3 mm korkuisella fontilla. [7, p. 3]

3.2.1 Seinäelementtien piirustukset

Seinäelementtien piirustusten valutarvikkeet mitoitetaan suhteellisilla mitoilla. Yksikuorisissa elementeissä kuten väliseinä-, parvekepieli- ja kantavissa sisäkuorielementeissä, voidaan raudoitukset näyttää mittanäkymässä. Seinäelementtien vaativuus vaihtelee elementtikohtaisesti, minkä takia piirustuksissakin pitää huomioida elementin vaativuus. Yleisesti pitää huomioida ja merkitä piirustukseen elementin katsomissuunta, muottipinta ja erillisten raudoitusnäkyvien nimeäminen. [7, p. 5]

Piirustukset voidaan kategorioida kolmeen osaan sen mukaan, miten piirustuksissa esitetään raudoitukset.

1. Vaativien seinäelementtien piirustuksiin luodaan oma mittanäkymä. Mittanäkymässä mitoitetaan kaikki valutarvikkeet ja elementin muoto. Raudoituksista luodaan erilliset näkymät sisä- ja ulkokuorelle. Raudoitenäkymistä piilotetaan eristeet ja kuoret. Tällainen vaativa seinäelementti voi olla esimerkiksi kantava ruutuelementti.
2. Keskivaikeiden seinäelementtien piirustuksien mittanäkymässä näytetään sisäkuoren raudoitus. Selkeyden takaamiseksi ulkokuoren raudoituksesta tehdään oma näkymä. Ulkokuoren raudoitenäkymästä piilotetaan sisäkuori ja eriste. Keskivaikea seinäelementti voi olla esimerkiksi ei-kantava sokkelielementti.
3. Helppojen seinäelementtien piirustuksiin ei tarvitse luoda erillistä raudoitusnäköä. Sisäkuoren raudoitus näytetään mittanäkymässä ja ulkokuoren raudoitus leikkausnäkössä. Helppo seinäelementti voi olla ei-kantava ruutuelementti. [7, p. 5]

3.2.2 Pilarielementtien piirustukset

Pilarielementin piirustuksissa huomioitavaa on, että pilaria ei piirustuksissa lyhennetä, vaan piirustusnäkömön skaalaa muutetaan siten, että pilari mahtuu piirustukselle. Jos pilari on pitkä, niin silloin otetaan käyttöön pitkä paperi. [7, p. 5]

Piirustuksessa pilarin suuntaiset mittaviivat pilarin varusteosille pyritään tekemään juoksevilla mittaviivoilla. Muut mitat tehdään suhteellisina. Pääsääntöinen mitta- ja raudoitus näkymät tehdään erillisinä näkyminä. [7, p. 5]

3.2.3 Palkkielementtien piirustukset

Palkki- ja palkkielementtien piirustuksissa palkit ovat joko jännitetyjä JK-palkkeja tai jännittämättömiä K-palkkeja. Palkkielementtiä ei lyhennetä, vaan piirustuksen näkymän skaalausta muutetaan siten, että palkkielementti mahtuu piirustuksen raamien sisäpuolelle. Varusteosien mittaviivat pyritään tekemään juoksevilla mitoilla palkin suuntaan. Muut mitat tehdään suhteellisina. Yksinkertaiset raudoitukset voidaan esittää mittanäkymässä. Jännitetyillä palkkeilla kuormat merkitään selkeästi. [7, p. 4]

3.2.4 Laattaelementtien piirustukset

Ontelo- ja kuorilaattojen piirustuksen koko esitetään A4-paperilla. Laattaa ei piirustuksissa lyhennetä, vaan piirustusnäkökuvan skaalausta muutetaan, jotta laattaelementti mahtuu piirustukselle. Jos laatan piirustuksessa on tehty laatan kavennus, niin piirustukseen lisätään tieto leikatusta sivusta joko niin, että laatasta otetaan leikkausnäkökuva tai piirretään katkoviivalla kaventamaton laatta. Leikkausnäkökuva tulee joka tapauksessa lisätä piirustukseen, mikäli sitä vaaditaan suunnitelmassa. [7, p. 3]

Laattaelementtien suuntaiset mittaviivat varusteosille tavoitellaan tekemään juoksevilla mitoilla. Elementtien muut mitat tehdään suhteellisina. Laattaelementtien erikokoisille rei'ille tehdään omat mittaviivat. Samalle reiälle menevät pituus- ja poikittaismittaviivat yhdistetään. Laatan mahdollisesti vinoon päähän tulee osoittaa mitat ja kulmat. Mittaviivalle osoitetaan tieto reiän koosta. [7, p. 4]

Parvekelaatoissa sekä muissa massiivilaatoissa piirustuksiin merkitään tarpeellinen määrä detaljitietoa elementtien tekoa varten. Muottipinta piirustukseen. Parvekelaatan katsomissuunta on alhaalta päin ja tämä merkitään piirustuksiin. [7, p. 4]

3.3 Betonielementtien tunnuksset

Toteutussuunnittelu, rakennusosien valmistus ja rakentaminen yhdistyvät voimakkaasti nykyaikaisessa rakentamisessa. Elementtisuunnittelijan työn ollessa vielä kesken, tarvitsee elementtivalmistaja tietoa elementeistä tuotannon suunnittelua varten ja rakentaja asennuksen suunnittelua varten. Lisäksi elementtien sarjatuotannossa on tärkeää, että samanlaisista elementeistä on vain yhdet valmistuspiirustukset. Kun samanlaisista elementeistä tehdään vain yhdet valmistuspiirustukset, vähentää se myös elementtisuunnittelijan työtä. [6]

Elementeistä voidaan tehdä karkeat suunnitelmat asennuksesta ja valmistuksesta, kun tiedetään elementeistä niiden tyypit ja sijainnit. Kun kullekin elementille annetaan oma yksilöllinen tunnus, voidaan toteutuksen suunnittelu tehdä tarkemmin. Onkin perusteltua käyttää elementeille ns. kaksoisnumerointia tuotannosuunnittelun ja -ohjauksen kannalta. Tällöin elementille luodaan yksilöllinen tunnus ja detaljoinnin valmistuttua elementtipiirustuksen numero. [6]

Elementin yksilöllinen tunnus annetaan elementin luonnin yhteydessä, tällöin sitä pystytään käyttämään elementin tunnistamiseen suunnittelu-, valmistus- ja toteutusprosessin ajan. Elementin kaksoisnumeroinnin käyttäminen helpottaa ja tuo tarkkuutta tuotannosuunnitteluun, mutta myös samalla se lisää numerointia ylläpitävän suunnittelijan työtä. Numeroinnin käytännön laajuudesta, käytettävistä esitystavoista ja sarjoista tulee sopia projektikohtaisesti. Elementin kaksoisnumerointi voidaan kirjata suunnittelusopimukselle. [6]

Trimble Solutions ohjelman yksilölliset numerot laaditaan elementtikohtaisesti suunnittelijan lisäämän juoksevan numeron avulla. Juoksevan numeron voidaan lisätä elementeille ACN-työkalulla. Tällöin tieto tallentuu malliin elementin UDA-tietona. ACN-numerot ovat yksilöllisiä juoksevia numerointeja, jotka pysyvät samana, vaikka elementtitunnuksen tai elementin piirustusnumeron numerotunniste suunnittelun aikana muuttuisi. ACN-numerot on tarkoituksena lisätä elementeille jo hankintoja palvelevassa suunnitteluvaiheessa, tällöin ACN-numero mahdollistaa elementin seurannan hankkeen ajan jälkilaskentaan saakka. ACN-

numeroinnin lisäämisen jälkeen tulee suunnittelijan huolehtia, että ACN-numero säilyy mallissa. Mikäli elementti poistetaan mallista ja elementin tilalle kopioidaan uusi elementti, tulee alkuperäinen ACN-numero siirtää uudelle elementille. [8, p. 17]

Elementtitunnusten laatiminen tehdään projektin UDA-dialogin välilehdellä FI-Piirustusasetuksissa, jossa voidaan valita, että onko ACN-numero käytössä ja onko elementtitunnus muotoa CAST_UNIT_POS vai CAST_UNIT_PREFIX + ACN (Kuva 2). [9, p. 6]

Parameters	IFC export	Status	Unitechnik	FI-Kohdetiedot
FI-Piirustusasetuksia		FI-Viranomainen	FI-Yhteystiedot	FI-Malli versio
Piir. nro tyyppi	<input checked="" type="checkbox"/> 01 Ei lukuavainta		Template/Report -painot	
Muutostaulukko	<input checked="" type="checkbox"/> 02 1 puumerkki (Muut.)		- Levyt	<input checked="" type="checkbox"/> WEIGHT_NET
- rivien lukumäärä	<input checked="" type="checkbox"/>		- Muut osat	<input checked="" type="checkbox"/> WEIGHT_NET
Suunnitteluala	<input checked="" type="checkbox"/> 01 RAK		Nimiöt	
Toimisto (ei käyt.)	<input checked="" type="checkbox"/> 01 Ei valittu		- Viranomaisnimiö	<input checked="" type="checkbox"/> 02 Kaksirivinen
Kieli	<input checked="" type="checkbox"/> 01 Suomi		- Suunnittelijanimiö	<input checked="" type="checkbox"/> 02 Laaja
Raamityyppi	<input checked="" type="checkbox"/> 01 RAK		- Asiakasnimiö	<input checked="" type="checkbox"/> 01 Piilota
Assembly control number	<input checked="" type="checkbox"/> 02 ACN käytössä		elementtien juokseissa numeroissa	
Elementtitunnus	<input checked="" type="checkbox"/> 01 CAST_UNIT_POS		Template-muuttuja CUSTOM.ELEMENT_POS	
- pienin status	<input checked="" type="checkbox"/>		jolla POS näytetään	
Sijainnin lähde	<input checked="" type="checkbox"/> 01 IFC rakennus ja kerros		Muuttujat CUSTOM.BUILDING, CUSTOM.SECTION ja CUSTOM.FLOOR	
Toteutusluokka	<input checked="" type="checkbox"/> EXC2			
Seuraamusluokka	<input checked="" type="checkbox"/> CC2			
Käyttöluokka	<input checked="" type="checkbox"/> SC2			
Valmistusluokka	<input checked="" type="checkbox"/> PC2			

OK Apply Modify Get / Cancel

Kuva 2 Elementtitunnuksen valinta TS:ssa

Elementtitunnusten laatimiseen on kolme käytäntöä:

1. Tunnusten laatimiseen käytetään vain Trimble Solutions ohjelman numerointia. Elementin tunnus on CAST_UNIT_POS, joka on saatu yhdistämällä tiedot CAST_UNIT_PREFIX ja numeroinnin määrittämää arvoa CAST_UNIT_SERIAL_NUMBER. Tällöin elementtipiirustuksen numero on sama kuin elementtitunnus ja elementillä on yksilöllinen tunnistus GUID (40 kirjaiminen merkkijono). Tämä tunnusten laatiminen on suunnittelijoiden suosittama tapa, koska ACN-numeroiden tuottaminen ja ylläpito vaativat aikaa ja on alttiimpi inhimillisille virheille. [8, p. 17]
2. Tunnusten laatimiseen käytetään Trimble Solutions ohjelman numeroa ja lisäksi ACN-numeroa. Elementtitunnus on tässäkin Trimble Solutions ohjelmassa ja myös vaihtoehdossa CAST_UNIT_POS. Elementtipiirustuksen numero on sama kuin elementtitunnus. ACN-numero on erillinen tieto, joka ei sisälly elementtitunnukseen, mutta esitetään elementtikaaviossa elementtitunnuksen yhteydessä. [8, p. 18]
3. Tunnukset muodostetaan yhdistämällä CATS_UNIT_PRFEIX ja ACN-numero. Tällä tavalla elementtitunnus on yksilöllinen. Trimble Solutions ohjelman elementtipiirustus löytyy edelleen numerolla CAST_UNIT_POS. Elementtipiirustuksen pdf-tiedoston nimessä voidaan luetella niiden elementtien elementtitunnukset, jotka kyseisellä piirustuksella laaditaan. [8, p. 18]

Elementtien tyyppitunnukselle eli kirjainosalle on annettu suositukset BEC 2012 Elementtisuunnittelun mallinnus ohjeessa (esimerkiksi Taulukko 1 on taulukoitu elementtityypit elementtitunnuksien mukaan). [6]

Taulukko 1. Elementtitunnukset tyypeittäin [10]

Elementtityyppi	Elementti	Tunnus
Perustuselementit	Anturaelementti	A
	Pilariholkkielementti	PH
	Sokkelielementti (ei kantava)	AN
	Sokkelielementti (kantava)	AS
	Sokkelipalkki	AK
	Sokkeliruutuelementti (maanpaine)	AR
	Sokkelielementti (maanpaine, yksi kuori)	AV
	Tukimuurielementti	TKE
Pilari-elementit	Pilari	P ⁽¹⁾
Seinäelementit	Väliseinä	V
	Väliseinä (seinämäinen palkki)	VSP
	Ruutuelementti (kantava)	S
	Ruutuelementti (ei kantava)	R
	Sisäkuorielementti (kantava)	SK
	Sisäkuorielementti (ei kantava)	RK
	Sisäkuorielementti (kantava, eriste + rappaus)	SKR
	Sisäkuorielementti (ei kantava, eriste + rappaus)	RKR
	Nauhaelementti (kantava)	NK
	Nauhaelementti (ei kantava)	N
	Kuorielementti	KE
Palkkielementit	Palkkielementti (teräsbetoni)	K
	Jännebetonipalkki (I-profiili)	I
	Jännebetonipalkki (HI-profiili)	HI

Elementtityyppi	Elementti	Tunnus
	Jännebetonipalkki (muut profiilit)	JK ⁽²⁾
Laattaelementit	Laattaelementti (massiivilaatta, välipohja)	L
	Alapohja (massiivilaatta, eristetty)	EL
	Jännitetty laattaelementti	JL
	Ontelolaatta	O ⁽³⁾
	Ontelolaatta (lämpöeristetty)	O ⁽³⁾
	Ontelolaatta (REI90-palolaatta)	15O
	Ontelolaatta (REI120-palolaatta)	2O
	Ontelolaatta (yläpunoslaatta)	YO
	Ontelolaatta (kylpyhuonelaatta)	OK ⁽⁴⁾
	Kuorilaatta	KL
	TT-laatta	TT
	HTT-laatta	HTT
Parveke-elementit	Parveke-elementti	C
	Parvekelaatta-elementti	CL
	Jännitetty parvekelaattaelementti	JCL
	Parvekepieli-elementti	M
	Parvekekaide-elementti	Z
	Parvekkeen kattoelementti	CX
	Jännitetty parvekkeen kattoelementti	JCX
Porraset	Porraset	T
Hissikuilun elementit	Hissikuiluelementti	HK ⁽⁵⁾
	Hissikuilun pohjaelementti	HKA
	Hissikuilun yläpään elementti	HKY
Erikois-elementit	Hormielementti	H
	Erikoiskappale	..X ⁽⁶⁾

- 1.) Mikäli rakennuskohteessa on monia pilarityyppejä, tällöin käytetään erilaista tunnusta erityyppisille pilarielementeille.
- 2.) JK-tunnuksella voidaan antaa tyyppi jännitettäville leuka-, suorakaide- ja ristipalkeille.
- 3.) Ontelolaatan tunnukseen yhdistetään myös laattatyyppin korkeuden erittelevä numerotunnus. Esimerkiksi 320 mm korkean ontelolaatan, tunnus on O32-. Eri laattavalmistajilla on käytössä omat etuliitteensä ontelolaatoille.
- 4.) Esimerkiksi kylpyhuonelaatta, minkä korkeus on 320 mm, tällöin tunnus on O32K-.
- 5.) Hissikuiluelementin tunnukseen voidaan lisätä elementin muodosta kertova tunnus. Esimerkiksi HKL on L:n muotoinen elementti ja HKU on tassa U:n muotoinen elementti.
- 6.) Poikkeaviin elementtien tunnuksiin lisätään X merkintä. Esimerkiksi jos kohteessa on laattaelementti, minkä korkeus on eroava, tällöin elementin tunnus on LX-. [10]

3.4 Reikä- ja varaussuunnittelu

Hyvin sujuva reikä- ja varaussuunnittelu edellyttää betonielementtien valmistustekniikan ja toiminnan tuntemusta. Elementtirakentamisen hyötynä on, että elementteihin tehtävät reiät voidaan tehdä elementtitehtaalla. Reikä- ja varaussuunnittelussa jo yleissuunnittelun aikana saadaan rakenteet ja talotekniset järjestelmät yhteen sovitettua. Suunnittelun edetessä tietomallipohjaisessa suunnittelussa reiät asettuvat paikoilleen rakennuksen rungon ja taloteknisten järjestelmien tarkentuessa. Suunnitteluprosessin aikana voidaan tehdä törmäystarkasteluja tarkastelemalla eri suunnittelun malleja visuaalisesti. [6]

3.5 Suunnittelu-aikataulut

Elementtisuunnittelun vaatima aika sovitaan rakennushankkeen yleisaikatauluun. Betonielementtien tuotantopiirustusten ja luetteloiden tekemiselle laaditaan oma aikataulu, jossa sovitaan päivämäärät, jolloin piirustukset ovat elementit valmistavalla tehtaalla. Suurissa rakennuskohteissa tyypillisesti piirustukset lähetetään toimituserissä tietyin jaksoin tai lohkein. Lähtötietojen toimituspäivämäärät sekä LVIS-, reikä- ja varauskierroksen tekojen päivämäärät on sovittava ennen suunnittelu-aikataulun laatimista. Suunnitelmien ohjeellisina aikatauluina voidaan pitää seinäelementeillä 6–10 viikkoa, ontelolaatoilla 4–8 viikkoa, runkoelementeillä 6–10 viikkoa ennen, kun kyseinen elementtiero on toimitettu työmaalle. Kuitenkin viikkokäsite ei ole aikataulullisesti riittävä, vaan piirustusten toimituspäivämäärät tulee sopia täsmällisesti. [11]

4 Perustuselementti

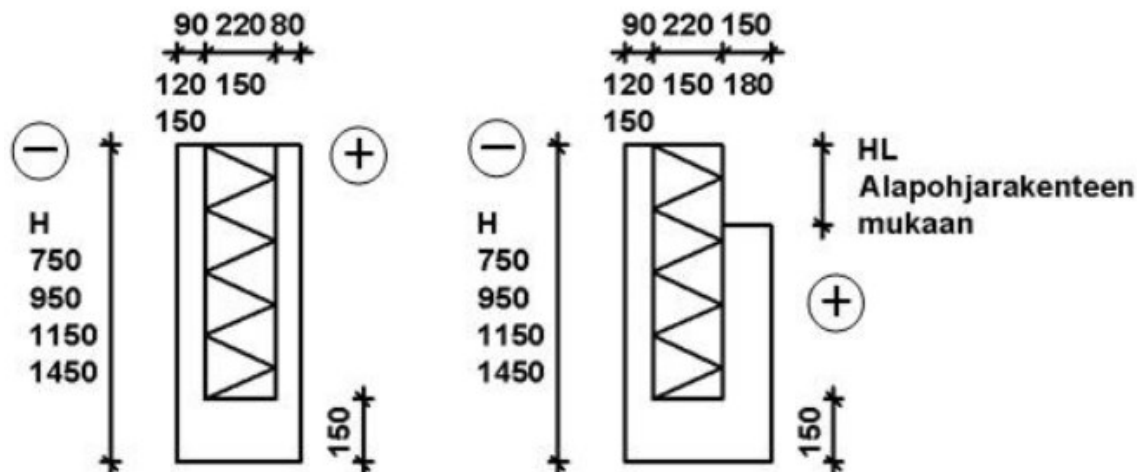
4.1 Sokkelielementti (AS)

Sokkelielementtejä valmistetaan sandwich-elementteinä, eristämättöminä sokkelipalkkeina tai ontelolaattoina. AS-elementti on sandwich-elementti. Sokkelielementeille tuleva kuormitus muodostuu yläpuoliselta seinärakenteelta ja alapohjarakenteelta. Korkeissa sokkeleissa maanpaine on otettava myös huomioon. [12, p. 18]

Sokkelielementtien korkeus yritetään valita niin, että sokkelielementtejä ei tarvitse kolota alapinnastaan, vaan sokkelielementit tukeutuvat suoraan peruspilarin tai anturan yläpinnan varaan. [12, p. 18]

Sandwich-sokkeli rakenne sopii käytettäväksi jokaisissa rakennustyypeissä. Sandwich-sokkelielementit tukeutuvat jatkuvien seinäanturoiden tai pilarianturoiden päältä. Mikäli sandwich-sokkelielementti tuetaan pilarianturoiden päältä, tällöin sokkelielementti suunnitellaan toiminaan palkkina. [12, p. 18]

Sandwich-sokkelielementin suositeltavana mitoituksena voidaan pitää kuvassa (Kuva 3) mukaisia mittoja, eli korkeus on tyypillisesti 750–1450 mm sekä ulkokuoren leveys 90–150 mm ja sisäkuoren leveys 80–180 mm. Sisäkuoren paksuus valitaan yläpuolisen rakenteen ja kuormitusten mukaan. Elementin paksuutta säädelään sisäkuoren paksuudella. Ulkokuoren paksuus valitaan yläpuolisen seinärakenteen sekä pintamateriaalin mukaan. Kantavien ulkokuorien suositeltavana paksuutena voidaan pitää 150 mm, esimerkiksi jos julkisivuna on korkea tiilimuuraus. Suositeltavan betonin lujuus on C35 sandwich-sokkelielementille. [12, p. 19]

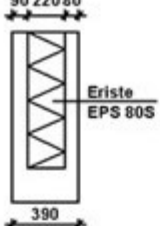
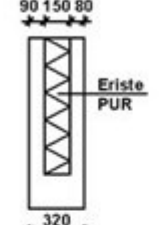
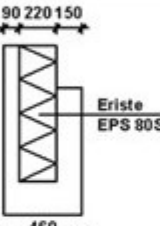
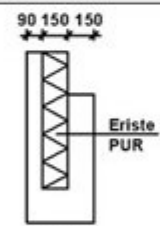
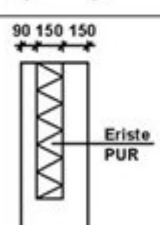
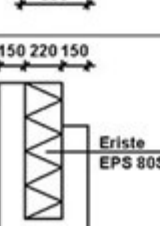


Kuva 3 Suositeltava mitoitus sandwich-sokkelielementteihin [12, p. 18]

Sandwich-sokkelielementin eristeenä käytetään yleensä PUR- eristettä tai uritamatonta EPS 80S- eristettä. Sokkelielementteihin suositellaan 150 mm ja 220 mm eristepaksuuksia. [12, p. 19]

Betonipintaisen sokkelielementin maksimipituudeksi suositellaan 8–9 m: ä. Kuitenkin on mahdollista valmistaa pidempiäkin sokkelielementtejä, tällöin sokkelielementtien käyttö tulee sopia tapauskohtaisesti. Luonnonkivilaattapintaisella sokkelielementillä suositeltava maksimipituus on 3,5 m, mutta sisäkuori voidaan valmistaa pitempänä (vaikka esimerkiksi 7 m pituisena), tällöin elementin ulko-kuoreen tehdään katkaisu keskelle. [12, p. 22]

Sokkelielementtien suosituskokoja ja elementtien yläpuolelle soveltuvia ulkoseinätyyppejä on määritetty kuvassa (Kuva 4). Sokkelielementin ja seinäelementin sisäpinnat suunnitellaan samaan tasoon, mutta jos sisäpinnat sijoitetaan eri tasoon, niin tulee ottaa huomioon, että seinäelementtien kuormitus siirtyy sokkelielementtien kuorille ja elementtien tappikololiitos on mahdollista suunnitella. [12, p. 21]

SOKKELITYYPPI	YLÄPUOLINEN SEINÄTYYPPI
	<p>Ei kantava sandwich-elementti</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sisäkuori 80mm • Eriste mineraalivilla tai EPS 240mm • Ulkokuori 70mm <p>Paksuus 390mm</p>
	<p>Ei kantava sandwich-elementti</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sisäkuori 80mm • Eriste EPS 180mm $\lambda_d \leq 0,031$ W/mK • Ulkokuori 70mm <p>Paksuus 330mm</p>
	<p>Kantava sandwich-elementti</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sisäkuori 150mm • Eriste mineraalivilla tai EPS 240mm • Ulkokuori 70mm <p>Paksuus 460mm</p>
	<p>Kantava sandwich-elementti</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sisäkuori 150mm • Eriste EPS 180mm $\lambda_d \leq 0,031$ W/mK • Ulkokuori 70mm <p>Paksuus 400mm</p>
	<p>Rapattu julkisivu</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sisäkuori 150mm • Eriste mineraalivilla 240mm • Ohutrappaus 10mm <p>Paksuus 400mm</p> <p>Rappausjärjestelmä voi vaihtoehtoisesti olla 220mm eriste ja 25 mm rappaus.</p>
	<p>Muurattu julkisivu</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sisäkuori 150mm • Eriste mineraalivilla 220mm • Ilmarako 40mm • Muuraus 130 mm <p>Paksuus 540mm</p>

Kuva 4 Erilaisia sokkelielementtejä ja niiden yläpuolelle soveltuvat seinät [13]

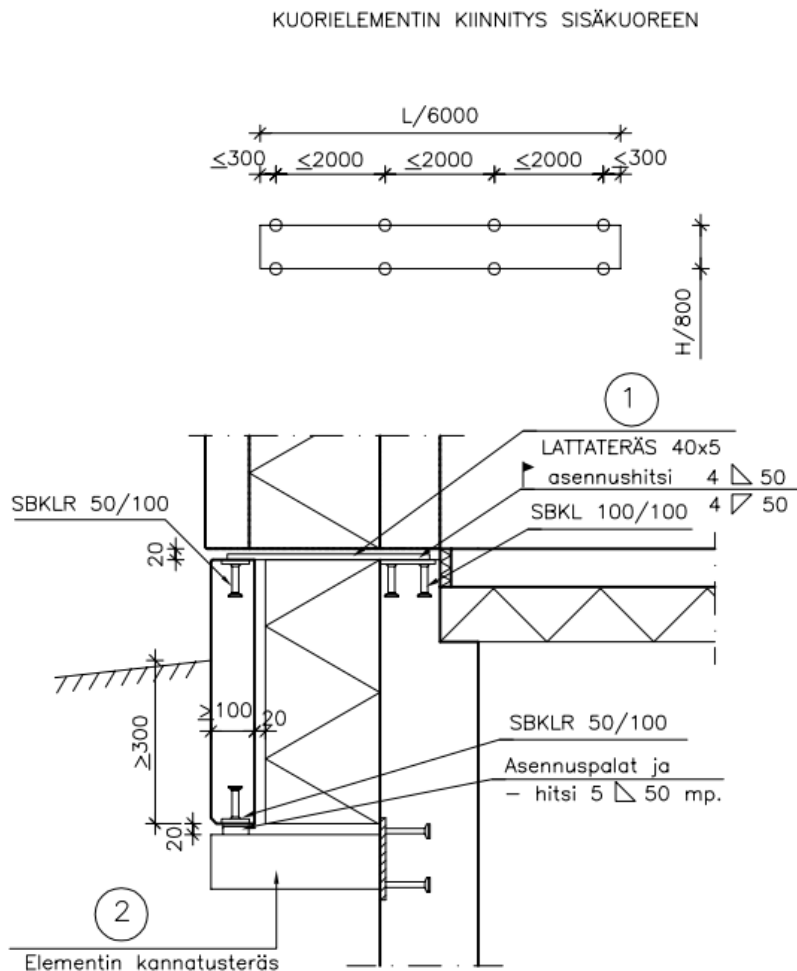
4.1.1 Sokkelielementin raudoitus

Sokkelielementin raudoitus tulee suunnitella tapauskohtaisesti, mikäli elementti tukeutuu pilarianturoiden varaan. Jatkuvan seinänturan varaan tukeutuvaan ei-kantavan sokkelielementin sisäkuoreen asennetaan keskeisesti verkko 5–150 B500K ja sisäkuoren ympärille kiertävä pieliradoitus 1T8 A500HW, mutta mikäli sokkelielementin pituus on yli 5000 mm, niin silloin pieliradoitus on 1T10. Kantavan sokkelielementin sisäkuoren raudoitus tulee suunnitella kuormitusten mukaisesti. Yleensä kantavassa sisäkuoressa tulee käyttää palkkiradoitusta. Puurakennuksessa kuormitukset ovat pieniä ja kun sokkelin alla on jatkuva antura, tulee sokkelielementissä käyttää vakioradoitusta 2T12 A500HW sokkelielementin ympärillä kiertävänä pieliradoituksena. Tällöin ei erillistä verkkoa vaadita. [12, p. 19]

Sandwich-sokkelielementin ulkokuoren raudoitus suunnitellaan tapauskohtaisesti. Raudoitusta suunniteltaessa on huomioitava raudoituksen suojaetäisyydet, tällöin varmistetaan käyttöiän saavuttaminen. Ei-kantavan ulkokuoren paksuuden ollessa vähintään 90 mm, on suositeltavaa käyttää raudoitusverkkoa 5–150 B500K keskeisesti ja elementin ympärillä kiertävä pieliradoitusta 1T8 A500HW. Sokkelielementin sisäkuori ja ulkokuori voidaan sidota toisiinsa anasraudoilla ja elementin yläreunaan tulevalla U-haalla (esimerkiksi raudoilla E7 B600KX k600). [13]

4.2 Kuorielementti (KE)

Kuorielementti koostuu vain yhdestä betonikuoresta, eikä siinä ole yleensä lämmöneristettä. Elementtejä käytetään erilaisissa julkisivuissa. Kuorielementit asennetaan työmaalla erikseen sisäkuoreen tukeutuvien kiinnikkeiden avulla. Julkisivuun voidaan kuorielementit asentaa päällekkäin, näin elementit vievät toistensa välityksellä kuormia perustuksiin ja sisäkuoreen. Kuorielementit voivat olla monen kokoisia: 1,5 m x 1,5 m korkuisia pienenälementtejä, yhden kerroksen korkuisia elementtejä tai jopa kolmen kerroksen korkuisia suurelementtejä. [14] Kuvassa (Kuva 5) esitetään kuorielementin kiinnitystä sisäkuoreen tartuntalevyjen avulla. [15]



Kuva 5 Kuorielementin kiinnitys sisäkuoreen [15]

5 Seinäelementit

5.1 Seinäelementtien rakenne

Seinäelementtien maksimitat määritetään elementin valmistuksen, kuljetuksen ja asentamisen asettamien rajoitusten perusteella sekä seinäelementin kuorien välisten kuormitustekijöiden mukaan. Normaalin seinäelementin korkeus on 3600 mm – 4200 mm. Korkeampiin elementteihin täytyy laittaa nostolenkit myös sivulle. Näitä elementtejä kutsutaan kääntökiviksi. Elementin kääntäminen ilmassa on erikoisnosto ja tämä on huomioitava elementtien asennussuunnitelmassa. [16]

5.1.1 Väliseinäelementti (V)

Väliseinäelementin mittasuositusten paksuuksia ovat 160, 180, 200 ja 240 mm, mutta kantavan ja jäykistävän seinän minimipaksuus on 180 mm, sekä raudoitamattoman väliseinän pienin paksuus on 120 mm. Äänitekniset ominaisuudet huomioon ottaen, asuinrakennuksissa huoneistojen välisen seinän minimipaksuus on 200 mm [12, p. 48].

5.1.2 Ruutuelementit (S&R)

Ruutuelementtien eli sandwich-seinäelementtien tyypillinen käyttökohde on rakennusten julkisivut, jossa runkojärjestelmänä on väliseinät-laatat-järjestelmä. Laatat tukeutuvat seinäelementin kantavan sisäkuoren varaan (SK). Rakennuksen pitkillä sivuilla seinät ovat ei-kantavia (RK). [16]

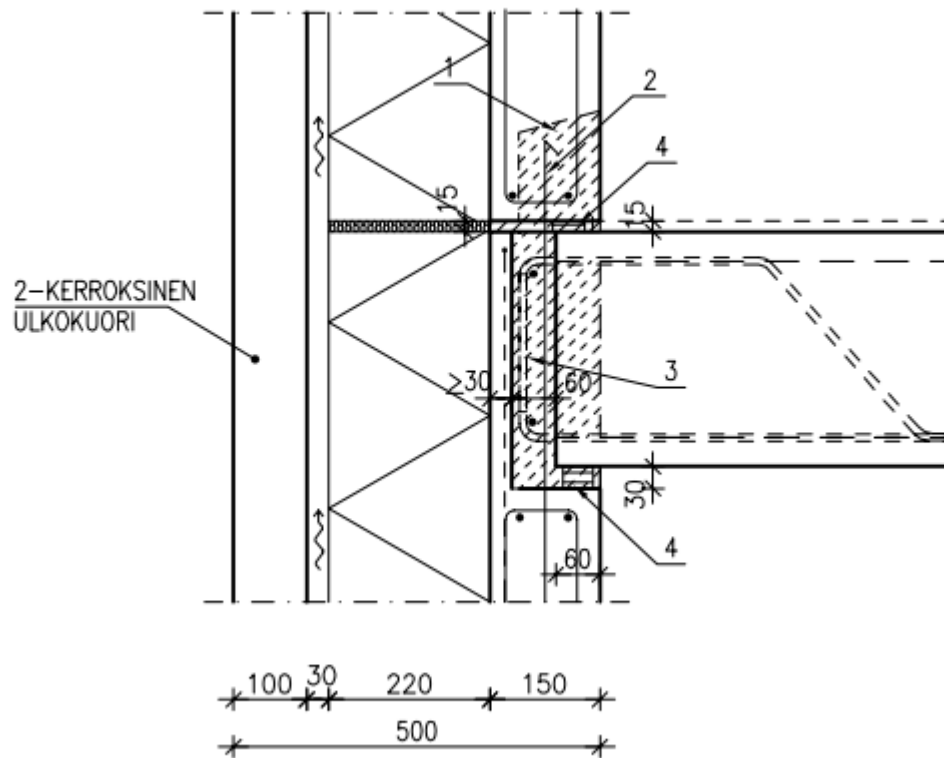
Sisäkuori toimii sandwich-elementin kuormaa kantavana, puristettuna ja taivutettuna rakenneosana. Betonikuorien välinen yhteistoiminta saadaan aikaan diagonaaliansailla ja pistokkailla. [16]

Yli 6 m elementtejä tulisi halkeiluriskin vuoksi välttää. Elementin ulkokuoren pituuden muutokset ja kaareutuma elementin koon kasvaessa johtuvat

kutistumasta ja lämpötilan muutoksista. Samalla, kun elementin koko kasvaa, niin pakkovoimatkin kasvavat. Jos elementeissä on aukkoja, niin erityisesti silloin elementin nurkkiin saattaa ilmaantua halkeamia. Nurkkien halkeilua voidaan hallita käyttämällä kapeissa ovien ja ikkunoiden pielissä uritusta tai vaulesaumoja. [16]

5.1.3 Sisäkuorielementit (SK&RK)

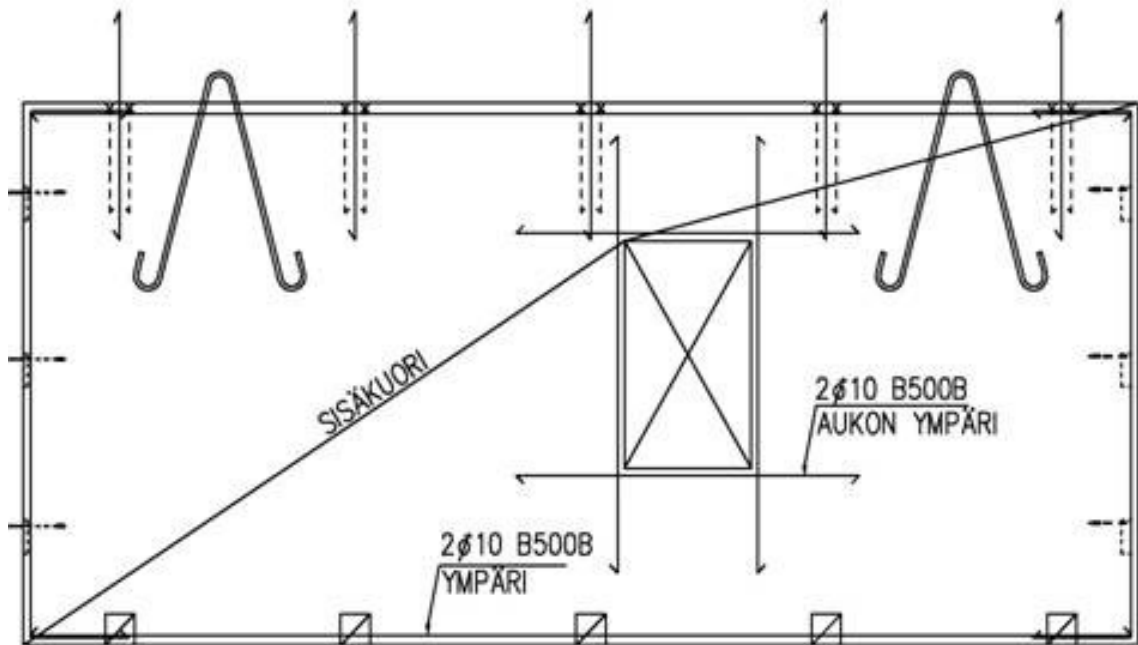
Sisäkuorielementit jaetaan ei-kantaviin (RK) ja kantaviin (SK) elementteihin. Kantavan sisäkuorielementin paksuus on yleensä 150 mm ja ei-kantavan 100 mm (Kuva 6). Ohuempia elementtien paksuuksia ei suositella niiden muodonmuutosominaisuuksien mm. käyrityksen takia. Eristeet voidaan asentaa elementtiin jo tehtaalla valun aikana tai työmaalla erillisenä työvaiheena. [17, pp. 62-64]



Kuva 6 Kantavan sisäkuoren ja ontelolaatan liitos [18]

5.2 Seinäelementtien raudoitus

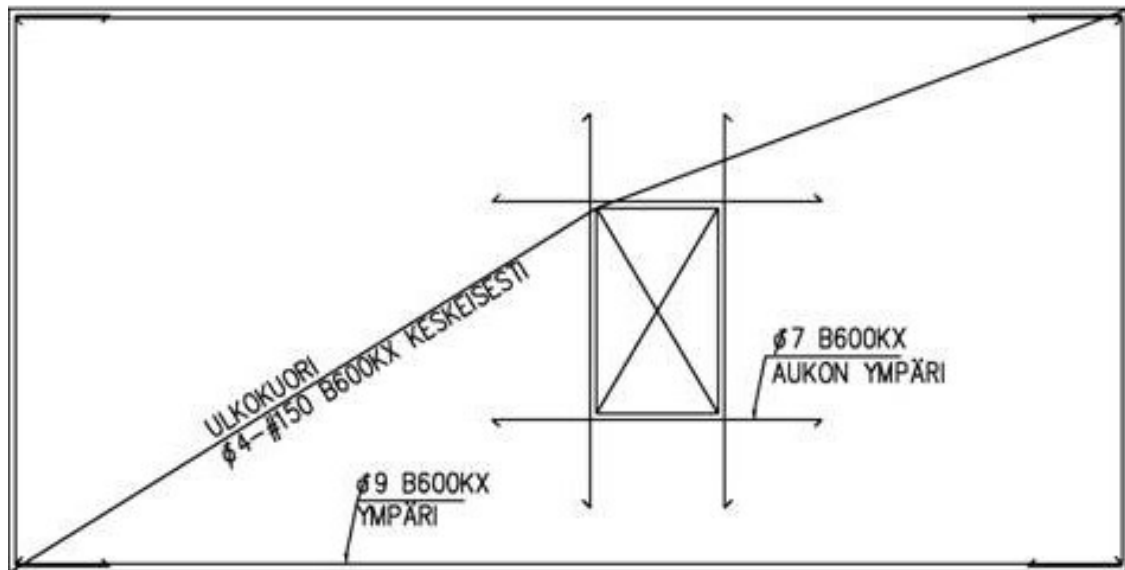
Seinäelementtien sisäkuoren raudoitus kantavana mitoitetaan erikseen ovi- ja ikkunapalkeissa sekä pielipilareissa (Kuva 7). Tapauskohtaisesti sisäkuoret voidaan suunnitella raudoittamattomina, koska kuoren paksuus määräytyy yleensä muiden kantavuusvaatimusten mukaan. Raudoittamattomiin seinäelementteihin asennetaan pieliraudoitus estämään reunalohkeamia. [19]



Kuva 7 Kantavan sisäkuoren raudoitus [19]

Ulkokuoren raudoitustarve on vähäinen, koska sen tehtävänä on välittää tuulikuormat sisäkuorelle (Kuva 8). Ulkokuoren oman painon ja tuulikuorman vuoksi ulkokuoreen ei edellytetä raudoitusta. Ulkokuoren suurimmat rasitukset saavat alkunsa kosteuden ja lämpötilan vaihteluista, aiheuttaen ulkokuoren pintaan halkeamia. Ulkokuoren raudoitus ei voi merkittävästi vähentää ulkokuoren halkeilua, koska raudoitusmäärä on pieni. Elementin ulkokuoren reunat kutistuvat rakenteen muita rakenteita nopeammin ja sen vuoksi reunat halkeilevat.

Ulkokuoren reunoihin asennetaan pieliteräkset. Pieliteräksillä rajoitetaan halkeamien leveyden kasvua. [19]



Kuva 8 Ulkokuoren rauditus [19]

Sandwichelementin ulkokuoren rauditus koostuu yleensä ruostumattomasta vakioteräksestä T4-150 B600KX ja T7 B600KX pieliteräksestä. Sandwichelementin ulkokuoren vähimmäispaksuus on 70 mm, suosituspaksuus 80 mm ja maksimi uritusvyvyys 10 mm, joka lisätään vähimmäispaksuuteen ja suosituspaksuuteen. Pieliteräkset asennetaan pielen reunasta 40 mm etäisyydelle ja ne tulevat sitoa verkkoon. [19]

5.3 Kiinnitysosat

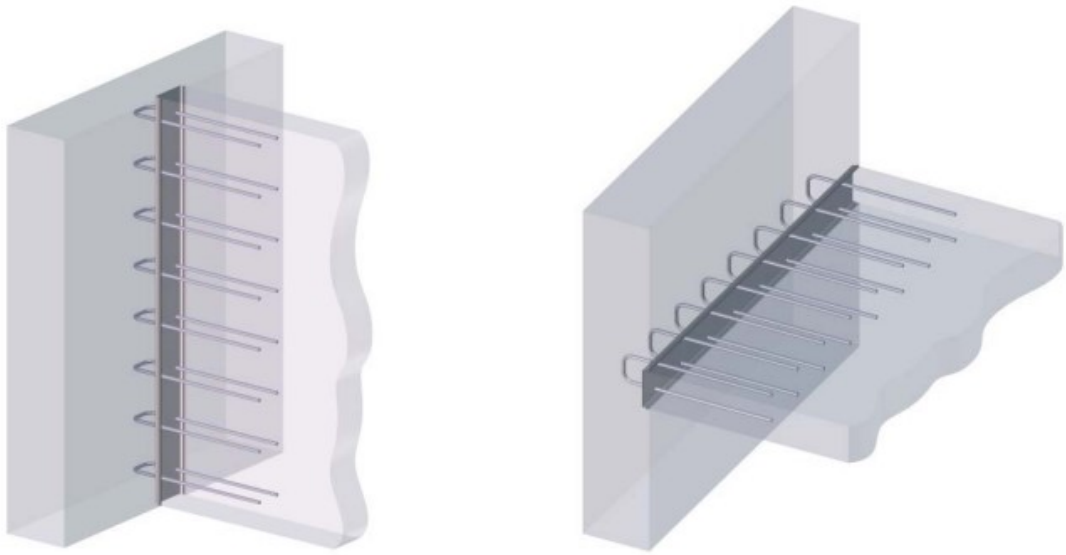
Seinäelementtien kiinnitysosat ovat vaijerilenkit, työsaumaraudoitteet ja tartuntaraidoitteet. Vaijerilenkkien avulla kiinnitetään seinäelementit toisiinsa tai pilarireihin. Vaijerilenkki muodostuu teräsvaijerilenkistä, teräksisestä vaarnakotelosta ja sitä suojaavasta teipistä. Vaijerilenkit asennetaan muotteihin suunnittelijan määrittelemällä jaolla ennen elementin valua. Lenkkiparien muodostamiin

silmukoihin (Kuva 9) pujotetaan harjateräs, sen jälkeen liitos yhdistetään betonivalulla. [20, p. 4] Vaijerilenkkien tarkoitus on siirtää pysty- ja poikittaissuuntaisia leikkausvoimia, vetovoimia sekä niiden yhdistelmiä seinäelementtien saumoissa. [20, p. 5]



Kuva 9 PVL-vaijerilenkkien elementtien pystysaumassa [20, p. 4]

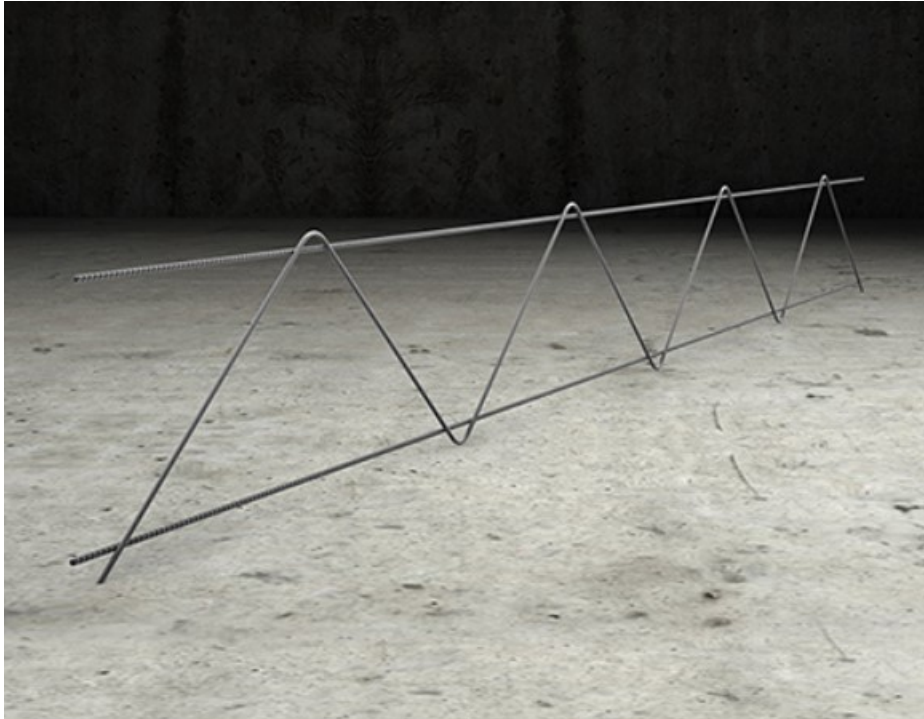
Työsaumaraudoitteena tarkoitus on siirtää leikkausvoimia sauman pituus- ja poikittaisessa suunnassa (Kuva 10). Työsaumaraudoitteen paikka piirustuksissa on merkittävä tarkasti. Työsaumaraudoitteen betonipeitteen vähimmäispaksuus on 30 mm [21, pp. 7-8].



Kuva 10 Työsaumaraudoite pituus- ja poikittaisessa suunnassa [21, p. 2]

5.4 Ansaat

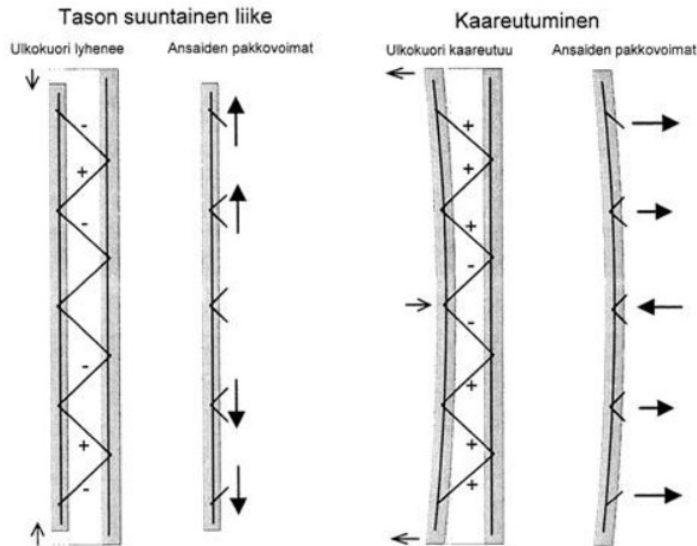
Sandwich-elementeissä käytetään ansasraudoitusta (Kuva 11) betonikuorien välissä. Ansa-raudoitteet ovat seinässä tasajaolla k600 – k1200 välillä. Kapeisiin pieliin, jotka ovat alle 300 mm leveitä riittää asennettavaksi yksi ansas. Kaksi ansasta lisää halkeilun riskiä elementin pieleen. Elementin aukkojen reunoille asennetaan pistokkaat. Käännettäviin elementteihin asennetaan poikittaiset ansaat. [16]



Kuva 11 Diagonaaliinsaait [22]

Diagonaaliinsaait ja pistokkaat ovat elementissä vedettyjä ja puristettuja sauvoja, joiden avulla ulkokuoren omapaino, tuulikuorma ja elementin kuljetuksesta aiheutuvat kuormat viedään sisäkuorelle. Diagonaaliinsaaitien lisäksi myös lämmöneriste siirtää hieman painekuormia sisäkuorelle. [16]

Ansasraudoitteiden tarkoituksena on ripustaa elementin ulkokuori sisäkuoreen sekä ehkäistä ulkokuoren liika kaareutuminen. Kuvan (Kuva 12) mukaisesti, kun ulkokuori alkaa kuivua joutuessaan suoralle auringon paisteelle, alkaa kutistumaeroja syntyä ulkokuoren sisä- ja ulkopinnan välille. Ulkokuoren sisäpinta pysyy lähes kutistumattomana ja ulkokuori taas alkaa kutistumaan nopeasti ulkokuoren ulkopinnasta. [16]



Kuva 12. Ansaat estävät kutistumaa ja kaareutumista rakenteessa [16]

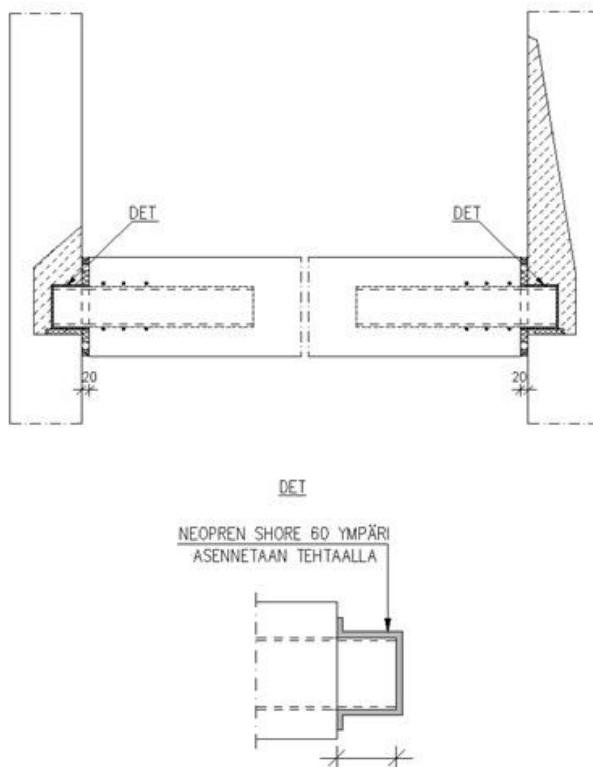
6 Laattaelementit

6.1 Massiivilaatta (L)

Massiivilaattaelementtejä tuotetaan jännitettyinä laattoina ja teräsbetonilaattoina. Tyypillisiä teräsbetonisia massiivilaattaelementtejä ovat kerrostaso- ja välitasolaatat porrashuoneissa. Yleensä elementtilaatat ovat yhteen suuntaan kantavia, mutta massiivilaattaelementit voidaan tehdä myös ristiin kantavina. Laattaelementtien paksuus suunnitellaan välipohjan rakennepaksuuden, kuorimitusten ja jännevälin mukaan. Laattojen rakennepaksuuksia määrittäessä, täyttyä ottaa huomioon rakennusten ääneneristävyysvaatimukset. Rivitaloissa

massiivilaatasta tehdyn välipohjan suositeltava paksuus on minimissään 260 mm ja kerrostaloissa suositeltava paksuus on minimissään 280 mm [12, p. 67].

Porrashuoneiden massiivilaattaelementit liitetään porrashuoneiden seiniin ääntä eristävällä liitoksella. Liitoksessa käytetään usein teräsputkikannatusta, joissa kannatusputket ympäröidään neopreeni-kaistalla (Kuva 13). Vaihtoehtoisesti voi käyttää massiivilaattaelementtien kannatukseen tarkoitettuja konsoleita. Massiivilaattaelementtien vakiopaksuuksia ovat 240, 250, 260 ja 280 mm. Massiivilaattaelementtien yläpinnan korko suunnitellaan siten, että porrashuoneen ja viereisen tilan valmiit lattiapinnat ovat samassa korossa. [12, p. 67]



Kuva 13 Massiivilaattaelementin kannatus piilokonsolein ja ääneneristys neopreeni-kaistalla [12, p. 67]

Massiivilaattaelementtien suositeltava maksimileveys on 3 m ja suositeltava maksimipituus 8 m, mutta laattaelementtejä voidaan valmistaa leveämpinä, mikäli laatat ovat lyhyempiä. Yleensä lyhyen sivun tulee olla lyhyempi kuin 4 m, mutta maksimitat ovat tehdaskohtaisia. Suuria laattoja suunniteltaessa

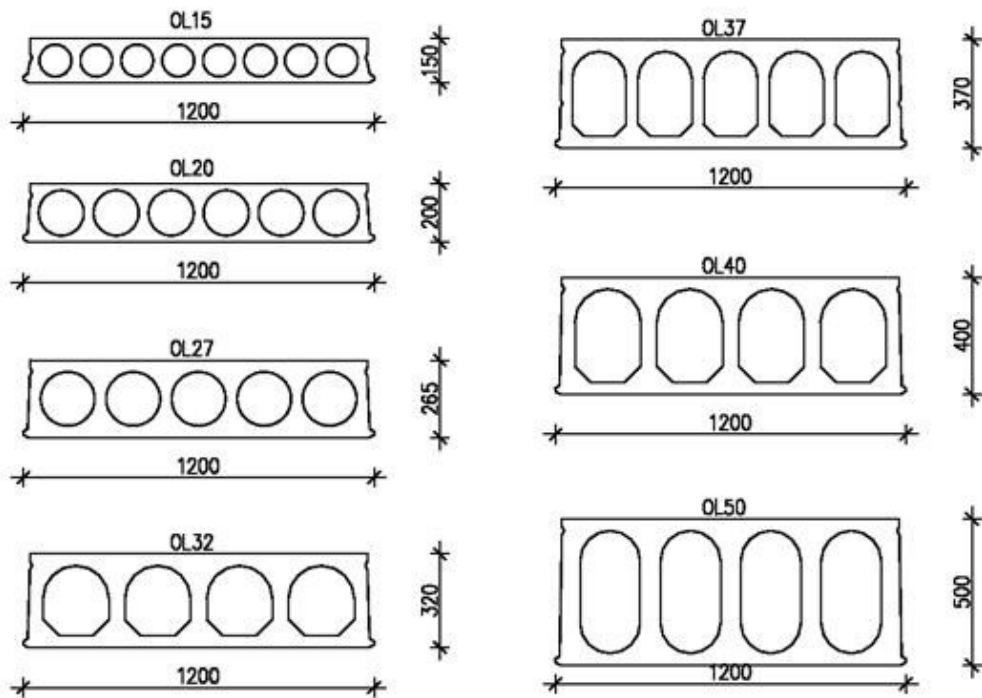
laattaelementin paino voi nousta kriittiseksi tekijäksi tehtaan ja työmaan nostokaluston kannalta. Massiivilaattaelementin maksimipainon yleinen suositus on 10 tonnia. [12, p. 67]

6.2 Ontelolaatta (O)

Yleisin laattaelementtityyppi on ontelolaatta. Ontelolaattaa käytetään betonirunkoisissa rakennuksissa. Ontelolaattoja käytetään liike-, teollisuus- ja asuinrakennusten väli-, ylä- ja alapohjissa. Ontelolaattojen tuotestandardi on SFS-EN 1168. [12, p. 50]

Ontelolaatta on ainoa betonivalmisosa, jonka tuotestandardi sisältää suunnittelusääntöjä. Massiivilaatalla ja ontelolaatalla on sama tuotestandardi. Massiivilaatta valmistetaan samalla tavalla kuin ontelolaatta, ainoastaan onteloita ei tehdä valmistuksen aikana. Ontelolaatan tuotestandardissa on yksityiskohtaiset suunnittelusäännöt mm. leikkaus- ja vääntökestävyydelle, laatan pään halkaisulle, pistekuormakestävyydelle ja lävistyskestävyydelle. Ontelolaattojen mitoitukset on helposti käsiteltävä, kun ontelolaatat mitoitetaan eurokoodin sääntöjen mukaisesti. Eurokoodin vuoksi ontelolaattojen osalta tulee määritellä kuormat eurokoodin mukaisesti. Kuormatiedoissa on selkeästi esitettävä kuormaluokka, seuraamusluokka, suunnittelukäyttöikä, paloluokka ja rasisluokka. [23]

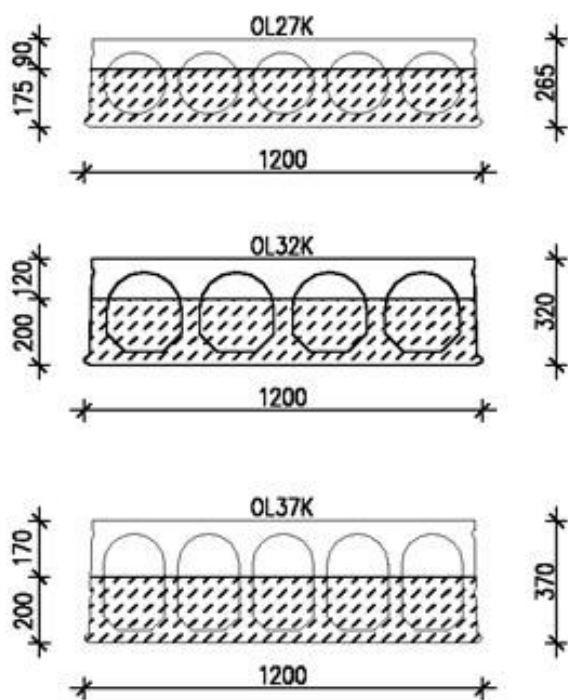
Ontelolaatat kuuluvat esijännitettyihin laattaelementteihin. Ontelolaattoja on nimensä mukaisesti kevennetty laatan pituussuunnassa kulkevilla onteloilla. Ontelolaattojen valmistuksessa käytetään C40-C70-lujuuden betonia. Onteloiden korkeus, määrä ja muoto vaihtelee ontelolaatan korkeuden mukaan. Ontelolaattojen vakioleveys on 1200 mm ja onteloiden valmistuspaksuudet ovat 150, 200, 265, 320, 370, 400 ja 500 mm, kuten kuvassa (Kuva 14) on esitetty. [12, p. 50]



Kuva 14 Ontelolaattojen peruskoot [12, p. 51]

Ontelolaatat pyritään suunnittelemaan niin, että ehjiä 1200 mm leveitä ontelolaattoja käytetään mahdollisimman paljon. Runkoa suunniteltaessa täytyisi pyrkiä 12M-kerrannaiseen mitoitukseen. Mikäli mitoituksesta poiketaan, täytyy laattoja kaventaa. Tällöin kavennettujen laattojen suunnittelussa täytyy ottaa huomioon, että kavennus ontelolaatoissa tehdään onteloiden kohdalta. Syy siihen, että kavennus onteloiden kohdalta tehdään, on että kavennetut laatat sahataan ehjistä laatoista tehtaalla. Edullisinta on myös, jos kaventaminen leikataan niin, että molemmat puoliskot kavennetusta laatasta voidaan hyödyntää. Kavennettuihin laattoihin täytyy jäädä kaksi ehjää kannasta. Yleensä suositeltava minimileveys on 400 mm [12, p. 52].

Ontelolaatoista on kehitetty myös asuinrakennusten kylpyhuoneisiin soveltuva laatta, johon voidaan tehdä syvennyksiä. Kylpyhuonelaattoja valmistetaan kuvan (Kuva 15) mukaisesti 265, 320 ja 370 mm korkeista ontelolaatoista. Kylpyhuonelaatan eli kololaatan syvennys on 1200 mm tai 600 mm leveä ja syvennyksen korkeus vaihtelee laattakohtaisesti. [12, p. 53]



Kuva 15 Kylpyhuonelaattojen eli kololaattojen mittoja [12, p. 54]

Kololaattojen syvennys voi pituussuunnassa sijaita laatan keskellä tai päässä sekä pituusmitta on valittavissa vapaasti, mutta syvennyksen suositeltava maksimipituus on 3 m. Lyhyissä laatoissa syvennys voi olla pitempi, mutta tällöin on suositeltavaa tarkistaa, onko laatta toteutettavissa valmistajan suunnitelmia käyttäen, koska laatan syvennyksellä on huomattava vaikutus kololaatan kantokykyyn. Kuvassa (Kuva 16) on esitetty kololaattojen perustyyppit, niiden mitat sekä maksimijännevälit. [12, p. 54]

TYYPPI	KORKEUS [mm]	SYV. KORKEUS [mm]	POHJAN KORKEUS [mm]	MAKSIMIJÄNNE SYVENNYS 3m LAATAN PÄÄSSÄ [m]	MAKSIMIJÄNNE SYVENNYS 3m LAATAN KESKELLÄ [m]
O27K	265	90	175	9,0	8,0
O32K	320	120	200	11,0	9,0
O37K	370	170	200	11,0	9,0

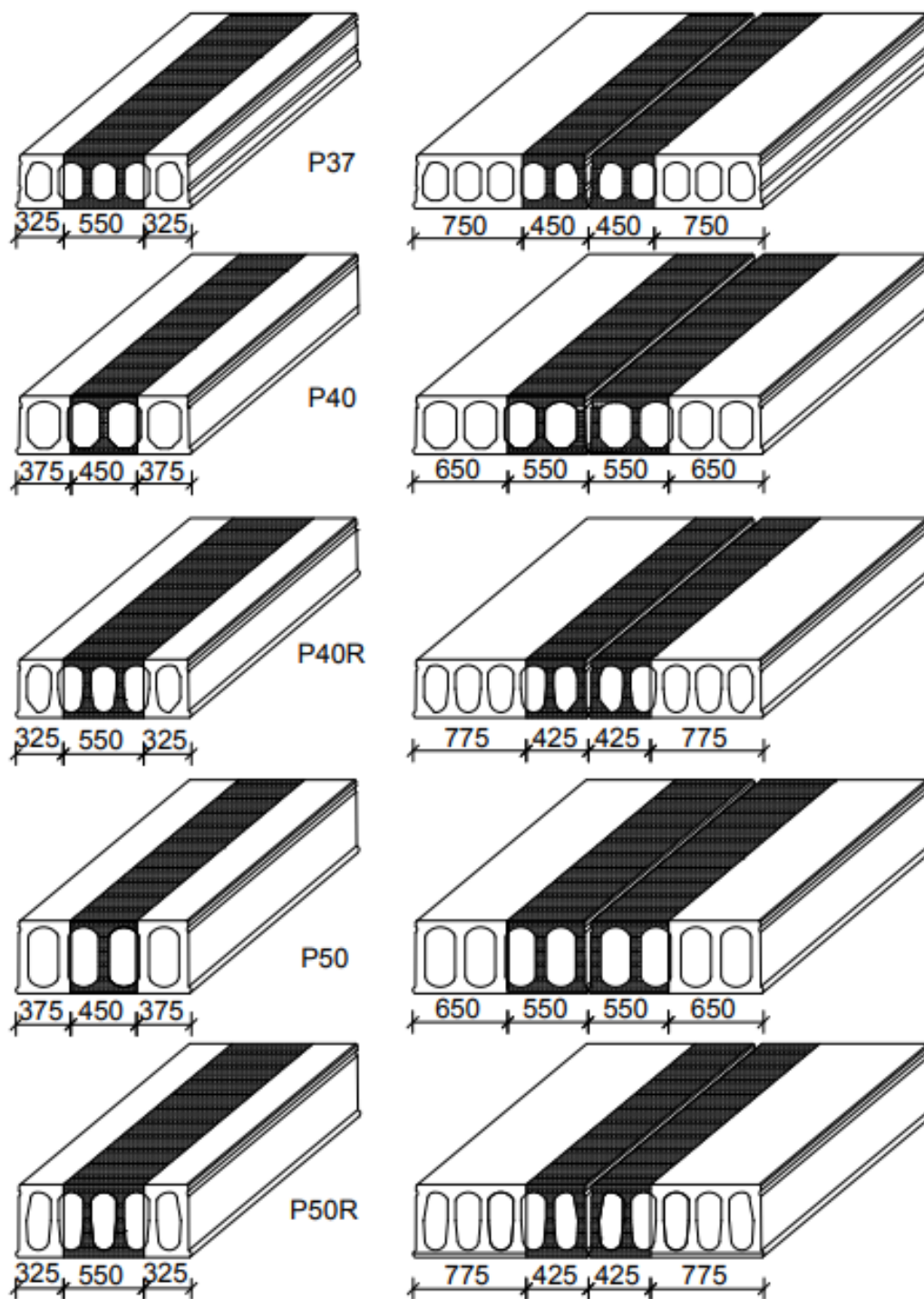
Kuva 16 Kololaattojen perustyyppit ja maksimijännevälit [12, p. 54]

6.3 Ontelolaattojen rauditus

Ontelolaattoja suunniteltaessa tulee huomioida raudotteiden luotettava ankkurointi. Suurempia rautoja kuin T16 ei tule käyttää saumaraudotteena. [24] Ontelolaattojen punos- ja raudoitussuunnittelusta ei vastaa rakennesuunnittelija vaan punossuunnittelija.

6.4 Laattaelementin rei'itys

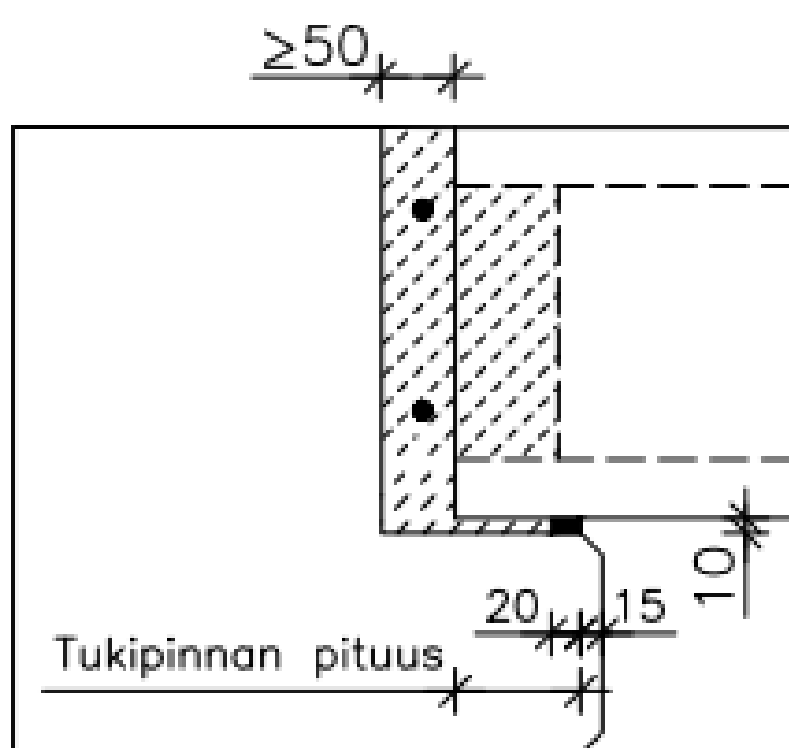
Ontelolaattojen suunnittelussa suuret reiät täytyy tehdä elementtitehtaalla. Reikien suurin sallittu koko vaihtelee laatan jännemitan, laattatyypin, reiän sijainnin ja kuormitusten mukaan. Kuvassa (Kuva 17) on esitetty suositeltavat reikien sijoitukset eri laattatyypeittäin. Reikien sijoituksessa on suositus, että ne katkaisisivat mahdollisimman vähän kannaksia onteloiden välissä. Laatan reikien sijoituksessa on hyvä huomioida, että laatan punoksilla on riittävä suojabetonipeite. Rakennesuunnittelijan tehtävänä on varmistaa, että hormien suunnat ja paikat on suunniteltu niin, että ontelolaatasto on toteutuskelpoinen. [24, p. 20]



Kuva 17 Ontelaataston suurimmat sallitut reikämitat laattatyypeittäin [24, p. 21]

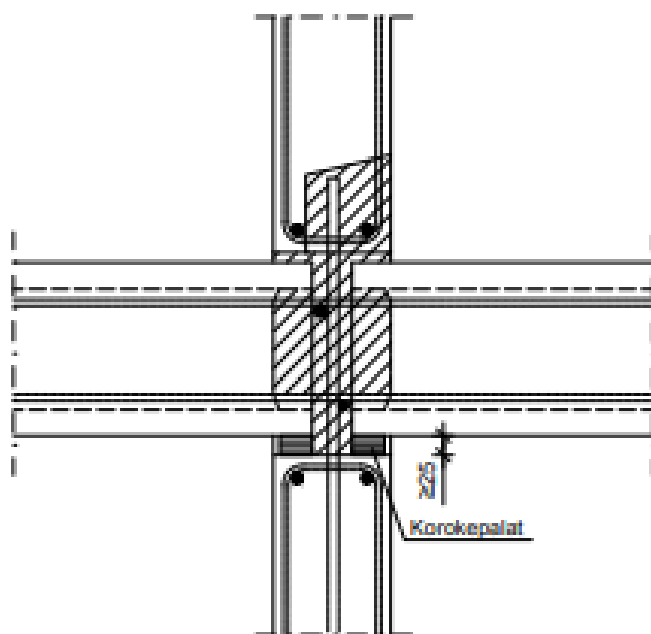
6.5 Tuennat

Betonelementtien liitosten tukipintoja mitoittaessa tulee ottaa huomioon rakenteiden sijainti ja vinous, elementtien mittatoleranssit, rakenteiden viruma ja lämpöliike, raudoituksen sijainti, raudoituksen betonipeite sekä kuormituksen suuruus tukipinnalla. Ontelolaattojen ja massiivilaattojen liitoksissa käytetään kaapeita neopreenilaakerinauhoja palkin varaan tukeutuessa (Kuva 18). Neopreenilaakeri liimataan tehtaalla suunnittelijan osoittamiin kohtiin. Suunnittelija ilmoittaa neopreenilaakerin sijainnin, koon ja lujuuden. Laakerin lujuus ilmoitetaan shore-arvoilla, yleensä arvo on shore 50 tai shore 60. [25] Neopreenilaakerin tulee olla riittävän paksu, jotta juotosbetoni pääsee luotettavasti laatan alle. Suositeltava laakerin koko on 10x20 mm (hxb). [24, p. 33]



Kuva 18 Ontelolaatan tuenta leukapalkin varaan, jossa neopreenilaakerinauha [24, p. 33]

Seinien varaan tukeutuviin laattaelementteihin asennetaan korokepalat. (Kuva 19) Laattaelementti tukeutuu tasaisesti koko leveydeltään, kun laatan ja alapuolisen seinän väliin jäävä rako valetaan saumavalujen yhteydessä umpeen. [25]

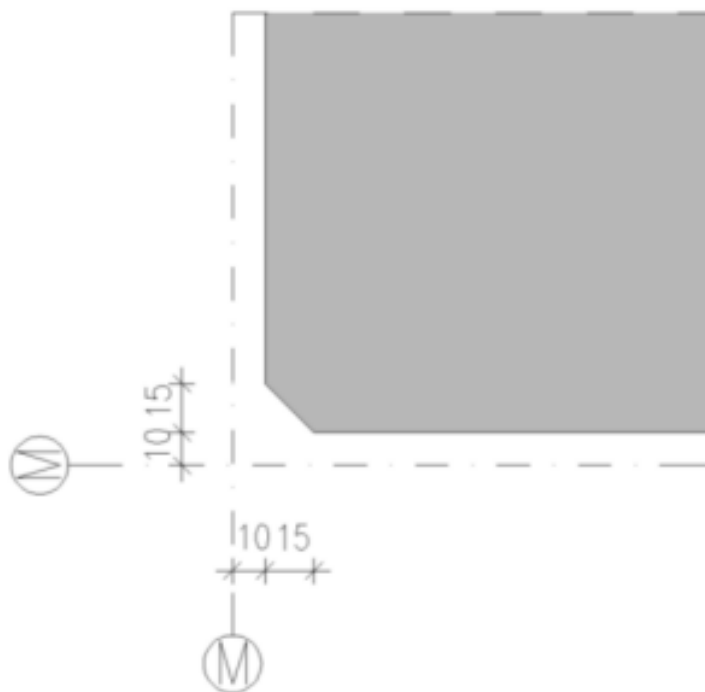


Kuva 19 Seinien varaan tukeutuviin laattaelementteihin asennetut korokepalat [25]

7 Pilarelementti

Pilarelementit ovat poikkileikkaukseltaan pyöreitä tai suorakaiteen muotoisia. Pilarin suositeltava minimipaksuus on 280 mm. Pienempiä poikkileikkauksia käytetään vain kevyesti kuormitetuissa rakennuksissa. [12, p. 28]

Betonipilareiden poikkileikkaus valitaan niin, että pilarin hoikkuuden kapasiteetti on riittävä pilarin rasitukseen verrattuna. Pilarelementin valmistusmitta on $n * M$, mikä on liittymismitta - 20 mm, esimerkiksi 380 * 380 mm. Pilarien kulmissa käytetään kuvan (Kuva 20) mukaisesti vakioviistettä 15 * 15 mm [12, p. 28]



Kuva 20 Pilarin liittymismitoitus ja vakionurkkaviiste [12, p. 28]

Pilarin mittoja valitessa tulisi huomioida arkkitehtoniset, toiminnalliset ja taloudelliset vaatimukset. Ensisijaisesti tulisi käyttää neliöpilareita. Hallirakennuksen mastopilarit, jotka toimivat tuulipilareina tulee käyttää suorakaidepilareita vaakakuormituksen vuoksi. Pyöreitä pilareita käytettäessä tulee pilarit tehdä kerroksen korkuisina. Samassa rakennuskohteessa tulee käyttää mahdollisimman paljon samankokoisia poikkileikkauksia. [12, p. 28]

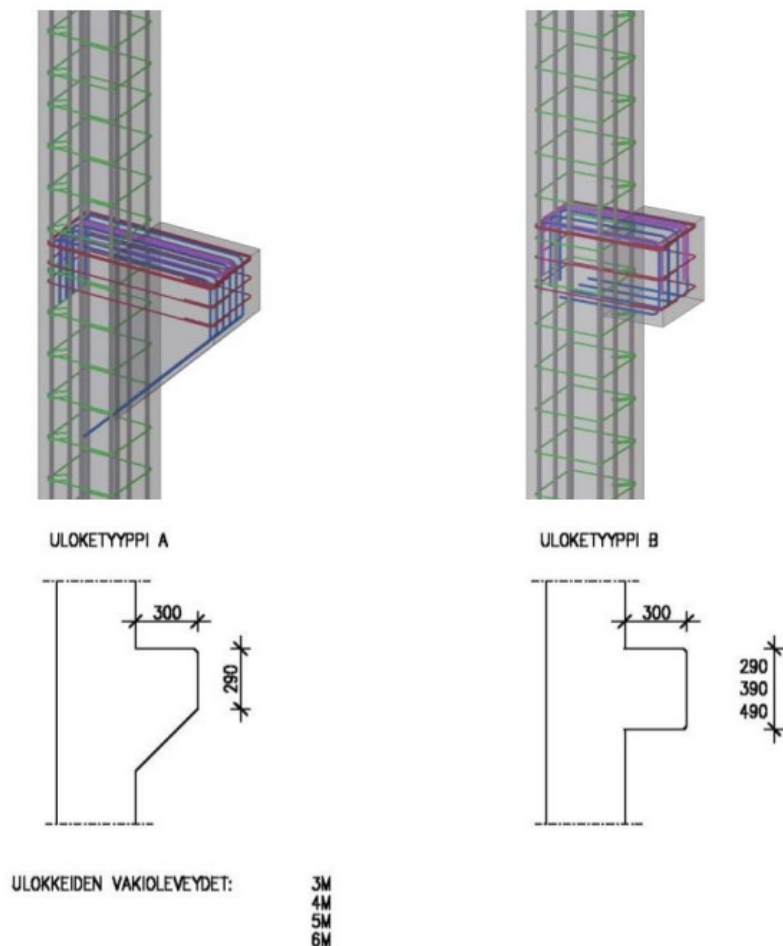
Suorakaiteen muotoisten pilarielementtien taloudellinen maksimipituus on noin 15 m eli noin 3–4 kerrosta, mutta pidempiäkin pilareita voidaan käyttää. Pyöreän pilarin suositeltava maksimipituus on 7 m [12, p. 33]

7.1 Konsolit

Pilarin konsoli kannattelee palkkeja. Pilarin konsoleita käytetään silloin, kun pilarit ovat jatkuvia, pilarin päällä oleva tukipinta ei ole riittävä tai kun tukeutuvia palkkeja on useita. Konsolit pyritään suunnittelemaan niin, että ne jäävät piiloon. Konsoli voidaan toteuttaa betonisella konsolilla loveamalla palkin päätä konsolin kohdalta tai konsolina voidaan käyttää teräksestä valmistettuja piilokonsoleita. Elementtipilareiden valmistuksessa on suositeltavampaa käyttää teräksestä valmistettuja piilokonsoleita, kuin betonisia konsoleita, silloin muottipintaa ei tarvitse rikkoa. [12, p. 33]

7.1.1 Betoniset konsolit

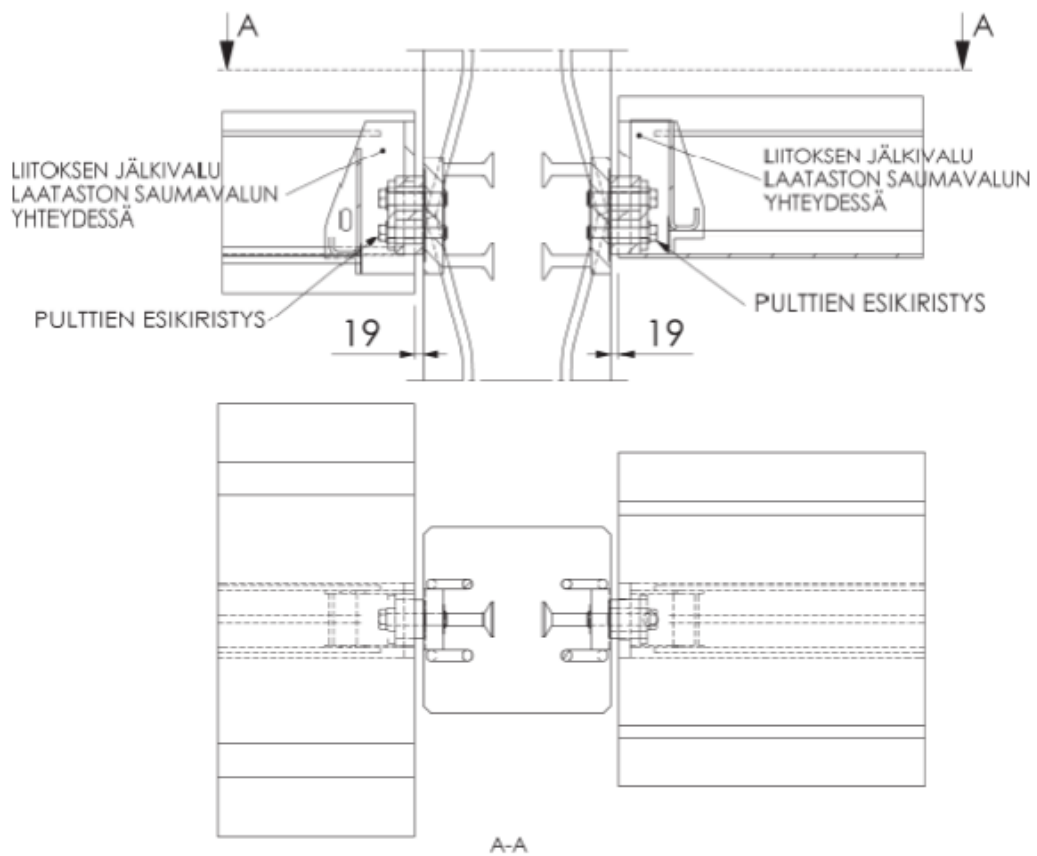
Betonisten pilareiden konsolit voidaan jakaa kahteen uloketyyppiin. Kuvassa (Kuva 21) on esitetty konsolien vakioimitat, uloketyyppi A vakiosyvyys on 300 mm ja tasaisen päädyn korkeus 290 mm. Uloketyyppi B vakiosyvyys on myös 300 mm ja konsolin korkeus voi olla 290 mm, 390 mm tai 490 mm. Uloketyyppi A on näkyviin jäävä konsoli, ja se on taloudellisempi vaihtoehto kuin uloketyyppi B, joka on piiloon jäävä konsoli. Uloketyyppi B soveltuu päistään lovettujen palkkien kanssa. Konsolien suunnittelussa täytyy ottaa huomioon, että matalien jännebetonipalkkien kanssa ei voida käyttää betonikonsolia, koska konsolien mitat eivät mahdollista palkkien loveamista. Tällöin jännebetonipalkkien kanssa käytetään teräksisiä piilokonsoleita. [12, p. 33]



Kuva 21 Betoni konsolien vakioimitat [12, p. 34]

7.1.2 Teräksiset piilokonsolit

Teräksisiä piilokonsoleita käytetään usein elementtipilareissa. Teräksiset piilokonsolit suunnitellaan niin, että konsoli ei työnny muotista ulos pilarin valuvaiheessa. Teräskonsolin pilarin ulkopuoliset osat kiinnitetään tehtaalla muottien purkamisen jälkeen. Erilaisille konsolityypeille on olemassa yhteensopivat teräsosat betonielementtipalkkeihin asennettavaksi. Kuva 22 on esimerkki teräksisestä Peikon PC-konsolista. [12, p. 34]



Kuva 22 Peikon PC-piilokonsoli [12, p. 35]

7.2 Pilari-palkkiliitos ja pilarin perustusliitos

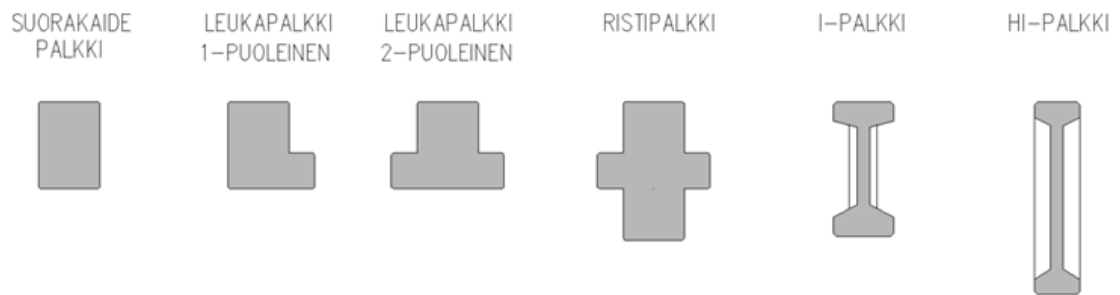
Betonipilari-elementin nykyään yleisin liitostyyppi on pulttiliitos. Pulttiliitosta käytetään pilari-elementillä palkkiliitoksessa ja perustusliitoksessa. Pilarin pulttiliitoksen asennustoleranssit tulee merkitä piirustuksiin. Asennustoleranssit löytyvät teräsovalmistajan ohjeista. Yleisesti pulteista merkitään toleranssit: pulttiryhmän painopisteen sijainti, yksittäisen pultin sijainti, pultin korko. Pilarin pulttiliitoksena voi toimia esimerkiksi pilarikengät (Kuva 23) ankkurointipulttien kanssa. Palkin ja pilarin liitoksessa käytetään pilarin ja palkin välissä normaalisti 10 mm paksua neopreenia. [26]



Kuva 23 Peikon HPKM-pilarikengä [27]

8 Palkkielementit

Palkkielementtejä voi olla tavallisia teräsbetonipalkkeja (K) tai jännebetonipalkkeja (JK). Palkkityypit muodostuvat palkin muodon mukaan. Palkkityyppeihin kuuluvat suorakaidepalkki, leukapalkit, ristipalkki (voivat olla teräsbetonisia tai jännitettyjä palkkeja) sekä HI- ja I-palkit (ovat vain jännitettyjä palkkeja). (Kuva 24) [12, p. 38]



Kuva 24 Palkkityypit muodon mukaan [12, p. 38]

Teräsbetonisia palkkeja käytetään, kun palkin kuormitus ja jänneväli ovat teräsbetonipalkin kuormitusalueella ja palkin rakennekorkeus on sopiva niin, että taipumarajatila ei ole mitoittava. Ensisijaisesti kuitenkin suositetaan suorakaidepalkkeja. Mikäli palkkien päät ovat lovettu, käytetään teräsbetonisia palkkeja. Teräsbetonisia palkkeja käytetään myös silloin, jos palkkien kuormitukset tai jännevälit vaihtelevat. [12, p. 38]

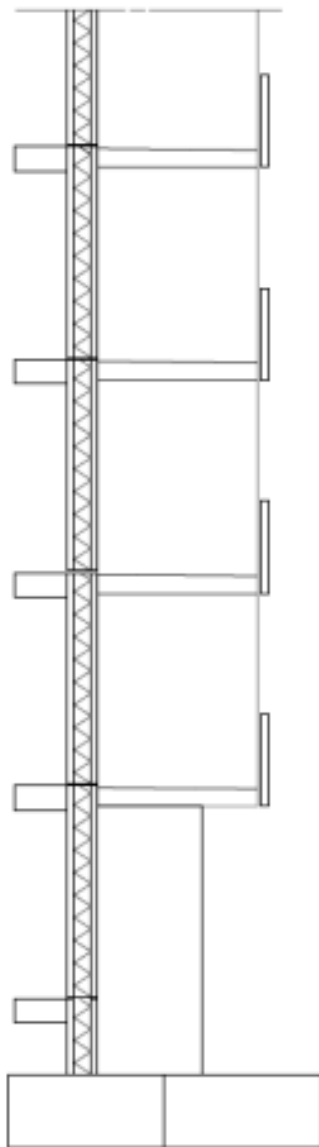
Jännebetonisia palkkeja käytetään silloin, kun palkin jänneväli ja kuormitus ovat jännebetonipalkin kuormitusalueella. Jännebetonipalkit ovat taloudellisia, kun palkkien taivutusmomentit ovat samankokoisia. [12, p. 38]

8.1 Palkkien rei'itys

Palkkien rei'itystä ei voi täysin välttää. Talotekniikan vuoksi palkkeihin täytyy tehdä läpivientejä. Ensisijaisesti palkeissa käytetään pyöreitä reikiä. Mikäli palkeissa käytetään suorakaiteen muotoisia reikiä, tulee reikien reunat pyöristää. Reikien suositeltavin sijoituspaikka on palkin jännevälän keskimmaisessä kolmanneksessa, uuman vetovyöhykkeessä. Reikien suositeltavat etäisyydet palkin yläreunasta on $0,3 \cdot$ palkin korkeus ja suositeltavat etäisyydet palkin alareunasta ovat vähintään 150 mm. Peräkkäisten reikien välisen ehjän kannaksen suositeltava pituus on vähintään reiän halkaisijan kokoinen mitta, mutta vähintään kuitenkin 150 mm. Mikäli palkki on lovettu päästään, niin pään aluetta ei saa rei'ittää vähintään yhden metrin matkalta. Jokaisen reiän vaikutus rakenteen kantokykyyn tulee tarkastaa. [12, p. 44]

9 Parveke-elementit

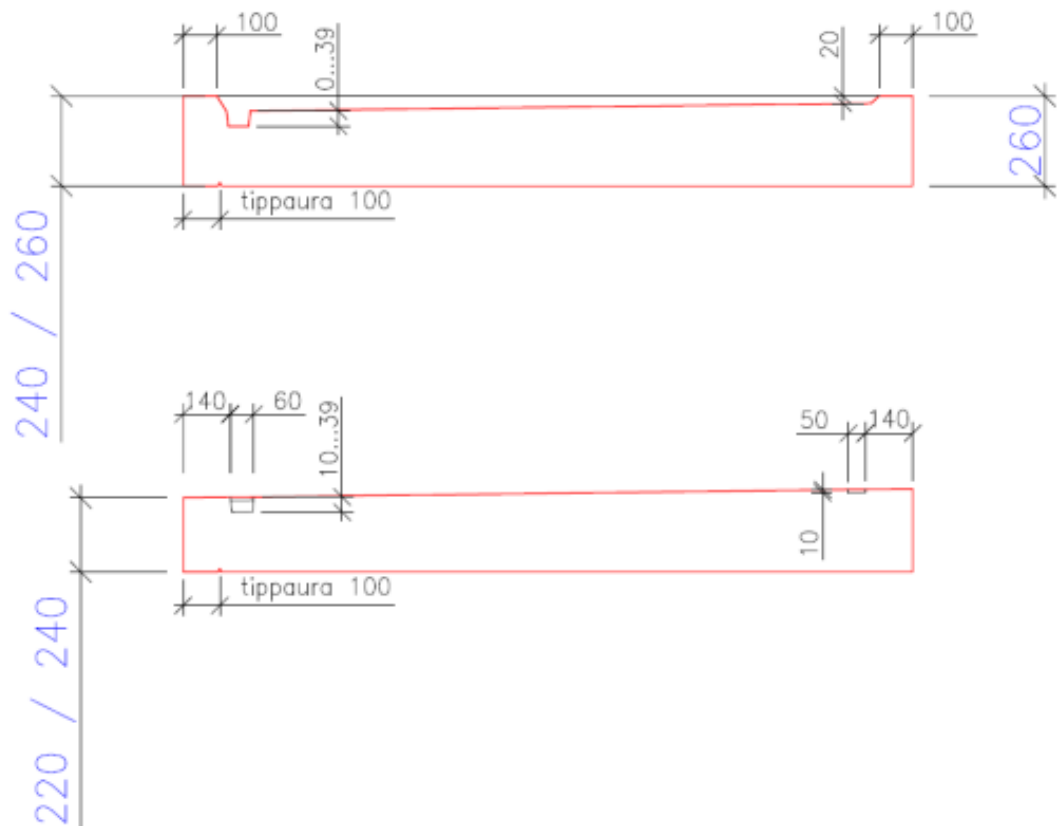
Parvekkeiden rakennemalleja ovat itsekantavat, ulokeparvekkeet sekä ripustetut parvekkeet. Parveke voi myös olla osittain kantava tai osittain rungosta tuettu. Itsekantavia parvekkeita, jotka ovat perustuksista tuettuja, voidaan käyttää kaikkien runkojärjestelmien sekä ulkoseinätyyppien kanssa. Parvekkeet tukeutuvat kantaviin pilareihin tai pieliseiniin (Kuva 25). [28, p. 3]



Kuva 25 Itsekantava parveketorni pielielementeillä [28, p. 3]

9.1 Parvekelaatta (CL) ja parvekekatto (CX)

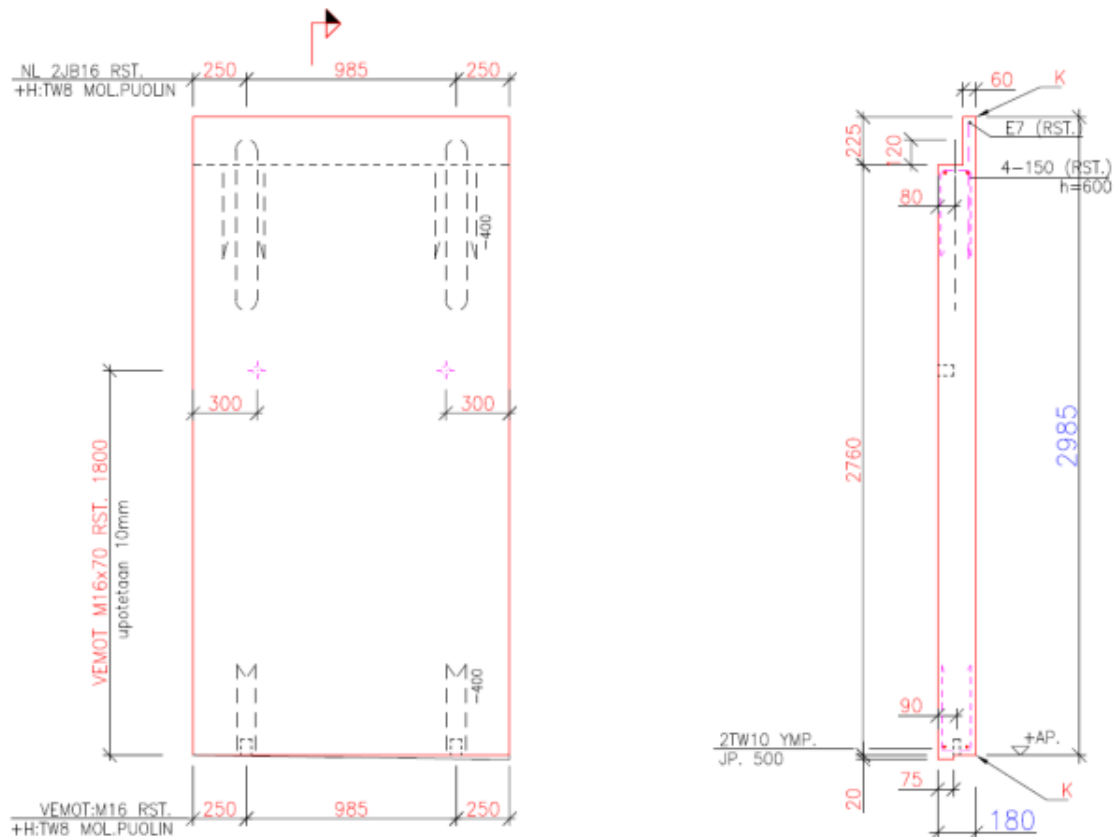
Kuten kuvassa (Kuva 26), jossa esitetään kiilamaisen parvekelaattaelementin paksuutta, laatan ohuempi reuna on yleensä 220 mm sekä pidemmissä laatoissa tarvittaessa 240 mm, kun taas kuppimaisella parvekelaattaelementillä paksuus on 240 mm tai 260 mm. Laatan muihin mittoihin sovelletaan parvekkeen mittasuosituksia. Parvekelaatan reuna voi olla kaareva. Suorakulmaisia laattoja ei ole pakko käyttää, mutta kaarevan reunan ratkaisu nostaa kustannuksia merkittävästi. Parvekelaatan yläpinta muotoillaan käytössä olevan vedenpoistojärjestelmän mukaan. Toimivampi vaihtoehto helpomman työtekniikan sekä kosteusteknisen toimivuuden puolesta on kiilamainen laatta etureunan kallistuksen vuoksi. Mikäli parvekettä ei lasiteta rakennushetken aikana, tulee varustaa laatan etureuna tippauralla niille sivuille, mille on tuulen mahdollista kuljettaa vesi reunan yli. Tippaura viistetään laatan alapintaan 100 mm laatan reunasta. [28, p. 20]



Kuva 26 Kuppimallinen parvekelaatta ja kiilamainen parvekelaatta [28, p. 20]

9.2 Parvekepieli (M)

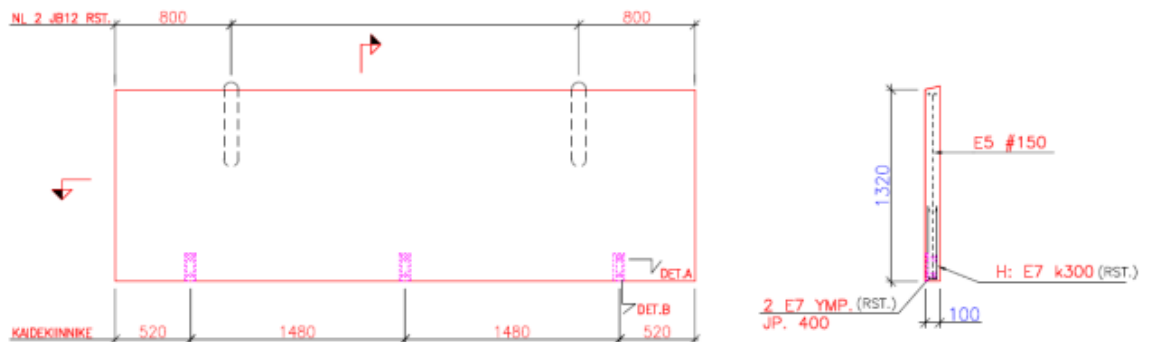
Parvekkeen betonisen piellelementin paksuus on yleensä 180 mm, kuten kuvassa (Kuva 27). Piellelementin leveys tulee olla vähintään $\frac{2}{3}$ parvekelaatan leveydestä sekä vähintään 400 mm kehäelementin reunojen leveydestä. [28, p. 21].



Kuva 27 Piellelementti [28, p. 21]

9.4 Parvekekaide (Z)

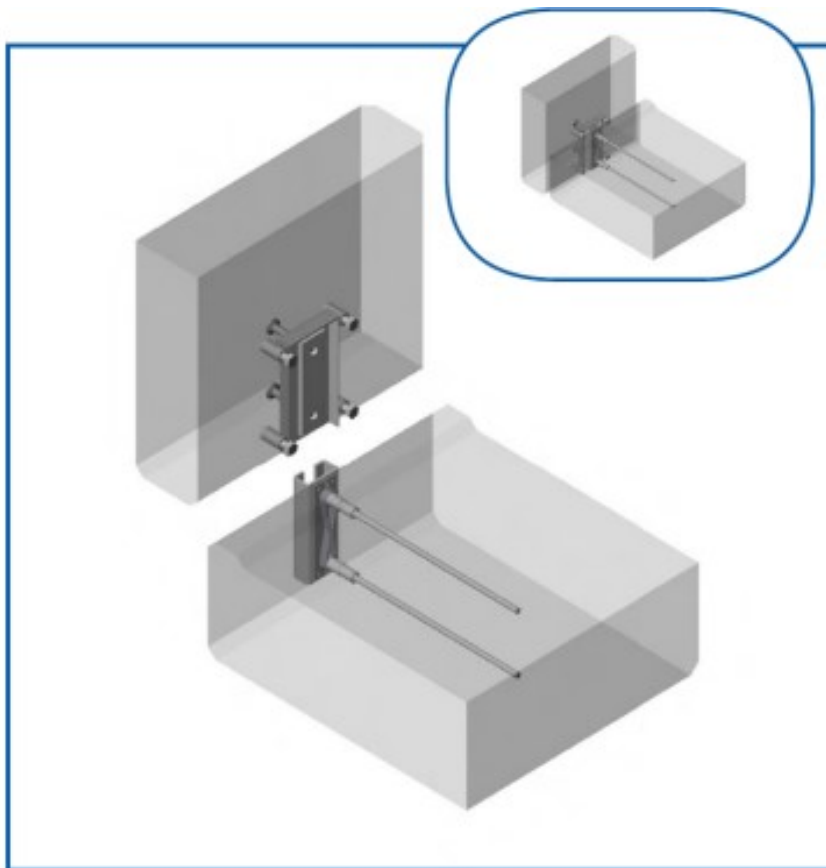
Betonisen kaide-elementin paksuus on yleensä 100 mm ja kaiteen tulee olla parvekkeen levyinen ja korkeus määräysten mukainen (Kuva 29). Betonikaiteen vaadittava korkeus saavutetaan täyskorkealla betonikaiteella tai vähintään 700 mm laatan sekä mahdollisen ritilätason yläpinnasta ulottuvalla kaide-elementillä sekä riittävälle korkeudelle asennetuilla käsijohteilla. Betonikaiteen yläpinnan tulee olla kallistettu 20 mm sisäänpäin. Kaide-elementin kaikki reunat pyöristetään tai varustetaan 10*10 viisteellä. [28, p. 22]



Kuva 29 Parvekekaide-elementti [28, p. 22]

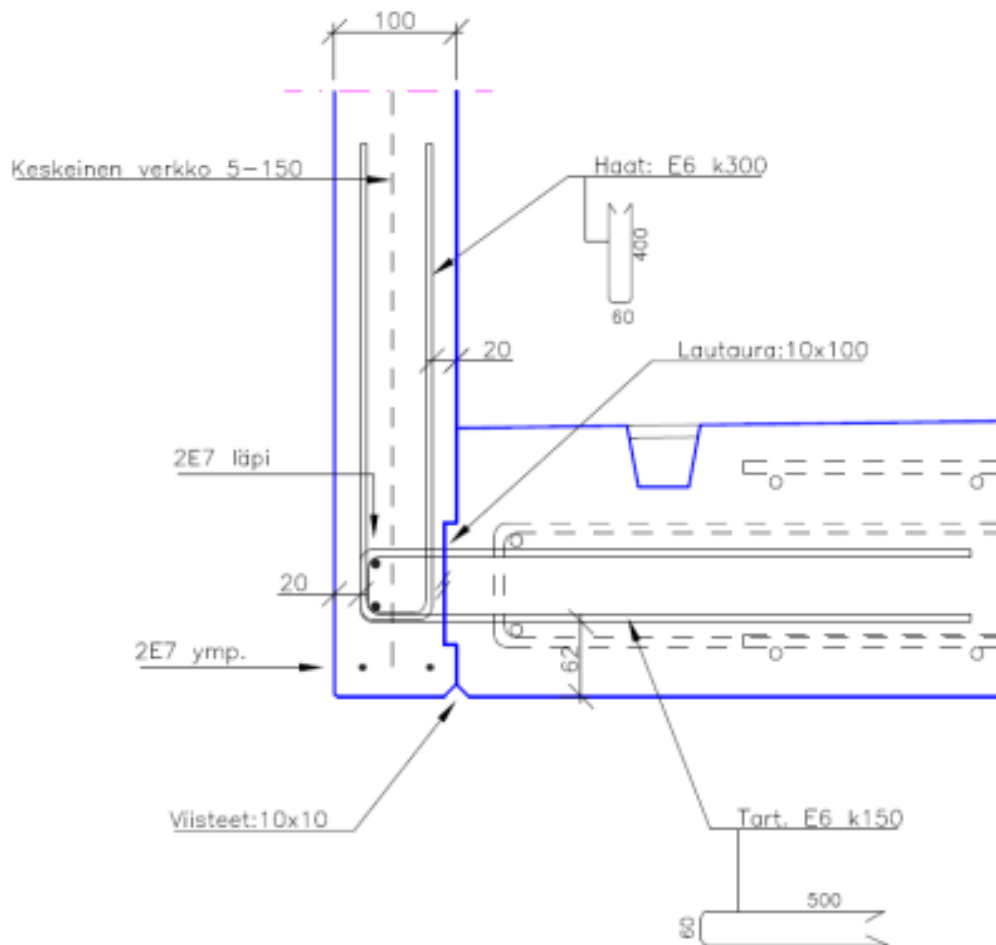
9.5 Parvekekaiteen ja laatan liitos

Kaiteen ja laatan välinen liitos voidaan tehdä valmiilla käyttöselosteen omaavilla vakioteräsoilla. Kaide-elementin kiinnittämiseen on kehitetty useita ratkaisuja. Kaide ja kiinnitysosat mitoitetaan kuormitusohjeiden mukaisesti pysty- ja vaaka-kuormille. Kuorman määrittelyssä tulee ottaa huomioon parvekkeen mahdollinen lasittaminen, joka lisää tuulikuormaa. Työmaalla tapahtuvassa kiinnityksessä elementit varustetaan tarvittavilla kiinnityselimillä. Kiinnityseliminä käytetään mm. pultteja, sisäkierrehylysyjä, kiinnityskiskoja ja muita teräsosia. Vakioteräsosia käytettäessä niiden mitoitus tehdään valmistajan ohjeen mukaan. Parvekekaidelaatan otsapintaan asennetaan elementtitehtaalla kiinnitysosat sekä kaiteeseen kaideosat. Kiinnitysjärjestelmiin saattaa kiinnitysosien lisäksi kuulua erillisiä asennusosia. [28, p. 25] Kuva 30 on esimerkki kaiteen kiinnityksestä vakioteräsoilla.



Kuva 30 Kaidekiinnike vakioteräsoilla [28, p. 26]

Kaide-elementin ja laatan voi myös valaa yhteen tehtaalla. Valettu kaide kiinnitetään etukäteen elementtitehtaalla laattamuotin etureunaan. Laatan valussa valetaan kaiteessa olevat RST-tartuntateräkset myös valuun. Kuvassa (Kuva 31) on laatan E6 k150 tartuntateräksillä ja kaiteen E6 k300 tartuntateräksillä liitetty kaide ja laatta toisiinsa. Laatan ja kaiteen voi vaihtoehtoisesti valaa yhteen yhdeksi elementiksi parvekepatterimuotissa, jossa parveke valetaan ylösalaisin laatan muotoiltu yläpinta muottia vasten. [28, p. 26]



Kuva 31 Parvekekaiteen ja laatan valaminen yhteen elementtitehtaalla [28, p. 26]

9.6 Parvekkeiden raudoitus

Parveke-elementeissä yleisimmin käytetyt teräslaadut ovat B500K ja harjateräkset B500B tai A500HW. RST-raudoituksia ei pääsääntöisesti käytetä, paitsi kaide-elementeissä. Elementtien raudoitus suunnitellaan tapauskohtaisesti ja esitetään selvästi elementtien tuotantopiirustuksissa. [28, p. 23]

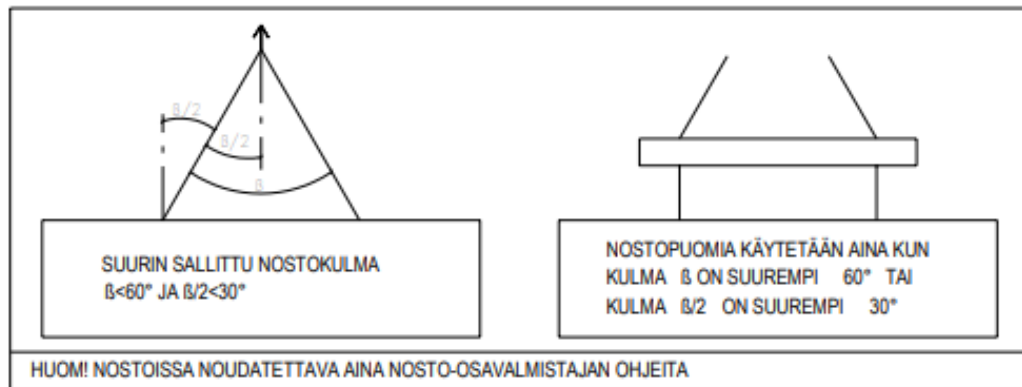
Rakennesuunnittelijan tulee varmistaa tapauskohtaisesti elementtien raudoitteiden riittävyys, kuitenkin perusohjeina voidaan käyttää yläpinnassa raudoitusta 8–200, alapinnassa vakioverkkoraudoitusta 10–200 tai 10–150, sekä mahdollinen lisäraudoitus tehdään irtotangoon. Reunahaat laatoissa ovat T8 k200. Reunahaat tulisi tehdä saman korkuisina koko laatan osalla tai kahdella eri korkeudella. Mutta jos verkkoterästen raudoituksen betonipeitepaksuus kasvaa tällöin liian suureksi, asetetaan reunan hakateräkset vinoon. Pielielementtien tavallisissa elementeissä ei käytetä verkkoraudoitusta, vaan ainoastaan ympärikiertävää pieliterästä T10. Kaide-elementtien raudoitukseen käytetään verkkoa T5-150 keskeisesti ja reunateräksiin 2E7. [28, p. 23]

10 Elementtien tarkastuslistat

10.1 Elementtien valmiskiirustukset

Betonelementtien elementtikohtaisissa tarkastuslistoissa on yhteneväisiä kohtia. Kun suunnittelija on mallinnuksen jälkeen tuottanut elementtikiirustuksen, niin jokaisen elementin valmiskiirustuksen tulee sisältää kaikki valmistuksessa tarvittavat tiedot: elementin kokonaispaino, joka on esitettävä tarkasti; elementin painopisteen sijainti; nostolenkit, niiden paikat on suunniteltava siten, että elementtiä pystytään nostamaan suorassa; muut nosto-osat, kuten nostoreikä, nostokorvat, niistä on määriteltävä yksiselitteisesti nosto-osan tyyppi, valmistaja ja sijainti. Nostotavoista, nostokulmista (Kuva 32), elementin kääntötavasta ja muista elementin rajoituksista on oltava ohje kiirustuksissa. Elementin väliaikaisten tukien kiinnityskohdat (esim. elementtituet) ja niiden tavat on merkittävä kiirustuksiin. Mikäli elementti vaatii kuljetuksen tai asennuksen aikana kiepahdustuenta, tulee olla ohje kiirustuksissa. Nämä tiedot liittyvät myös työturvallisuuteen. [29, p. 182]

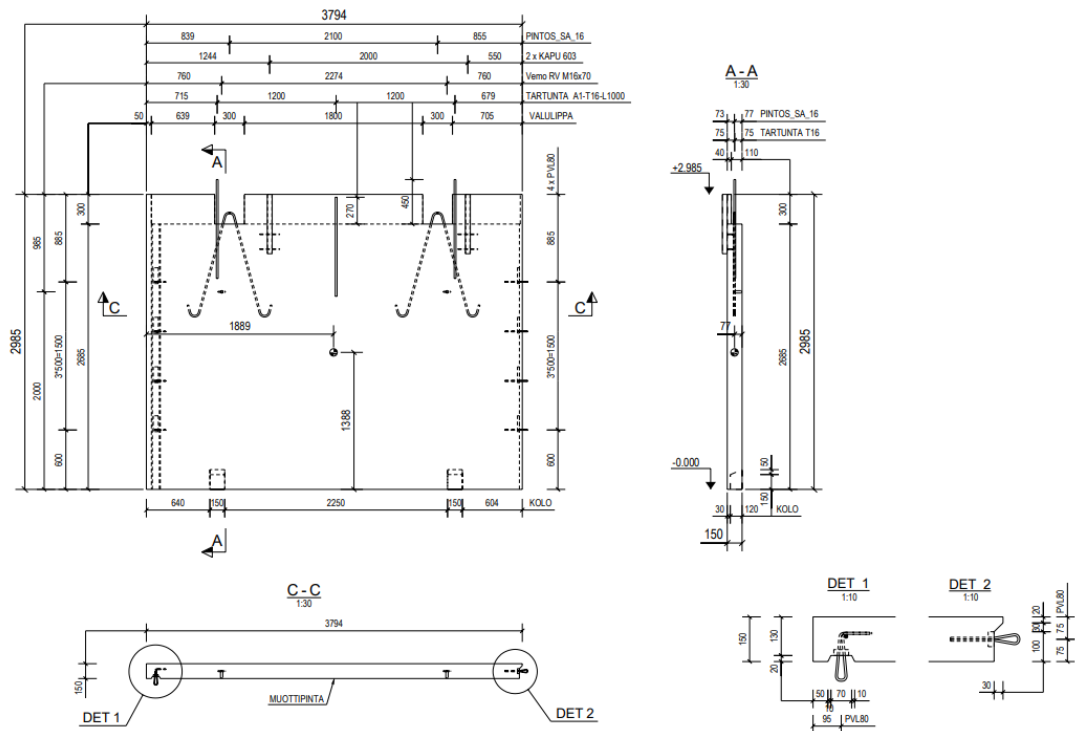
NOSTOKULMAT



Kuva 32 Elementtikiirustuksessa esitettävä elementin nostokulma ohje [30]

10.1.1 Piirustusalue

Valmisosan piirustuksen sisältöön kuuluu piirustusalue (Kuva 33), jossa on sivupiirros, pysty- ja vaakaleikkaukset, detaljit, joissa täytyy käydä ilmi tarvittavat päämitat ja mitat varusteosille, näillä on merkitystä elementin valmistuksen kannalta. Valmisosan piirustuksessa on oltava elementin mitat, jotka on oltava selkeästi luettavissa suunnitelmista. Myös eristeilytykset täytyy ottaa huomioon mitoissa. Piirustusalueella on esitettävä elementin rauditus. Elementin rautojen ja verkkojen suunnat on esitettävä piirustuksessa selkeästi, esimerkiksi pystyteräs sisempänä ja vaakateräs ulompana. [29, p. 182]



Kuva 33 Piirustusalueessa elementin mitat, detaljit, pysty- ja vaakaleikkaukset [30]

10.1.2 Yleistieto- ja tuotetietoalue

Elementtipiirustuksen ohjealueessa on elementin yleistiedot ja tuotetiedot.

Yleistiedoissa on elementtien suunniteltu käyttöikä, rasiusluokat, elementin paloluokka, seuraamusluokka ja tuotestandardi. [31]

Tuotetiedoissa esitetään betonin lujuusluokka ja erityisvaatimukset, betonipeitteen paksuus ja maksimi raekoko. Harjateräksen, verkkojen, RST, musta-raudan, pyöröteräksien ja putkipalkkien teräslaadut sekä terästen niputus ovat esitettävä ohjealueella selkeästi. Elementin teräksien jatkospituudet, teräksien vetomurto- ja myötölujuudet, viisteiden koot, muotinnostolujuuden, kuljetus- ja asennuslujuuksien tiedot ovat myös merkitty tuotetietoalueelle. [31] Tuotetietoalueella ilmoitetaan myös elementin kuormitukset. Elementin vaatimukset betonipinnoille ja pintamateriaaleille ilmoitetaan tuotetietoalueella. (Kuva 34) Elementin painopiste merkitään tuotetietoalueen alapuolelle. [29, p. 183]

YLEISTIEDOT		
Suunniteltu käyttöikä	50 v	
Rasiusluokka	XC1	SFS-EN 1992-1-1+NA
Paloluokka	R60	
Seuraamusluokka	CC2	
TUOTETIEDOT		
Betoni	C30/37	SFS-EN 206, SFS 7022
Betonipeite 1	20 mm ±10	Betonipeitteen nimellisarvo
Maksimi raekoko	16mm	
Toleranssiluokka	Mittatarkkuus normaaliuokka	Betonielementtien toleranssit, 2011
Pintakäsittely 1	Valupinta THI-A	(BY40)
Pintakäsittely 2	Muottipinta MUO-A	(BY40)
Muotinnostolujuus	C16/20	
Kuljetus- ja asennuslujuus	C25/30	
Raudoitustangot	T=B500B (SFS 1268), E=B600KX (SFS 1259)	
Raudoitusverkot	K=B500K (SFS 1257), E=B600KX (SFS 1259)	
Muut teräks:	S=S235JRG2 (SFS-EN 10025-2)	1.4301 (SFS-EN 10088, AISI 304)
Vetomurto- ja myötölujuudet:	B500B=550/500 MPa, B600KX 660/600MPa	S235JRG2=360/235 MPa, 1.4301=520/210MPa
Jatkospituudet:	T8-500, T10-650, T12-750, T16-1000	Verkot 2 silmävälillä
Maksimi kloridimäärät	SFS 7022 mukaan	

Kuva 34 Malli sisäkuorielementin yleistiedoista ja tuotetiedoista [30]

10.1.3 Raudoiteluettelo

Raudoiteluetteloita elementin piirustuksessa ovat raudoitteiden taivutus- ja verkkoluettelo. Taivutusluettelossa esitetään tankojen taivutustyyppit, lukumäärä, teräslaadut, paksuudet, pituudet, painot ja taivutusmitat. Verkkoluettelossa esitetään verkon tunnus, lukumäärät, teräslaadut, verkon koko, painot, tankojen paksuudet ja k-välit. Molemmissa luetteloissa esitetään lisäksi kokonaispainot (Kuva 35). [29, p. 189]

RAUDOITELUETTELO															0		
RAUDOITTEET				D	L	dL	PAINO	TAIVUTUSMITAT [mm]							KOMMENTTI		
TYT	NRO	LKM	LAATU	[mm]	[mm]	[mm]	YHT [kg]	a	b	c	d	e	u	v	x	TD	
A	1	3	B500B	16	1000		4.7	1000									
D	2	39	B500B	8	840		12.9	400	80	400							36
D	3	18	B500B	8	860		6.1	400	100	400							36
A	4	1	B500B	10	2590		1.6	2586									
B	7	4	B500B	10	4240		10.5	3661	600								46
B	8	4	B500B	10	3160		7.8	2582	600								46
RAUDOITTEIDEN KOKONAISPAINO [kg]:																43.6	
VERKKOLUETTELO																	
NRO	LKM	LAATU	KOKO		NIMI		kg/KPL	kg/YHT									
SK-9	1	B500K	3714 x 2635		#8-150		49.6	49.6									
SK-10	1	B500K	3714 x 2635		#8-150		49.6	49.6									
SK1-1011	1	B500K	730 x 3724		#6-150		7.2	7.2									
VERKKOJEN KOKONAISPAINO [kg]:																106.5	

Kuva 35 SK-elementin raudoite- ja verkkoluettelo [30]

10.1.4 Valutarvikeluettelo

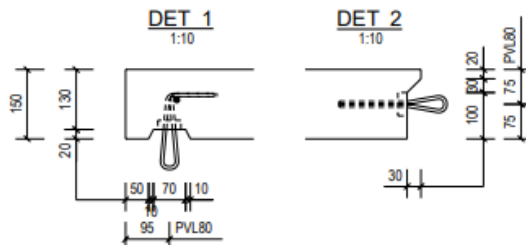
Valutarvikeluettelossa esitetään elementin tunnus, lukumäärä, pinta-ala, betonin laatu, elementin nimi ja elementin paino. Luettelossa esitetään elementin tarvike- ja lukumäärät. (Kuva 36) [30]

VALUTARVIKELUETTELO			
VALUYKSIKÖN PAINO ON LASKETTU KÄYTTÄEN BETONINTILAVUUSPAINOA 2500 kg/m ³ + painoon vaikuttavat tarvikkeet, esim eristeet.			
ELEMENTIN TUNNUS	LKM	PINTA-ALA [m ²]	
P-2	1	0.11	
BETONI	NIMI	MÄÄRÄ	YKS
C35/45	PILARI	0.44	m ²
ELEMENTIN PAINO:			1.09 t
MÄÄRÄ	YKS	TARVIKKEET	
4.0	kpl	HPKM24	
4.0	kpl	HPM24P	
2.0	kpl	NOSTOLENKKI S235J2+N Ø10, L = 1650, LISÄTAIVUTUS	
1.0	kpl	PLA24 Lifting system	
1.1	kg	B500B ø6	
12.9	kg	B500B ø8	
4.2	kg	B500B ø12	
71.6	kg	B500B ø16	

Kuva 36 P-elementin valutarvikeluettelo piirustuksessa [30]

10.1.5 Detaljit

Elementtien detaljipiirustuksissa esitetään elementtien yksityiskohtaiset liitos- ja asennusdetaljit. Detaljeissa näytetään elementin liitokset, jotka pohjautuvat päärakennesuunnittelijan tekemiin tyypiliitosdetaljeihin (Kuva 37). [29, p. 185]
 Detaljin mittakaavana käytetään yleensä 1:10 ja tarvittaessa voidaan käyttää 1:5 tai 1:20. [29, p. 185]



Kuva 37 SK-elementin detaljipiirustukset [30]

11 Yhteenveto

Betonielementtien hyöty on nähty jo sotien jälkeen. Niiden käyttö rakentamisessa on tehokasta ja nopeaa verrattuna paikallavalurakentamiseen. Elementtien suunnittelu alkoi kehittymään 70-luvulla BES-rakentamisen myötä. Elementit ovat tuotteita, joita koskee rakennuslakien lisäksi rakennustuotteiden tuotehyväksyntälait. Elementtirakentaminen on edelleen yleistä ja elementti suunnitella kehitetään edelleen. Halusin tuoda elementtien suunnittelun historiaa ja kehitystä tähän opinnäytetyöhön, jotta lukijalla on näkemystä mistä Suomalainen elementtisuunnittelu on alkanut ja mitä se on nykypäivänä.

Tässä opinnäytetyössä selvitettiin elementtien tyypillisiä ominaisuuksia. Opinnäytetyössä selvitettiin elementtien mittoja, reikien paikkoja, tyypillisiä raudoituksia ei-kantaviin elementteihin, kiinnitysosia, betonilujuuksia, tuentatapoja ja liitoksia. Lisäksi tämän opinnäytetyön pohjalta laadittiin elementtien tarkistuslistat Excel-tiedostona.

Tarkastuslistojen hyötynä on elementtisuunnittelussa tuottaa laadullisesti yhteneväiset suunnitelmat. Swecolla on aikaisemmin ollut luettelman mukainen tarkistuslista, mutta se palvelee suunnittelijoita elementtien suunnittelussa vain yleisellä tasolla. Elementtien yksityiskohtaiset tarkistuslistat palvelevat suunnittelijoita elementtejä suunniteltaessa tarkemmin. Elementtien liitokset ovat hankalin osuus elementtien suunnittelussa. Aloittelevalla suunnittelijalla ei todennäköisesti ole kokemusta liitoksien suunnittelusta, joten tarkistuslistojen avulla suunnitelmista tulee yhteneväisen näköisiä ja sisällöltään riittävän tarkkoja.

Suunnittelijan täytyy ottaa huomioon elementtejä suunniteltaessa, että elementit täyttävät kaikki vaatimukset ja elementti on toteuttavissa. Elementtisuunnitelmista täytyy löytyä kaikki tieto mitä tarvitaan elementtien valmistukseen. Puutteelliset suunnitelmat johtavat virheisiin ja saattavat vähintään visuaalisesti poiketa suunnitelmasta. Elementtisuunnittelun ja -tuotannon kehitystyö on jatkuvaa ja elementtisuunnittelussa pyritään laadullisesti tuottamaan yrityksen puolesta yhteneväisiä suunnitelmia.

Tarkistuslistojen muodostaminen alkoi Swecon tarpeesta listoille. Ensin kartoitin Swecon tarpeita elementti tarkistuslistoista. Kun tarpeet olivat selvillä, niin selkein tapa itselleni oli muodostaa tarkistuslistat Excel-tiedostona. Excel:ssä saa selkeästi sivut välilehtiin, joista saa jokaiselle elementille yhteneväiset omat sivut. Excel tiedosto muodon valinta varmistui myös sen takia että Excel:iin saa koodattua tietoa myös myöhemmin, eli nämä minun tekemät tarkistuslistat toimivat pohjana myöhempää käyttöä varten. Tarkistuslistojen ulkoasusta muodostui pelkistetty selkeä taulukkomainen lomake Swecon logolla varustettuna. Tarkistuslistoihin on elementeille lisätty Swecon omia ohjeita elementtien mallinnukseen ja suunnitteluun. Elementtien tarkistuslistoille on tästä opinnäytetyöstä hyödynnetty jokaisen elementin teksti osuudesta tietoa ja tarkistuslistoihin on lisätty Swecon omia huomiota mitä kannattaa jokaisesta elementistä tarkistaa.

Opinnäytetyössä käytettiin lähteenä paljon elementtisuunnittelun sivujen aineistoa ja Swecon aineistoa. Työn tuloksena syntyi elementtien tarkistuslistat, jotka tulevaisuudessa mahdollisesti tulevat enemmän automaattisesti auttamaan nuoria suunnittelijoita suunnittelemaan betonielementtejä. Tällä hetkellä tarkistuslistat auttavat suunnittelijoita niin että heidän täytyy lukea tarkistuslistoja itse ja niitä hyödyntää elementtien suunnittelussa. Pysin tekemään tarkistuslistat mahdollisemman helppolukuisiksi, jotta suunnittelija viitsii niitä hyödyntää työssään.

Lähteet

- 1 Betoniteollisuus ry, elementtisuunnittelu, historia.
<https://www.elementtisuunnittelu.fi/valmisosarakentaminen/elementtirakentamisen-historia> luettu 21.2.2023
- 2 Sweco Finland Oy, betonirakennesuunnittelu.
<https://www.sweco.fi/palvelumme/rakennukset-ja-kaupunkikehitys/rakennesuunnittelu/betonirakennesuunnittelu/> luettu 26.2.2023
- 3 Betoniteollisuus ry, elementtisuunnittelu, normit ja standardit.
<https://www.elementtisuunnittelu.fi/suunnitteluprosessi/normit-ja-standardit> luettu 2.2.2023
- 4 Ympäristöministeriö, rakentamismääräykset.
<https://ym.fi/rakentamismaaraykset> luettu 24.2.2023
- 5 Finlex, laki eräiden rakennustuotteiden tuotehyväksynnästä.
<https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2012/20120954> luettu 24.2.2023
- 6 Betoniteollisuus ry, elementtisuunnittelu, mallintava suunnittelu.
<https://www.elementtisuunnittelu.fi/suunnitteluprosessi/mallintava-suunnittelu> luettu 31.1.2023
- 7 Betoniteollisuus ry, elementtisuunnittelu. BEC2012 Ohje tietomallipohjaisille elementtipirustuksille.pdf luettu 1.2.2023.
- 8 Betoniteollisuus ry, elementtisuunnittelu. BEC2012 Elementtisuunnittelun mallinnusohje_v109.pdf luettu 21.3.2023
- 9 Betoniteollisuus ry, elementtisuunnittelu. Liite1_Tekla Structures -muuttajat.pdf luettu 21.3.2023
- 10 Betoniteollisuus ry, elementtisuunnittelu, elementtitunnukset.
<https://www.elementtisuunnittelu.fi/runkorakenteet/elementtitunnukset> luettu 1.2.2023
- 11 Betoniteollisuus ry, elementtisuunnittelu, suunnittelun ohjaus.
<https://www.elementtisuunnittelu.fi/suunnitteluprosessi/suunnittelun-ohjaus> luettu 31.1.2023
- 12 Betoniteollisuus ry, elementtisuunnittelu, runkorakenteet.pdf. luettu 8.2.2023

- 13 Betoniteollisuus ry, elementtisuunnittelu, sokkelielementit.
<https://www.elementtisuunnittelu.fi/runkorakenteet/perustukset-ja-vaestonsuojat/sokkelielementit> luettu 8.2.2023
- 14 Betoniteollisuus ry, Betoni, betonielementtijulkisivut.
<https://betoni.com/arkkitehtisuunnittelu/arkkitehtisuunnittelu/julkisivut/betonijulkisivujen-toteutusvaihtoehdot/betonielementtijulkisivut/> luettu 3.2.2023
- 15 Betoniteollisuus ry, elementtisuunnittelu. Ulkokuoren kiinnitys detalji DKE002.pdf luettu 9.2.2023
- 16 Betoniteollisuus ry, elementtisuunnittelu, sandwich-julkisivut.
<https://www.elementtisuunnittelu.fi/julkisivut/julkisivujarjestelmat/sandwich-julkisivut> luettu 2.2.2023
- 17 Betoni.com, Betoni-lehti,2005, nro 3, sivut 62-64.
- 18 Betoniteollisuus ry, elementtisuunnittelu, seinäliitokset
<https://www.elementtisuunnittelu.fi/liitokset/seinaliitokset> luettu 21.3.2023
- 19 Betoniteollisuus ry, elementtisuunnittelu, raudoitus.
<https://www.elementtisuunnittelu.fi/julkisivut/rakenteellinen-toiminta/raudoitus> luettu 7.3.2023
- 20 Peikko Group, PVL- vaijerilenkki, tekninen käyttöohje, 12/2021.
https://media.peikko.com/file/dl/i/p_Tvlw/vA88xO1mvRVFsBu7RRVo8Q/PVLF003TechnicalManual_We luettu 7.3.2023
- 21 Peikko Group, ARBOX-Työsaumarauchoite- Tekninen käyttöohje.
<https://media.peikko.com/file/dl/i/Pf0WrA/iiGzT3esD5yYF04PTM1VsQ/ARBOXFI004TMAWeb.pdf> luettu 7.3.2023
- 22 Anstar Oy, tuotteet, ansaat. <https://www.anstar.fi/tuotteet/ansaat/> luettu 21.2.2023
- 23 Betoniteollisuus ry, elementtisuunnittelu, ontelolaatat.
<https://www.elementtisuunnittelu.fi/runkorakenteet/kantokykykayrat/ontelolaatat> luettu 24.2.2023
- 24 Parma, Ontelolaatan suunnitteluohje 2018,
https://parma.fi/userassets/uploads/2018/12/parma_ontelolaatatot_suunnitteluohje_2018-1.pdf luettu 24.2.2023
- 25 Betoniteollisuus ry, elementtisuunnittelu, liitosten toiminta, tukipinnat- ja laakerit. <https://www.elementtisuunnittelu.fi/liitokset/liitosten-toiminta/tukipinnat-ja-laakerit> luettu 24.2.2023

- 26 Betoniteollisuus ry, elementtisuunnittelu, liitosten toiminta, liitostyyppit. <https://www.elementtisuunnittelu.fi/liitokset/liitosten-toiminta/liitostyyppit> luettu 23.2.2023
- 27 Peikko Group, Pilarikenkä. <https://www.peikko.fi/tuotteet/tuote/hpkm-pilarikenka/> luettu 22.2.2023
- 28 Betoniteollisuus ry, elementtisuunnittelu, Betonielementtiparvekkeet.pdf. <https://www.elementtisuunnittelu.fi/julkisivut/parvekkeet> luettu 9.2.2023
- 29 Suomen Rakennusinsinöörien Liitto ry, RIL 229-1-2020, Rakennesuunnittelun asiakirjaohje, Helsinki, 2020, sivut. 182-189 luettu 22.3.2023
- 30 Betoniteollisuus ry, elementtisuunnittelu, mallipiirustukset <https://www.elementtisuunnittelu.fi/suunnitteluprosessi/mallipiirustukset> luettu 7.3.2023
- 31 Vabe Oy, Elementtisuunnittelun tarkistuslista, http://vabe.fi/wp-content/uploads/2021/06/VaBe_Elementtisuunnittelun-tarkistuslista-2.0.pdf luettu 9.3.2023