
Väliseinäelementtien suunnitteluohje

Jari Liimatainen

Opinnäytetyö

Ammattikorkeakoulututkinto



Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala			
Koulutusohjelma Rakennustekniikan koulutusohjelma			
Työn tekijä Jari Liimatainen			
Työn nimi Väliseinäelementtien suunnitteluohje			
Päiväys	1.4.2011	Sivumäärä/Liitteet	45/11
Ohjaaja(t) Lehtori Harry Dunkel			
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Toimitusjohtaja Erkki Kerttula, Rakennussuunnittelutoimisto Sormunen & Timonen Oy			
Tiivistelmä <p>Tämän insinöörityön aiheena oli päivittää Rakennussuunnittelutoimisto Sormunen & Timonen Oy:lle väliseinäelementtien suunnitteluohje nykyisten vaatimuksien ja normien mukaiseksi. Työn tavoitteena oli saada yritykselle selkeä ja helppolukuinen suunnitteluohje. Ohje tulee nopeuttamaan yrityksessä olevaa elementtisuunnittelua ja piirustuksista saadaan ulkoasultaan samanlaiset piirtäjistä riippumatta.</p> <p>Työ tehtiin selvittämällä olennaisimmat asiat väliseinäelementtisuunnittelusta, kuten elementtien väliset liitokset, nostojärjestelmät ja raudoitukset sekä kokoamalla ne yhdeksi ohjeeksi, jonka pohjalta saa käsityksen elementtisuunnittelusta, vaikka ei olisi ennen kyseistä suunnittelutyötä tehnyt kukaan. Mallielementtien piirtämisessä käytettiin AutoCAD-ohjelmaa, jolla yritys nykyään tekee elementtisuunnittelun.</p> <p>Mallielementit ovat asetuksiltaan ja piirustustyylyiltään määritetty sopivaksi, jolloin työn määrän tulisi olla mahdollisimman pieni elementtisuunnittelijan näkökulmasta. Tuloksena saatujen mallielementtien pohjalta yrityksen on helppo kopioida uusiin kohteisiin tulevia erilaisia väliseinäelementtejä.</p>			
Avainsanat väliseinäelementti, suunnitteluohje			
Julkinen			

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Construction Engineering			
Author Jari Liimatainen			
Title of Thesis Design Manual for Partition Blocks			
Date	1 April 2011	Pages/Appendices	45/11
Supervisor(s) Mr Harry Dunkel, Lecturer			
Project/Partners Mr Erkki Kerttula, Chief Executive Officer			
<p>Abstract</p> <p>The aim of this thesis was to update a partition wall design manual by using existing standards and norms for the company of Rakennussuunnittelutoimisto Sormunen & Timonen Oy. The objective was to get a clear and easy to read manual. The manual will speed up the company's element design and the drawings will be visually similar regardless of the designer.</p> <p>The thesis was carried out by identifying the most relevant issues of wall element design and assembling them into one manual. The manual serves as a source material even for a designer who has never done this type of design work before. The model elements were drawn by using the AutoCAD program.</p> <p>The configurations and drawing styles were modified to minimize the designer's work. In the upcoming projects it will be easy for the company to make new different partition wall element drawings based on these model elements.</p>			
Keywords element, design, manual			
Public			

ALKUSANAT

Tämä insinöörityö tehtiin Rakennussuunnittelutoimisto Sormunen & Timonen Oy:lle elementtisuunnittelua varten. Insinöörityöni ohjaajina toimivat koulun puolesta lehtori Harry Dunkel, sekä työpaikan puolesta rakennusinsinööri Lauri Salmi.

Haluan kiittää edellä mainittujen henkilöiden lisäksi Rakennussuunnittelutoimisto Sormunen & Timonen Oy:tä kaikesta tuesta ja avusta opinnäytetyön edistymisessä, sekä kaikkia henkilöitä, jotka ovat olleet apuna työni valmistumisessa. Kiitokset kuuluu myös edellä mainitusta toimistosta Antti Honkaselle, jolta idea opinnäytetyön aiheeksi alunperin tuli.

Kuopiossa 1. huhtikuuta 2011

Jari Liimatainen

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	7
1.1	Työn tausta ja tavoitteet.....	7
1.2	Rakennussuunnittelutoimisto Sormunen & Timonen Oy	7
2	ELEMENTTIRAKENTAMINEN	8
2.1	Elementtirakentamisen historia.....	8
2.2	Elementtirakenteiseen ratkaisuun päätyminen.....	9
2.3	Eurooppalainen tekninen tuotehyväksyntä ETA.....	10
2.4	CE-merkintä	11
3	VÄLISEINÄELEMENTTISUUNNITTELU	14
3.1	Yleistä väliseinäelementtisuunnittelusta.....	14
3.2	Elementtien nimeäminen	15
3.3	Päämitat ja toleranssit	16
3.4	Pontit	18
3.5	Pinnat	19
3.6	Tekstiosa	21
3.7	Elementtien väliset liitokset.....	23
3.8	Saumojen sijoittelu	24
3.9	Liitostapit ja tapituskolot.....	27
3.10	Väliaikainen tuenta	28
3.11	Nostolenkit.....	29
3.12	Kuljetustuet.....	34
3.13	Raudoitukset	35
3.14	Reiät ja läpiviennit	39
3.15	Sähköistys	41
3.16	Dxf-tiedosto	42
4	YHTEENVETO	43
	LÄHTEET	44
	LIITTEET	
	Liite 1 Elementtisuunnittelijan tehtävälista	
	Liite 2 Mallielementit	

1 JOHDANTO

1.1 Työn tausta ja tavoitteet

Rakennussuunnittelutoimisto Sormunen & Timonen Oy:llä on paljon isoja elementtirakenteisia kerrostalokohteita, mutta yrityksen käytössä ei ole ajantasalla olevaa elementtisuunnitteluohjetta. Tästä syntyikin idea tehdä uudistettu väliseinäelementtien suunnitteluohje insinööriytyöksi.

Tämän insinööriytyön tavoitteena on tulla helpottamaan yrityksen väliseinäelementtisuunnittelua sekä vähentämään virheiden syntymisen riskiä elementtikuvissa. Tarkoituksena on myös saada elementtipiirustuksista ulkonäöltään ja piirustustyyliiltään samannäköiset suunnittelijasta riippumatta.

Aluksi tutustun erilaisiin standardeihin ja normeihin, minkä pohjalta muodostuu alustava sisällysluettelo ja saan käsityksen väliseinäelementtisuunnittelun kokonaisprosessista. Lopuksi päivitän mallielementit AutoCAD –ohjelmaa käyttäen.

1.2 Rakennussuunnittelutoimisto Sormunen & Timonen Oy

Rakennussuunnittelutoimisto Sormunen & Timonen Oy on perustettu vuonna 1979. Yhtiö on yksityisessä omistuksessa ja sen päätoimipaikka sijaitsee Kuopiossa. Sisaryhtiö OOO Sormunen & Timonen sijaitsee Pietarissa, jossa työskentelee 10 rakennesuunnittelijaa ja sillä on arkkitehti-, rakenne- ja LVIS-suunnitelmat kattava suunnittelulisenssi. Kuopion toimistossa työskentelee 20 rakennesuunnittelijaa ja 10 arkkitehti- ja rakennussuunnittelijaa. Yrityksen on perustanut Hannu Sormunen ja Heikki Timonen, jolloin osakkaana oli myös Jussi Miettinen. Nykyinen toimitusjohtaja Erkki Kerttula on toiminut virassaan vuodesta 2007. /1/

Yrityksen toimenkuvaan kuuluu rakennus-, rakenne-, ja elementtisuunnittelua. 1980-luvulla Rakennussuunnittelutoimisto Sormunen & Timonen Oy toimi myös Helsingissä ja Varkaudessa. Yrityksen suunnittelukohteita ovat mm. kerrostalot sekä liike- ja toimistorakennukset. /1/

2 ELEMENTTIRAKENTAMINEN

2.1 Elementtirakentamisen historia

Vuonna 1900 Pariisin maailmannäyttelyssä levisi tieto muottiin valettavasta kivistä, johon lisättiin raudoitusta. Tämä avasi mahdollisuuksia suunnitella rakennuksiin avaria tiloja. Elementtitekniikkaa tutkittiin maailmalla jo ennen toista maailmansotaa. Sodasta aiheutuneiden tuhojen korjaamisen vuoksi kysyntä kasvoi. Koska talous oli monessa maassa huonossa kunnossa, etsittiin mahdollisimman taloudellista ja tehokasta rakennustapaa, jolloin ratkaisuksi löydettiin elementtirakentaminen. Suomessa betonteollisuuden kehitys alkoi elementtiteknologian avulla 1940- ja 50-lukujen vaihteessa. Arkkitehti Aarne Ervin suunnittelema Helsingin Yliopiston Porthania-rakennus on tunnetuimpia täyselementtirakennuksia. 1960 - 1970-luku oli merkittävä suomalaisessa elementtirakentamisessa, koska ihmiset muuttivat maalta kaupunkiin työpaikkojen keskittyessä kaupunkeihin. Tämän vuoksi tarvittiin nopeasti ja edullisesti hyviä asuntoja. /2/

BES-järjestelmä kehitettiin asuinrakentamista varten vuosina 1968 - 1970. Se perustui kantaviin pääty- ja väliseiniin, ei-kantaviin sandwich-ulkoseiniin ja välipohjina käytettäviin pitkälaattoihin. BES-järjestelmässä betonielementit ja niiden liitosdetaljit standardoitiin siten, että urakoitsijat pystyvät hankkimaan valmisosia samaan rakennukseen useilta eri toimittajilta. Valittu runkojärjestelmä antoi paljon erilaisia mahdollisuuksia asuntojen pohjaratkaisuksi, joita ei kuitenkaan juuri käytetty hyväksi, koska peruspohjaratkaisuihin oltiin tyytyväisiä. Elementtijärjestelmien standardointi jatkui 80-luvulla toimitila- ja teollisuusrakentamisen puolelle, kun laadittiin Runko BES-aineisto, jossa pilari-palkkirungolle koottiin mittajärjestelmä rakenneosien mitta- ja tyyppisuositukset sekä liitosdetaljit. 1970-luvun alussa tuotettiin ennätysmäärä asuntoja, joka ei olisi ollut mahdollista ilman BES-järjestelmää. Tuolloin rakennusten visuaalinen puoli jäi huomioimatta ja talot jäivät laatikkomaisiksi, koska silloisessa asuntohallituksessa oli tiukka kustannusohjaus ja oli kiire rakentaa nopeasti. Tuohon aikaan tiedettiin hyvin vähän betonin kestävyysvaikutuksista, kuten raudoitteiden ruostumisesta, pakkasen vaikutuksesta betoniin ja betonin lämpökäsittelystä. Tämän vuoksi jo 30-40 käyttövuoden jälkeen osa julkisivuista vaati peruskorjausta. /2/

Betoniteknologiassa tapahtui läpimurto 70-luvun puolella välissä, kun lisäaineita käyttämällä saatiin pakkasenkestävää betonia. Samaan aikaan alettiin käyttää myös muita lisäaineita, kuten hidastimia ja notkistimia. 80-luvulla keksittiin väribetoni- ja korkealujuusbetoni. Itsetiivistyvä betoni kehitettiin 90-luvulla, minkä vuoksi betonin tärytystarve poistui suurelta osin elementtitehtaissa. Itsetiivistyvän betonin hyviin puoliin kuuluu se, että saadaan aikaan todella hyvät betonipinnat. Nykyään betoniteollisuus kilpailee uusilla ominaisuuksilla, kuten äänieristys, kosteustekniikka, ympäristöystävällisyys, taloudellisuus ja ulkonäkö. /2/

Tietotekniikka oli jo varhaisessa vaiheessa mukana rakennusalalla ja sen käyttö alkoi 60-luvulla suunnittelun mitoituskalkemista. Erityisen tärkeää elementtiteollisuudessa on ollut tietokoneavusteinen suunnittelu CAD-ohjelmilla ja sähköinen tiedonsiirto. Vuosina 1984-1985 kehitettiin BEC-järjestelmä CAD-ohjelmien standardointia ja yhteiskäyttöä varten. Aluksi elementtitehtaat valmistivat elementtejä käsityönä, vasta myöhemmin valmistuksessa alettiin käyttää koneita ja laitteita. Betoniasemat ovat automatisoituneet ja muottikalusto on muuttunut teräskalustoksi. Aluksi elementtikokoja rajoittivat nosturikapasiteetit, mutta nykyään saadaan jopa 100 tonnia painava elementti kuljetettua ulos tehtaasta. Seinä- ja runkoelementtien tuotannossa on kehitetty ruiskubetonointitekniikkaa. /2/

2.2 Elementtirakenteiseen ratkaisuun päätyminen

Elementtirakenteiseen ratkaisuun voidaan päätyä monestakin eri syystä. Valmisosarakentaminen pienentää työmenekkiä työmaalla ja parantaa tuotettavuutta tehtaalla. Siksi yhteiskustannukset pienenevät rakennusajan lyhentyessä. Ei kuitenkaan voida vertailla eri rakentamistekniikoita ainoastaan rakenneosien kustannusten perusteella, vaan huomioon pitää ottaa myös yhteis- ja aikakustannukset. Kun runko-, julkisivu- ja täydentävät rakenteet sekä talotekniikka tehdään elementtirakenteisena, saadaan suurin hyöty teollisessa rakentamisessa. /3/

Rakentamistekniikan valintaan vaikuttaa /3/

- laatu
- rakenteiden kestävyys
- käyttö
- käyttöiän vaikutus elinkaarikustannuksiin.

Rakentamisen kustannuksia tulee tarkastella aina projektikohtaisesti. Ei voi sanoa, että joku tapa on aina edullisempi. Projektin alkuvaiheessa on esitettävä erilaiset runkovaihtoehdot, jotta optimaalinen ratkaisu löydetään. Elementtirakentaminen on hyvä vaihtoehto, koska rakennuksen vaippa saadaan tehtyä nopeasti ja työmaan työskentelyolosuhteet paranevat. Sisävalmistusvaihe on myös nopeampi, koska rungon kuivatuksiin kuluva aika jää vähäiseksi. Näin säästetään kustannuksia ja työturvallisuus on parempaa. Betonivalmisosarakentamisella saavutetaan helposti kaikki EU:n rakennustuotedirektiivin seuraavat vaatimukset: /3/

- mekaaninen kantokyky ja vakavuus
- terveellisyys, turvallisuus ja ympäristöystävällisyys
- äänen ja melun eristävyys
- energiataloudellisuus ja käyttömukavuus
- palonkestävyys.

Valmisosarakentamisen edut paikallarakentamiseen verrattuna ovat seuraavat: /3/

- Laatu on parempi, kun se tehdään tehtaalla hyvissä olosuhteissa.
- Toteutus suunnitellaan tarkemmin etukäteen.
- Rakentaminen on pilkottavissa itsenäisiin tuoteosatoimituksiin.
- Toimitukset juuri oikeaan aikaan ja muutenkin tarkka aikataulusuunnittelu.
- Eri tuoteosat voidaan suunnitella kokonaisuudeksi.
- Integroitu rakentamisprosessi, jota hallitaan nykyaikaisella ICT- teknologialla.
- Rakennusaika lyhenee.
- Työpaikat teollisia ja työskentely sisällä.
- Hukat voidaan minimoida ja materiaalitehokkuus muutenkin parempi.
- Työmaatoiminnot voidaan vakioida ja mekanisoida.

2.3 Eurooppalainen tekninen tuotehyväksyntä ETA

Lyhenne ETA tulee sanoista European Technical Approval. Rakennustuotteiden eurooppalaisia teknisiä hyväksyntöjä (ETA-hyväksyntöjä) myöntää VTT Expert Services Oy, joka on ympäristöministeriön valtuuttama EOTA:n jäsenlaitos.

Kun tuotteella ei ole standardia, ETA-hyväksyntä on tie rakennustuotteiden CE-merkintään. ETA-hyväksynnän saaneet tuotteet ovat usein järjestelmiä, innovatiivisia tuotteita tai harmonisoiduista tuotestandardeista poikkeavia tuotteita. /4/

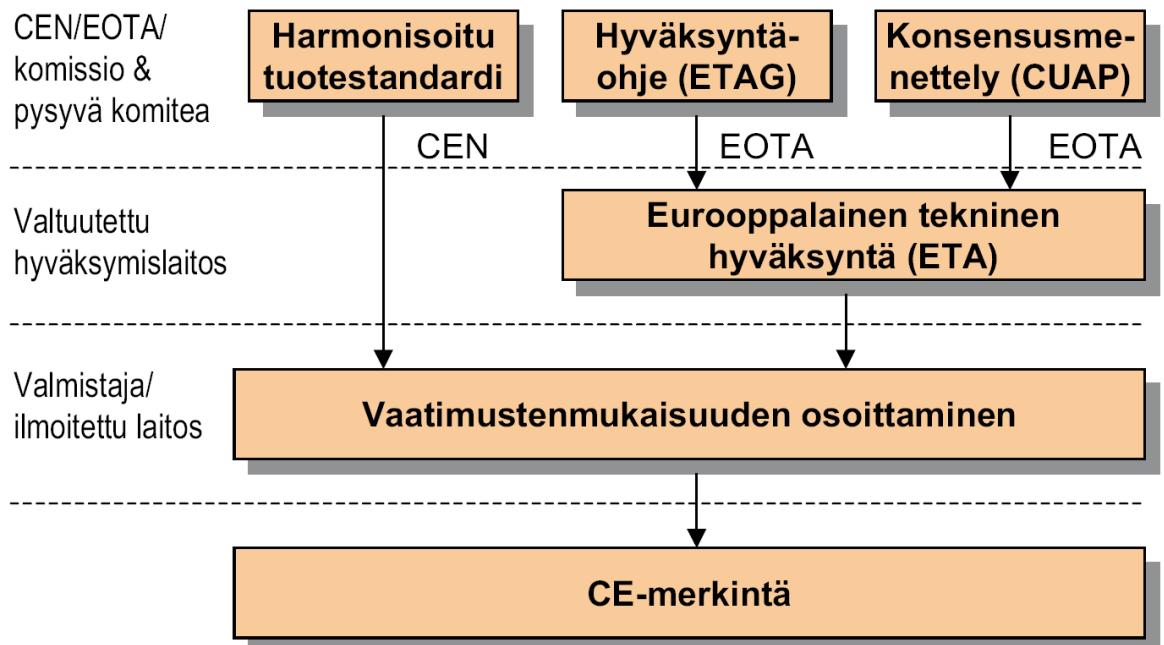
2.4 CE-merkintä

CE-merkintä tarkoittaa, että tuotteen valmistuksen yhteydessä on osoitettu ilmoitettujen ominaisuuksien olevan standardien mukainen, eikä niihin voi enää kohdistaa uusia tarkastustoimenpiteitä. Betonivalmisosatuotteiden käyttäjän on varmistettava, että tuote soveltuu ilmoitettuihin ominaisuuksiinsa aiottuun käyttötarkoitukseen ja täyttää rakennuskohteen mukaiset vaatimukset. /5/



Kuva 2.1 CE-merkintä

Valmistaja tai sen valtuuttama edustaja voi kiinnittää rakennustuotteeseen CE-merkinnän. CE-merkinnän kiinnittäminen tuotteeseen merkitsee sitä, että valmistaja vakuuttaa tuotteen olevan sitä koskevan eurooppalaisen harmonisoidun tuotestandardin (hEN) tai tuotteelle annetun eurooppalaisen teknisen hyväksynnän (ETA) mukainen. Kuvassa 2.2 on esitetty, mitä kautta tuote saa CE-merkinnän. /6/



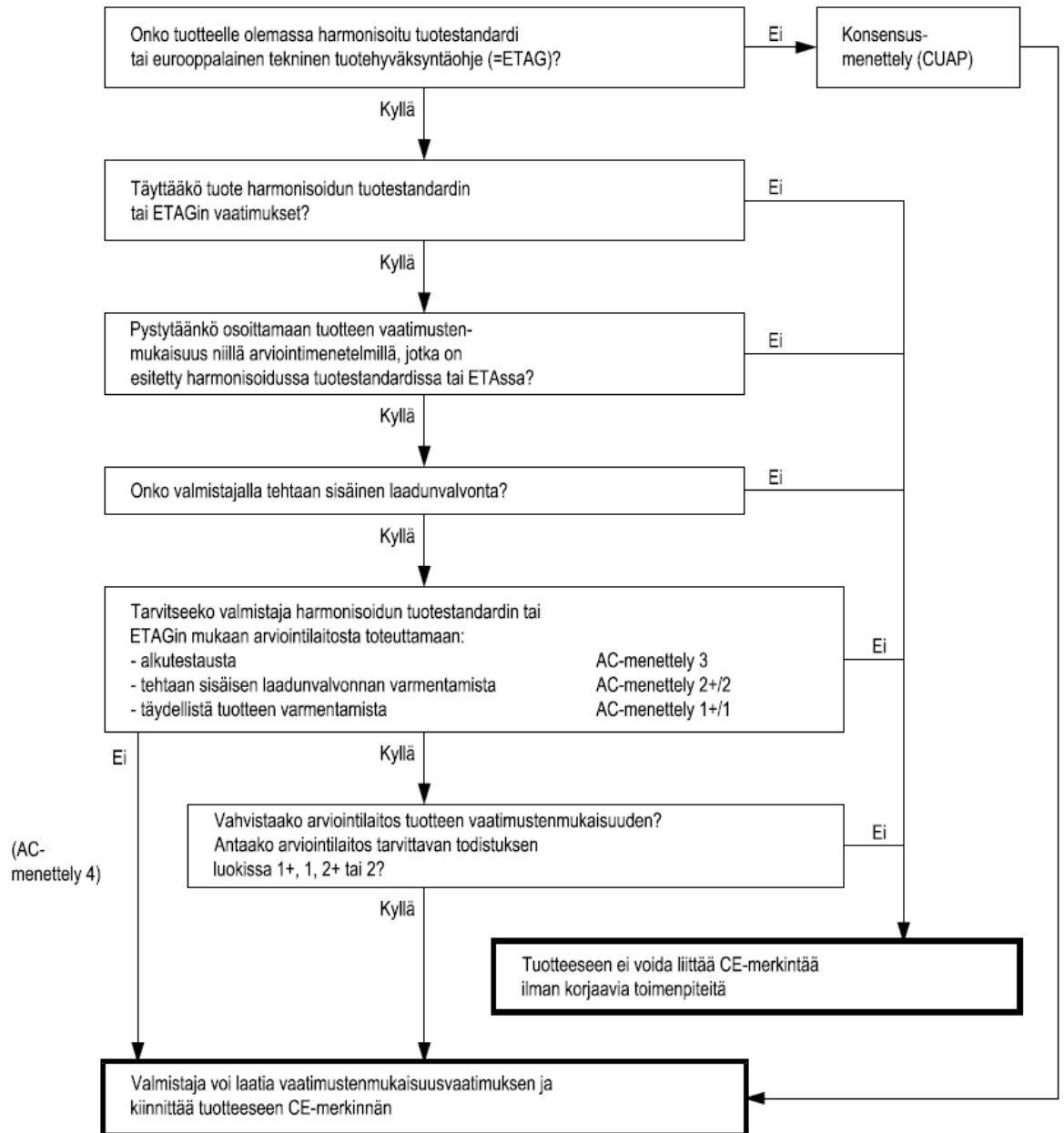
Kuva 2.2 Eurooppalainen rakennustuotteiden hyväksyntäjärjestelmä /6/

Tuotteessa olevan CE-merkinnän yhteydessä on ilmoitettava seuraavat tiedot: /6/

- varmentamiselimen tunnus
- valmistajan nimi tai tunnusmerkki ja osoite
- merkinnän kiinnittämivuosi (kaksi viimeistä numeroa)
- sen tuotestandardin tai teknisen hyväksynnän tunnus, jonka mukaan tuote on valmistettu
- vaatimustenmukaisuustodistuksen numero
- tarkoitettu käyttökohde
- tiedot, joiden mukaan on mahdollista tunnistaa tuotteen ominaisuudet teknisiä eritelmiä vastaaviksi.

Rakennustuotteiden käyttäjien on pystyttävä luottamaan siihen, että CE-merkinnällä varustetuilla tuotteilla ovat merkinnässä ilmoitetut ominaisuudet turvallisuuteen, terveellisyyteen ja muihin olennaisiin vaatimuksiin nähden. CE-merkintä ei ole alkuperämerkintä, joka tarkoittaa sitä, että tuote ei välttämättä ole valmistettu Euroopan talousalueella. Mikäli merkinnälle asetetut vaatimukset täyttyvät, CE-merkintä voidaan kiinnittää tuotteeseen riippumatta siitä, missä tuote on valmistettu. /6/

CE-merkinnän avulla valmistaja pääsee Euroopan Unionin ja –talousalueen markkinoille, koska CE-merkityt tuotteet voivat liikkua vapaasti eri maiden välillä. Lähes kaikissa EU:n jäsenmaissa merkintä on pakollinen. Kuvasta 2.3 selviää, kuinka tuote voi saada CE-merkinnän. /7/



Kuva 2.3 Edellytykset CE-merkinnän käyttämiseksi /6/

3 VÄLISEINÄELEMENTTISUUNNITTELU

3.1 Yleistä väliseinäelementtisuunnittelusta

Väliseinäelementtejä, eli väliseinävalmisosarakenteita on kerrostalokohteissa eniten suhteessa muihin valmisosarakenteisiin. Siksi insinööriyössäni tekemä ohje on hyödyllinen olla olemassa, jotta samoja asioita ei tarvitsisi miettiä ja ratkaista monta kertaa, vaan tyypillisimmissä tilanteissa voidaan suunnitella aina samalla tekniikalla.

Virheiden syntymisen ehkäisemiseksi elementtikuvissa tulisi esittää samat asiat vain kerran. Eli jos detalji-ikkunoissa on esitetty esimerkiksi tappien ja hakojen koot, niitä ei tule esittää normaalitulostuksessa. Jos elementtiin tulee joskus jotain korjattavaa, korjaaja ei välttämättä ole elementin alkuperäinen suunnittelija, jolloin toinen korjattava asia jää helposti korjaamatta ja jää siten näkyville. On myös paljon työläämpää muokata samat asiat useammin kuin kerran.

Mitoittaminen tulee tehdä *linear dimension*-komennolla, eikä mittalukua saa missään tapauksessa muuttaa. Jos mitan eteen haluaa kirjoittaa jotakin, tulee siinä lukea esimerkiksi näin: KOKONAISMITTA=<>. Merkintä <> tarkoittaa, että mitta on mittalinjan osoittama oikea luku ja se muuttuu mittalinjaa venytettäessä, vaikka siinä lukisi muutakin kuin mittaluku.

Kaavioissa elementin katsomissuunta on elementtitunnuksen lukusuunta.

Valmisosasuunnittelijan tehtäviä ovat seuraavat: /8/

- Laatii lujuuslaskemiseen lopulliset rakenne-, työ- ja mittapiirustukset, elementtien sijainti-, kiinnitys- ja liitosdetaljit sekä kuljetus- ja asennusaikaiset tuet.
- Toimittaa lujuuslaskelmat rakennesuunnittelijalle ennen valmisosien valmistuksen aloituskatselmusta. Rakennesuunnittelija esittää laskelmat rakennusvalvontaviranomaisille tarvittavassa laajuudessa.
- Tekee elementtikaaviot ja –luettelot sekä mahdolliset muut sovitut luettelot.
- Merkitsee elementtikaavioihin ja paikallavalettavien rakenteiden piirustuksiin tai detalji- ja kaaviopiirustuksiin elementteihin liittyvät detaljit ja tartunnat.

Elementit merkitään seuraavin tiedoin: /9/

- valmistaja
- valmistuspäivämäärä ja tunnus
- elementin paino
- elementin käsittelyasento, nostokohdat ja -tapa, jos on olemassa väärinkäsityksen vaara
- muut tarpeelliset tiedot.

3.2 Elementtien nimeäminen

Väliseinäelementeistä käytetään tunnusta V. Valmiit suunnitelmat ja elementtikuvat viedään Sokopro-projektipankkiin. Lujabetonin ohjeiden mukaan Sokopro-järjestelmä vaatii elementtikuvan tiedoston nimeämisen seuraavasti: /10/

V-05_2_1.pdf

jossa V-05 on Elementin tunnus, 2 on Elementtien kpl määrä, 1 on Sivun numero

Jos elementtikuvasta joudutaan tekemään revisio, merkitään revisio jokaiselle piirustuksen sivulle, vaikka muutos olisi tehty vain yhdelle sivulle. Revisio merkitään seuraavasti: /10/

V-05_2_1#A.pdf

jossa A on Revisio A

Jos yhdessä elementtipiirustuksessa on useita samanlaisia eri tunnuksella olevia elementtejä, nimeäminen tapahtuu seuraavasti: /10/

- Tunnukset erotetaan puolipisteellä.
- Tunnukset on kirjoitettava kokonaisuudessaan.
- Kaksi puolipistettä => tunnusjono, pienimmästä suurempaan.
- esim. V-01;V-03;;V-06;V-10_1_2.pdf
sisältää elementit V-01, V-03, V-04, V-05, V-06, V-10.
- Lukumääräksi merkitään aina 1.
- Sivunumerointi merkitään olevien sivujen mukaan.

Tiedostot voidaan syöttää Sokoprohon zip-pakettina, koska järjestelmä purkaa paketin automaattisesti ja tallentaa suunnitelmat valittuun paikkaan. Zip-tiedoston nimellä ei ole merkitystä. /10/

Jotta pdf:ien tekemisessä tiedostojen nimet tulevat automaattisesti oikein, AutoCAD:n ensimmäisen layout-sivun nimen tulee olla nimeltään _1, ja toisen (detalji) sivun tulee olla nimeltään _2.

3.3 Päämitat ja toleranssit

Toleransseille olevat vaatimukset voivat olla käytössä joko Betonikeskuksen tai EN-standardien mukaisesti. Väliseinäelementeissä käytetään tavallisissa rakennuskohteissa valmistustoleranssin normaaliluokkaa lähes aina. Erikoisluokkaa käytetään, jos seinän mittatarkkuudelle asetetaan ulkonäöllisistä syistä korkeat vaatimukset. Kuvassa 3.1 on esitetty seinien mitattavat suureet Betonikeskuksen mukaan, joihin viitataan taulukossa 1. /11/

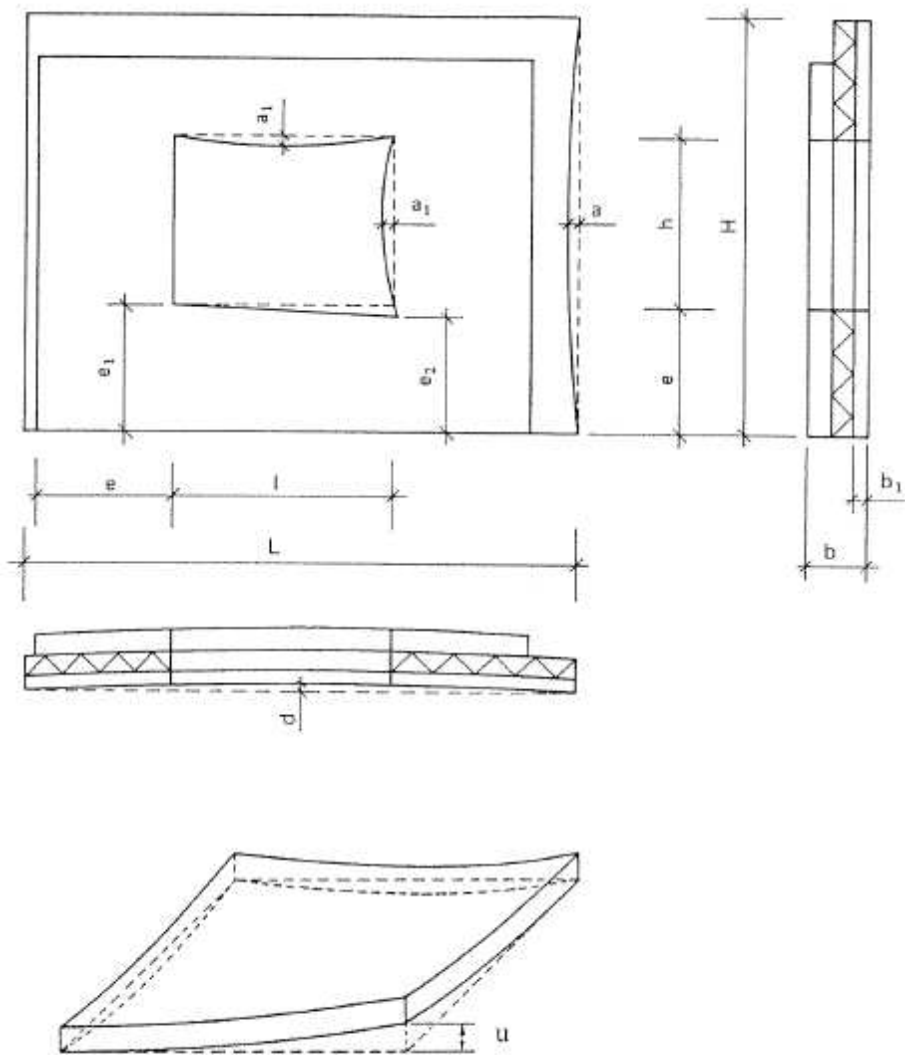
TAULUKKO 1. Väliseinäelementtien valmistustoleranssit Betonikeskuksen /11/ mukaan

Mittauksen kohde	Valmistustoleranssit [mm]	
	Normaaliluokka	Erikoisluokka
Pituus (L), Korkeus (H)	±10	±8
Paksuus (b)	±5	±5
Ristimittojen ero ($s_1 - s_2$) ¹⁾	15	12
Sivun käyryys (a)	±8	±5
Kierous (u)	±15	±10
Teräsosat, sähköasiat ja reiät (t),		
• sijainti pinnan suunnassa	±15	±10
• sijainti syvyysuunnassa	±5	±5
• reikien koko	±10	±5
Ovet ja ikkunat,		
• joka suunnasta (e, h, l)	±15	±10
• kulmien sijainnin ero $ e_1 - e_2 $	10	8
Elementin käyrästymä (d) ²⁾	L/400	L/600

¹⁾ Ei soveltu vinoille seinille.

²⁾ Muille kuin betonipintaisille elementeille määritellään suunnitelmissa erikseen pintamateriaalin vaikutuksen huomioonottava arvo.

On olemassa myös tilanteita, joissa pituustoleranssit eivät ole sallittuja. Näitä tilanteita on käsitelty kohdassa 3.8 saumojen sijoittelu.



Kuva 3.1. Seinän mitattavat suureet /10/

Seuraavista taulukoista nähdään standardin SFS-EN 14992:n mukaiset valmistustoleranssit. Luokkaa B käytetään kaikissa elementeissä, ellei toisin ole mainittu. /12/

TAULUKKO 2. Aukkojen ja kiinnikkeiden valmistustoleranssit /12/

Luokka	Sallittu poikkeama [mm]
A	±10
B	±15

Pituuksien, korkeuksien, paksuuden ja ristimitan toleranssit esitetään taulukossa 3.
/12/

TAULUKKO 3. Mittojen toleranssit /12/

Luokka	Sallittu poikkeama [mm]				
	Mittattava pituus [m]				
	0...0,5	0,5...3	>3...6	>6...10	>10
A	$\pm 3^a$	$\pm 5^a$	± 6	± 8	± 10
B	± 8	± 14	± 16	± 18	± 20

^a ± 2 mm pienille verhouselementeille

Ellei toisin ole ilmoitettu, sovelletaan taulukon 4 arvoja pinnan tasomaisuudelle. /12/

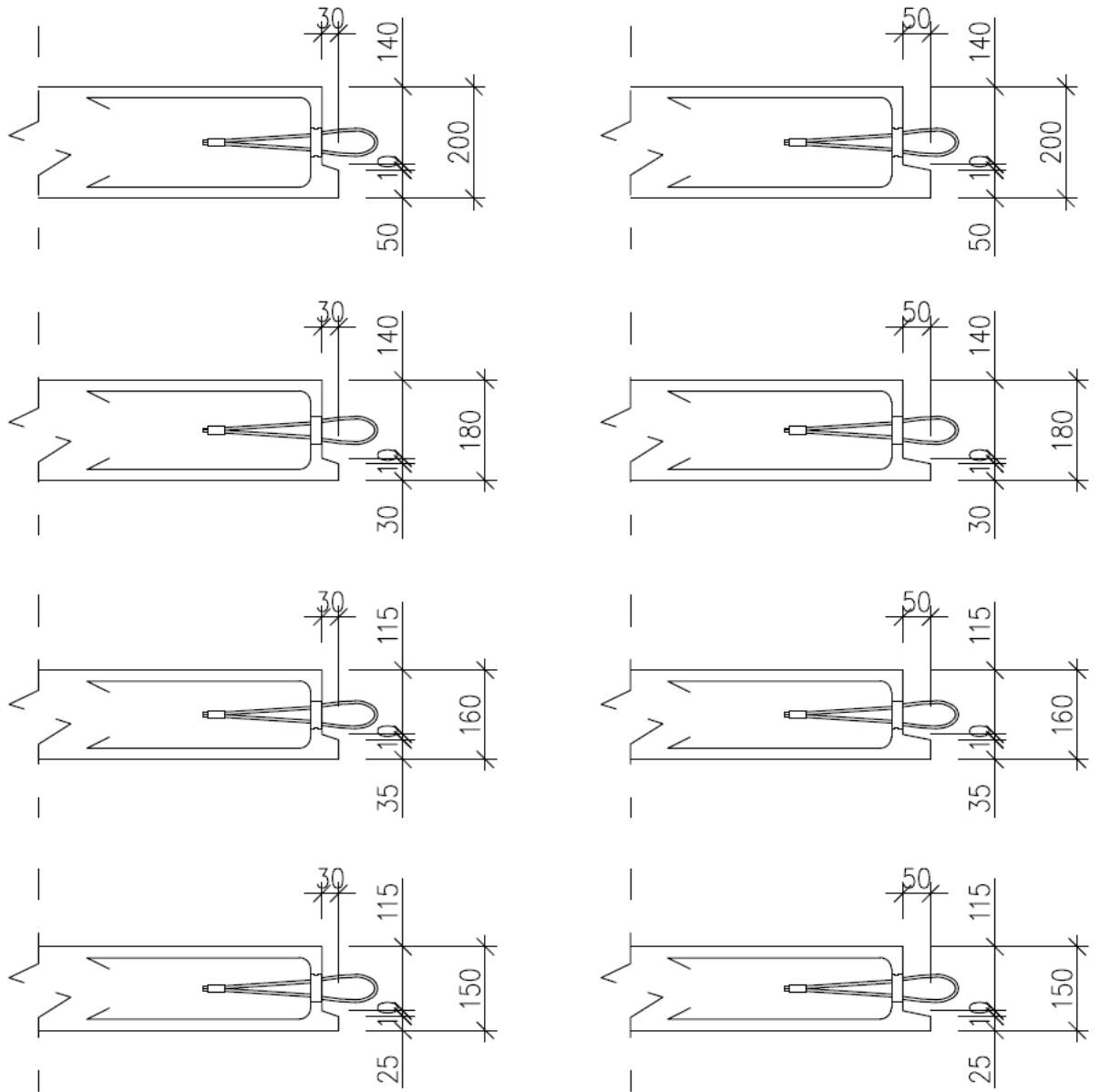
TAULUKKO 4. Pinnan tasomaisuuden toleranssit /12/

Luokka	Poikkeama mittauspisteiden välillä, joka on korkeintaan	
	0,2 m	3 m
A	2 mm	5 mm
B	4 mm	10 mm

Luokkaa A sovelletaan tavallisesti muottia vasten valettuihin pintoihin ja luokkaa B muihin pintoihin, ellei toisin ole mainittu. /12/

3.4 Pontit

Yleensä väliseinäelementtejä on neljää eri paksuutta. Esimerkiksi Lujabetonin Siilinjärven elementtitehtaalla pontit tehdään 32 mm:n tai 50 mm:n puuta käyttäen, joten pyritään käyttämään samankokoisia pontteja mahdollisimman paljon. Kuvasta 3.2 nähdään tyypillisimmät tapaukset.



Kuva 3.2. Varaukset eri paksuisissa seinissä

3.5 Pinnat

Ikkunallisissa rappukäytävissä muottipinnan tulisi olla rappukäytävän puolella, jotta valon heijastuttua ikkunasta elementin pinta olisi mahdollisimman tasainen.

Tapituskolot tulisi sijoittaa sille puolelle elementtiä, että ne jäisivät mahdollisimman hyvin piiloon. Tilanteissa, joissa kolojen sijainnilla ei ole ulkonäöllisesti merkitystä, sijoitetaan tapituskolot mieluummin muottipintaa vasten, jos elementti on valettu vaakatasossa. Jos elementti on valettu pystysuorassa, eli patterissa, kolojen sijainnilla ei ole merkitystä.

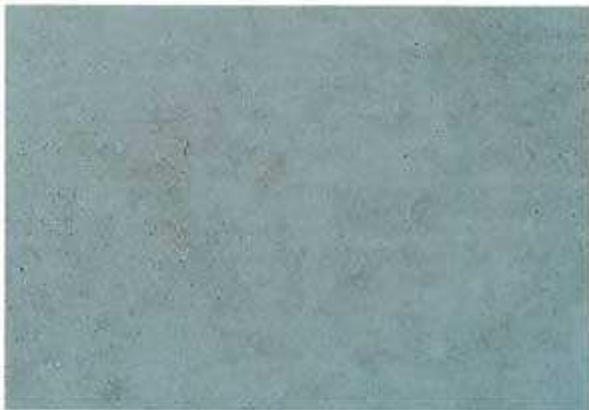
Väliseinäelementtisuunnittelussa käytetään yleensä seuraavia pintakoodeja: /13/

- MUO AA, A, B, C = Muottia vasten valettu pinta.
- TEL AA, A = Telattu pinta. Pinnat saadaan yhtenäisiksi teräs-/ puuhierron jälkeen.



Kuva 3.3. Telattu pinta /13/

- THI AA,A = Teräshierretty pinta. Valmis pinta hierretään sileäksi.



Kuva 3.4. Teräshierretty pinta /13/

Teräshierretty pinta on elementtitehtaan kannalta vaihtoehtona parempi kuin telattu pinta, koska se on helpompi ja nopeampi tehdä. Telaamalla saadaan tarvittaessa kuitenkin parempi pinta.

Sementtiliiman poisto esimerkiksi laatoitettavilta alueilta tehdään korkeapainepesulla. Yleensä sementtiliima poistetaan koko elementistä, mutta tarvittaessa se voidaan tehdä vain määrättyiltä alueelta.

Betoniteollisuus on tutkinut erilaisten pintakäsittelyjen tartuntaa betoniseinään. Tutkimuksessa betonipintoina olivat sisäseinissä teräsmuottipinta käsittelemättömänä, laikattuna, vesipestynä tai vesihiekkapuhallettuna ja teräshiertopinta käsittelemättömänä tai laikattuna. Erot eri pintojen välillä olivat todella pieniä. Maalin tartunnat olivat kaikissa n. 2 MPa tai yli, mikä tarkoittaa 2,5...3-kertaista varmuutta hyväksyttävään tartuntaan, joka on 0,8 MPa eli 0,8 N/mm². Osa tasoitteista murtui ennen kuin tartunta petti, mutta tasoitteet, jotka kestivät, tartuntalujuudet olivat 0,8-1,0 MPa alustasta riippumatta. Pinnoitus tapahtui kokeissa kuivalle tai kostealle pinnalle. /14/

Testien perusteella betoniteollisuuden näkemys on, että testatut betonipinnat antavat oikein tehtynä riittävän tartunnan pinnoitteille, eikä pinnan hiontaan tai muihin jälkikäsittelyihin tällöin ole tarvetta. /14/

3.6 Tekstiosa

Elementtikuvan tekstiosassa kerrotaan elementtiin liittyvät tiedot kuvan 3.5 mukaisesti.

BETONI	C30/37		
TERÄKSET	T=A500HW, S=S235JRG2, K=VERKKO B500K, E=HARJATERÄS B600KX, EK=VERKKO B600KX, ES=AISI 304		
JATKOSPITUUDET	T8/ E7=400 MM, T10/ E9=500 MM, T12/ E11=600 MM VERKKOJEN JATKOKSET 2 SILMÄVÄLIÄ, PIELITERÄKSET JATKETAAN NURKISSA AUKKOJEN (/REIKIEN) PIELITERÄKSET L=AUKKO+(UK)1000 / (SK)1200		
TOTEUTUSLUOKKA	2	SUUNNITTELUKÄYTTÖIKÄ	50v
RASITUSLUOKKA	XC1	TOLERANSSILUOKKA	N (SBK-2003)
BETONIPEITTEEN NIMELLISPAKSUUS	20 mm		
BETONIPEITTEEN SALLITTU MITTAPOIKKEAMA	10 mm		
PINNAT	SISÄPINTA:	THI-A (BY40-2003)	
	ULKOPINTA:	MUO-A (BY40-2003)	
KULMIEN KÄSITTELY	LYIJYKYNÄPYÖRISTYS (P) MERKITYISSÄ KULMISSA		
PAINO	50 kN		
PURKULUJUUS	> 18 MN/m ²	TOIMITUSLUJUUS	> 21 MN/m ²
NOSTOLENKIT PINTOS, SALLITTU NOSTOKULMA 30°			
ELEMENTIN KATSOMISSUUNTA ELEMENTTITUNNUKSEN LUKUSUUNTA			

Kuva 3.5. Elementtikuvan tekstiosa.

Mahdollisia muuttuvia kohtia ovat:

- betoni
- toteutusluokka
- rasisluokka
- suunnittelukäyttöikä
- toleranssiluokka
- betonipeitteen nimellispaksuus
- pinnat
- paino
- purkulujuus
- toimituslujuus.

Mainitut tiedot löytyvät elementtityösuunnitelmasta painoa lukuunottamatta, joka pitää laskea jokaisen elementin kohdalta erikseen. Muut tiedot pysyvät yleensä samassa projektissa muuttumattomina betonipeitteen nimellispaksuutta lukuunottamatta, joka voi vaihdella palo-osastoinnin kohdalla.

Elementtejä toimitettaessa betonin lujuuden on oltava kuljetuksen ja asennuksen aikaisen kuormituksen huomioon ottaen riittävä ja yleensä vähintään 70 % asetetusta lujuusvaatimuksesta. Lujuus voi olla myös pienempi, mutta ei kuitenkaan alle 50 %. Purkulujuus on 60 % asetetusta lujuusvaatimuksesta. /9/

Toteutusluokat tulevat korvaamaan 1900-luvun puolivälissä tulleet rakenneluokat. Rakenneluokat perustuivat betonin valmistuksen vaativuuteen ja niihin liittyy suunnittelun ja rakenteen vaativuus, rakenteen merkitys, valvonta ja osavarmuusluvut. Eurokoodit ja muut eurooppalaiset standardit eivät sisällä näitä luokituksia. Betonirakenteiden toteutusstandardi SFS-EN 13670 sisältää kolme toteutusluokkaa numeroinnin ollessa päinvastainen kuin poistuvissa rakenneluokissa, jolloin tarkastustaso kasvaa siirryttäessä luokasta 1 luokkaan 3. /5/

Toteutusluokka 1 vastaa likimain poistuvaa rakenneluokkaa 3 ja sitä voidaan käyttää vain seuraamusluokan CC1 rakenteille ja mitoituksessa saadaan käyttää korkeintaan betonin lujuutta C20/25. /5/

Toteutusluokka 2 vastaa likimain poistuvaa rakenneluokkaa 2 ja sitä voidaan käyttää seuraamusluokkien 1 ja 2 rakenteille, mutta ei korkealujuusbetonille. Näin betonin lujuuden yläraja kasvaa luokasta K40 luokkaan C50/60. /5/

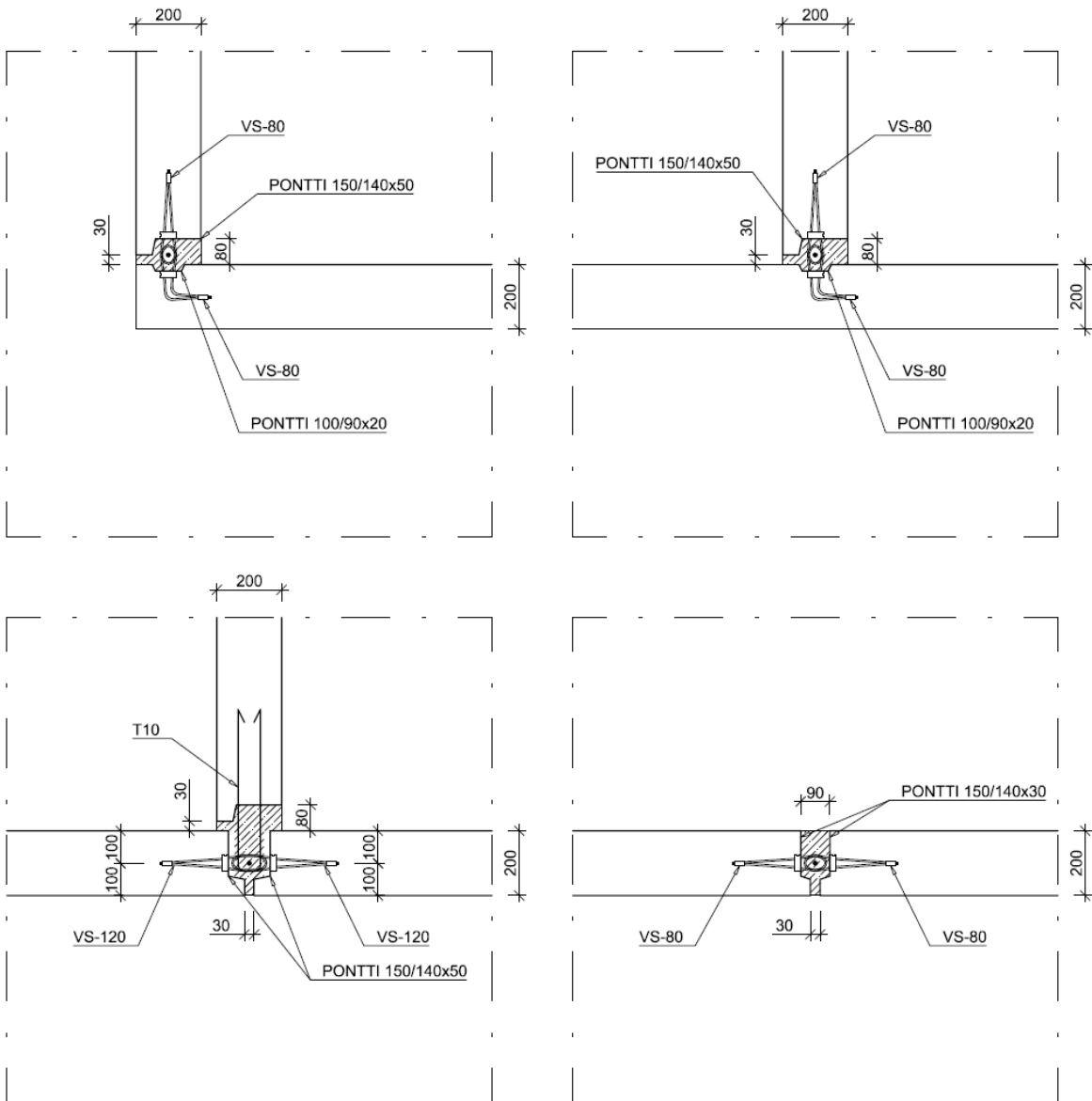
Toteutusluokka 3 on valittava seuraamusluokan CC3 rakenteille, korkealujuusbetonille tai kun toteutus vaatii erityistä pätevyyttä tai joiden valmistaminen niiden rakenteellisen toiminnan varmistamiseksi edellyttää erityistä huolellisuutta. /5/

Betonin K-lujuusluokat siis poistuvat myös ja siirrytään eurooppalaisiin C-lujuusluokkiin, joissa ilmoitetaan lieriö/kuutiolujuus. Yleisesti käytettyjä lujuusluokkia K35 ja K40 lähimpänä olevia lujuusluokkia tulee olemaan C25/30, C30/37 ja C35/45. Korkealujuusbetonin lujuusluokat muuttuvat lieriölujuuden kasvaessa 5 MPa portain suurimpaan lujuuteen C90/105 asti. /5/

Teräksen jatkospituuteen vaikuttaa teräksen halkaisija ja asiaa on käsitelty tässä ohjeessa myös osassa 3.13 raudoitukset.

3.7 Elementtien väliset liitokset

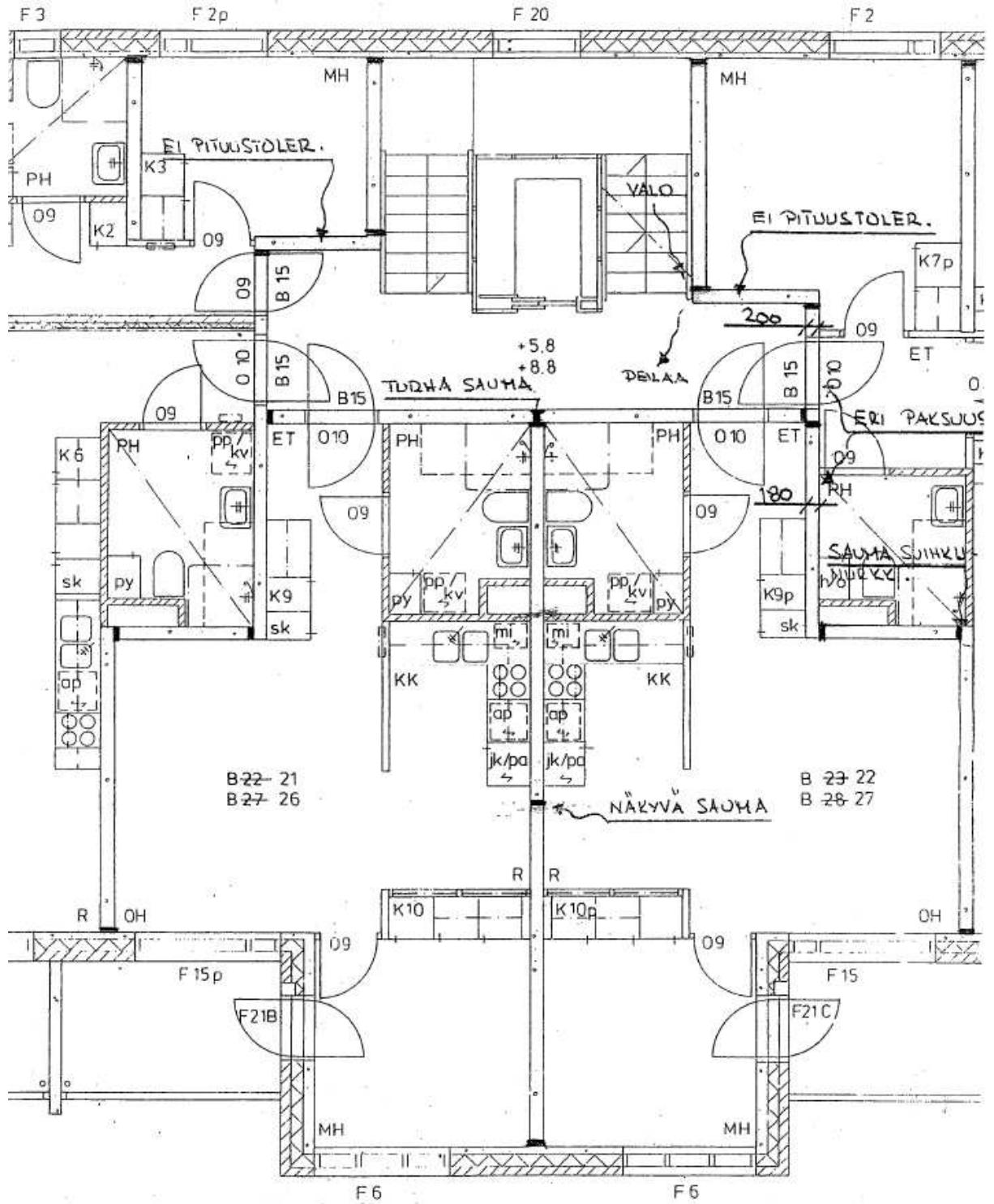
Väliseinäelementtiliitoksissa on käytettävä vaijerilenkkejä, joita tulee normaalikorkuisessa elementissä 4 kpl/liitos. Vaijerilenkkien jako on k600 ja alimmainen lenkki on 600 mm:n päässä elementin alareunasta. Tarvittaessa lenkkien määrä määräytyy tarvittavan kapasiteetin mukaan. Lenkkien kokoja on neljää; 80, 100, 120 ja 140. Pontti sijoitetaan tilanteen salliessa muottipinnan puolelle. Kuvasta 3.6 nähdään neljä tyypillisintä elementtiliitosta, joita käytetään väliseinäelementtisuunnittelussa.



Kuva 3.6. Tyypillisimmät elementtien väliset liitokset

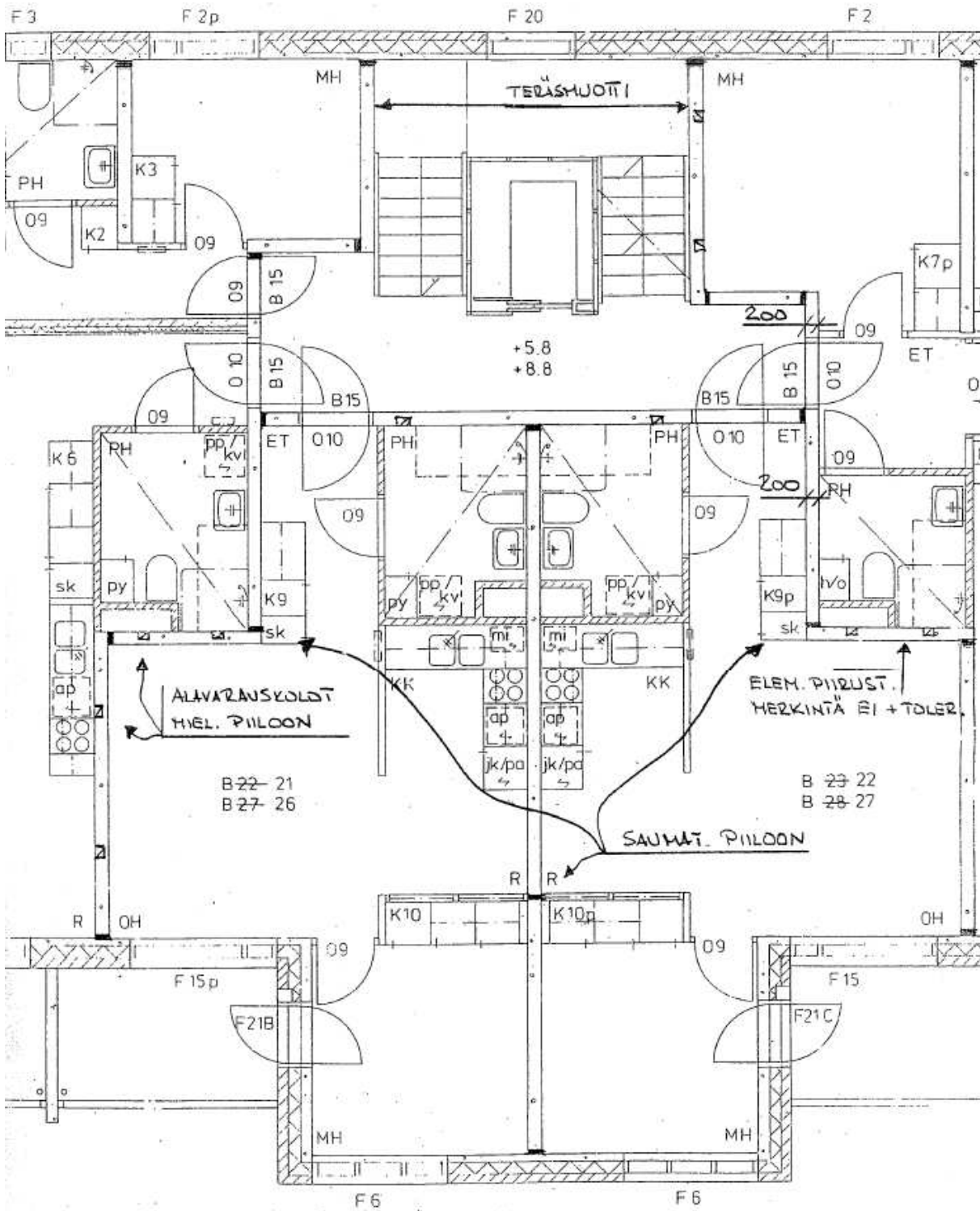
3.8 Saumojen sijoittelu

Elementtikaaviota tehdessä kannattaa miettiä saumojen paikat järkevästi. Kuvissa 3.7 ja 3.8 on esitetty esimerkit samasta kohteesta, jossa ensimmäisessä kuvassa on saumat sijoitettu huonosti ja jälkimmäisessä kuvassa järkevästi.



Kuva 3.7. Saumat sijoitettu huonosti

Kuvasta 3.7 nähdään, että saumat ovat näkyvissä paikoissa. Useassa kohdassa elementillä ei ole myöskään pituustoleranssia.



Kuva 3.8. Saumat sijoitettu järkevästi

Kuvasta 3.8 voidaan nähdä, että lähes kaikilla elementeillä on pituustoleranssia, saumat ovat piilossa ja alavarauskolot eli tapituskolot ovat piilossa. Elementtitehtaan kannalta pontin sijoittaminen muottipinnalle on parempi ja helpompi vaihtoehto.

3.9 Liitostapit ja tapituskolot

Tapitus on tehtävä siten, että joka toinen tappi nousee ylemmän elementin koloon asti ja joka toinen vain ontelolaatan yläpintaan asti. Näin ollen tapituskolojen pääasiallinen jako on k2400. Tappi pyritään sijoittamaan 50 mm:n etäisyydelle ontelolaatan saumasta. Jos ontelolaattajako ei ole sama väliseinäelementin molemminpuolin, tapitus laitetaan silti ontelolaattojen saumasta 50 mm:n etäisyydelle, jolloin tappeja tulee huomattavasti tiheämmin. Vaakaleikkauksessa käytetään ylempään elementtiin nousevassa tapissa magentaa, lyhyemmässä tapissa valkoista ja saumateräksenä punaista väriä. Näin pystytään koontikuvasta näkemään, mikä tappi on kyseessä.

Euronormin mukaan liitoksen kapasiteetti onnettomuuskuormalle lasketaan käyttäen materiaalien ominaislujuuksia ja materiaalien osavarmuuskertoimina arvoa 1,0. /15/

Tappi voi olla juottamaton, kun tappiliitokselle sallitaan onnettomuustilanteessa suurempia siirtymiä kuin normaalissa murtotilassa. Juotetun liitoksen leikkauskapasiteetti voidaan laskea betonin lujuuden mukaan, koska tappiliitos toimii onnettomuuskuormille vielä heikomman juotosvalun murtumisen jälkeen. Elementin betonin murtuessa liitos murtuu lopullisesti. /15/

Tappiliitoksen leikkauskapasiteetti lasketaan kaavasta /15/

$$V_u = 1,2 \cdot \phi^2 \sqrt{f_{ck} \cdot f_{yk}} \quad (1)$$

missä

ϕ on tapin halkaisija

f_{ck} on elementin betonin ominaislujuus

f_{yk} on teräksen ominaislujuus

Kun tappina käytetään harjaterästä A 500 HW on $V_u = 22,45 \phi^2 \sqrt{C}$ N.

missä

C on elementin betonin kuutiolujuus

TAULUKKO 5. Tappiliitoksen leikkauskapasiteetti onnettomuuskuormalle /15/

Elementin betonin lujuus	Tapin A 500 HW leikkauskapasiteetti V_u kN onnettomuuskuormille					
	Tappi					
	T 10	T 12	T 16	T 20	T 25	T 32
C30	12,3	17,7	31,5	49,2	76,9	125,9
C35	13,3	19,1	34,0	53,1	83,0	136,0
C40	14,2	20,4	36,3	56,8	88,7	145,4
C45	15,1	21,7	38,6	60,2	94,1	154,2
C50	15,9	22,9	40,6	63,5	99,2	162,6
C60	17,4	25,0	44,5	69,6	108,7	178,1
C80	20,1	28,9	51,4	80,3	125,5	205,6
C100	22,4	32,3	57,5	89,8	140,3	229,9

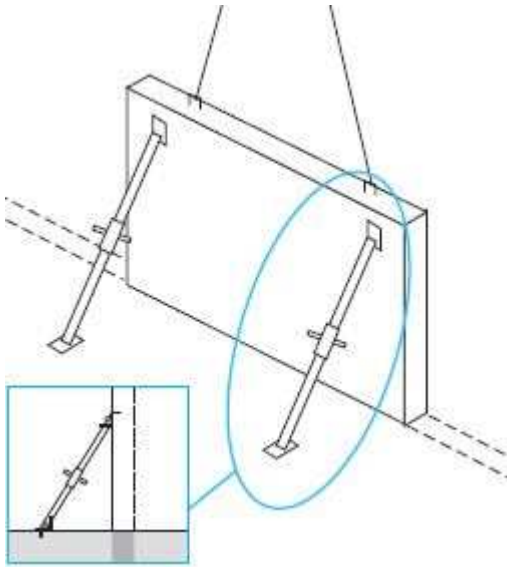
Elementin betonin lujuuden ollessa C40 voidaan tappia T32 pitää riittävänä liitoksen maksimivoimalle $V_k = 150$ kN. /15/

Tapituskolon mitat ovat 150 - 200 mm paksuisissa seinissä 150x150/200x120. Kolot tulisi sijoittaa siten, että ne jäisivät mahdollisimman hyvin piiloon.

3.10 Väliaikainen tuenta

Elementtisuunnittelijan tulee esittää elementtikuvassaan, mistä kohtaa elementti tuetaan asennuksen jälkeen. Esimerkiksi piirtämissäni mallielementeissä on käytetty kahta Vemo M16-valuankkuria. Vemot ovat teräskiinnikkeitä, jotka asennetaan betoniin ennen sen kovettumista. Vemot asennetaan ensisijaisesti muottipintaan. Työmaaolosuhteiden helpottamiseksi on pyrittävä välttämään vemojen sijoittamista ahtaisiin paikkoihin.

Yli 1,5 metriä leveät elementit on tuettava vähintään kahdella säädettävällä elementtituella. Tuennoissa tulee käyttää ainoastaan siihen tarkoitettuja välineitä, ja tukien tulee olla täysin luotettavia. Kiinnikkeet on asennettava kovaan betoniin ohjeiden mukaisesti. Yhteen kiinnityspisteeseen ei saa kiinnittää yhtä tukea enempää. Elementin tukien kiinnityspisteet tulee sijoittaa elementin painopisteen yläpuolelle. Jos seinä on niin korkea, että kiinnityspistettä ei saada painopisteen yläpuolelle, elementti on tuettava muuten riittävästi. Kuva 3.9 havainnollistaa, kuinka elementit tuetaan. /16/



Kuva 3.9. Väliaikaisten tukien kiinnittäminen /16/

Normaalikorkuisissa elementeissä vemot sijoitetaan 2 000 mm:n korkeudelle elementin alareunasta.

3.11 Nostolenkit

Nostolenkit tulee asentaa paikalleen ennen elementtien betonointia ja ne tulee sitoa raudoituksiin siten, että ne pysyvät valun aikana paikallaan. Lenkkeinä voidaan käyttää Suomen Betoniyhdistyksen käyttöselosteen mukaisia PB-nostolenkkejä, tai tarvittaessa SA-nostolenkkejä. /17/

Elementtipiirustuksessa tulee esittää nostolenkeistä seuraavat tiedot: /17/

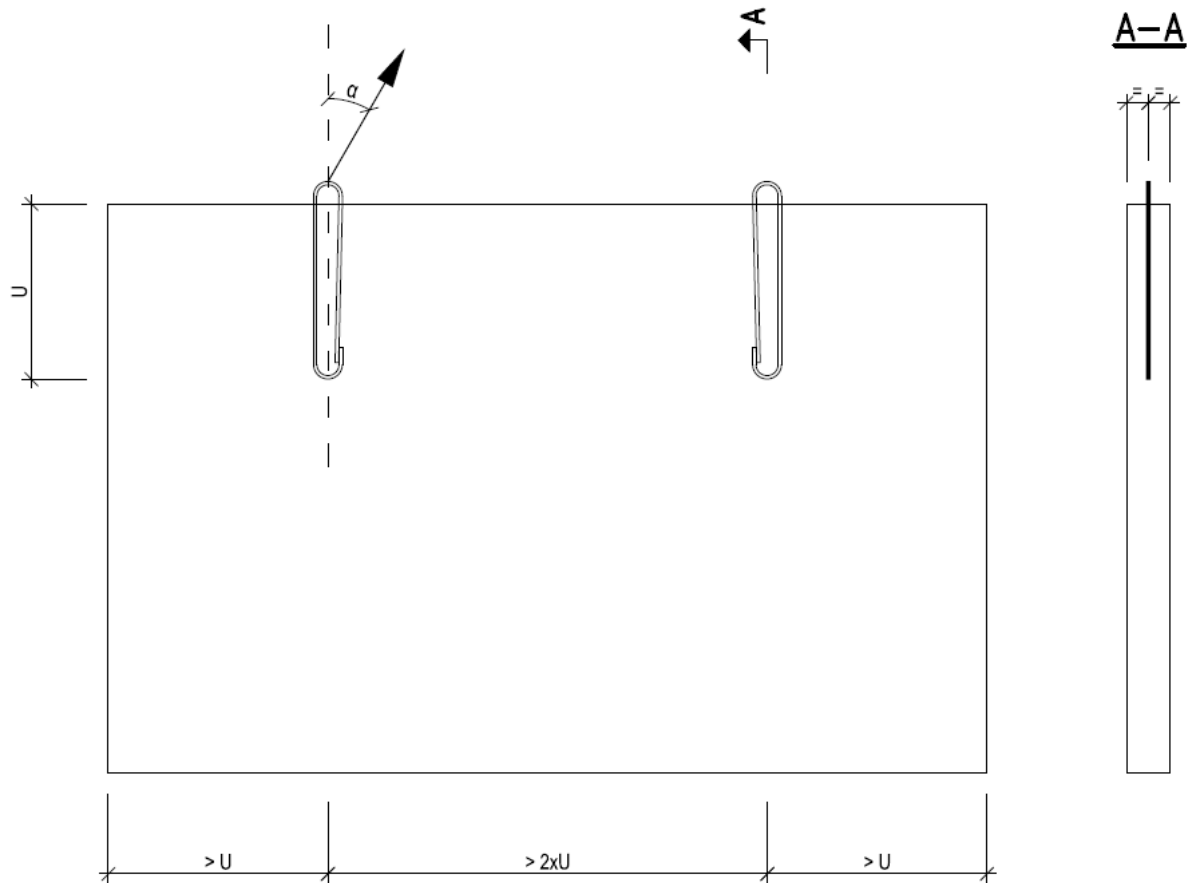
- tyyppi, koko ja teräslaatu
- sijainti elementissä
- painopisteen sijainti
- mahdollinen vaadittava lisäraudoitus
- sallitut nostokulman ja haarakulman arvot
- jännepunosnostolenkeillä nostoapulaitteen minimihalkaisija.

Taulukossa 6 on esitetty käyttöseloste **yhden** nostolenkin sallituista nostovoimista nostokulman α ollessa 0° - 30° kuvan 3.10 mukaisesti.

TAULUKKO 6. Käyttöseloste PB nostolenkin sallituista nostovoimista
/18/

NOSTOLENKIT PB					
Materiaali S235JR					
Tyyppi	Sallittu nostovoima kN		Betoni C MN/m²	U_{min} mm	h mm
	0°	α 30°			
PB 12	19,0	16,5	15	600	700
PB 14	27,0	23,5	15	700	800
PB 16	33,0	28,7	15	800	900
PB 20 L	47,0	40,7	15	1000	1100
PB 20	58,0	50,5	15	1280	1280

Nostolenkkien sijoittaminen elementtiin tapahtuu pääsääntöisesti kuvan 3.10 osoittamalla tavalla. Vaikeammissa tilanteissa mahdollisten reikien ja aukkojen takia nostolenkit voidaan sijoittaa lähemmäksi elementin reunaa siten, että lenkin pituus > lenkin etäisyys elementin reunasta. Todella lyhyissä elementeissä voidaan käyttää vain yhtä nostolenkkiä.



Kuva 3.10. Nostolenkkien sijoittaminen

Taulukoissa 7 ja 8 olevat arvot ovat **yhden** nostolenkin sallittuja nostovoimia. Paksunnetut arvot ovat käyttöselosteen mukaisia.

TAULUKKO 7. Pintos Oy:n valmistamien nostolenkkien sallittuja nostovoimia elementin paksuuden mukaan, kun nostolenkki on asennettu elementin suuntaisesti ja nosto tapahtuu lenkeistä suoraan ylöspäin, betoni C15. /18/

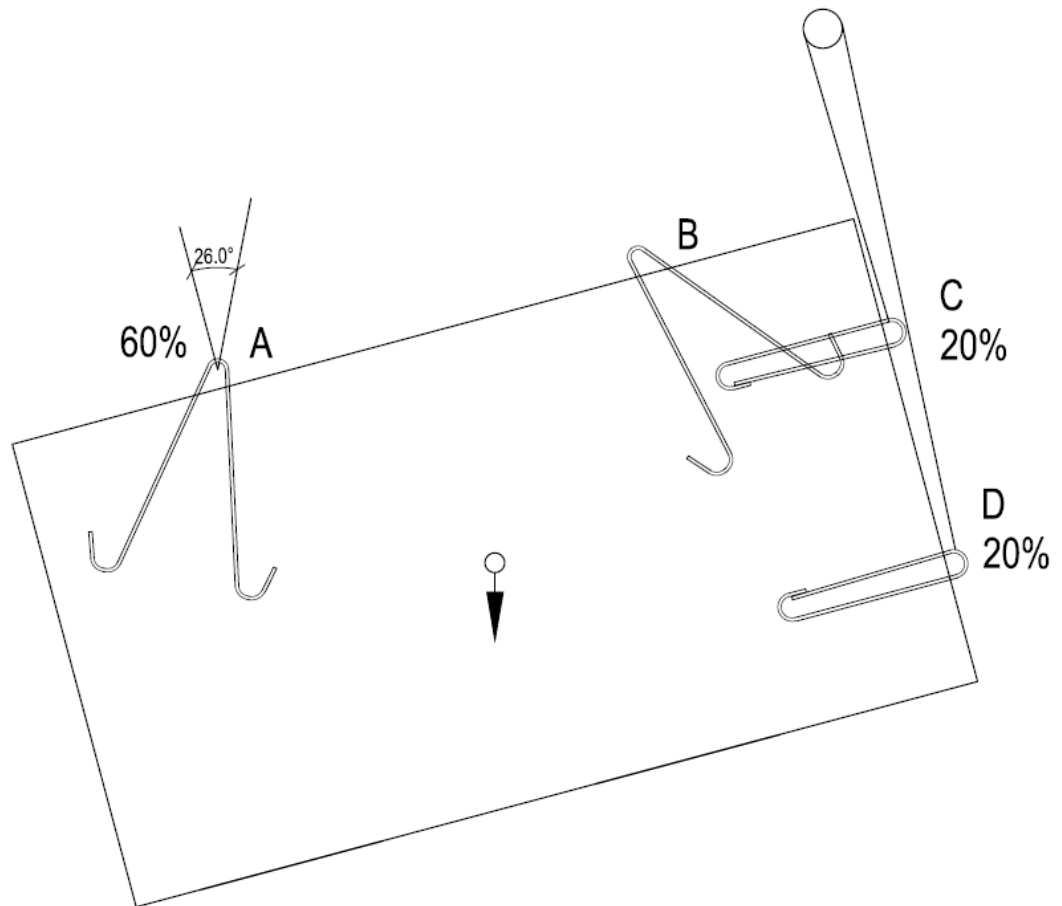
Elementin paksuus mm	PB 12 kN	PB 14 kN	PB 16 kN	PB 20 L kN	PB 20 kN
120	18	20	22	28	35
140	19	24	26	33	41
160	19	27	29	38	46
180	19	28	33	42	52
200	19	28	35	47	58

Taulukossa 8 on esitetty nostolenkien nostokapasiteetit nostokulman ollessa max. 30°. Arvot ovat 15 % pienempiä kuin taulukossa 7.

TAULUKKO 8. Pintos Oy:n valmistamien nostolenkkien sallittuja nostovoimia elementin paksuuden mukaan, kun nostolenkki on asennettu elementin suuntaisesti nostokulman α (kts. kuva 3.10) ollessa max. 30°, betoni C15.

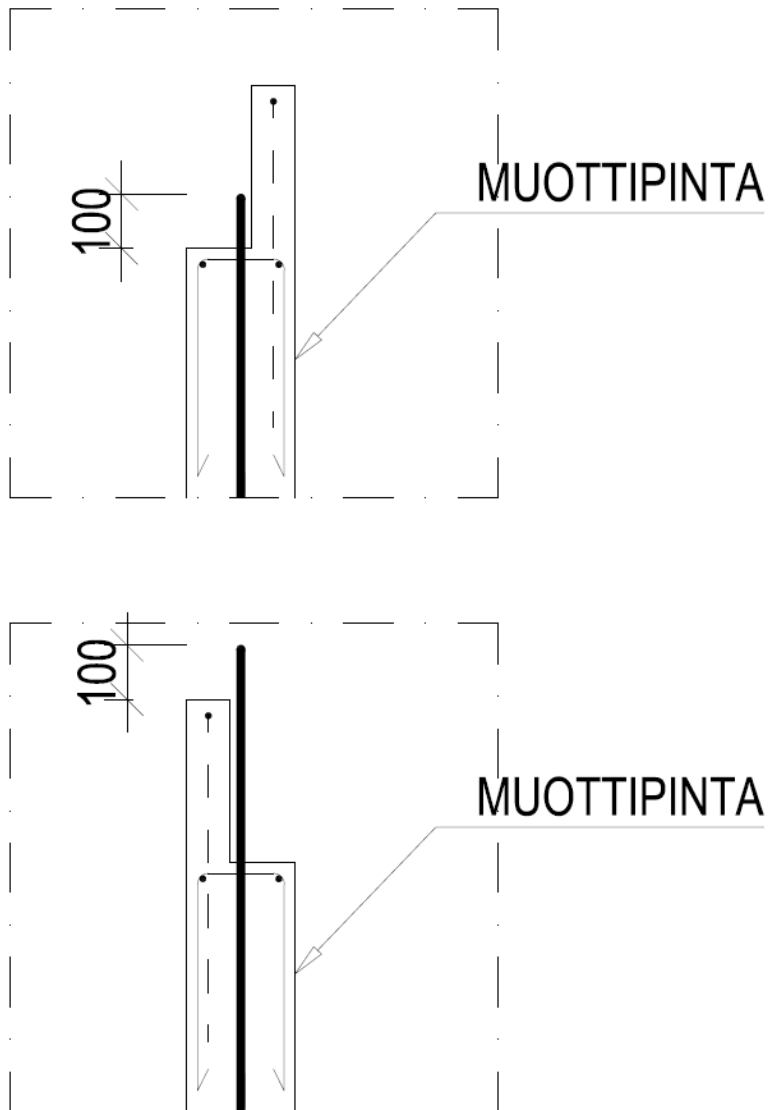
Elementin paksuus mm	PB 12 kN	PB 14 kN	PB 16 kN	PB 20 L kN	PB 20 kN
120	15,3	17,0	18,7	23,8	29,8
140	16,2	20,4	22,1	28,1	34,9
160	16,2	23,0	24,7	32,3	39,1
180	16,2	23,8	28,1	35,7	44,2
200	16,2	23,8	29,8	40,0	49,3

Seuraavaksi on esitetty esimerkki työmaalla pystyasentoon käännettävästä elementistä, jonka mitat ovat 4,0 m · 2,2 m · 0,15 m, jolloin massaksi tulee 3,3 tonnia eli 33 kN. Esimerkin pyöröteräsnostolenkkien teräslaatu on S235J2+N. Kuvasta 3.11 nähdään painon jakautuminen eri nostolenkeille, kun elementtiä on käännetty 15°. Elementin kääntämisen alkaessa nostolenkki A kantaa 70 % ja nostolenkit C ja D yhteensä 30 % elementin painosta. Nostolenkki B ei ole kuormitettuna kääntämisen aikana. A lenkin koko tulee valita siten, että käytetään elementille 1,4-kertaista painoa, jolloin painoksi tulisi 46 kN. /17/



Kuva 3.11. Painon jakautuminen, kun kääntö on edennyt $15^\circ/17'$

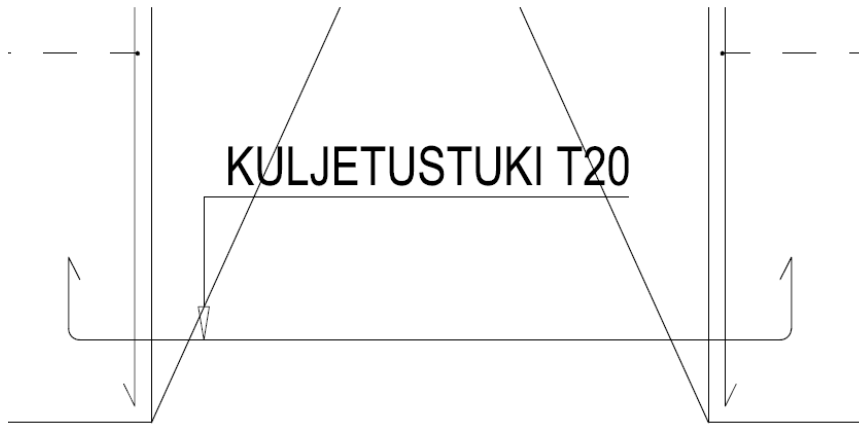
Valulippaa käytetään elementissä esimerkiksi sellaisessa tilanteessa, jossa elementin toinen reuna kantaa ontelolaattaa. Tällaisia tilanteita voi olla, jos elementti on porraskuilun ja asunnon välinen seinä. Valulipallisessa elementissä nostolenkit tulee sijoittaa kuten kuvassa 3.12 on esitetty.



Kuva 3.12. Nostolenkit valulipallisessa väliseinäelementissä.

3.12 Kuljetustuet

Lujabetonin mukaan oviaukkojen alareunaan piirretyt kuljetustuet ovat riittävät, eli elementtisuunnittelijan ei tarvitse esittää kuvassa tarkemmin mitään. Normaalisissa elementeissä, jossa on normaalin kokoinen oviaukko, T20 on riittävä. Teräksen pituus on oviaukon pituus+600 mm. Kuljetustuki esitetään kuvan 3.13 tavalla.



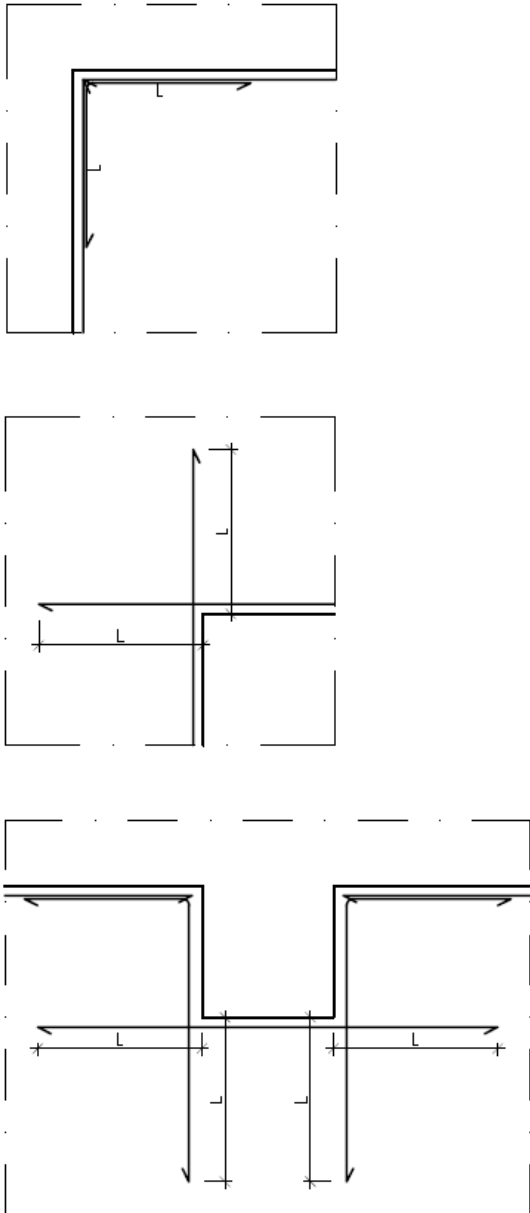
Kuva 3.13. Kuljetustuen esitystapa

3.13 Raudoitukset

Oviaukon vieressä olevat hakaset on samanlaiset ja samalla jaolla, kun vaijerilenkkien kohdalla olevat hakaset, eli alimmainen haka on 600 mm:n päässä elementin alareunasta ja jako on k600.

Pieliteräkset ovat elementin reunoilla kiertävät teräkset, jotka ovat betonipeitteen nimellispaksuuden määräämän mitan päässä elementin reunasta. Pieliteräksien jatkospituudet (=L) määritetään kuvan 3.14 mukaisesti seuraavasti: Jos teräs on

- T8, L=400 mm
- T10, L=500 mm
- T12, L=600 mm



Kuva 3.14. Pieliteräksien jatkospituudet.

Rauditusverkkoja käytetään yleensä ainoastaan jäykistävissä väliseinä- ja kääntöelementeissä sekä seinämäisissä palkeissa. Tarvittavat rauditustiedot tulevat rakennesuunnittelijalta.

Palkkiraudoitusta tulee käyttää aukon ylityspalkeissa tai jos elementti on seinämäinen palkki. Aukon yläpuolelle ei tarvita palkkiraudoitusta, jos aukon leveys B on pienempi, kuin poikkileikkauksen tehollinen korkeus d kerrottuna kahdella. Ulokkeissa tai aukon leveyden ollessa yli 1 400 mm rauditus lasketaan tapaus kerrallaan kuormituksen perusteella. Liitteenä olevassa mallielementissä V-128 aukonylityspalkin korkeutena on 405 mm, jolloin aukon leveyden ollessa alle 1 400 mm ja palkin korkeuden ollessa

yli 400 mm voidaan palkin alapinnan teräksinä käyttää yleisesti 2T12. Tällöin hakakokona käytetään umpihakaa T6, jonka minimijako saadaan kaavasta

$$s = 0,75 \cdot d \quad (2)$$

missä

d on poikkileikkauksen tehollinen korkeus

Palkin vähimmäisraudoituksen poikkileikkausala saadaan kaavasta

$$A_{s,\min} = 0,26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \cdot b_t \cdot d \quad (3)$$

mutta kuitenkin vähintään

$$0,0013 \cdot b_t \cdot d \quad (4)$$

missä

$A_{s,\min}$ on vähimmäisraudoituksen poikkileikkausala

f_{ctm} on betonin keskimääräinen vetolujuus

f_{yk} on betoniteräksen myötölujuuden ominaisarvo

b_t on poikkileikkauksen kokonaisleveys

d on poikkileikkauksen tehollinen korkeus

Elementin pieli tulee pilariraidoittaa, jos sen mitta on alle 4 kertainen elementin paksuuteen verrattuna. /19/ Eli 200 mm paksuisissa elementeissä alle 800 mm kapeat pielet tulee pilariraidoittaa taulukon 9 mukaisesti. Määrät on laskettu euronormien mukaisten minimiteräsmääriin perustuvilla kaavoilla.

TAULUKKO 9. Pilariraidoitusten määrät

Pielen leveys [mm]	Pystyteräksien määrä
<300	2+2T10
300-500	3+3T10
500-700	4+4T10
700-800	5+5T10

Hakojen koko saadaan kaavasta

$$haka\phi = 0,25 \cdot pt\phi \quad (5)$$

missä

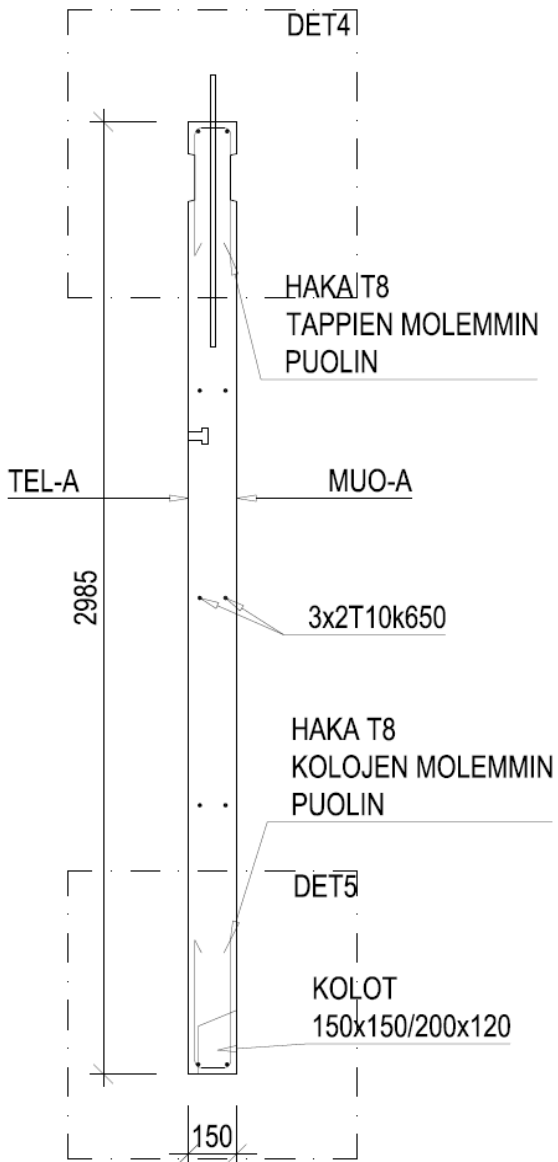
$pt\phi$ on pääteräksen halkaisija

Käytetään hakoina kuitenkin halkaisijaltaan vähintään 6 mm.

Hakajako saadaan kaavasta

$$s \leq 20 \cdot pt\phi \quad (6)$$

Kutistumateräkset ovat elementin pituussuunnassa olevat teräkset, jotka lisätään elementin ollessa umpinainen ja yli 5 metriä pitkä. Teräksinä käytetään 3x2T10k650 ja ovat pituudeltaan elementin mitta-70 mm. Kuvasta 3.15 nähdään kutistumateräksien esitystapa.



Kuva 3.15. Kutistumateräksien esitystapa.

3.14 Reiät ja läpiviennit

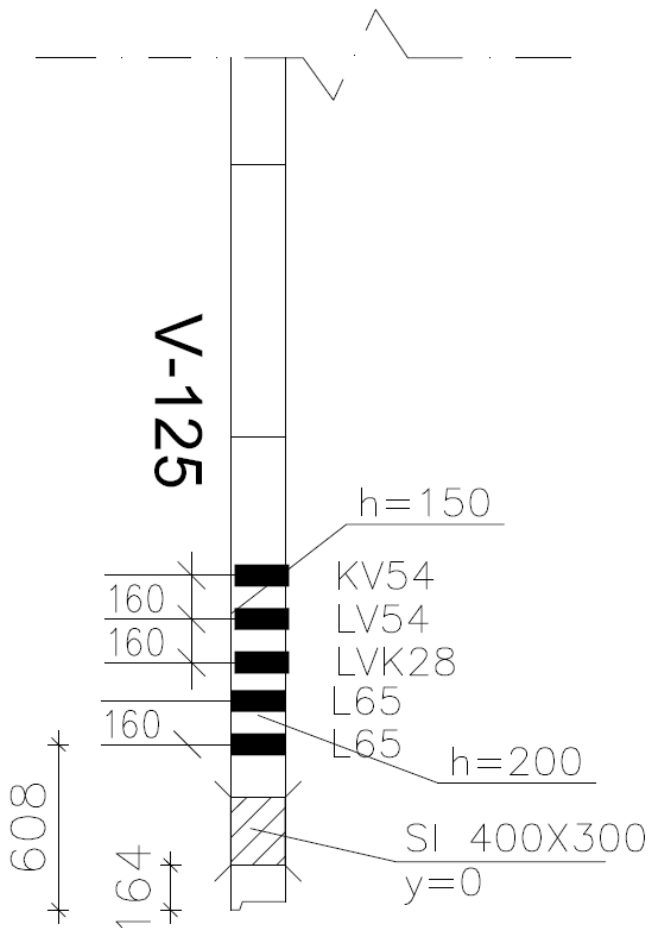
Reiät määräytyvät elementtikuvaan reikäpiirustuksien ja ohjeiden mukaan. Naamakuvan lisäksi reikä tulee esittää myös vaakaleikkauksessa katkoviivalla, jos reikä on leikkauskohdasta katsottuna edessäpäin, tai vastaavasti pistekatkoviivalla, jos reikä on leikkauskohdasta katsottuna takanapäin.

Suorakaiteen muotoinen reikä mitoitetaan reiän kulmiin ja ilmoitetaan esimerkiksi näin: Reikä 200x300. Reikäpiirustuksessa esitetty y-mitta on mitta ontelolaatan alapinnasta reiän yläreunaan.

Ympyrän muotoinen reikä mitoitetaan reiän keskelle ja ilmoitetaan esimerkiksi näin: Reikä $\varnothing 100$. Reikäpiirustuksessa esitetty y-mitta on mitta ontelolaatan alapinnasta reiän yläreunaan.

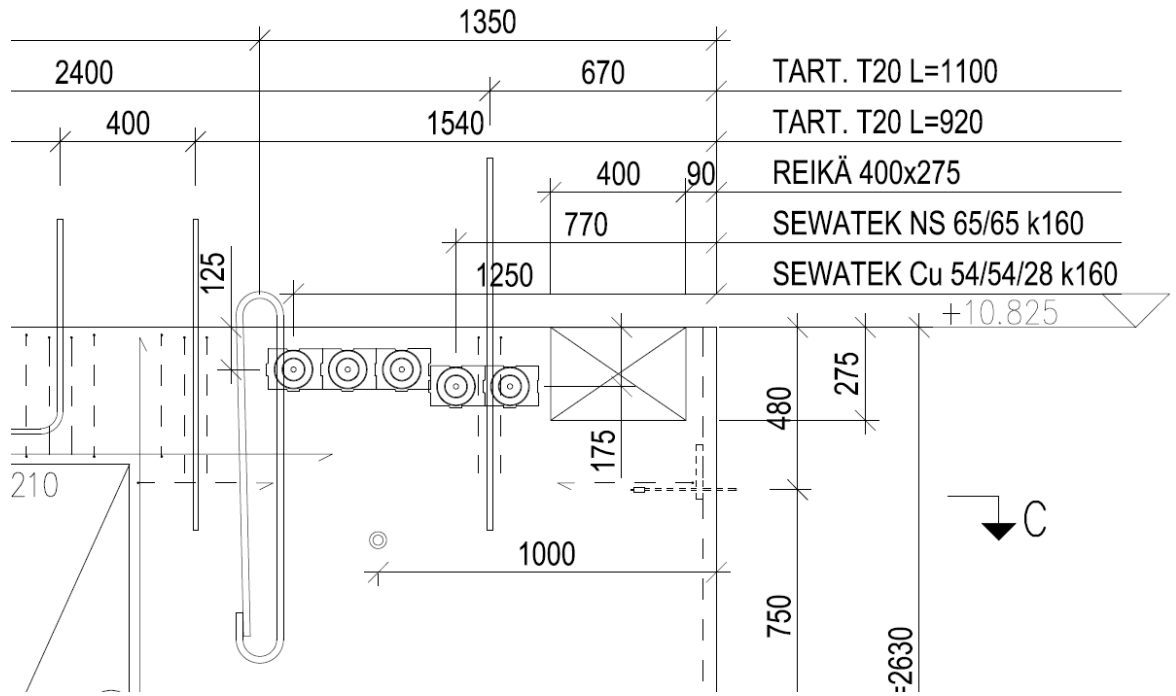
Sewatekit ovat putkien ja sähköjohtojen läpivientivalmisosia. Jos pohjapiirustuksessa on sewatek-merkintä L, merkitään se elementtikuvaan kuvan 3.17 mukaisesti tunnuksella NS, tai jos pohjakuvassa on merkinnät KV, LV tai LVK, merkitään ne elementtikuvaan tunnuksella Cu. Mitoittaminen tapahtuu vasemman puolimmaisena läpiviennin keskelle, samoin kuin pyöreän reiän mitoituksessa. Eli jos vierekkäin on kolme läpivientä, kaikkiin ei tarvitse mittalinjaa laittaa, vaan k160 merkintä kertoo niiden jaon. Kuvassa 3.16 oleva $h=200$ kertoo korkeuden sijainnin siten, että läpiviennin keskipiste on ontelolaatan alapinnasta -200 mm. /20/

Kuvasta 3.16 nähdään Sewatek-läpivientien esitystapa elementtikaavion pohjapiirustuksessa ja kuvasta 3.17 nähdään, kuinka ne esitetään elementtikuvassa.



Kuva 3.16. Sewatek merkinnät elementtikaavion pohjapiirustuksessa.

V-125 YHT.1KPL



Kuva 3.17. Sewatek merkinnät elementtipiirustuksessa.

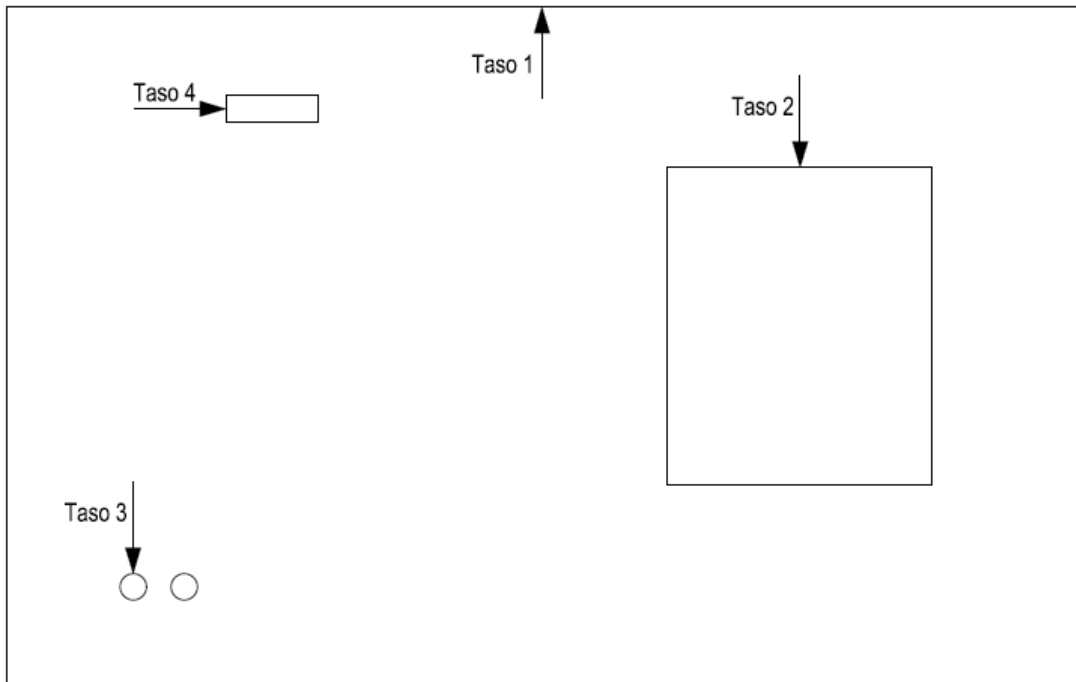
Kuvasta 3.17 nähdään myös, että sewatekien väliin voidaan sijoittaa tarvittavia raudoituksia, kuten tapitus.

3.15 Sähköistys

Sähkösuunnittelija toimittaa elementtisuunnittelijalle listan sähköistettävistä elementeistä elementtikaavion perusteella. Elementtisuunnittelija lähettää valmiin elementtikuvan sähkösuunnittelijalle ennen kuvan lähettämistä elementtitehtaalle. Sähkösuunnittelija lähettää kuvan takaisin elementtisuunnittelijalle, kun on saanut sähkömerkinnät tehtyä elementtikuvaan. Sähkömerkinnät tulee tehdä sähkö-tasolle, ja suositeltavin väri on vihreä. Mikäli sähköihin tulee muutoksia, sähkösuunnittelijan tulee pyytää elementtisuunnittelijalta ajantasainen elementtikuva. Jo kertaalleen palautettuun elementtikuvaan ei saa tehdä muutoksia. Sähköt tulee piirtää oikeaan sijaintiin, eikä mitat saa olla todellisuudessa muuta, kun mitä mittalinjan päällä oleva luku kertoo. Sähkösuunnittelijan tulee kuitata elementtisuunnitelmaan osoitetulle paikalle, että elementtiin on tehty sähkömerkinnät. Kuittauksessa pitää olla päivämäärä ja tekijä.

3.16 Dxf-tiedosto

Dxf-tiedosto on yksi AutoCAD -ohjelman tallennusmuodoista. Dwg-muodossa olevan elementtikuvan päälle piirretään elementin ääri viivat, (ikkuna)aukot, reiät ja muottipinnassa olevat koje- sekä jakorasiat käyttäen ainoastaan neljää eri tasoa. Tiedostossa ei siis saa olla mitään muita merkintöjä. Elementin sallittu maksimikorkeus dxf-kuvaa tehtäessä on 3,2 metriä. Kuva 3.18 on hyvä esimerkki dxf-kuvasta. /21/



Kuva 3.18. Esimerkki dxf-kuvasta tasoineen.

Esimerkiksi Hämeenlinnan Kantolan elementtitehtaalla käytetään kiertomuottilinjalla sekä perinteistä paperikuvaa että sähköisessä muodossa olevaa dxf-piirustusta. dxf-muodossa oleva sähköinen kuva elementistä heijastetaan laser-mittalaitteella muottipöytään. /21/

Aukkoja ei saa merkitä normaaliin tyyliin rastein, koska laserin kapasiteetti kärsii ylimääräisistä viivoista. Kaikki viivat on piirrettävä *polyline*-, *rectangle*- tai *circle*-komennoilla, jotta viivat päättyvät lähtöpisteisiinsä. *Line*-komentoa ei saa käyttää. Katkoviivoja ei myöskään saa käyttää, koska laserin teho heikkenee viivan katketessa. /21/

4 YHTEENVETO

Insinööriyön tavoitteena oli nopeuttaa ja parantaa Rakennussuunnittelutoimisto Sormunen & Timonen Oy:n väliseinäelementtisuunnittelua. Työn tekemisessä auttoi muutaman vuoden kokemus elementtisuunnittelusta edellä mainitussa toimistossa, mutta silti yllätyin, kuinka laaja aihe oli, vaikka ohjeessa mainitut asiat ovat vähintäänkin tarpeellisia tietoja ja tulevat vastaan elementtisuunnittelussa.

Aluksi tein AutoCAD-ohjelmalla luonnospiirustukset mallielementeistä, joiden pohjalta aloin tehdä suunnitteluohjetta vaihe vaiheelta. Mallielementit viimeistelin valmiiksi asti vasta raportin ollessa lähes valmis, koska työn edetessä niihin tuli pieniä muutoksia koko ajan. Tulokseksi sain yksityiskohtaisen ohjeen, josta yritys saa hyvän apuvälineen väliseinäelementtisuunnittelussa niin kokeneemmille kuin aloitteleville suunnittelijoille.

Mielestäni insinööriyö onnistui hyvin, koska pääsin tavoitteeseeni kokoamalla väliseinäelementtien suunnitteluohjeen selkeään ja helppokäyttöiseen pakettiin. Pidin aikataulua tiukkana, mutta onnistuin pysymään siinä hyvin ja työ valmistui suunnitellussa aikataulussa. Insinööriyön tekeminen juuri tästä aiheesta oli erittäin opettavaista ja hyödyllistä jatkoa ajatellen.

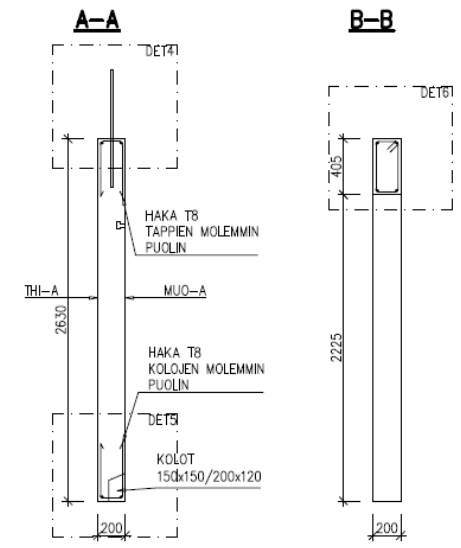
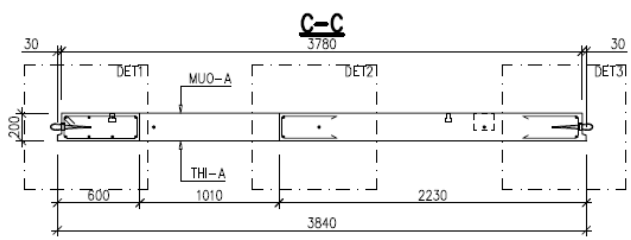
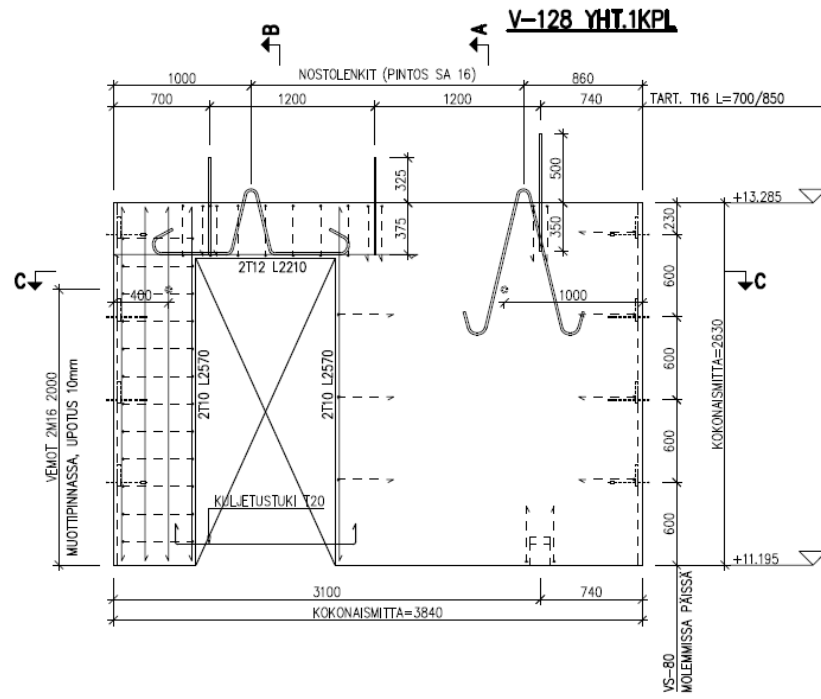
LÄHTEET

1. Rakennussuunnittelutoimisto Sormunen & Timonen Oy [verkkodokumentti]. [viitattu 4.2.2011]. Saatavissa: <http://www.sortim.fi/>
2. Elementtisuunnittelu. Valmisosarakentaminen. Elementtirakentamisen historia. [verkkodokumentti]. [viitattu 7.2.2011]. Saatavissa: <http://www.elementtisuunnittelu.fi>.
3. Elementtisuunnittelu. Valmisosarakentaminen [verkkodokumentti]. [viitattu 8.2.2011]. Saatavissa: <http://www.elementtisuunnittelu.fi/fi>
4. VTT Experts Services Oy. Service. Certification. Technical approval ETA. [verkkodokumentti]. [viitattu 9.2.2011]. Saatavissa: <http://www.vttexpertservices.fi>.
5. Elementtisuunnittelu. Suunnitteluprosessi. Normit ja standardit. EN-tuotestandardit ja CE- merkintä. [verkkodokumentti]. [viitattu 9.2.2011]. Saatavissa: <http://www.elementtisuunnittelu.fi>.
6. Ympäristöopas. *Rakennustuotteiden CE-merkintä rakennustuotedirektiivin mukaisesti*. Helsinki: Edita Prima Oy. 2004
7. VTT Experts Services Oy. Certification. CE-marking building product. [verkkodokumentti]. [viitattu 9.2.2011]. Saatavissa: <http://www.vttexpertservices.fi>.
8. Betonteollisuus ry. *Betonivalmisosarakenteiden työselostus 14.2.2011*.
9. Suomen betoniyhdistys. *Betoninormit 2004: BY50*. 2004
10. Lujabetoni. *Elementtisuunnittelmatiedostojen nimeäminen ja vienti projektipankkiin*.
11. Betonikeskus ry. *Betonielementtien toleranssit*. 2003
12. SFS-EN 14992. *Betonivalmisosat. Seinäelementit*. Suomen standardoimisliitto SFS. 2007

13. Suomen betoniyhdistys. *Betonirakenteiden pinnat / luokitusohjeet. 2003: BY40*
14. Vahanen Oy. *Betonisen seinäelementin pinnan esikäsitteilyn vaikutus pintakäsittelyjen tartuntaan. 2010.*
15. Suomen betoniyhdistys. *Betoninormit*
16. Elementtisuunnittelu. Elementtiasennus. Asennusohjeet. Asennusaikainen stabiliteetti. [verkkodokumentti]. [viitattu 11.2.2011]. Saatavissa: <http://www.elementtisuunnittelu.fi/fi>.
17. Betonteollisuus ry. *Betonielementtien nostolenkit ja ankkurit. 2004*
18. Pintos Oy. *Nostolenkit*
19. SFS-EN 1992-1-1. *Betonirakenteiden suunnittelu. Osa 1-1: Yleiset säännöt ja rakennuksia koskevat säännöt. Suomen standardoimisliitto SFS. 2005*
20. Sewatek Oy. *Läpivientien merkitseminohjeet*
21. Lujabetoni. *Sisäkuori- ja väliseinäelementit suunnitteluohje. 2008*

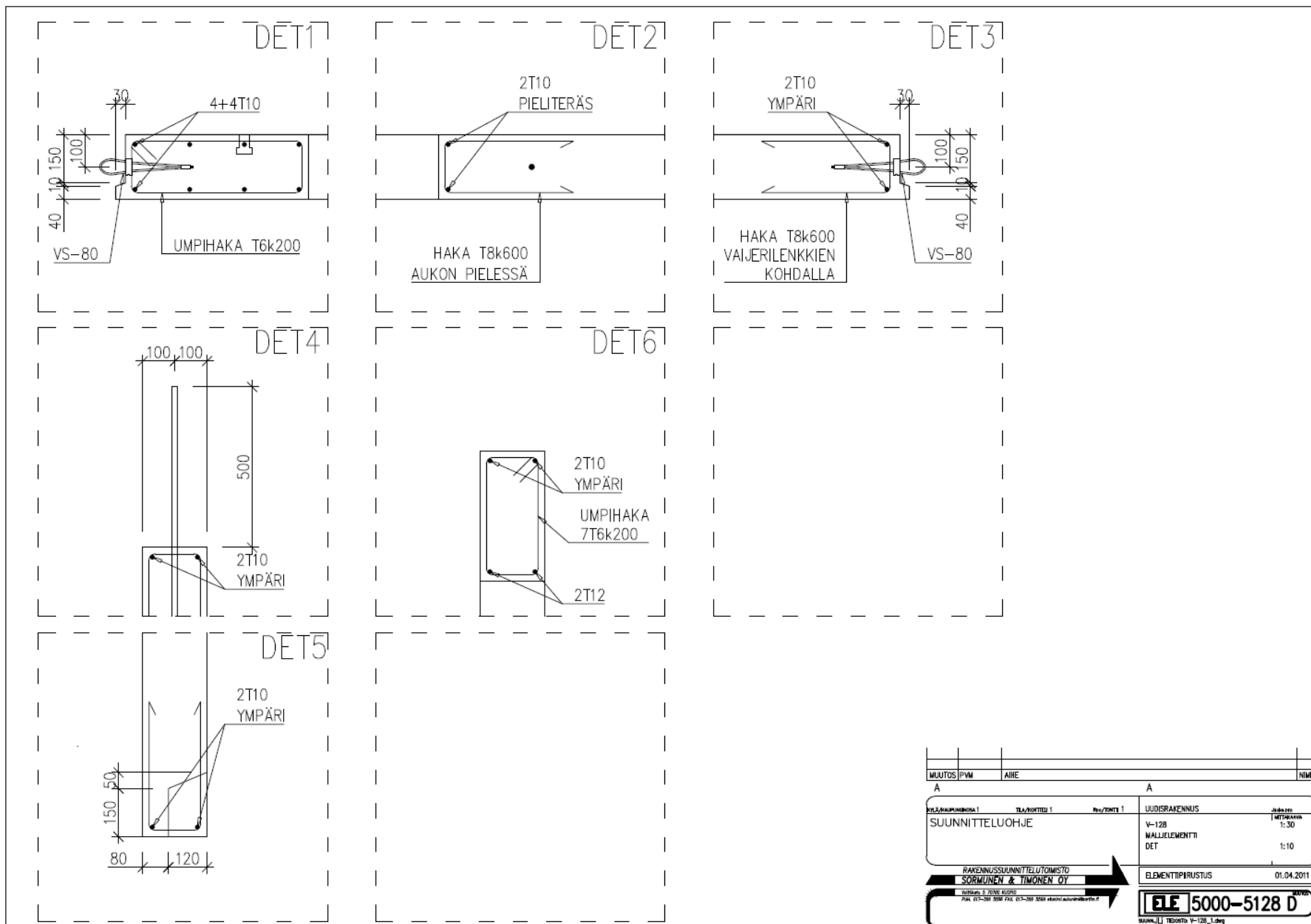
ELEMENTTISUUNNITTELIJAN TEHTÄVÄLISTA

- Tallenna uudeksi tiedostoksi ennen kuin alat muokkaamaan mitään
- Otsikon pitää täsmätä nimiön kanssa, piirustusnumero oikein
- Elementtien lukumäärä
- Elementin mitat, pituus ja korkeus korkoineen
- Tappien ja kolojen tulee kohdata toisensa
- Aukot ja reiät (aukot arkkitehtikuvasta)
- Nostolenkit, painopiste, paino
- Tarkista, että leikkausnuolet ovat oikeinpäin
- Koontiin vienti
- Layout näkymät kohdalleen, sekä kohdista detalji ikkunat
- Tallennus tilassa layout _1 käyttäen komentoja zoom -> all

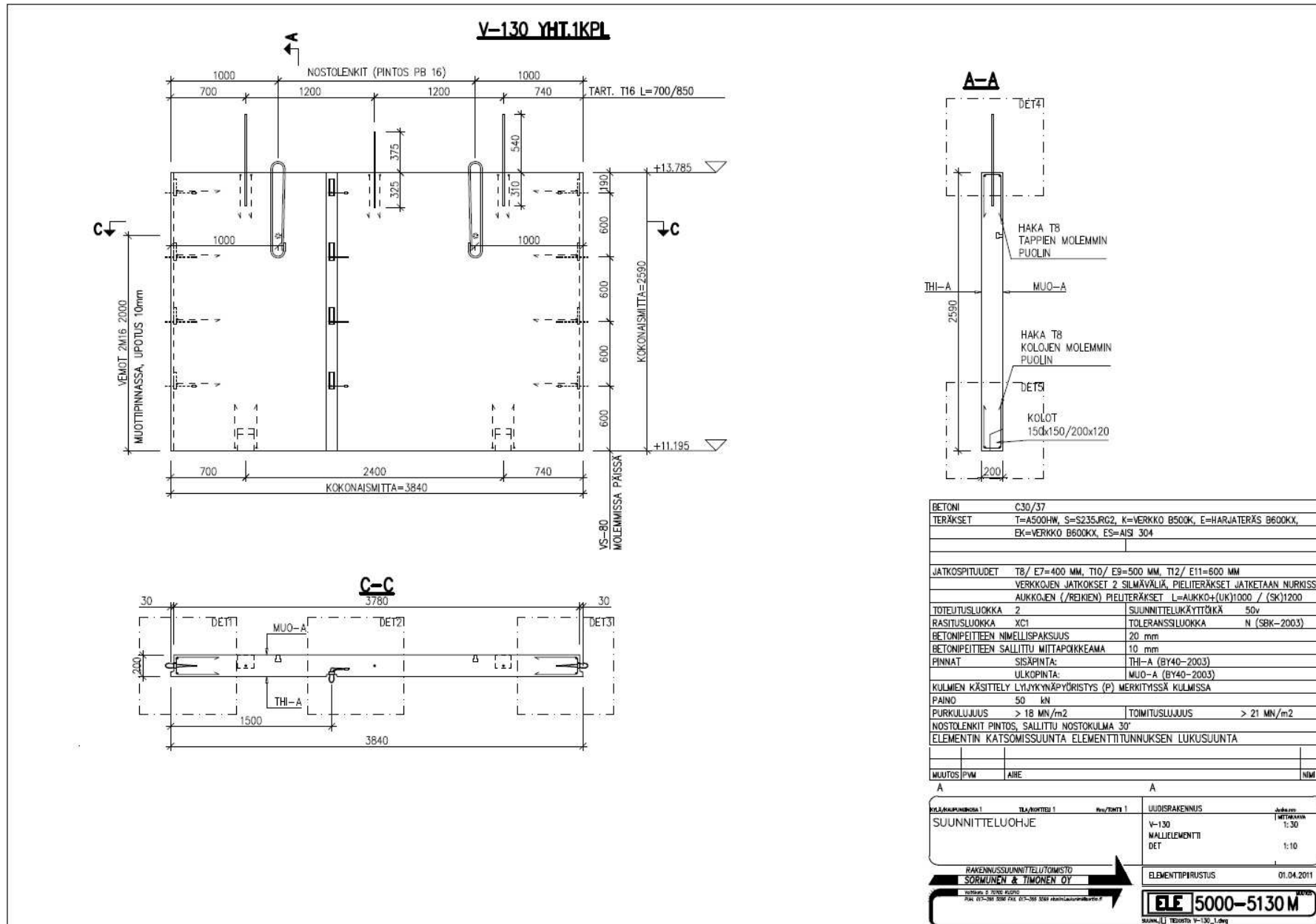


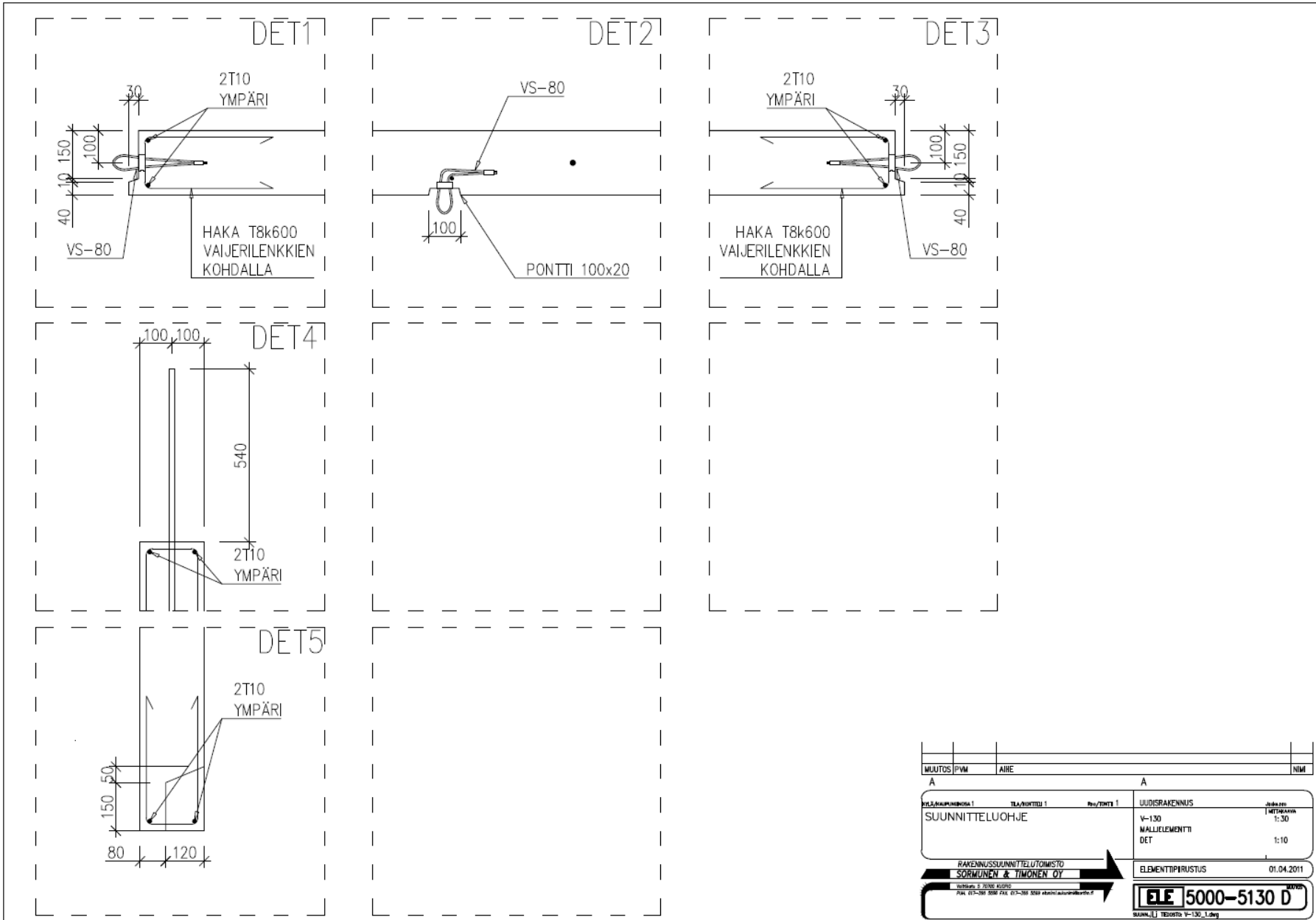
BETONI	C30/37
TERÄKSET	T=A500HW, S=S235JRG2, K=VERKKO B500K, E=HARJATERÄS B600KX, EK=VERKKO B600KX, ES=AISI 304
JATKOSPITUUDET	T8/ E7=400 MM, T10/ E9=500 MM, T12/ E11=600 MM VERKKOJEN JATKOKSET 2 SILMÄVÄLÄ, PIELITERÄKSET JATKETAAN NURKISSA AUKKOJEN (/REIKIEN) PIELITERÄKSET L=AUKKO+(UK)1000 / (SK)1200
TOTEUTUSLUOKKA	2
RASITUSLUOKKA	XC1
BETONIPITTEEN NIMELLISPAKSUUS	20 mm
BETONIPITTEEN SALLITTU MITTAPOIKKEAMA	10 mm
PINNAT	SISÄPINTA: TH1-A (BY40-2003) ULKOPINTA: MUO-A (BY40-2003)
KULMIEN KÄSITTELY	LYIJYKNÄPYYRISTYS (P) MERKITYISSÄ KULMISSA
PAINO	40 kN
PURKULUJUUS	> 18 MN/m ²
TOIMITUSLUJUUS	> 21 MN/m ²
NOSTOLENKIT PINTOS	SALLITTU NOSTOKULMA 30°
ELEMENTIN KATSOMISSUUNTA	ELEMENTITUNNUKSEN LUKUSUUNTA

RAKENNUSLIIKETOIMISTO	SORMUNEN & TIMONEN OY	01.04.2011
		5000-5128M

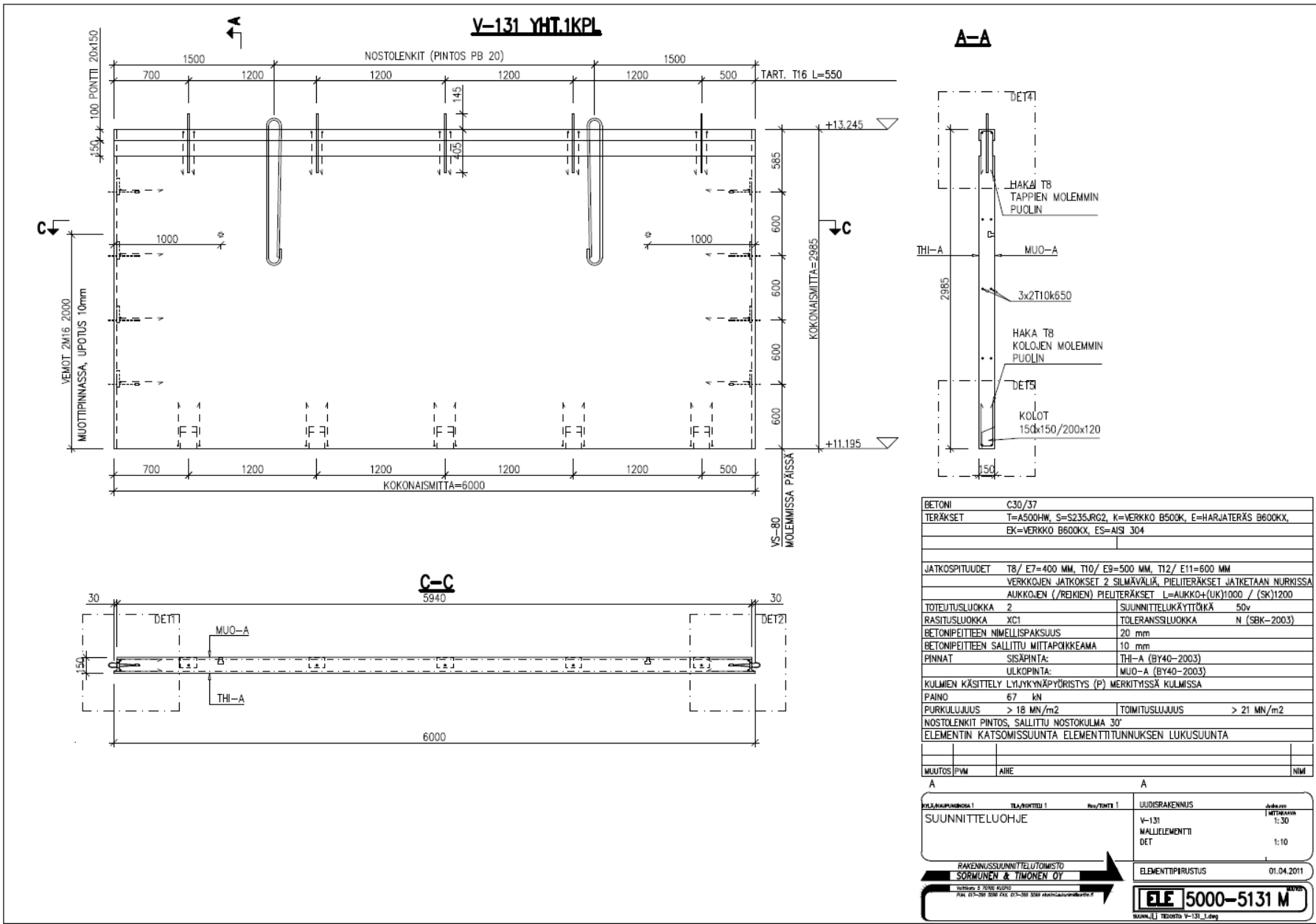


MUUTOS PVM	AINE		NIMI
A		A	
ALUEKÄYNNYKSI 1	TEKNIKKI 1	PII/TYÖT 1	LUOISRAKENNUS
SUUNNITTELUOHJE			Johannes 1:30
			MALLELEMENTTI DET 1:10
RAKENNUSSUUNNITTELUKESKUS SORMUNEN & TIMONEN OY			ELEMENTTIPIIRUSTUS 01.04.2011
<small>Yhteyshenkilö: Jarmo Kujala Puh. 03-309 5500 Fax. 03-309 5509 email: jarmo.kujala@ele.fi</small>			5000-5128 D
			<small>skann_11_1220110 V-128_1.dwg</small>



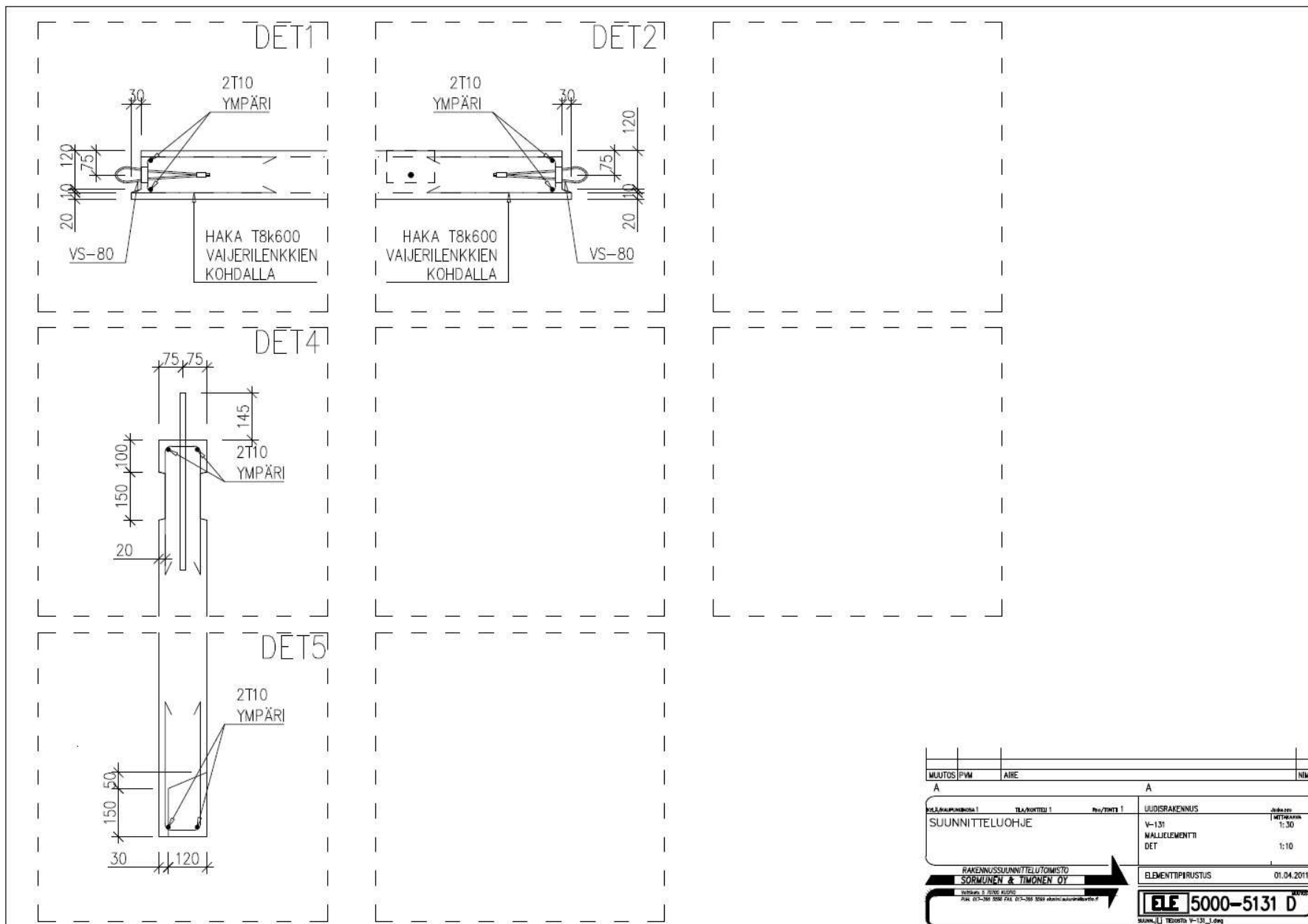


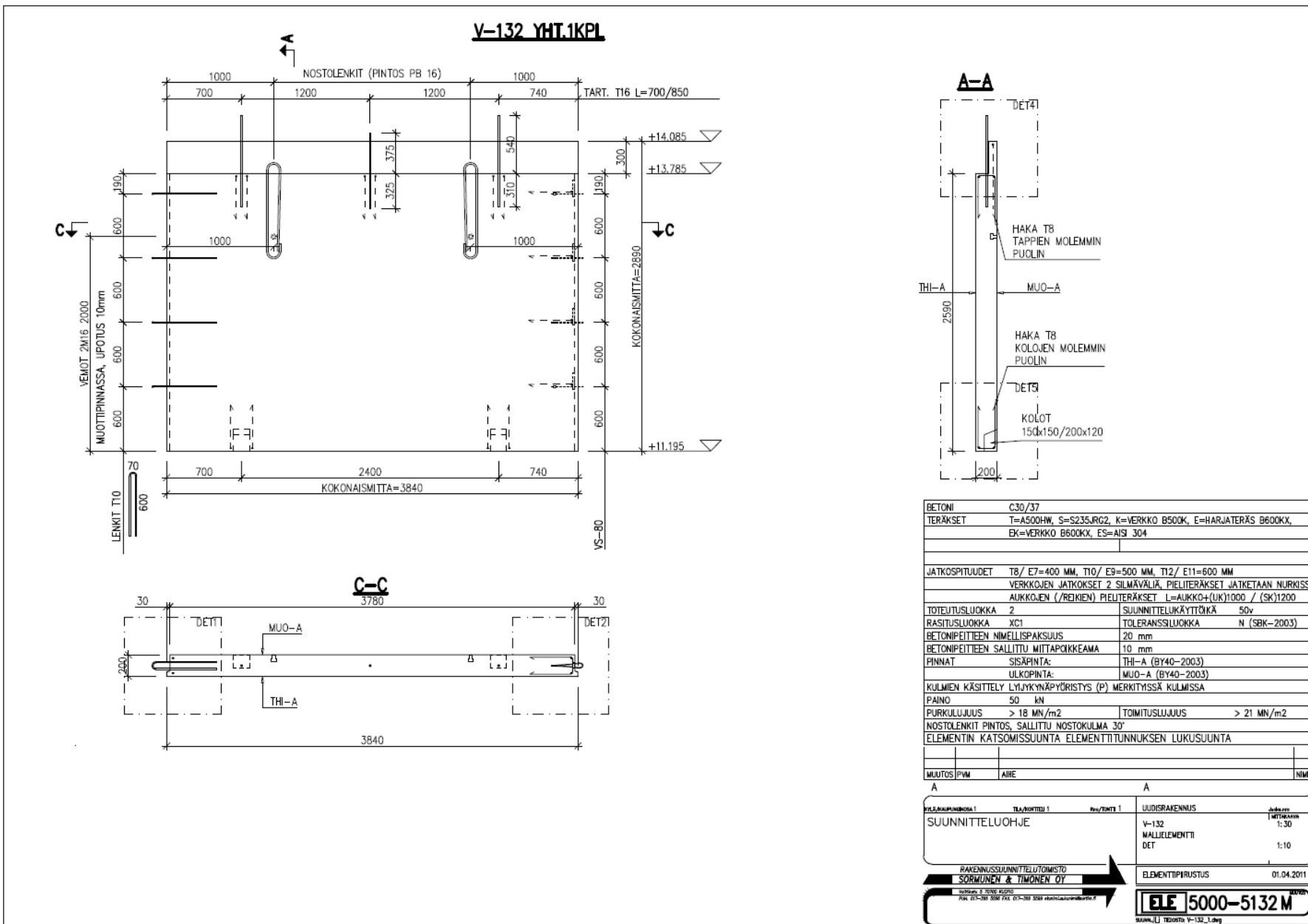
MUUTOS PVM	AINE		NIMI
A		A	
ALUEKÄYTTÖOHJE 1	TEKNISET 1	PIKUKORTTI 1	LUOISRAKENNUS
SUUNNITTELUOHJE			JOHTAJA
			1:30
			MALLIELEMENTTI
			DET
			1:10
RAKENNUSSUUNNITTELUKESKUS SORMUNEN & TIMONEN OY			ELEMENTTIPIIRUSTUS
			01.04.2011
Sormunen & Timonen Oy Puh. 03-359 5500 Fax. 03-359 5509 sormunen@timonen.fi			ELE 5000-5130 D <small>skann_11_12000x10000_V-130_1.dwg</small>

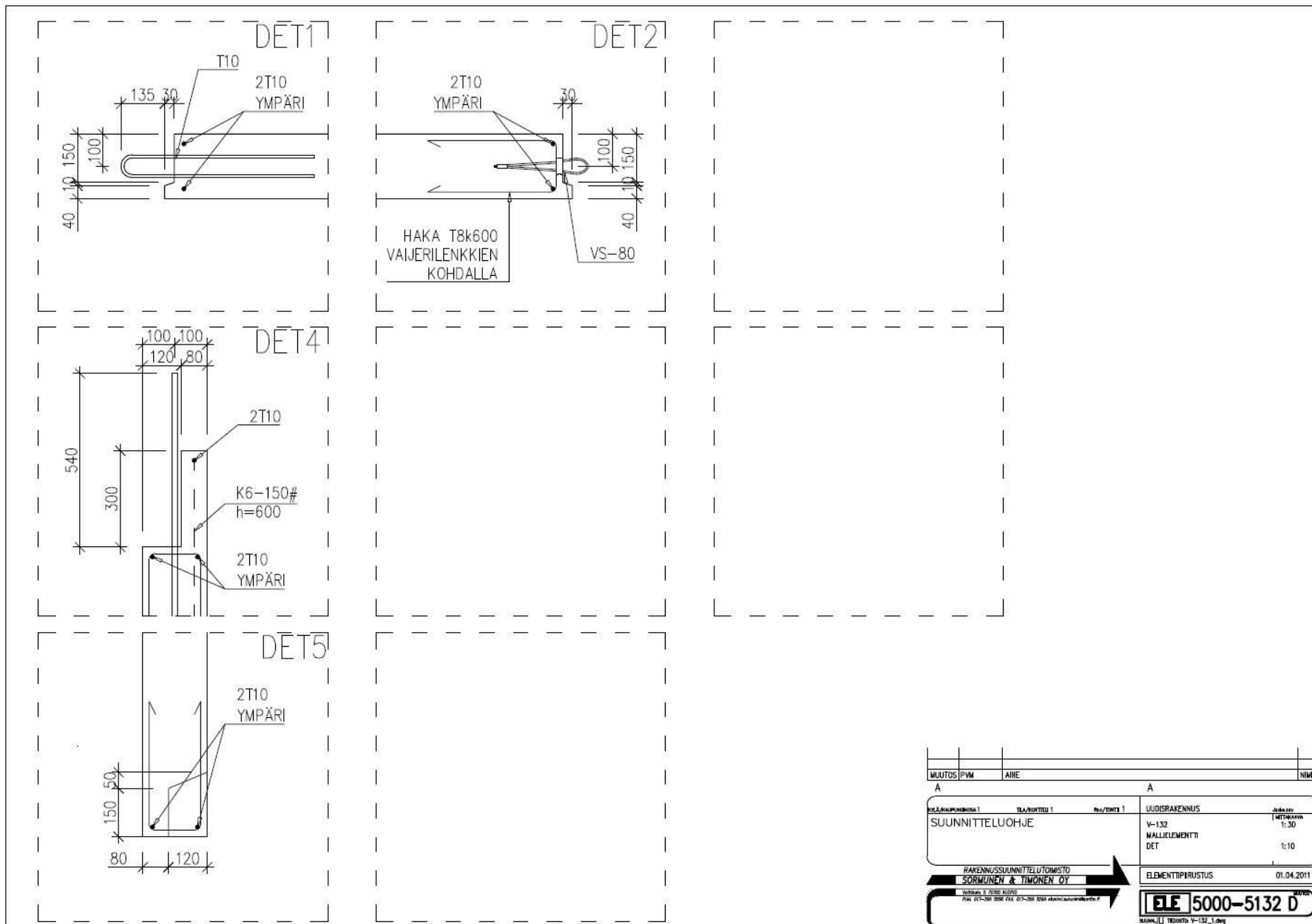


BETONI	C30/37
TERÄKSET	T=A500HW, S=S235JRG2, K=VERKKO B500K, E=HARJATERÄS B600KX, EK=VERKKO B600KX, ES=AISI 304
JATKOSPITUUDET	T8/ E7=400 MM, T10/ E9=500 MM, T12/ E11=600 MM
VERKKOJEN JATKOKSET 2 SILMÄVÄLIÄ, PIELITERAKSET JATKETAAN NURKISSA	
AUKKOJEN (/REIKIEN) PIELITERAKSET L=AUKKO+(UK)1000 / (SK)1200	
TOTEUTUSLUOKKA	2
SUUNNITTELUKÄYTTÖKÄ	50v
RASITUSLUOKKA	XC1
TOLERANSSILUOKKA	N (S8K-2003)
BETONIPUITTEEN NIMELLISPAKSUUS	20 mm
BETONIPUITTEEN SALLITTU MITTAPOIKKEAMA	10 mm
PINNAT	SISÄPINTA: TH1-A (BY40-2003)
ULKOPINTA:	MUO-A (BY40-2003)
KULMIEN KÄSITTELY LYIJYKYNÄPYÖRISTYS (P) MERKITYSSÄ KULMISSA	
PAINO	67 kN
PURKULUJUUS	> 18 MN/m ²
TOIMITUSLUJUUS	> 21 MN/m ²
NOSTOLENKIT PINTOS, SALLITTU NOSTOKULMA 30°	
ELEMENTIN KATSOMISSUUNTA ELEMENTITUNNUKSEN LUKUSUUNTA	
MUUTOS PVM	AINE
	NIM

A		A	
RAKENNUSOHJE 1	TEKNISET 1	PII/TYÖT 1	LUODISRAKENNUS
SUUNNITTELUOHJE			Johdanto 1:30
			V-131 MALLIELEMENTI DET 1:10
RAKENNUSSUUNNITTELUKESKUS SORMUNEN & TIMONEN OY			ELEMENTTIPIRUSTUS 01.04.2011
			5000-5131 M







MUUTOS PVM	AINE		NIMI
A		A	
ALUEKÄYTTÖSUUNNITTELU	TEKNISET	PIKUKUVA	LUOJEN
SUUNNITTELUOHJE			V-132 MALLIELEMENTTI DET 1:10
RAKENNUSSUUNNITTELUKESKUS SORMUNEN & TIMONEN OY			ELEMENTTIPERUSTUS 01.04.2011
Yhteydet & Pöytäkirjat Puh. 010-300 3000 Fax. 010-300 3000 email@sormunen-timonen.fi			ELE 5000-5132 D <small>www.ele.fi</small>

www.savonia.fi

