

ELEMENTTIASENNUKSEN TYÖJÄRJESTYS JA ONNISTUMISEN EDELLYTYKSET KERROSTALORAKENTAMISSESSÄ

Nurminen Wiljami

Opinnäytetyö

Insinööri (AMK)
Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka

2026

Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka
Insinööri (AMK)

Tekijä	Wiljami Nurminen	Vuosi	2026
Ohjaaja	Matti Moilanen		
Toimeksiantaja	Lapin AMK		
Työn nimi	Elementtiasennuksen työjärjestys ja onnistumisen edellytykset kerrostalorakentamisessa		
Sivumäärä	50		

Tämän opinnäytetyön aiheena on elementtiasennuksen työjärjestys ja onnistumisen edellytykset kerrostalorakentamisessa. Opinnäytetyön tavoitteena oli perehtyä elementtiasennuksen työjärjestykseen sekä tunnistaa ne keskeiset tekijät, jotka vaikuttavat asennustyön onnistumiseen. Työssä tarkasteltiin myös betonielementtirakentamisen perusteita, asennustyön turvallisuutta sekä yleisimpiä haasteita ja virheitä ja niiden vaikutuksia rakentamisprosessiin. Aihe rajattiin koskemaan kerrostalotyömailla tapahtuvaa elementtiasennusta.

Aiheeseen syventyminen osoitti, että onnistunut elementtirakentaminen perustuu huolelliseen ennakkosuunnitteluun, työvaiheiden yhteensovittamiseen, sujuvaan yhteistyöhön sekä työturvallisuuteen ja riskien hallintaan virheiden ehkäisemiseksi. Opinnäytetyön tietoperusta pohjautui monipuolisiin asiantuntijalähteisiin sekä opinnäytetyön tekijän omaan käytännön kokemukseen ja ammattitaitoon.

Opinnäytetyön tarkoituksena oli tuottaa selkeä ja kattava kokonaiskuva elementtiasennuksesta. Valmista työtä voidaan hyödyntää esimerkiksi työnjohdon perehdytyksessä, asentajien ohjeistuksessa sekä laadun ja työturvallisuuden kehittämisessä ja työvaiheiden suunnittelussa.

Avainsanat elementtiasennus, betonielementti, työjärjestys, työturvallisuus, ennakkosuunnittelu

Degree Programme in Civil Engineering
Bachelor of Engineering

Author	Wiljami Nurminen	Year	2026
Supervisor	Matti Moilanen		
Commissioned by	Lapland UAS		
Title	Work sequence and success factor of precast concrete element installation in multi-stoney residential construction		
Number of pages	50		

The topic of this thesis is the work sequence for precast element installation and the prerequisites for its success in apartment building construction. The objective of this thesis was to examine the work sequence for precast element installation and to identify the key factors that influence the success of the installation work. The study also examined the fundamentals of precast concrete construction, installation safety, and the most common challenges and errors, as well as their effects on the construction process. The scope of the study was limited to precast element installation at apartment building construction sites.

A closer examination of the topic revealed that successful prefabricated construction relies on careful advance planning, coordination of work phases, smooth cooperation, and occupational safety and risk management to prevent errors. The knowledge base of this thesis was grounded in diverse expert sources as well as the author's own practical experience and professional expertise.

The purpose of this thesis was to provide a clear and comprehensive overview of element installation. The final thesis can be used, for example, in the orientation of supervisors, in providing guidance to installers, and in the development of quality and occupational safety as well as in the planning of work phases.

Keywords element installation, concrete element, work procedures, occupational safety, advance planning

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	6
2	BETONIELEMENTTIRAKENTAMISEN PERUSTEET	7
2.1	Elementtirakentamisen historiaa	7
2.2	Kerrostalorakentamisessa käytettäviä betonielementtejä ja elementtiasennuksen keskeistä kalustoa	8
2.2.1	Seinäelementit	8
2.2.2	Pilarit ja palkit	10
2.2.3	Laatat	12
2.2.4	Porraselementit	14
2.2.5	Hissikuiluelementti	15
2.2.6	Sokkelielementit	16
2.2.7	Kalustoa	17
2.3	Betonielementtien asennus ja suunnittelu	20
2.4	Betonirungon kustannukset	21
3	ELEMENTTIASENNUKSEN TYÖJÄRJESTYS KERROSTALORAKENTAMISESSA	22
3.1	Valmistelevat työt	22
3.1.1	Asennussuunnitelma	22
3.1.2	Elementtiasennukseen liittyvät mittaukset	24
3.1.3	Kalusto ja kaluston valmistelu	24
3.2	Seinäelementtien asennus	25
3.3	Parveke, lepotas- ja ontelolaatta-asennus	26
3.4	Betonielementtien väliaikaiset tuennat	28
3.5	Saumabetonoinnit ja liitokset	32
3.5.1	Elementtien saumabetonoinnit	32
3.5.2	Liitokset ja erilaisia liitostyyppejä	34
3.6	Asennuksen jälkeiset tarkastukset ja toimenpiteet	36
4	ONNISTUMISEN EDELLYTYKSET ELEMENTTIASENNUKSESSA	38
5	TYÖTURVALLISUUS OSANA TYÖJÄRJESTYSTÄ	40
5.1	Turvallisuussuunnittelu	41
5.2	Työturvallisuus elementtiasennuksessa	41

6 YLEISIMMÄT HÄIRIÖTEKIJÄT JA VIRHEET	44
7 POHDINTA.....	46
LÄHTEET.....	47

1 JOHDANTO

Elementtirakentaminen on yleistynyt rakennusalalla viime vuosikymmeninä. Betoni on yleisin kerrostalorakentamisessa käytettävistä rungon rakennusmateriaaleista, sillä betonielementtien osuus asuinkerrostaloissa on noin 80 % (Suomen Betoniyhdistys ry (BY) 2026a). Elementtiasennus on keskeinen osa rakennusprosessia, ja sen onnistuminen vaikuttaa suoraan rakennustyömaan aikatauluun, kustannuksiin ja lopputuloksen laatuun. Merkittävässä roolissa ovat asennuksen työjärjestyksen huolellinen suunnittelu ja toteutus, sillä virheet voivat aiheuttaa merkittäviä lisätöitä ja lisätä kustannuksia sekä viivästyttää rakennushankkeen aikataulua.

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on perehtyä elementtiasennuksen työjärjestykseen sekä tunnistaa ne keskeiset tekijät, jotka vaikuttavat asennustyön onnistumiseen. Työssä tarkastellaan myös betonielementtirakentamisen perusteita, asennustyön turvallisuutta sekä yleisimpiä haasteita ja virheitä ja niiden vaikutuksia rakentamisprosessiin. Opinnäytetyön aihe on rajattu koskemaan kerrostalotyömailla tapahtuvaa elementtiasennusta.

Opinnäytetyön tarkoituksena on tuottaa selkeä ja kattava kokonaiskuva elementtiasennuksesta. Työssä käsitellään asennuksen suunnittelua, toteutusta ja siihen liittyviä keskeisiä asioita kerrostalotyömaalla. Valmista työtä voidaan hyödyntää esimerkiksi työnjohdon perehdytyksessä, asentajien ohjeistuksessa sekä laadun ja työturvallisuuden kehittämisessä ja työvaiheiden suunnittelussa.

2 BETONIELEMENTTIRAKENTAMISEN PERUSTEET

Elementtirakentaminen tarkoittaa rakentamista, jossa rakenne tai koko rakennus rakennetaan osittain tai kokonaan elementeistä. Elementtirakentaminen sisältää useita eri työvaiheita, kuten suunnittelun, rakenteiden valmistelun, elementtien vastaanoton sekä varastoinnin, nostot ja siirrot, asennuksen, kiinnittämisen, tuennan, liittymärakenteet, juotoksen, tarvittaessa hitsauksen, saumojen betonoinnin, tilkitsemisen sekä asennusta avustavat työt ja muut asennukseen liittyvät työvaiheet. (Valtioneuvoston asetus elementtirakentamisen työturvallisuudesta 2003/578 § 1:2.)

Elementillä tarkoitetaan tietyissä työvaiheissa yhtenä kiinteänä kokonaisuutena käsiteltävää esivalmisteista rakennetta tai sen osaa, joka edellyttää nostoapuvälineiden käyttöä sen painonsa tai muotonsa vuoksi. Elementti voi olla materiaaliltaan betonia, terästä, metallia, puuta, lasia, muovia tai muuta ainetta. (Valtioneuvoston asetus elementtirakentamisen työturvallisuudesta 2003/578 § 1:2.) Betonielementillä tarkoitetaan tehdasolosuhteissa tai työmaalla valmistettua valmista betonista rakennusosaa, joka kuljetetaan tehtaalta työmaalle ja asennetaan siellä paikalleen. Tehtaalla valmiiksi rakennettavat elementit ovat rakentamisen kannalta nopeaa ja kustannustehokasta, sillä valmiit elementit voidaan asentaa suoraan paikoilleen työmaalla (Neco 2025).

2.1 Elementtirakentamisen historiaa

Elementtirakentamista tutkittiin maailmalla jo ennen toista maailmansotaa. Elementtirakentamisen merkitys kasvoi erityisesti sodan jälkeen, koska tarvittiin nopeita ja edullisia rakennusratkaisuja. Suomessa betonieollisuus alkoi käyttämään elementtejä 1940–1950-luvuilla. Ensimmäiset elementit asennettiin Helsingin Palace-taloon, joka valmistui ennen Helsingin Olympialaisia vuonna 1952. Tunnetuimpia täyselementtirakennuksia on Helsingin yliopiston Porthania-rakennus, joka valmistui vuonna 1957. (Betoniteollisuus ry 2024b.)

1960–1970-luvuilla laadittiin avoin BES (betonielementtisysteemi) -järjestelmä, jolla betonielementit ja niiden liitokset standardoitiin. BES-järjestelmä mahdollisti nopean asuntotuotannon, vaikka rakennusten ulkonäkö jäi usein

vaatimattomaksi ja yksinkertaiseksi. 1980-luvulla standardointia laajennettiin teollisuus- ja toimitilarakentamiseen. Elementtiteollisuus alkoi ottamaan suuremman vastuun rakennusosien valmistuksesta ja toimituksesta. (Betoniteollisuus ry 2024b.)

1990-luvulla betonirakentaminen monipuolistui ja suunnittelussa alettiin enemmän kiinnittämään huomiota arkkitehtuuriin, rakennusten ominaisuuksiin, elinkaareen ja ympäristövaikutuksiin. 2000-luvulla elementtirakentaminen on kehittynyt edelleen esimerkiksi kuitubetonin ja uusien julkisivuratkaisujen myötä. BES-järjestelmä on edelleen käytössä. (Betoniteollisuus ry 2024b.)

2.2 Kerrostalorakentamisessa käytettäviä betonielementtejä ja elementtiasennuksen keskeistä kalustoa

2.2.1 Seinäelementit

Seinäelementti on tehdasolosuhteissa tai työmaalla teräsbetonista valmistettu seinä, joka voi olla kokonainen rakennuksen seinä tai osa sitä. Seinäelementtien painot ja koot vaihtelevat suuresti riippuen rakennushankkeesta ja käytettävien asennusnostureiden kapasiteetistä.

Elementtien kokoa suunnitellessa tulee huomioida asennuksen ja kuljetuksen vaatimukset. Yleinen suositus on, että käytettäisiin korkeintaan 9 tonnia painavia elementtejä, koska silloin yleensä pärjätään normaalikokoisilla ajoneuvonostureilla. Seinien yleinen maksimikorkeus pystykuljetuksessa on 3,4 metriä. (Betoniteollisuus ry 2024a.) Tätä korkeammat elementit voidaan toteuttaa ”kääntökivinä”, eli elementti kuljetetaan vaakatasossa työmaalle ja käännettään työmaalla pystyyn kahden asennusnosturin voimin. Tällöin elementti voi olla esimerkiksi 3,4 m leveä ja 8 m korkea. Pystykuljetuksen maksimikorkeuteen vaikuttaa kuitenkin kuljettavan auton tyyppi, esimerkiksi ”allasautolla” (kuvio 19) voidaan kuljettaa jopa 4–5 metriä korkeita elementtejä pystykuljetuksena.

Seinäelementtejä käytetään usein kerrostalojen ulkoseinien sisäkuorissa, maanpaineseininä tai väliseinäinä (kuvio 1). Betoniseinät ottavat pääasiassa vastaan puristuskuormaa, mutta jäykistäviin sekä maanpaineseiiniin kohdistuu myös vaakakuormituksia. (Elementtisuunnittelu Oy 2023g.)

Seinien leveys tulee olla 4 kertaa suurempi kuin seinän paksuus, sillä muuten rakennetta käsitellään pilarina (EN 1992-1-1:2004, 9.5.1 ja 9.6.1).

Yleisin ulkoseinäelementti on Sandwich-elementti (kuvio 2), jonka rakenne koostuu betonisesta ulko- ja sisäkuoresta, joiden välissä on lämmöneriste. Elementin kuoret sidotaan toisiinsa teräsansailta, jolloin lopputuloksena on valmiusasteeltaan korkea ulkoseinäelementti. (Klemolan betoni Oy 2026.) Sandwich-elementtien pintavaihtoehtoja on paljon, sillä julkisivu voi olla hiekkapuhallettua, pestyä kivirouhepintaista, harjattua, maalattua, hiottua, tiilikuvioitua tai uritettua. Värilliset kiviainekset sekä väripigmentit tuovat paljon valinnanvaraa julkisivuun (Betoniteollisuus ry 2024a).



Kuvio 1. Erilaisia väliseinäelementtejä (Kosken Betonielementti Oy 2026)



Kuvio 2. Sandwich-elementti tiilikuviolla (Elementtisuunnittelu Oy 2023j)

2.2.2 Pilarit ja palkit

Elementtipilarit (kuvio 3) ovat yleensä muodoltaan suorakaiteen, neliön tai pyöreän muotoisia. Niiden suositeltava minimipaksuus on 280 mm. Pienempiä pilareita voidaan käyttää kevyemmin kuormitetuissa rakenteissa, kuten pientaloissa. Pilareita voidaan myös valmistaa esijännitettyinä. (Elementtisuunnittelu Oy 2023e)

Kerrostalorakentamisessa pilareita käytetään kantavina rakenteina osana rakennuksen runkoa. Erityisesti parkkihalleissa sekä parvekerakenteissa. Työmailla pilareita siirretään vaakatasossa pilarissa olevista nostokorvakkeista. Asennus tapahtuu pystysuunnassa, joko päällä olevasta nostokorvakkeesta tai erillisellä pilarin nostoon suunnitellulla pilarin nostolaitteella (kuvio 4).



Kuvio 3. Pilareita työmaalla (Elementtisuunnittelu Oy 2023e)



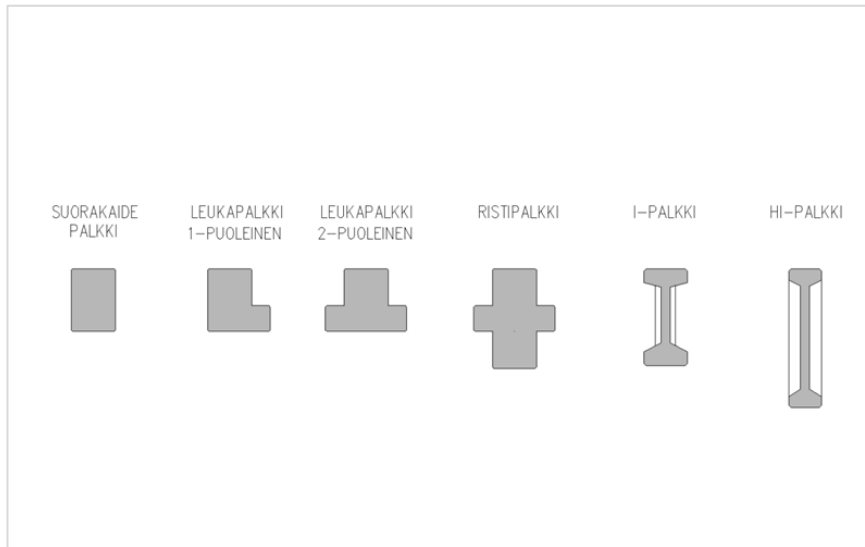
Kuvio 4. Pilarin nostolaite (HRK-Konevuokraamot Oy 2026)

Palkit ovat rakennuksen rungon rakenteiden tärkeimpiä vaakasuoria kantavia elementtejä. Niiden tärkein tehtävä on kantaa kuormia ja siirtää niitä tukirakenteille, kuten mm. pilareille. Palkkeihin kohdistuu taivutus-, leikkaus- sekä puristusvoimia. (Concrete society 2026.)

Palkki voi olla tavallinen teräsbetonipalkki tai jännitetty jännebetonipalkki. Palkkityyppejä on monenlaisia ja niiden poikkileikkaus (kuvio 6) vaihtelee käyttötarkoituksen mukaan. (Elementtisuunnittelu Oy 2023f.) Kerrostalojen runkojärjestelmässä käytetään myös paljon teräksisiä esijännitetyjä liittopalkkeja, joita kutsutaan ”deltapalkkeiksi” (kuvio 5). Näitä käytetään erityisesti yhdessä ontelolaattojen kanssa, mutta rakennetta voidaan käyttää myös kuorilaattojen tai paikallavalun kanssa, jolloin saadaan kustannustehokas välipohjajärjestelmä.



Kuvio 5. DELTABEAM-liittopalkki (Peikko Group 2026)



Kuvio 6. Erilaisia betonipalkkeja ja niiden poikkileikkaukset (Elementtisuunnittelu Oy 2023f)

2.2.3 Laatat

Laattaelementtien käytön suurimpia hyötyjä verrattuna paikallaan valamiseen ovat muotti- ja tuentatyön vähäisyys, rakentamisen huomattava nopeutuminen sekä aikaisen vaiheen työskentelytaso. Käytetyimmät laattaelementtityypit (kuvio 7) esitellään seuraavissa kappaleissa.

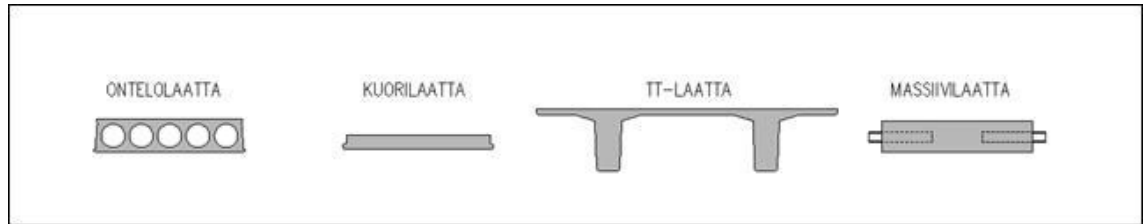
Ontelolaatta on esijännitetty laattaelementti, jossa on laatan pituussuunnassa kulkevia onteloita laatan keventämiseksi. Ontelolaatat valetaan liukuvaluna, jossa käytetään jäykkää massaa. Valukone muotoilee ja tiivistää laatan, jonka ansiosta ei tarvita erillisiä muottilaitoja ja laattaa säilyttää muotonsa. Ontelolaatta on yleisin laattatyyppi ja sitä käytetään erityisesti välipohjarakenteissa. (Elementtisuunnittelu Oy 2025.) Ontelolaatat esijännitetään laatan pohjassa kulkevilla vaijeripunoksilla. Laatan vakioleveys on 1200 mm ja korkeudet vaihtelevat 150–500

mm:n välillä riippuen rakenteesta. Ontelolaatoista saadaan rakennettua nopeasti laaja välipohja. Ontelolaattojen siirtoon ja asennukseen käytetään erillistä nostopuomia.

Kuorilaatta on ohut esijännitetty betoninen laattaelementti, joka toimii itsessään muottina paikalla valettavalle betonille. Valmiissa rakenteessa laatta ja pintavalu muodostavat yhdessä liittorakenteen, jossa kuorilaatta sisältää pääraudoituksen. Laatassa olevat ansaat takaavat hyvän tartunnan pintavalun kanssa, ja niitä voidaan käyttää myös elementin nostoon. Kuorilaatan valmistustapa on samanlainen kuin ontelolaatalla. (Elementtisuunnittelu Oy 2025a.)

Massiivilaatta on teräsbetonista valmistettu laattaelementti, jota käytetään yleensä porrashuoneissa sekä kerrostaso- ja lepotasolaattoina. Massiivilaatat voivat kantaa kuormia kahteen suuntaan, kun taas useimmat muut laattaelementit kantavat vain yhteen suuntaan. Laatan paksuuteen vaikuttaa käytettävä jänneväli, kuormitukset, välipohjarakenteen kokonaispaksuus sekä vaadittavat ääneneristystasot. Kerrostaloissa massiivilaatan suositeltu paksuus tulee olla vähintään 280 mm. (Elementtisuunnittelu Oy 2023b.) Asuinkerrostalojen porrashuoneissa kerroslaatat asennetaan normaalisti väliseinäelementtien varaan. Lepotasot tuetaan porraskuilun seinistä ääntä eristävän liitoksen avulla. Kannatuksessa käytetään teräsputkiä tai erityisiä konsoleita. (Elementtisuunnittelu Oy 2023b.)

Parvekelaatta on massiivilaatasta valmistettu parveke-elementti. Raudoitettut parveke-elementit antavat mahdollisuuden erimuotoisiin parvekkeisiin, kuten kaareviin, kiilamaisiin ja kolmion mallisiin. (Elementtisuunnittelu Oy 2023c.) Parvekelaatat voivat olla itsestään kantavia (kuvio 8) tai ne voidaan perustaa pilarien tai pieliseinien päälle. Parveke- sekä massiivilaattoja nostetaan ja asennetaan nostoelimityillä, jotka ovat nivelöityjä tai nivelöimättömiä vaijerinostolenkkejä. Vaijerinostolenkkeissä on kierre ja ne pyöritetään laatassa oleviin vemo-ankkureihin. Vemo-ankkurit ovat sisäkierteisiä teräsosia, joiden avulla parveke-elementtejä voidaan nostaa ilman kiinteitä nostolenkkejä.



Kuvio 7. Erilaisia laattatyyppjä (Elementtisuunnittelu Oy 2023c)



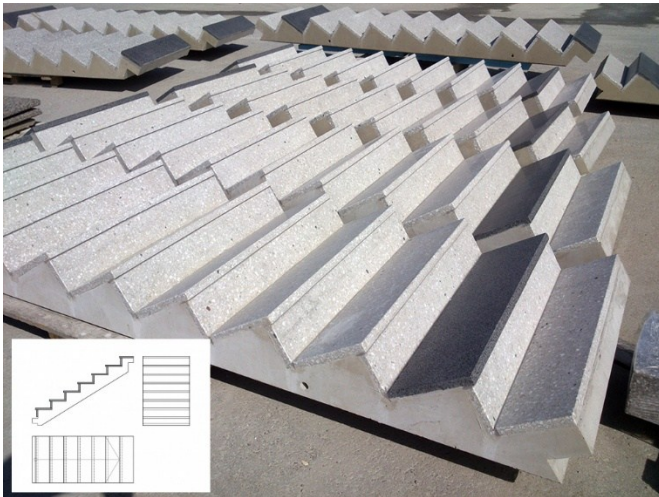
Kuvio 8. Itsensä kantava parveke-elementti (Porin Elementtitehdas 2026)

2.2.4 Porraselementit

Elementtiporras on betonista valmistettu käyttövalmis porras. Porrastyyppjä on monenlaisia, mutta kerrostalorakentamisessa käytetyimmät ovat porrassyöksy (kuvio 10) ja kierreporras (kuvio 9). Porraspinnoitteita on monenlaisia, mutta yleisimmin käytetty pinnoite on mosaiikkibetoni, josta on saatavilla useita eri väri- vaihtoehtoja (Rudus Oy 2026).



Kuvio 9. Kierreporraselementti vaakatasossa (KuukiviBetoni Oy 2019)



Kuvio 10. Suorat porrassyöksyt (Rakennustieto 2026)

2.2.5 Hissikuiluelementti

Hissikuilut kasataan työmailla yleensä seinäelementeistä, mutta nykyisin markkinoilla on yleistynyt myös valmis kerroksen korkuinen hissikuiluelementti (kuvio 11), joka säästää aikaa perinteiseen rakennustapaan verrattuna (Elementtisuunnittelu 2020a). Kuiluelementti on helppo asentaa eikä se tarvitse erillisiä elementtitukia, kuten elementtiseinät.



Kuvio 11. Hissikuiluelementin asennus (Parma Oy 2018)

2.2.6 Sokkelielementit

Sokkelielementtejä valmistetaan samalla sandwich-elementtiperaatteella (kuvio 12) kuin seinäelementtejäkin. Sokkelielementti voidaan toteuttaa myös eristämättömänä sokkelipalkkina tai pelkkänä kuorielementtinä (kuvio 13), joita käytetään kellarillisissa rakennuksissa, kuten kerrostaloissa. Elementtien korkeusasema tulee mitoittaa niin, ettei elementtejä tarvitse loveta ja että ne tukeutuvat anturan alapintaan tai peruspilarin yläpintaan. (Elementtisuunnittelu 2020b.) Sandwich-tyyppiset sokkelielementit tuetaan anturoiden päältä, kun taas kuorielementit tuetaan peruspilareiden päältä ja niissä yläpää tuetaan yleensä hitsaamalla se seinissä oleviin kiinnikkeisiin tai muulla rakennesuunnittelijan osoittamalla tavalla.



Kuvio 12. Sandwich-sokkelielementti (Betoniteollisuus ry 2022)



Kuvio 13. Sokkelin kuorielementti (Parma Oy 2026)

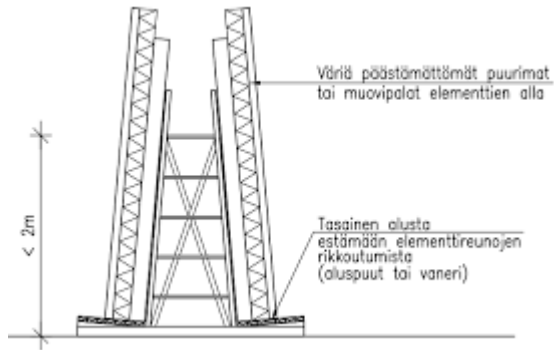
2.2.7 Kalustoa

Elementtiteline

Elementtien varastointiin tarkoitettu telinettä kutsutaan ”elementtifakiksi” (kuvio 14). Telineitä on erilaisia ja eri kokoisia (esimerkkinä A-pukki, joka esiteltty kuviossa 15), joten on tärkeää valita oikeanlainen teline eri muotoisille ja kokoisille elementeille. Elementtitelineessä voidaan varastoida pystyasennossa seinä-, kuori- ja parveke-elementtejä sekä massiivilaattoja.



Kuvio 14. Kampateline, jossa elementit tuetaan kammoilla (Betoniteollisuus ry 2020, 18)



Kuvio 15. A-pukki, jota käytetään erityisesti elementtien kuljetusautossa (NB Seinä Oy 2023, 3)

Asennusnosturit

Betonelementtien asennukseen käytetään nostokapasiteetiltään riittäviä torni- (kuvio 17) tai ajoneuvonostureita (kuvio 16).



Kuvio 16. Havatorin Liebherr 230 tn -ajoneuvonosturi nostamassa pilarielementtiä (Havator Oy 2021)



Kuvio 17. Torninosturi nostamassa seinäelementtiä (Vastavalo media 2011)

Elementtien kuljetuskalustoa

Betonielementtien kuljetukseen tarvitaan monenlaista kuljetuskalustoa riippuen elementtien tyypistä, koosta, määrästä ja muista erityispiirteistä. Joskus elementtejä joudutaan kuljettamaan myös erikoiskuljetuksina, joka vaatii erityistä suunnittelua. Elementtien kuljetus voi tapahtua esimerkiksi täysperävaunulla (kuvio 18) tai allasautolla (kuvio 19).



Kuvio 18. Seinäelementtien kuljetusta täysperävaunulla (Elementtisuunnittelu 2025c)



Kuvio 19. Seinäelementtien kuljetusta allasautolla (Elementtisuunnittelu 2025c)

2.3 Betonielementtien asennus ja suunnittelu

Betonielementtien asennus on työvaihe, jossa tehtaalla valmistetut elementit nostetaan, siirretään, ohjataan paikoilleen, tuetaan väliaikaisesti ja kiinnitetään rakennesuunnitelmien mukaisesti. Elementtien asennustyöhön liittyy erilaisia riskitekijöitä, kuten elementtikuorman purku, nostoihin liittyvät vaaratekijät sekä putoamiset, minkä vuoksi työ tulee toteuttaa huolellisesti kirjallisen asennussuunnitelman pohjalta. Betonielementtien asennus edellyttää huolellista ennakkosuunnittelua, selkeää työnjakoa sekä työturvallisuuden noudattamista ja suunnittelua. (Elementtisuunnittelu Oy 2020b.)

Elementtien asennusta ohjaa kirjallinen asennussuunnitelma, jossa määritellään mm. asennusjärjestys, nosto- ja tuentamenetelmät sekä turvallisuusjärjestelyt. Ennen työn varsinaista aloittamista tulee kaikkien osapuolten hyväksyä asennussuunnitelma ja sitoutua sen noudattamiseen. Ennen elementtien asentamisen aloittamista varmistetaan työmaan valmius, elementtien laatu ja henkilöstön pätevyys työn suorittamiseen. Asennustyön aikana tulee noudattaa tarkasti suunnitelmia sekä voimassa olevia turvallisuusmääräyksiä ja laatustandardeja. Erityistä huomiota tulee kiinnittää putoamissuojaamiseen, nostokaluston kuntoon ja elementtien asianmukaiseen käsittelyyn sekä elementtien välivarastointiin työmaalla, jotta asennus toteutuu mahdollisimman turvallisesti ja laadukkaasti.

2.4 Betonirungon kustannukset

Betonielementtirunkorakentamisessa kustannukset muodostuvat tilattavista elementeistä sekä niihin liittyvistä muista kustannuksista, kuten elementtien asennuksista, tarvittavista saumavaluista, elementtien suunnittelusta sekä elementtien kuljetuksesta ja varastoinnista. Rakennusliikkeelle suurin näistä kustannuseristä on varsinaiset betonielementit, mutta kustannukset riippuvat elementtien tyypistä, määrästä ja laadusta. Toiseksi suurin kustannuserä muodostuu elementtien asennuksesta, johon sisältyy itse asennuksen lisäksi siinä tarvittava kalusto, esimerkiksi asennusnosturi. Elementtiasennuksen kustannuksia laskettaessa pyritään mahdollisimman pieneen elementtimäärään sekä huomioidaan ja tarkastellaan elementtien asennustapaa. (Korhonen 2021.)

Saumavalut muodostavat myös ison kustannuserän, sillä siihen sisältyvät tarvittava kalusto, saumabetoni, saumaraudoitukset sekä muottikalusto. Työmaasta riippuen elementtisuunnittelun ja elementtikuljetusten kustannusten osuus vaihtelee jonkin verran. Elementtisuunnittelun kustannuksiin vaikuttavat mm. kohteen sijainti, hankkeen laajuus, käyttötarkoitus sekä rakenteiden vaativuus. Kuljetuskustannuksiin puolestaan vaikuttavat työmaan ja elementtitehtaan välinen etäisyys sekä elementtien paino ja geometria. Kuljetuskustannuksia saattaa nostattaa myös hankkeen logistiikka esimerkiksi työmaan puutteelliseen säilytystilan vuoksi. (Korhonen 2021.) Esimerkiksi kaupunkien keskustoihin rakennettavien rakennusten tontit ovat yleensä ahtaita, jolloin välivarastointia ei voida välttämättä toteuttaa ja siitä syystä elementit joudutaan asentamaan suoraan paikoilleen kuljettavasta ajoneuvosta, jonka vuoksi kustannukset nousevat.

3 ELEMENTTIASENNUKSEN TYÖJÄRJESTYS KERROSTALORAKENTAMISESSA

Betonielementtien asennus on työvaihe, jossa tehtaalla valmistetut elementit nostetaan, siirretään, ohjataan paikoilleen, tuetaan väliaikaisesti ja kiinnitetään rakennesuunnitelmien mukaisesti. Elementtien asennustyöhön liittyy erilaisia riskitekijöitä, kuten elementtikuorman purku, nostoihin liittyvät vaaratekijät sekä putoamiset, minkä vuoksi työ tulee toteuttaa huolellisesti kirjallisen asennussuunnitelman pohjalta.

Betonielementtien asennus edellyttää huolellista ennakkosuunnittelua, selkeää työnjakoa sekä työturvallisuuden noudattamista ja suunnittelua. Elementtien asennusta ohjaa kirjallinen asennussuunnitelma, jossa määritellään mm. asennusjärjestys, nosto- ja tuentamenetelmät sekä turvallisuusjärjestelyt. Ennen työn varsinaista aloittamista tulee kaikkien osapuolten hyväksyä asennussuunnitelma ja sitoutua sen noudattamiseen. Ennen elementtien asentamisen aloittamista varmistetaan työmaan valmius, elementtien laatu ja henkilöstön pätevyys työn suorittamiseen. Asennustyön aikana tulee noudattaa tarkasti suunnitelmia sekä voimassa olevia turvallisuusmääräyksiä ja laatustandardeja. Erityistä huomiota tulee kiinnittää putoamissuojaamiseen, nostokaluston kuntoon ja elementtien asianmukaiseen käsittelyyn sekä elementtien välivarastointiin työmaalla, jotta asennus toteutuu mahdollisimman turvallisesti ja laadukkaasti. (Elementtisuunnittelu Oy 2020b.)

3.1 Valmistelevat työt

3.1.1 Asennussuunnitelma

Ennen elementtien asennustyötä ja valmistelevia töitä laaditaan elementtien asennussuunnitelma. Elementtien asennustyössä päätoteuttajan vastuulla on varmistaa, että työmaalla on kirjallinen elementtien asennussuunnitelma. Rakennesuunnittelija toimittaa suunnitelmaa varten oleelliset tiedot, kuten elementtien asennusjärjestyksen, väliaikaiset tuennat ja elementtien lopulliset kiinnitystavat. Tämä on tärkeää, jotta rakenteiden vakaus säilyy kaikissa asennuksen aikaisissa työvaiheissa. Rakennesuunnittelijan on annettava tiedot

elementtien turvallisesta käsittelystä ja nostostoista sekä muista asennuksen turvallisuuteen vaikuttavista tekijöistä. Suunnitelma on hyväksyttävä asianmukaisesti eri suunnittelijoilla. (Ratu TT 5.11, 2020.) Asennusta johtavalla työnjohtajalla (asennustyönjohtaja) tulee olla riittävä pätevyys elementtiasennustöiden johtamiseen (Suomen Betoniyhdistys (BY) 2026b).

Asennussuunnitelman tavoitteena on laatia suunnittelijoiden, elementtien valmistajan, päätoteuttajan sekä asentajien kanssa yhteistyönä selkeät toimintatavat, joilla varmistetaan turvallinen elementtien asennus. Elementtien asennussuunnitelmassa tulee määrittää nostotyössä käytettävä kalusto, elementtien painot, nostopaikat ja nostoapuvälineet. (Ratu TT 5.11,2020.)

Vähintään viikkoa ennen asennustöiden aloitusta työmaalla pidetään asennustyövaiheen aloituspalaveri. Siinä käydään läpi elementtien asennussuunnitelma, joka toimii myös työturvallisuussuunnitelmana (TTS) sekä vastuunjako ja aikataulutilanne. (Elementtisuunnittelu Oy 2020b.)

Elementtien siirtämisessä käytetään nostosuunnitelmaa, jossa huomioidaan elementtien paino, muoto sekä painopiste. Nostotilanteessa on tärkeää varmistaa elementtien tasapaino, jotta vaaratilanteilta vältytään. Lisäksi siirron aikana voidaan käyttää ohjausvälineitä, kuten teleskooppivarsia, joiden avulla elementtejä voidaan hallita ja ohjata turvallisesti. (Asennuspojat LK Oy 2025.) Vaativiin nostoihin, kuten kahden nosturin yhteisnostoihin, laaditaan erillinen kirjallinen nostotyösuunnitelma. Elementtikuorman saapuessa työmaalle tehdään elementtien vastaanottotarkastus, jossa mahdolliset puutteet/virheet kirjataan ylös ja ilmoitetaan elementtitoimittajalle.

Ennen varsinaisen asennustyön aloitusta varmistetaan alustan kantavuus ja se puhdistetaan jäätä, lumesta ja irtoroskista. Alustan tulee olla vakaa ja tasainen. Ennen varsinaisen asennustyön aloittamista valmistellaan työmaa huolellisesti. Työmaan valmistelu pitää sisällään työmaan turvallisuuden varmistamisen, kuten asianmukaisen kulkureittien merkitsemisen sekä tarvittavien turvatoimien huomioimisen (mm. nosto- ja asennusalueen rajaus). Työmaan turvallisuuskoordinaattorin tehtävänä on varmistaa, että kaikki työmaalla työskentelevät ovat tietoisia turvallisuusohjeista. (Asennuspojat LK Oy 2025.)

3.1.2 Elementtiasennukseen liittyvät mittaukset

Elementtiasennus on mittatarkkaa työtä. Ennen elementtien asennusta työmaalla mitataan ja merkitään elementtien tarkat paikat mittaamalla ne esimerkiksi perustuksista tai muista mittatarkoista pisteistä. Yleisin tapa kuitenkin on, että mittamies merkitsee elementtien nurkkapisteet sekä linjat takymetria käyttäen, jolloin saadaan kaikista tarkin mittaustulos. Vaihtoehtoja ja tapoja mitoittamiseen on monia. Mittamies voi esimerkiksi merkitä rakennuksen moduulilinjat, jolloin asentajat itse mittaavat paikat moduulilinjoja hyödyntäen. Käytetyin ja varmin tapa on kuitenkin mitata elementin nurkkapiste suoraan täkymetrillä ja merkata se lyöntiniitillä alustaan ja maalata päälle, jolloin asentajilla on helppo kohdistaa elementti millilleen oikeaan paikkaan. Tällöin saadaan tarkoin lopputulos, sillä mittojen siirtäminen muista pisteistä lisää aina mittausvirheen mahdollisuutta.

Toinen tärkeä mittaus ennen elementtien asennusta on elementin korkeusaseman määrittäminen. Korkeusasema määritetään mittamiehen antamasta korkeuspisteestä, josta se on helppo siirtää asennuspaikalle esimerkiksi tasolaseria käyttäen. Kerrostaloissa on yleensä paljon erilaisia elementtejä, joten on tärkeää, että kaikkien elementtien korkeusasemat mitataan samasta pisteestä keskinäisten korkeuserojen välttämiseksi. Yleinen tapa kerrostalorakentamisen korkojen hallinnassa on "metrin korko", eli merkitään korkeuspiste metrin korkeudelle valmiista lattiapinnasta. Tästä pisteestä mitoittetaan koko kerroksen kaikkien rakenteiden korkeusasemat, jolloin ne pysyvät linjassa keskenään ja korkeuseroista johtuvilta ongelmilta vältytään.

Elementit asennetaan muovisten tai rautaisten asennuspalojen päälle, joilla on helppo säätää elementti haluttuun korkeusasemaan. On erittäin tärkeää huomioida elementin paino sekä asennuspalojen kantavuus ja määrä, jotta varmistutaan elementin turvallisesta asennuksesta.

3.1.3 Kalusto ja kaluston valmistelu

Betonielementtien asennuskalustoon kuuluu laaja valikoima nosto-, siirto-, ja asennustyökaluja, jotka mahdollistavat raskaiden elementtien käsittelyn työmaalla. Keskeisintä asennuskalustoa ovat asennustyökalut, kuten vatupassi, tasolaser, elementtikanki, mittanauha, vasara, pulttikone, kulmahiomakone,

iskuporakone, erilaiset kiintoavaimet, radiopuhelin, porakone ja hitsauskone. Elementin tyyppi määrittelee sen, millaisia työkaluja asennuksessa tarvitaan. Muuta tarvittavaa kalustoa ovat elementtien tuentakalusto, kuten esimerkiksi elementtituet eli "tönärit" ja asennustuet sekä niistä koostuvat tukirakenteet. Ennen asennusta on tärkeää, että kaikki tarvittava kalusto löytyy ja on tarkastettu toimivaksi. Asennuksen kannalta keskeisimpien työkalujen osalta on hyvä varautua myös varatyökaluihin, ettei asennus pysähdy jonkin työkalun hajoamisen takia. Ennen asennusta kaikki tarvittava kalusto nostetaan/siirretään valmiiksi asennuspaikalle ja mahdolliset tukirakenteet kasataan ja asennetaan valmiiksi. Lisäksi asennuksessa tarvittavat nostoapuvälineet tarkastetaan ennen nostotyön aloittamista.

3.2 Seinäelementtien asennus

Seinäelementtien asennusporukkaan kuuluu yleensä 2–5 henkilöä ja se voi muodostua esimerkiksi kahdesta asentajasta, yhdestä asennuksia valmisteleavasta ja avustavista töitä (esimerkiksi "perskuran" asennus ja valmistus) tekevästä apumiehestä sekä yhdestä alamiehestä, joka vastaa elementtien kiinnittämisestä nosturiin elementtien varastointipaikalla. Lisäksi asennuskohteessa tulee olla asennuksesta vastaava asennustyönjohtaja.

Seinäelementtien nosto toteutetaan kiinnittämällä nosturin nostokettingit elementeissä oleviin nostolenkkeihin. Ennen nostotyön aloittamista varmistetaan, että nostokettinkien nostokoukut ovat lukkiutuneessa asennossa ja ketjut ovat suorassa ilman kiertymiä. Tarvittaessa elementtien siirrossa hyödynnetään ohjausköyttä hallitun liikkeen varmistamiseksi. (Betoniteollisuus ry 2010, 38.)

Aukollisten seinäelementtien osalta tulee varmistaa riittävä jäykkyys aukkojen kohdalla. Mikäli tehtaalla asennetut tuennat eivät ole riittävät, elementtiä vahvistetaan tilapäisesti esimerkiksi kiilaamalla soiro oviaukon vapaaseen päähän noston ajaksi. (Betoniteollisuus ry 2010, 38.)

Elementti ohjataan asennuspaikalleen elementtikankia apuna käyttäen, minkä jälkeen sen paino siirretään aluspalojen varaan ja elementti tuetaan suunnitelmien mukaisesti. Tämän jälkeen nostokoukut voidaan irrottaa

turvallisesti. Irrotus suoritetaan henkilönostimen, telineiden tai tikkaiden avulla, tai vaihtoehtoisesti käyttämällä maasta käsin avattavia nostokoukkuja. Irrotusvaiheessa on huolehdittava, että nostokettingit pysyvät riittävän kireinä hallitun ja turvallisen irrotuksen varmistamiseksi. (Betoniteollisuus ry 2010, 38.)

3.3 Parveke, lepotaso- ja ontelolaatta-asennus

Parvekelaattoihin on hyvä asentaa suojakaiteet valmiiksi ennen asennusta tai viimeistään heti asennuksen jälkeen. Turvallisuuden näkökulmasta on kuitenkin turvallisempaa asentaa suojakaiteet jo ennen asennusta. Parvekelaatat nostetaan sisäkierreankkureihin tai nostolenkkeihin kiinnitettävillä nostoelimillä. (Betoniteollisuus ry 2010, 38.)

Parvekelaatta nostetaan asennusnosturilla elementin ja parvekkeen tyypistä riippuen joko parvekerakenteiden (esimerkiksi pilarien tai pielin) päälle tai mikäli kyseessä on itsensä kantava ulokeparveke, asennetaan laatta asennustuista rakennetun tukitornin päälle. Parvekkeita ei yleensä tarvitse työaikaisesti kiinnittää ennen valua, mutta laattoja saatetaan hitsata kiinni välipohjarakenteisiin tai käyttää ontelolaattarakenteen kanssa saranakiinnitystä.

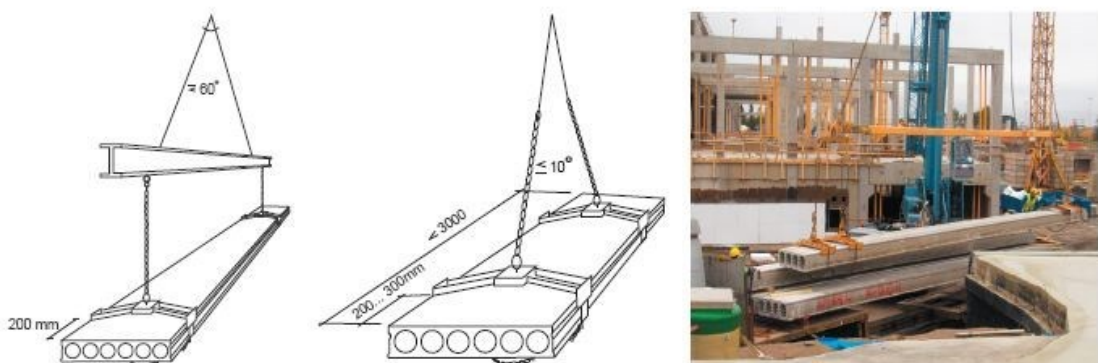
Lepotaselementtien nostaminen on hyvin samanlainen prosessi kuin parvekelaattojen nostaminen. Suojakaiteet asennetaan ennen nostoa tai heti noston jälkeen. Elementit nostetaan nostamiseen tarkoitetuista nostolenkeistä tai pyöritettävillä nostoelimillä, jotka kiinnitetään laatasta sijaitseviin vemoankkureihin. Lukkiutuvat nostokoukut kiinnitetään nostoelimiin tai nostolenkkeihin. Lepotaselementit asennetaan edellisen lepotason tai kerrostason päälle rakennetulta telineeltä. Nostotilanteissa käytetään tarvittaessa apuna asennusköyttä tai liinaa elementin hallitun asentamisen varmistamiseksi. Elementin paino siirretään asennuspalojen varaan, jonka jälkeen elementti liikutellaan lopulliseen paikkaansa elementtikankien avulla. (Betoniteollisuus ry 2010, 38.)

Kun lepotaselementtejä asennetaan ahtaaseen kuiluun, käytetään lyhennyskoukuilla varustettuja nostokettinkejä. Niissä elementin toisen pään ketjut saadaan lyhennettyä, jolloin elementti mahtuu laskeutumaan ahtaaseen kuiluun. Elementit asennetaan neopreenikumien päälle. Jos saumat

betonoidaan, tulee kumin olla vähintään 20 mm paksu. (Betoniteollisuus ry 2010, 38.)

Ontelolaattojen nostoissa käytetään nostopuomia. Nostopuomi on nostosaksilla ja varmuusketjuilla varustettu nostoapuväline (kuvio 20), joka on tarkoitettu ontelolaattojen nostoon ja asennukseen. Nostopuomi voi olla joko kiinteä tai jatkettava. Jatkettavia nostopuomia saa nostaa vain puomin päädyssä olevista korvakkeista ja puomia jatkettaessa puomin on oltava maassa tai jonkin alustan päällä. Nostopuomia käytettäessä nosturin ketjujen haarakulma saa olla korkeintaan 60 astetta ja puomissa tulee olla merkittynä sen maksimi nostokapasiteetti. Alle 3 metriä pitkät ontelot voidaan nostaa pelkillä saksilla ilman puomia, mutta tällöin ketjujen haarakulma ei saa ylittää kymmentä astetta ja ketjujen minipituus on 10 metriä. (Betoniteollisuus ry 2010, 36.)

Asennussakset tulee kiinnittää ontelolaatassa olevaan nostouraan keskeisesti siten, että laatan ja asennussaksen väli on minimissään 200 mm. Asennussaksien puristuspinta on noin 500 mm. Epäsymmetristen laattojen nostossa tulee huomioida, että laatat nousevat vaakatasossa, jolloin asennuksia tulee siirtää painopisteen mukaisesti. Raskaimmissa ontelolaattatyypeissä on käytettävä useampaa kuin kahta asennussaksea riippuen laatan pituudesta. (Betoniteollisuus ry 2010, 37.)



Kuvio 20. Ontelolaatan erilaisia nostotapoja (Elementtisuunnittelu Oy 2020b)

Nostettaessa tulee aina käyttää varmistusketjuja, jotka on pujotettu ontelolaatan alle. Ketju on kiristettävä ja sen lukitus tulee varmistaa. Varmistusketju avataan

vasta, kun laatta on 100 mm päässä tukipinnasta tai vasta niin myöhäisessä vaiheessa, kuin se vain suinkin on mahdollista. Asennussaksien kiinnittämisessä tulee huomioida saksen asennus niin päin, että varmuusketju voidaan irrottaa holvilta. Asennus alkaa ontelolaatan nostolla asennuspaikalle. Seuraavaksi irrotetaan varmistusketju mahdollisimman lähellä tukipintaa ja elementti ohjataan oikealle paikalle käyttämällä apuna elementtikankea. Kun elementti on oikealla paikallaan, varmistetaan, että vähimmäistukipinnat täyttyvät. Ensimmäinen laatta tulee asentaa mittatarkasti, jotta laattojen asennus sujuu suunnitellusti. Viimeisenä vaiheena irrotetaan ontelolaatta asennussaksesta. (Betoniteollisuus ry 2010, 37.)

Mikäli ontelolaattaa ei voida nostaa asennussaksilla, käytetään silloin nostoketjuja. Jos ontelossa on nostolenkit, suoritetaan nosto ensisijaisesti niistä nostoketjuja hyödyntäen. Yli 8 metriä pitkät kavennetut laatat varustetaan automaattisesti tehtaalla nostolenkein. Kun kavennettuja onteloita nostetaan kuula-ankkurein, tulee nostokohdan sijaita 300–500 mm päässä laatan päädystä. On myös varmistettava, että laatta pysyy noston ajan vaakasuorassa. (Betoniteollisuus ry 2010, 37–38.) Mikäli laattoja joudutaan asentamaan vinoon ja kulma on yli 1:5, tulee laatat nostaa nostolenkeistä paikoilleen. Vinoon asennettavien onteloiden liukuminen on estettävä hitsattavilla asennustoppareilla tai muulla vastaavalla tavalla. (Betoniteollisuus ry 2010, 38.)

Nämä edellä mainitut asiat ovat lähdemateriaaleista kerättyä tietoa ja ns. yleisiä ohjeita koskien ontelolaatta-asennuksia. Ontelolaattojen asennuksessa on kuitenkin erittäin tärkeää noudattaa ontelolaattavalmistajan omaa asennusohjetta, sillä ohjeet voivat hieman poiketa toisistaan.

3.4 Betonielementtien väliaikaiset tuennat

Seinäelementit asennetaan yleensä asennuspalojen tai neopreeninauhan varaan. Asennuspalat voivat olla esimerkiksi terästä tai muovia, ja niiden avulla säädetään elementin suoruus ja korkeusasema. Teräksisten asennuspalojen tulee olla ruostumattomia tai riittävän hyvin suojattuja juotosvalun sisällä. (Betoniteollisuus ry 2010, 41.)

Elementtien tuennan on oltava luotettava ja siinä saa käyttää ainoastaan siihen tarkoitettuja tukivälineitä. Kiinnikkeet tulee asentaa valmistajan ohjeiden mukaisesti ja ohjeiden tulee olla työmaalla saatavilla. Tukien kiinnityskohteiden sekä elementissä että alustassa on oltava turvallisia, eikä useita tukia saa kiinnittää samaan pisteeseen. Lisäksi tuentavälineiden kunto ja asianmukaisuus tarkastetaan säännöllisesti osana työmaan viikkotarkastuksia. (Betoniteollisuus ry 2010, 41.)

Elementtien tuennat sekä kiinnitykset kirjataan asennussuunnitelmaan. Rakennesuunnittelija tai elementtitoimittaja antaa ohjeet lopulliseen kiinnitykseen. Elementti voidaan irrottaa asennusnosturista vasta, kun elementti on kiinnitetty ja tuettu kunnolla suunnittelijan ja valmistajan ohjeiden mukaan. Asennettaessa elementti kiinnitetään mahdollisimman pian muuhun rakennuksen runkoon. (Betoniteollisuus ry 2010, 41.)

Seinäelementit tai vastaavat rakenteet tuetaan vähintään kahdella säädettävällä elementtituella (kuvio 21). Elementtitukien yläpäiden kiinnityspisteiden tulee sijaita elementin painopisteen yläpuolella riittävän vakauden varmistamiseksi. Mikäli kyseessä on korkea seinäelementti, eikä kiinnityspistettä voida sijoittaa painopisteen yläpuolelle, tulee elementti tukea muulla tavoin riittävän turvallisesti. Kun elementtitukien kiinnityksessä käytetään vemo-ankkureita, tuet kiinnitetään pulttaamalla molemmista päistään elementissä oleviin sisäkierteisiin. Pultit kiristetään huolellisesti paikoilleen käyttäen pulttikonetta tai -avainta. (Betoniteollisuus ry 2010, 41.)

Elementtituet voidaan kiinnittää myös riittävän paksuilla betoniruuveilla rakennuksen välipohjaan sekä itse elementtiin. Elementtituen kiinnityksen jälkeen sokka kiinnitetään ja tuet kiristetään. Tuissa olevilla kierteillä voidaan säätää elementin pystysuoruutta ja näin varmistetaan, että elementti saadaan asennettua suoraan. Kun elementtituki kiinnitetään välipohjarakenteeseen, on erittäin tärkeää varmistaa, että paikallaan valettu välipohjarakenne on riittävän kova ja kestävä kiinnitystä varten. Jos tukia kiinnitetään poraamalla ontelolaattoihin, on tärkeä huomioida, että tuki kiinnitetään onteloon laatan selän kohdalta eikä esimerkiksi ontelon kohdalta, jossa saattaa olla vain vähän betonipaksuutta. Maantasolla tai kellarikerroksissa, joissa ei ole betonilattiaa tai

välipohjarakennetta, elementti tuetaan riittävän suurin siirrettäviin betonipainoihin.



Kuvio 21. Seinäelementti tuettuna elementtituilla eli "tönäreillä" (Ramirent Oy 2026)

Ontelolaatat tuetaan säädettävillä pystytuilla ja tuennat tehdään ontelolaattojen asennuksen jälkeen tehtaan täydentämien suunnitelmien tai rakennesuunnittelijan ohjeiden mukaan. Pystytuet poistetaan vasta, kun saumavalu on kovettunut ja tukien poistoon on saatu rakennesuunnittelijan lupa. Mikäli ontelolaatassa on esimerkiksi aukko tuen kohdalla tai laatan jompikumpi pää ei tule tuelle, tulee tuenta tehdä kyseiselle laatalle ennen laatan nostamista paikoilleen. Ontelolaattojen tuennassa on tärkeää huomioida minimitukipinnat, jotka tulee varmistaa elementtivalmistajalta tai rakennesuunnittelijalta. (Betoniteollisuus ry 2010, 41–43.)

Kuori- ja liittolaatastoissa tuenta toteutetaan asentamalla kannatinpalkit laataston alle ja säädettävät pystytuet valun aikaisen taipuman estämiseksi. Kannatinpalkit asennetaan poikittain laatastoon nähden. Pystytukia tulee yksi tai useampi rivi riippuen laattaelementin ja -tyypin jännevälisestä. Pystytuet tulee kiristää kannatinpalkkia vasten. Laataston reunat tuetaan myös. (Betoniteollisuus ry 2010, 42.)

Lepotaselementit tuetaan ennen juotosvalua joko kuiluelementissä olevaan konsoli kannakkeeseen tai kuiluelementtiin tehtyyn koloon. Tukipintana voivat toimia betoniset tai elementtiin valmiiksi asennetut teräksiset ulokkeet. Tämän

jälkeen elementin pulttiliitokset kiristetään ja teräksiset liitososat kiinnitetään hitsaamalla. (Betoniteollisuus ry 2010, 42.)

Pilari-elementit tuetaan vähintään kahdella säädettävällä elementtituella. Mikäli kiinnityksessä käytetään sisäkierreankkureita, kiinnitetään tuet molemmista päistä elementin kierreosiin ja pultit kiristetään mutterivääntimellä tai -avaimella. Tukien kierteiden avulla elementin pystysuoruus voidaan säätää tarkasti. Palkkielementit puolestaan tuetaan säädettävien pystytukien varaan, jotka sijoitetaan palkin alle suunnittelijan ja valmistajan ohjeiden mukaisesti. Pitkien ja korkeiden palkkien kohdalla voidaan kaatumisen estämiseksi käyttää lisäksi palkkiharuksia, jotka poistetaan vasta, kun rakenteen paikoillaan pysyvyys on varmistettu. (Betoniteollisuus ry 2010, 42.)

Matalapalkkien asennuksessa on huomioitava niihin kohdistuvat kuormitukset, esimerkiksi epätasaisen kuormituksen aiheuttama vääntö. Keskipalkkien kohdalla tätä voidaan vähentää asentamalla laattoja vuorotellen palkin eri puolille. Reunapalkkien osalta vääntö hoidetaan joko liittämällä palkki pilariin tai käyttämällä väliaikaista tuentaa asennuksen aikana. Tuet sijoitetaan yleensä noin 200–500 mm päähän tuesta siten, että ne tulevat leukapalkin alle lähelle leuan juurta. (Betoniteollisuus ry 2010, 42.)

Porraselementti tuetaan väliaikaisesti ennen juotosvalua, jotta sen liikkuminen estyy. Teräksiset kiinnitysosat hitsataan paikoilleen heti asennuksen yhteydessä. Hitsauksessa tulee huomioida, että käytettävä teräs soveltuu hitsaukseen. Porraselementti voidaan irrottaa nostokalustosta vasta, kun väliaikainen tuenta on tehty. (Betoniteollisuus ry 2010, 42.)

Väliaikaiset tuet voidaan poistaa vasta, kun elementit on kiinnitetty lopullisesti ja suunnittelija on antanut siihen luvan. Suunnittelija määrittelee milloin ja missä järjestyksessä tuet poistetaan sekä tarvitaanko purkamisen jälkeen lisätuentaa. Tukien poistamisesta tulee olla selkeät ohjeet elementtien asennussuunnitelmassa. (Betoniteollisuus ry 2010, 43.)

3.5 Saumabetonoinnit ja liitokset

Elementtirakentamisessa voimat ja kuormitukset siirtyvät elementeiltä toisille niiden välisten liitosten avulla. Elementtien liitokset ovat yleensä jälkivalettavia saumoja, pulttiliitoksia tai hitsattavia liitoksia. Liitosten suunnittelun perustana on, että se kestää kaikki liitoksille tulevat kuormitukset ja rasitukset suunnitellusti. (Elementtisuunnittelu Oy 2023d.) Elementtien onnistunut saumojen betonointi on tärkeä edellytys rakennuksen kuormankantokyvyille, vakavuudelle, palonkestolle, tiiveydelle sekä ääneneristävyydelle (Suomen Betonitieto Oy 2002, 3).

3.5.1 Elementtien saumabetonoinnit

Betonielementtien liitoksissa käytetään betonia juotosvaluissa. Erilaisia betonielementtirakentamisessa käytettäviä juotosvaluja ovat esimerkiksi seinäelementtien pysty- ja vaakasaumojen valut, ontelolaattojen saumavalut, pilareiden alusvalut, liittopalkkien täyttövalut sekä muut erilaiset täyttövalut. Elementtien saumojen betonointi on rakenteellisesti tärkeä työvaihe, joka edellyttää työntekijältä sen osaamista ja työnjohtajalta betonityönjohtajan pätevyyttä. Saumabetonoinnit on tehtävä oikeaan aikaan ja käyttäen rakenteeseen sopivaa betonilaatua. Betoni tulee tiivistää ja jälki hoitaa asianmukaisesti, jotta lopputulos on kestävä. Valuissa voidaan käyttää valmisbetonia tai kuivatuotteita, ja valinnan näiden välillä tekee työstä vastuussa oleva henkilö. Pienemmissä valuissa kuivatuotteet ovat usein käytännöllinen ratkaisu. Sen sijaan pystysaumabetoni ei sovellu hyvin sellaisten elementtisaumojen valamiseen, joissa siirtyy suuria kuormia, kuten jäykistävässä seinäelementeissä. (Johansson 2025.)

Elementtien saumaustyö tapahtuu työmaalla pääosin valmisbetonilla pumpaamalla. Saumojen betonointi on kriittinen työvaihe. Sää ja lämpötila on huomioitava työn suunnittelussa ja toteutuksessa erityisesti talviolosuhteissa. Tavallinen betoni vaurioituu, jos sen lämpötila tuoreena laskee alle 0°C. Tällöin seurauksena voi olla merkittävä lujuuden heikkeneminen, terästen tartunnan lähes täydellinen menetys ja rakenteen kestävyysalennus. Lisäksi betonin lujuuden kehittyminen hidastuu selvästi jo silloin, kun lämpötila laskee alle +5°C. Koska sääennusteisiin liittyy aina epävarmuutta, talvityöohjeita on noudatettava

aina, kun lämpötilan arvioidaan voivan laskea alle +5 °C tai kun elementtien lämpötila saumaushetkellä on alle tämän rajan. Saumabetonin jäätyminen on estetävä kaikissa olosuhteissa siihen asti, kunnes betoni on saavuttanut vähintään 5 MPa:n jäätymslujuuden. (Johansson 2025.) Markkinoilla on paljon talvibetonointiin soveltuvia kuivatuotteita, joita voidaan käyttää jopa -15°C ilman erillistä suojausta tai lämmitystä.

Yksi työmaalla käytettävä seinäelementtien saumausmenetelmistä on pystysaumojen valaminen yläkautta, jolloin sauma valutetaan yläkautta täyteen löyssällä massalla. Toinen paljon käytetty vaihtoehto on pystysaumojen pumppaus, jossa saumat pumpataan täyteen ja tämän jälkeen tasoitetaan. Seinäelementin alasauman betonointi tehdään valmisbetonilla painelaatikkovaluna. (Johansson 2025.) Alasauman betonoinnin voi tehdä myös kuivatuotteilla juotosvaluna tai ”perskuralla” asennuksen yhteydessä. Tämä tarkoittaa sitä, että ennen elementin nostoa paikoilleen levitetään tuore pystysaumabetoni valmiiksi, jonka päälle elementti sitten lasketaan. Asennuksen jälkeen ylimääräiset betonipurseet pyyhitään pois ja näin ollen saadaan alasauma betonoitua jo asennuksen yhteydessä. Saumojen betonoinnissa on tärkeää käyttää oikean lujuusluokan omaavaa massaa, jonka lujuuden rakennesuunnittelija määrittää.

Ontelolaataston saumauksessa on tärkeää varmistaa useita työvaiheita ennen valua ja sen aikana. Saumaraudoitukset tulee tarkastaa huolellisesti ja teräkset pitää tukea irti sauman pohjasta, jotta ne sijoittuvat oikein betonin sisään. Lisäksi on varmistettava, että kaikki reiät ja varaukset ovat oikeissa kohdissa. Saumat on puhdistettava huolellisesti, tarvittaessa myös kastelemalla, jotta betoni tarttuu kunnolla. Puhdistus tulee tehdä sekä alapuolelta (esimerkiksi harjaamalla) että yläpuolelta ennen valua. Samalla tarkastetaan muotit ja tukilaudoitukset, jotta ne kestävät valun rasitukset. Betonipumpun ja massan saatavuus on varattava ajoissa, jotta työ etenee sujuvasti. Valun jälkeen saumat viimeistellään joko täyteen valetuiksi tai osittain vajaiksi rakennesuunnitelmien mukaisesti, jonka jälkeen pinnat puhdistetaan tarvittaessa. (Johansson 2025.)

3.5.2 Liitokset ja erilaisia liitostyyppejä

Liitoksia suunniteltaessa kannattaa ensisijaisesti hyödyntää valmiiksi kehitettyjä ja käytännössä toimiviksi todettuja vakioratkaisuja. Betonielementtien liitokset toteutetaan työmaalla tavallisesti näiden vakio-liitosten ja standardoitujen teräsosien avulla. Näille teräsosille on yleensä olemassa käyttöselosteet ja ohjeet, joista suunnittelija voi tarkistaa esimerkiksi materiaalit, käyttötavat sekä kestävyys-erilaisissa kuormitus- ja rasitusolosuhteissa. (Elementtisuunnittelu Oy 2023i.) Erilaisia liitostyyppejä esitellään seuraavissa kappaleissa.

Valuliitos on yleisin liitostapa betonielementeissä. Usein juotosliitoksessa käytetään betonin lisäksi raudoitusta, jonka avulla saadaan liitoksista kestäviä. Erilaisia valuliitoksia käytetään kerrostalorakentamisessa laattojen ja palkkien saumoissa, laattojen välisissä saumoissa, pilarin alapään juotoksessa sekä seinien pysty- (kuvio 22) ja vaakasaumoissa. Jälkivalettavissa vaakasaumoissa sauman tulee olla vähintään 20 mm paksu. Ennen asennusta levitettävän laastikerroksen tulee olla vähintään 10 mm paksu. (Elementtisuunnittelu Oy 2024.)

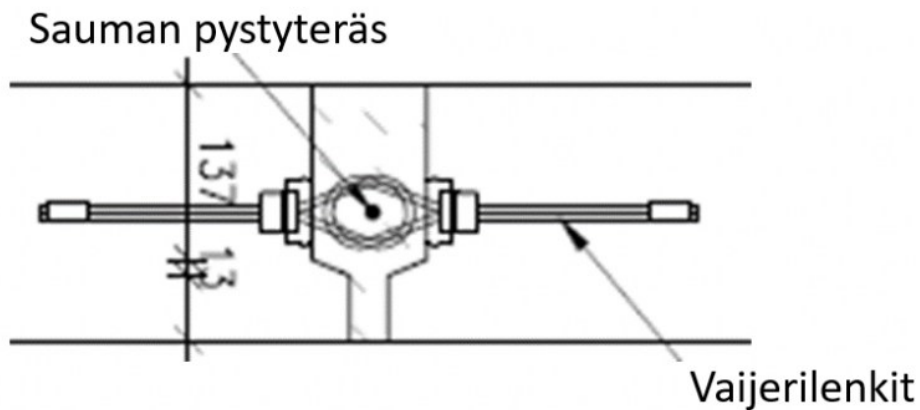
Pulttiliitos on kahden rakenteen välinen liitos, jossa rakenteiden liittämiseen käytetään kierteitettyjä pultteja, aluslevyjä sekä muttereita (Harmaala 2025). Betonielementtirakentamisessa pulttiliitokset ovat yleinen valinta, koska ne ovat oikein suunniteltuina luotettavia, nopeita asentaa ja kustannustehokkaita. Suunnittelussa on kuitenkin tärkeää kiinnittää erityistä huomiota liitettävien rakenteiden toleransseihin, jotta liitokset toimivat suunnitellusti. (Elementtisuunnittelu Oy 2024.) Pulttiliitokset nopeuttavat rakentamista huomattavasti, sillä pulttiliitos kykenee siirtämään kuromia heti muttereiden kiristämisen jälkeen. Pulttiliitoksessa ei tarvita raudoituksia tai erillistä työnaikaista tuentaa. Erilaisia käyttökohteita on esimerkiksi pilarin liitos perustuksiin, jäykistävän seinäelementin pulttiliitos, palkin liitos pilariin tai jatkuvien palkkien Gerber-liitos. (Harmaala 2025.) Pulttiliitoksia voidaan käyttää osana rakennuksen jatkuvan sortumisen estävää sidejärjestelmää (Elementtisuunnittelu Oy 2024).

Pulttiliitos on nykyään yleisin tapa liittää pilari. Se on kuitenkin herkkä toleranssien ylityksille, minkä vuoksi peruspulttien asennuksessa on tärkeää käyttää työnaikaisia sabluunoita oikean sijainnin varmistamiseksi. Kun teräsosat on saatu

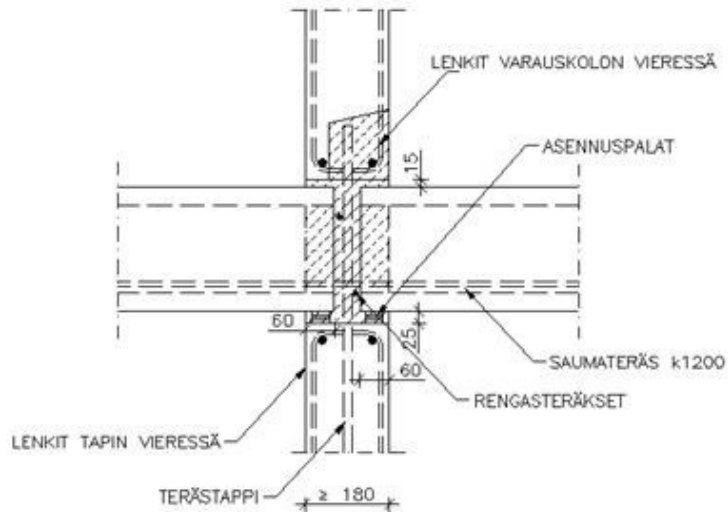
paikoilleen sallittujen asennustoleranssien mukaisesti, pilarin pulttiliitoksen asentaminen sujuu nopeasti. Asennustoleranssit tulee esittää selkeästi piirustuksissa ja ne perustuvat teräsosavalmistajan antamiin ohjeisiin. (Elementtisuunnittelu Oy 2024.)

Palkin liitostapaan pilariin vaikuttaa se, minkälaisia kuormia liitoksen kautta siirretään. Pelkkien pystykuormien siirtämiseen riittää piilokonsoliliitos, mutta mikäli pystykuormien lisäksi täytyy siirtää myös momenttia, on käytettävä pulttiliitosta. (Harmaala 2025.)

Hitsausliitosta käytetään yleensä silloin kun pultti- tai valuliitosta ei voida käyttää. Rakenteen ja liitoksen vaatimukset, kuten toleranssit, kuormansiirtokyky sekä asennustapa, voivat joskus olla sellaisia, että ainoaksi toimivaksi vaihtoehdoksi jää hitsausliitos. (Elementtisuunnittelu Oy 2024.) Hitsausliitoksia käytetään kerrostalorakentamisessa esimerkiksi sokkeli kuorielementtien kiinnitykseen, vaarantappiliitoksiin sekä liittopalkkien kiinnittämiseen. Kuviossa 23 on esitelty yksi vaihtoehto seinäelementin yläpään ja alapään liitoksesta.



Kuvio 22. Esimerkki seinäelementin pystysaumasta (Fise Oy 2019)



SUUNNITTELUSSA JA ASENNUKSESSA ON ERITYISESTI HUOMIOITAVA:

- TUKIPINNAT ASENNUS- JA LÖPPUTILANTEESSA (HUOMIOITAVA LAATTAKOHTAISESTI)
- SAUMA- JA RENGASRAUDOITUS
- JUOTOSBETONI JA LIITOKSEN KUORMAKAPASITEETTI
- YLLEENSÄ YLI 8-KERROKSISSA TALOISSA LIITOS BETONINORMIKORTTI 27 MUKAISESTI

Kuvio 23. Kantavan väliseinäelementin alapään liittyminen alempaan seinäelementtiin ontelolaattaan tartuntateräksen ja varauskOLON avulla (Elementtisuunnittelu Oy 2024)

3.6 Asennuksen jälkeiset tarkastukset ja toimenpiteet

Kun koko elementtiseinä tai useampi elementti on saatu asennettua paikalleen, seinälinjat suoristetaan. Linja tarkistetaan mittaamalla esimerkiksi teodoliitilla, vaaituskojeella ja mitan avulla. Mahdolliset pienet mitta- ja asennuspoikkeamat korjataan säätämällä elementtien sijaintia sekä tukia. Elementtien pystysuoruus voidaan säätää tukien kierteiden avulla, kun taas sivusuunnassa elementtejä siirretään elementtikankien avulla, jotta linja saadaan tarkasti kohdalleen. (Betoniteollisuus ry 2010, 44.)

Ontelolaataston asennuksen jälkeen suoritetaan laattojen tasaus ennen saumavalua. Ontelolaataston alle asennetaan kannatinpalkit ja säädettävät pystytuet, joilla laatastoa tuetaan ja tarvittaessa oikaistaan. Pystytukien avulla laataston alapinta säädetään samaan tasoon nostamalla laattaa sen päistä ja lisäämällä tarvittavat korkolaput. Ennen kuin onteloiden saumat on valettu ja saumabetoni saavuttanut riittävän lujuuden, laatastoa ei saa kuormittaa. Tuennat poistetaan vasta suunnittelijan ohjeiden mukaisesti betonin kovettuttua. (Betoniteollisuus ry 2010, 43.)

Yli 265 mm paksuja ontelolaattoja ei tasata lainkaan, koska niiden suuri jäykkyys voi aiheuttaa laattojen päiden irtoamisen tuelta. Vierekkäisten laattojen kaarevuuseroja voidaan kuitenkin tarvittaessa korjata esimerkiksi säädettävillä pystytuilla, poikittaisilla tuilla, kiristyspulteilla tai erikorkuisilla asennuspaloilla. (Betoniteollisuus ry 2010, 43.)

Laataston tasaaminen kuormittamalla tai nosturilla on kielletty. Ennen tasausta on estettävä laattojen pituussuuntainen liikkuminen esimerkiksi kiilaamalla päätysaumat ja samalla tulee varmistaa, ettei laattoja vaurioiteta. Tasaus saa olla enintään 0,1 % jännevälistä (1 mm per metri) ja O37-, O40- ja O50-laatoilla enintään 0,05 % (0,5 mm per metri). (Betoniteollisuus ry 2010, 43.)

4 ONNISTUMISEN EDELLYTYKSET ELEMENTTIASENNUKSESSA

Elementtiasennuksen onnistuminen edellyttää usean eri osa-alueen onnistunutta toteutusta, joista keskeisimpiä ovat suunnittelu, logistiikka, työmaaolosuhteet, osaava henkilöstö sekä laadunvarmistus. Huolellisesti ja tarkkaan laadittu asennussuunnitelma ennen työn aloittamista on perusta onnistuneelle elementtiasennukselle, sillä siinä määritellään elementtien asennusjärjestys, tuenta, nostokaluston käyttö sekä huomioidaan elementtien turvallinen asennus. Tarkkaan laaditulla suunnitelmalla pyritään vähentämään työmaalla syntyviä virheitä ja aikatauluviivästyksiä. (Ratu TT 5.11, 2020.) Rakennustyön turvallisuudesta ja suunnitelmallisuudesta on määritelty myös valtioneuvoston asetuksessa, joka koskee rakennustyön turvallisuutta (Valtioneuvoston asetus rakennustyön turvallisuudesta 2009/205).

Elementtirakentamisessa tärkeää on toimiva ja sujuva logistiikka, sillä elementtien toimitusten tulee tapahtua oikea-aikaisesti ja asennusjärjestyksen mukaisesti, jotta niitä ei tarvitsisi varastoida turhaan työmaalla. On kuitenkin tärkeää huomioida jo suunnitteluvaiheessa, että työmaalla on riittävästi varastointitilaa elementtejä varten, vaikka lähtökohtaisesti tavoitteena onkin turhan varastoinnin välttäminen.

Elementtiasennuksen turvallisuuteen ja sujuvuuteen vaikuttaa merkittävästi myös työmaaolosuhteet, kuten sää, alustan kantavuus ja työskentelyolosuhteet. Esimerkiksi kovin tuulinen sää voi aiheuttaa haasteita etenkin isojen elementtien asennuksessa. Elementtien onnistuneessa asennuksessa merkittävä rooli on myös riittäväällä näkyvyydellä ja valaistuksella. (Elementtisuunnittelu 2023h, Betoniteollisuus ry 2010, 10–13.)

Onnistuneen asennustyön edellytyksenä on, että sen toteuttavat ammattitaitoiset ja kokeneet työntekijät. Ennen asennustyön aloittamista tulee huolehtia, että kaikki asennustyöhön osallistuvat on perehdytetty työhön (Valtioneuvoston asetus rakennustyön turvallisuudesta 2009/205 § 6:52, Elementtisuunnittelu Oy 2023h) ja heillä on tiedossa asennussuunnitelma sekä ennalta sovitut toimintatavat. Asennustyö vaatii sujuvaa ja saumatonta yhteistyötä ja kommunikointia asentajien, nosturinkuljettajan ja työnjohdon välillä, ja sillä pyritään vähentämään

virheiden riskiä sekä parantamaan työturvallisuutta. Turvallisuus on myös yksi merkittävä osa onnistuneen elementtiasennuksen toteutumista, ja siihen sisältyy mm. nostotyösuunnitelma, putoamissuojaus, elementtien tuenta sekä työturvallisuusmääräysten toteuttaminen. Työturvallisuus ja elementtien turvallinen asentaminen tulee huomioida koko asennusprosessin ajan. (Suomen Betoniyhdistys ry (BY) 2026b)

Onnistuneen elementtiasennukseen kuuluu myös laadunvarmistus, jonka merkitys korostuu asennuksen aikana sekä sen jälkeisissä tarkastuksissa. Tarkastuksien tarkoituksena on varmistaa, että lopputulos on teknisten vaatimusten sekä turvallisuus- ja laatuvaatimusten mukainen. Laatuvaatimukseen kuuluu useilla työmailla mallityö, joka suoritetaan ennen varsinaisten elementtiasennuksien aloitusta. Tarkastukseen kuuluu mm. elementtien oikean sijainnin varmistaminen ja liitosten toimivuus. Asennuksen lopuksi tehdään vielä tarvittavat dokumentoinnit.

5 TYÖTURVALLISUUS OSANA TYÖJÄRJESTYSTÄ

Työturvallisuus tulee huomioida jo rakennuksen suunnitteluvaiheessa. Työturvallisuuslaki (2002/738 § 2:10) velvoittaa, että jokaisen työnantajan tulee selvittää ja tunnistaa työhön liittyvät haitta- ja vaaratekijät, joita voidaan ehkäistä huolellisella turvallisuussuunnittelulla sekä riskien järjestelmällisellä arvioinnilla. Valtioneuvoston asetuksen (2009/205 § 1:3) mukaan rakennushankkeessa rakennuttajan, suunnittelijan, työnantajan sekä työnsuorittajan tulee jokaisen huolehtia siitä, että työ toteutuu turvallisesti eikä työstä aiheudu vaaraa työmaalla työskenteleville tai muille osallisille.

Rakennushankkeen turvallinen toteutus edellyttää usein osapuolten (työnantajat, työntekijät, itsenäiset työnsuorittajat, päätoteuttaja, rakennuttaja ja turvallisuuskoordinaattori) yhteistyötä (Suomen Betoniyhdistys ry (BY) 2026b). Rakennushankkeen päätoteuttajan tulee huolehtia, että kaikilla rakennustyömaan työntekijöillä on riittävät tiedot turvallisesta työskentelystä ja varmistaa, että työntekijät tunnistavat rakennustyömaan vaara- ja haittatekijät. Jokaiseen rakennushankkeeseen tulisi nimetä pätevä turvallisuuskoordinaattori, jonka tehtävänä on huolehtia turvallisuutta ja terveellisyyttä koskevista toimenpiteistä. Turvallisuuskoordinaattori tekee yhteistyötä päätoteuttajan kanssa jo heti rakennustyömaan suunnitteluvaiheesta alkaen. (Valtioneuvoston asetus rakennustyön turvallisuudesta 2009/205 § 6:52.)

Betonitöitä tehdessä riskien arviointi on erityisen tarpeellista, sillä työympäristö voi olla hyvinkin vaarallinen ja nopeasti muuttuva. On tärkeää, että jo työntekijöiden perehdytysvaiheessa ja työmaan aloituspalavereissa riskien arviointien tulokset ja työmaan turvallisuussuunnitelmat tuodaan myös työntekijöiden tietoon. Suunnitelmien toteutumista seurataan ja tarvittavia korjaavia toimenpiteitä tehdään koko työmaaprojektin ajan. (Suomen Betoniyhdistys ry (BY) 2026b.)

5.1 Turvallisuussuunnittelu

Ennen työmaan aloittamista tehdään turvallisuusasiakirja ja hankkeen riskienarviointi, joka toimii turvallisuussuunnittelun lähtökohtana. Työmaasuunnitelman avulla kaikki työmaalla toimivat osalliset voidaan perehdyttää työmaahan. Erityisen vaarallisista töistä tehdään erillissuunnitelmat, joiden perustana on työvaihekohtainen riskienarviointi. Erillissuunnitelmia ovat mm. putoamissuojauksuunnitelma, telinesuunnitelma, nosto- ja siirtosuunnitelmat ja ensiapusuunnitelma. Huolellisen turvallisuussuunnittelun avulla pyritään ennaltaehkäisemään työtapa-
turmia ja muita vaaratilanteita. (Suomen Betoniyhdistys ry (BY) 2026b.)

5.2 Työturvallisuus elementtiasennuksessa

Betonielementtien asentamiseen liittyy monenlaisia vaaratekijöitä, kuten esimerkiksi henkilön putoaminen, elementin kaatuminen tai putoaminen, puristuminen sekä esineiden ja materiaalien putoaminen. Vaaratilanteita voi aiheutua niin elementtiasentajille kuin muille asennustyön alueella työskenteleville. Elementtien nostoreitit ja asennusten vaara-alueet tulee eristää ja asennuksen aikainen putoamissuojaus tulee suunnitella olosuhteet huomioiden. Jokaisella työntekijällä ja asennukseen osallistuvalla henkilöllä on vastuu huolehtia asianmukaisesta työturvallisuudesta. (Elementtisuunnittelu Oy 2023h.)

Elementtiasennuksessa työturvallisuus sisältää useita eri osa-alueita. Ennen asennustyön aloittamista tulee huolehtia, että työntekijä on perehdytetty työmaahan, työnmaan erityisolosuhteisiin sekä elementtiasennuksen ohjeisiin, joita ovat asennussuunnitelma, nosto-ohjeet, työmaan putoamissuojasuunnitelma sekä koneiden ja laitteiden turvallisuusohjeet. Työntekijällä tulee olla käytössä työn ja työolojen vaatimat henkilökohtaiset suojavarusteet, ja hän on saanut niiden käyttöön opastuksen. Työntekijän tulee varmistaa, että henkilösuojaimet ovat käyttökelpoisia ja soveltuvat kyseiseen työhön. Työntekijän tulee noudattaa saamiaan ohjeita ja opastusta. Nostoapuvälineiden kiinnittämistä ja irrottamista varten tarvitaan tiettyjä välineitä, kuten mm. putoamissuojattu elementtien purkuasema, elementtitelineessä putoamissuojatut työtasot ja portaot nousuteinä. Joidenkin

elementtien asennuksesta voidaan tarvita porrastikkaita tai esimerkiksi säädettäviä koukkupäätikkaitä. (Elementtisuunnittelu Oy 2023h, Valtioneuvoston asetus rakennustyön turvallisuudesta 2009/205 § 8:44.)

Työmaalla tulee huolehtia, että työkohde ja kulkureitit pysyvät siistinä ja järjestyksessä poistamalla ylimääräiset tarvikkeet ja jätteet alueelta (Betonitieto Oy 2026b., Elementtisuunnittelu Oy 2023h). Rakennustyömaan siisteyteen ja järjestykseen kuuluu mm. kaluston ja rakennustarvikkeiden oikea varastointi sekä suojaus, kulku- ja ajoteiden suunnittelu turvalliseksi ja niiden kunnossapito sekä työkaluista huolehtiminen ja niiden asiallinen säilyttäminen (Suomen Betoniyhdistys ry (BY) 2026b). On tärkeää huomioida myös sään ja olosuhteiden vaikutus työturvallisuuteen jo ennen työn aloitusta kuin myös työn aikana, esimerkiksi riittävästä valaistuksesta huolehtiminen. (Elementtisuunnittelu Oy 2023h.)

Elementtien nostoreitit ja asennusten vaara-alueet tulee olla eristettyjä ja/tai varoitettuja, ja muiden työntekijöiden pitää olla tietoisia asennustyöstä. On tärkeää, että elementtien lähetys- ja asennuspisteestä on häiriötön näkö- ja/tai puhelinyhteys suoraan nosturinkuljettajaan ja merkinannoista ja kanavista on sovittu etukäteen ennen asennuksen aloittamista. (Elementtisuunnittelu Oy 2023h, Valtioneuvoston asetus rakennustyön turvallisuudesta 2009/205 § 8:39.)

Elementtiasennuksen työturvallisuuden yksi oleellinen osa on nostolaitteiden ja -apuvälineiden kunto ja toimivuus, jotka pitää tarkastaa silmämääräisesti ennen jokaista nostoa ja varmistaa, että niihin on tehty tarvittavat tarkastukset säännöllisesti. Lisäksi tulee huolehtia, että nostolaite ja -välineet soveltuvat suunniteltuun nostoon mm. elementtien painon mukaisesti. Suurin sallittu kuorma pitää olla merkittynä nostolaitteeseen ja muihin tarvittaviin välineisiin. Elementtien kiinnityspisteet tulee tarkastaa, että ne ovat kunnossa ja nostoapuvälineet kiinnittyvät niihin oikein. (Elementtisuunnittelu Oy 2023h, Valtioneuvoston asetus rakennustyön turvallisuudesta 205/2009 § 8:40.)

Elementtiasennuksen parissa työskentelevän työntekijän tulee tarkastaa, että elementit ovat tuettuina elementtikuormissa, elementtivarastoissa ja asennusprosessin aikana. Elementtien tuet tulee irrottaa vastan sen jälkeen, kun elementti

on kiinnitetty nosturiin. Elementtituet tulee kiinnittää asennussuunnitelman mukaan ja irrottaa nosturista vasta, kun elementti on asianmukaisesti tuettu. Väliaikaiset elementtituet tulee poistaa asennussuunnitelmaa noudattaen. (Elementtisuunnittelu Oy 2023h.)

Kaikkien työmaalla työskentelijöiden vastuulla on tarkkailla työympäristöä ja poistaa havaitsemansa vaarat, mikäli se on turvallisesti tehtävissä ja estää muita joutumasta vaaralle alttiiksi. Työturvallisuuspuutteista tulee ilmoittaa mahdollisimman pian eteenpäin työmaan vastuuhenkilölle sekä esihenkilölle. Elementtiasennuksen työturvallisuuden takaamiseksi on tärkeää, että työmaalla toimitaan hyvässä yhteistyössä kaikissa asennuksen vaiheissa. (Elementtisuunnittelu Oy 2023h.) Elementtiasennuksen työturvallisuuden keskeisimmät osa-alueet ja sisällöt on kuvattu taulukossa 1.

Taulukko 1. Elementtiasennuksen työturvallisuuden keskeisimmät osa-alueet ja niiden sisällöt

TYÖTURVALLISUUDEN OSA-ALUE	KESKEINEN SISÄLTÖ
<i>Perehdytys ja ohjeistus</i>	Työntekijät on perehdytetty työmaahan, elementtiasennukseen sekä turvallisuusohjeisiin ja suunnitelmiin.
<i>Työvälineet ja nostokalusto</i>	Käytössä ovat turvalliset ja tarkoitukseen soveltuvat nostoapuvälineet ja työvälineet, jotka tarkastetaan ennen käyttöä.
<i>Työmaan järjestys</i>	Työskentelyalueet ja kulkureitit pidetään siisteinä ja esteettöminä.
<i>Olosuhteet ja valaistus</i>	Sääolosuhteet, valaistus ja liukkaus huomioidaan työn turvallisuudessa.
<i>Viestintä nostotyössä</i>	Nosturinkuljettajan ja asennusryhmän välillä on toimiva yhteys ja sovitut merkinannot.
<i>Vaara-alueiden hallinta</i>	Nostojen ja asennusten vaara-alueet rajataan ja ulkopuoliset pidetään poissa alueelta.
<i>Elementtien tuenta</i>	Elementit tuetaan asianmukaisesti kuljetuksen, varastoinnin ja asennuksen aikana.
<i>Vaarojen hallinta ja yhteistyö</i>	Havaitut vaarat poistetaan, puutteista ilmoitetaan ja työmaalla toimitaan yhteistyössä turvallisuuden varmistamiseksi.

6 YLEISIMMÄT HÄIRIÖTEKIJÄT JA VIRHEET

Yleisimpiä virheitä ja häiriötekijöitä elementtiasennuksessa ovat Suomen vaihtelevat sääolosuhteet, työturvallisuuden riittämätön huomiointi, varomattomuus, suunnittelu- ja asennusvirheet sekä työvirheet, joita ovat esimerkiksi kiinnitysvirheet, liian aikainen tuennan poistaminen tai puutteellinen tuenta sekä elementtien saumojen betonoinnissa tapahtuvat virheet.

Suunnitteluvirheet ovat melko yleisiä asennusvirheitä ja ne ilmenevät useimmiten niin, että asennus ei toteudu suunnitelmien mukaan. Esimerkiksi elementti ei välttämättä sovi paikoilleen suunnitellusti. Mikäli asennusjärjestys on puutteellisesti suunniteltu voi se aiheuttaa asennusvirheitä, joiden seurauksena joudutaan tekemään muutoksia työmaalla tai pahimmillaan tilaamaan uusia elementtejä tehtaalta. Uudet elementit lisäävät merkittävästi kustannuksia ja hidastavat työmaan kokonaisaikataulua. Elementtiasennuksessa voi tapahtua myös asennusvirheitä, jotka voivat johtaa merkittäviin korjauksiin sekä aiheuttaa turvallisuusriskejä. Tästä syystä on tärkeää panostaa asennussuunnitelmaan ja elementtisuunnittelun yhteensovittamiseen muun rakennesuunnittelun kanssa.

Elementtiasennuksessa turvallisuuteen on kiinnitettävä erityistä huomiota, sillä monet onnettomuudet johtuvat puutteellisista työmenetelmistä. Keväällä maan sulaessa on varmistettava, että elementtitelineiden alusta on tasaisesti kantava ja riittävästi tuettu, jotta pukki pysyy tasapainossa siirtojen aikana. Nostoissa, erityisesti niin sanotuissa "nurkan takaa" -nostoissa, on huolehdittava hyvästä näkyvyydestä, toimivasta viestinnästä ja siitä, ettei taakka osu muihin rakenteisiin, mikä voisi aiheuttaa vaarallisia sortumia. Nostot tulee tehdä oikeilla välineillä: liinon käyttöä tulee välttää elementeissä, nostolaitteiden kiinnitykset on tarkistettava huolellisesti ja vaurioituneita nostolenkkejä ei saa käyttää. (Mäki & Koskenvesa 2008, 12.)

Elementtien asennuksessa on myös varmistettava, etteivät tukipinnat ole liukkaita ja että elementit tuetaan oikein vinotuilla, joiden kiinnitysten ja määrän tulee olla riittäviä kestämään kuormitukset. Ontelolaattojen asennuksessa tulee välttää seisomista laatan päällä asennuksen aikana sekä virheellisiä tasaustapoja, jotka voivat aiheuttaa laatan liukumisen tai murtumisen. Saumaamatonta laatasta ei

saa käyttää varastointiin. Lisäksi palkkeihin kohdistuvaa vääntörasitusta on vältettävä ennen saumauksen valmistumista, koska se voi johtaa rakenteiden pettämiseen. Myös hitsaustöissä on noudatettava samoja laatuvaatimuksia kuin tehtaalla, ja työn jatkuvuudesta eri työvuorojen välillä on pidettävä tarkkaa huolta. (Mäki & Koskenvesa 2008, 12.) Hitsauksia tekevällä työntekijällä tulee olla riittävä pätevyys ja hitsausluokka kyseiseen hitsaukseen sekä tulityölupa.

Elementtiasennuksessa on tärkeää, että asentajat ja nosturinkuljettaja ymmärtävät toisiaan selkeästi. Yhteydenpito tapahtuu yleensä radiopuhelimen tai sovittujen käsimerkkien avulla, jotka kaikkien osapuolten tulee hallita. (Mäki & Koskenvesa 2008, 9.) Mikäli kommunikointi ei toimi, ohjeet ovat epäselviä tai nosturinkuljettajan näkyvyys huono, on vaarana onnettomuustilanne.

Elementtien asennuksessa on huomioitava vallitsevat sääolosuhteet, sillä ne vaikuttavat merkittävästi työturvallisuuteen. Talvella riskejä lisäävät erityisesti lumi, liukkaus, tuuli, sade ja heikko näkyvyys. Nostotyöt on keskeytettävä aina, jos olosuhteet muuttuvat vaarallisiksi, kuten rankkasateen, runsaan lumipyryn tai yli 15 m/s tuulen aikana. Tällaisissa tilanteissa voidaan jatkaa muita työvaiheita, mutta varsinaiset nostot on keskeytettävä turvallisuuden varmistamiseksi. (Mäki & Koskenvesa 2008, 9.)

Yksi yleisimmistä elementtiasennukseen liittyvistä haasteista on aikataulutusta, sillä se on erittäin keskeisessä roolissa työmaan kokonaisaikataulun suunnitellun toteutumisen kanssa. On tärkeää, että mahdolliset haasteet ja riskit pyritään tunnistamaan jo elementtiasennuksen suunnitteluvaiheessa, jotta hanke onnistuu suunnitellusti aikataulussa.

7 POHDINTA

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli tarkastella elementtiasennuksen työjärjestystä sekä tunnistaa ne keskeiset tekijät, jotka edistävät asennustyön onnistumista. Aiheeseen perehtymisen jälkeen voin todeta, kuinka merkittävässä osassa asennuksen suunnittelu ja oikein toteutettu asennusprosessi ovat elementtirakentamisen onnistumisessa. Siinä korostuvat erityisesti ennakkosuunnittelu, työvaiheiden yhteensovittaminen sekä eri osapuolten välinen sujuva yhteistyö.

Lisäksi huomasin, kuinka merkittävässä osassa prosessia ovat työturvallisuus ja sen ennakkosuunnittelu sekä mahdollisten haasteiden ja riskien tunnistaminen jo varhaisessa vaiheessa. Huolellisella suunnittelulla ja työnjohdolla voidaan ehkäistä erilaisia haasteita ja virheiden syntymistä, kuten puutteita asennusjärjestyksessä, suunnitelmien ristiriitoja sekä asennusvirheitä. Työturvallisuudella on suuri merkitys onnistuneen elementtiasennuksen kannalta, sillä virheellinen toteutus voi johtaa laadullisten ongelmien lisäksi vakaviin turvallisuusriskeihin.

Tässä opinnäytetyössä hyödynnettiin monipuolisesti eri asiantuntijalähteitä, mikä vahvistaa työn luotettavuutta ja eri näkökulmia. Vaikka osa lähteistä on jo hieman vanhempia, on niiden sisältämä tieto edelleen ajankohtaista ja sovellettavissa vielä tänä päivänäkin elementtirakentamiseen. Opinnäytetyön tietoperusta pohjautuu myös omaan monipuoliseen kokemukseeni elementti- ja betonirakentamisesta. Tekoälyä hyödynnettiin työssä työn suunnittelussa sekä eri lähdemateriaalien etsinnässä.

Tätä opinnäytetyötä voisi käyttää elementtiasentamisen tietopakettina sekä koulutusmateriaalina. Opinnäytetyö soveltuu sen käytännölläisyyden vuoksi esimerkiksi osaksi asentajien perehdytystä työmaalla. Tämän opinnäytetyöprosessin myötä oma osaamiseni elementtirakentamisesta on syventynyt erityisesti työnjohdon näkökulmasta.

LÄHTEET

Asennuspojat LK Oy 2025. Kuinka betonielementin asennus tapahtuu. Viitattu 11.3.2026 <https://asennuspojatlk.fi/2025/02/11/kuinka-betonielementtien-asennus-tapahtuu/>.

Betoniteollisuus ry 2010. Betonielementtien turvallinen asennus. Viitattu 17.3.2026 https://betoni.com/wp-content/uploads/2015/11/Betonielementtien-turvallinen-asennus.pdf?utm_source=chatgpt.com.

Betoniteollisuus ry 2020. Betonielementtien nostot, Viitattu 7.3.2026 https://betoni.com/wp-content/uploads/2020/08/Betonielementtien_Nostot_100114.pdf.

Betoniteollisuus ry 2022. Sandwich-sokkelielementti valmistettu Suomessa. Viitattu 7.3.2026 https://betoni.com/wp-content/uploads/2022/11/LCA_sokkelielementti_verifioitu.pdf.

Betoniteollisuus ry 2023. Betonielementit. Viitattu 10.3.2026 <https://www.betonitieto.fi/betoniteollisuus/betonielementit/elementtien-asennus.html>.

Betoniteollisuus ry 2024a. Elementit. Viitattu 7.3.2026 <https://betoni.com/koti-betonista/rakennustapavaihtoehdot/elementit/ulkoseinat/>.

Betoniteollisuus ry 2024b. Betonielementit. Viitattu 5.3.2026 <https://kivifaktaa.fi/kivirakentaminen-tutuksi/betonielementit/>.

Elementtisuunnittelu Oy 2020a. Hissikuulut. Viitattu 7.3.2026 <https://www.elementtisuunnittelu.fi/runkorakenteet/hissikuulut>.

Elementtisuunnittelu Oy 2020b. Elementtien asennus. Viitattu 8.3.2026 <https://www.elementtisuunnittelu.fi/asennus/asennusohjeet/elementtien-asennus>.

Elementtisuunnittelu Oy 2023a. Kuorilaatat. Viitattu 7.3.2026 <https://www.elementtisuunnittelu.fi/runkorakenteet/laatat/kuorilaatat>.

Elementtisuunnittelu Oy 2023b. Massiivilaatat. Viitattu 7.3.2026 <https://www.elementtisuunnittelu.fi/runkorakenteet/laatat/massiivilaatat>.

Elementtisuunnittelu Oy 2023c Laatat. Viitattu 7.3.2026 <https://www.elementtisuunnittelu.fi/runkorakenteet/laatat>.

Elementtisuunnittelu Oy 2023d. Julkisivut. Viitattu 19.3.2026 <https://www.elementtisuunnittelu.fi/julkisivut/liitokset-ja-saumat>.

Elementtisuunnittelu Oy 2023e. Pilarit. Viitattu 7.3.2026 <https://www.elementtisuunnittelu.fi/runkorakenteet/pilarit>.

Elementtisuunnittelu Oy 2023f. Palkit Viitattu 7.3.2026 <https://www.elementtisuunnittelu.fi/runkorakenteet/palkit>.

Elementtisuunnittelu Oy 2023g. Runkorakenteet. Viitattu 6.3.2026
<https://www.elementtisuunnittelu.fi/runkorakenteet/seinat>.

Elementtisuunnittelu Oy 2023h. Työturvallisuus elementtiasennuksessa. Viitattu 13.3.2026
<https://www.elementtisuunnittelu.fi/asennus/tyoturvallisuus>.

Elementtisuunnittelu Oy 2023i. Liitokset ja saumat. Viitattu 24.3.2026
<https://www.elementtisuunnittelu.fi/julkisivut/liitokset-ja-saumat>.

Elementtisuunnittelu Oy 2023j. Lämpö- ja kosteustekniikka. Viitattu 7.3.2026
<https://www.elementtisuunnittelu.fi/julkisivut/lampo-ja-kosteustekniikka>.

Elementtisuunnittelu Oy 2024. Liitokset. Viitattu 19.3.2026
<https://www.elementtisuunnittelu.fi/liitokset/liitosten-toiminta/liitostyyppit>.

Elementtisuunnittelu Oy 2025a. Ontelolaatat. Viitattu 7.3.2026
<https://www.elementtisuunnittelu.fi/runkorakenteet/laatat/ontelolaatat>.

Elementtisuunnittelu Oy 2025b. Asennus. Viitattu 22.1.2026
<https://www.elementtisuunnittelu.fi/asennus>.

Elementtisuunnittelu Oy 2025c. Elementtien kuljetus. Viitattu 7.3.2026
<https://www.elementtisuunnittelu.fi/toimitus/elementtien-kuljetus>.

EN 1992-1-1:2004, 9.5.1 ja 9.6.1. Eurocode 2: Design of concrete structures. Part 1–1: General rules and rules for buildings. Viitattu 7.3.2026
<https://www.phd.eng.br/wp-content/uploads/2015/12/en.1992.1.1.2004.pdf>.

Fise Oy 2019. Kantavien betoniseinäelementtien pystysaumojen virheellinen saumaus. Viitattu 22.3.2026
<https://fise.fi/virhekortti/kantavien-betoniseinaelementtien-pystysaumojen-virheellinen-saumaus/>.

HRK-Konevuokraamot Oy 2026. Pilarin nostolaite. Viitattu 7.3.2026
<https://www.hrk.fi/tuotteet/tuote/pilarin-nostolaite/>.

Johansson, K. 2025. Betonielementtien juotokset ja saumaukset. PDF-tiedosto. Viitattu 24.3.2026
<https://www.betoniyhdistys.fi/media/kurssit/betonielementtien-asennustyonjohtaja/elementtien-saumaus-2025.pdf>.

Klemolan Betoni Oy 2026. Sandwich-elementit. Viitattu 7.3.2026
<https://www.klemolanbetoni.fi/betonielementit/sandwich-elementit>.

Kosken Betonielementti Oy 2026. Seinäelementit. Viitattu 7.3.2026
<https://kbe.fi/seinaelementit/>.

Korhonen, J. 2021. BIM:n hyödyntäminen hankintapaketin kustannusten hallinnassa. Diplomityö, Tampereen Yliopisto. Viitattu 1.3.2026
<https://trepo.tuni.fi/bitstream/handle/10024/125208/KorhonenJoona.pdf?sequence=2&isAllowed=y>.

KuuKiviBetoni Oy 2019. Kuvagalleria. Viitattu 7.3.2026
<https://www.kuukivibetoni.fi/kuvagalleria/>.

Mäki, T. & Koskenvesa, A. 2008. Betonielementtien turvallinen asennus. Suomen Betonitieto Oy. Viitattu 26.3.2026 https://betoni.com/wp-content/uploads/2020/08/Betonielementtien-turvallinen-asennus_Asentajan-opas.pdf.

NB Seinä Oy 2023. Betonielementtien käsittelyohjeet. Viitattu 7.3.2026 <https://nb-seina.fi/wp-content/uploads/2023/07/betonielementtien-kasittely-ja-varastointiohjeet.pdf>.

Neco 2025. Elementti – nykyaikaisen rakentamisen älykäs ratkaisu. Viitattu 5.3.2026 <https://neco.fi/elementti-nykyaikaisen-rakentamisen-alykas-ratkaisu/>.

Harmaala, T. 2025. Mikä on pulttiliitos ja mitä hyötyä niistä on rakentamisessa? Peikko 31.1.2025. Viitattu 24.3.2026 <https://www.peikko.fi/blogi/mika-on-pulttiliitos/>.

Havator Oy 2021. Havatorin eteläiseen nostokalustoon uusi 230-tonninen Liebherr-ajoneuvonosturi. Viitattu 7.3.2026 <https://havator.fi/uutiset/kalustoinvestoinnit-vahvistavat-palvelujohtajuutta-etela/>.

Parma Oy 2018. Parman hissikuilu nostaa kerrostalo- ja toimitilarakentamisen uudelle tasolle. Viitattu 7.3.2026 https://parma.fi/wp-content/uploads/documents/2018/06/parma_hissikuilut_esite_a4_030215.pdf.

Parma Oy 2026. Sandwich- ja kuorielementit. Viitattu 7.3.2026 <https://parma.fi/tuote/sandwich-ja-kuorielementit/>.

Peikko Group Oy 2026. DELTABEAM®-liittopalkki — Matala välipohjaratkaisu sisäänrakennetulla palonsuojauksella. Viitattu 7.3.2026 <https://www.peikko.fi/tuotteet/tuote/deltabeam-liittopalkki/>.

Porin Elementtitehdas 2026. Parveke-elementit. Viitattu 7.3.2026 <https://elementtitehdas.fi/tuotteet/parveke-elementit/>.

Rakennustieto 2026. Suorat ja kierreportaiden syöksyt mosaiikkibetonipäällysteellä. Viitattu 7.3.2026 <https://haku.tuotetieto.fi/1208798>.

Ramirent Oy 2026. Elementtituki RSK-6. Viitattu 11.3.2026 <https://www.ramirent.fi/tuotteet/elementtituki-rsk-6-460-600cm-296648/>.

Ratu TT 5.11 2020. Elementtien asennussuunnitelma. Viitattu 9.3.2026 <https://kortistot.rakennustieto.fi/api/content/25997#page=1>.

Rudus Oy 2026. Ajankohtaista. Viitattu 7.3.2026 <https://www.rudus.fi/ajankoh-taista/2019/02/26/elementtiporras-on-turvallinen-jo-tehtaalla>.

Suomen Betonitieto Oy 2002. Betonielementtien saumavalut. Viitattu 19.3.2026 https://betoni.com/wp-content/uploads/2020/08/Betonielementtien_saumavalut.pdf.

Suomen Betoniyhdistys ry (BY) 2026a. Betonielementit. Viitattu 27.3.2026 <https://www.betonitieto.fi/betoniteollisuus/betonielementit.html>.

Suomen Betoniyhdistys ry (BY) 2026b. Työturvallisuus betonitöissä. Viitattu 13.3.2026 <https://www.betonitieto.fi/tyomaat/betonitoiden-johtaminen-talonrakentaminen/tyoturvallisuus-betonitoissa.html#tyomaanturvallisuustoimenpiteet>.

The Concrete Society 2026. Concrete-beams. Viitattu 7.3.2026 <https://www.concrete.org.uk/fingertips/concrete-beams/>.

Työturvallisuuslaki 30.8.2002/738. Viitattu 13.3.2026 <https://www.finlex.fi/fi/lainsaadanto/2002/738>.

Valtioneuvoston asetus elementtirakentamisen työturvallisuudesta 18.6.2003/578. Viitattu 5.3.2026 <https://www.finlex.fi/fi/lainsaadanto/saadoskoelma/2003/578>.

Valtioneuvoston asetus rakennustyön turvallisuudesta 3.4.2009/205. Viitattu 13.3.2026 <https://www.finlex.fi/fi/lainsaadanto/2009/205>.

Vastavalo media 2011. Rakentaminen ja Korjaaminen. Viitattu 7.3.2026 <https://www.vastavalo.net/talonrakennus-construction-elementti-nousee-322265.html>.