

Rene Heinikainen

TERÄS- JA BETONIELEMENTTI- RUNKOJEN ASENTAMISEN VERTAILU

Rakennetun ympäristön tiedekunta
Kandidaatintyö
Helmikuu 2019

TIIVISTELMÄ

RENE HEINIKAINEN: Teräs- ja betonielementtirunkojen asentamisen vertailu
(Comparison of steel frame and prefabricated concrete frame installations)

Tampereen yliopisto

Kandidaatintyö, 21 sivua

Helmikuu 2019

Rakennustekniikan kandidaatin tutkinto-ohjelma

Pääaine: Talonrakentaminen

Tarkastaja: Hannu Koski

Avainsanat: teräsrunko, betonielementtirunko, runkoasennus

Suomessa luotetaan vahvasti betonisiin runkorakenteisiin etenkin asuinkerrostaloja rakentaessa. Teräsrunkoja löytyy sen sijaan eniten varasto- ja toimitilarakennuksista. Tämän työn tarkoitus oli tutkia, mitä merkittäviä eroja teräs- ja betonielementtirunkojen asennusprosesseissa esiintyy, ja miten ne vaikuttavat runkoasennuksen kokonaiskestoon ja esimerkiksi työturvallisuuteen. Eroja etsittiin asennustyön vaatimista resursseista, kuten käytettävästä kalustosta, sekä suorittamalla kokonaistyömenekkien vertailua kahden kuvitteellisen kohteen välillä. Havaintojen perusteella oli myös tarkoitus pohtia, selittävätkö erot runkojen asennustyössä teräsrunkojen vähäistä osuutta asuinrakentamisessa.

Tutkimus on suoritettu kirjallisuustutkimuksena. Lähteinä on käytetty etenkin Rakennustieto Oy:n julkaisemia Ratu-ohjekortteja, mutta myös alaa koskevia tutkimuksia ja kirjallisuus- ja verkkolähteitä.

Tutkimus on jaettu kolmeen päälukuun. Ensimmäisessä osiossa perehdytään teräs- ja betonirunkojen ominaisuuksiin, sekä määritellään myöhemmin työssä tarkasteltavien kuvitteellisten esimerkkirakennusten ominaisuudet. Työssä päädyttiin tutkimaan teräsrunгон kohdalla pilari-palkki-laatta -runkojärjestelmää, betonirunkojärjestelmäksi valittiin elementein toteutettava kantavat seinät-laattarunko. Toisessa luvussa on tarkasteltu runko-kohtaisesti asennusprosessin kulkua ja siihen liittyviä resurssivaatimuksia. Vertailuluvussa on pyritty tutkimaan edellisessä luvussa tulleiden asioiden perusteella, minkälaisia eroja tai samankaltaisuuksia asennusprosesseista löytyy. Havainnot on vielä lopuksi koostettu yhteenvedossa, jossa niiden perusteella on pyritty luomaan johtopäätöksiä esitettyjä kysymyksiä koskien.

Työssä tehdyssä työmenekkien vertailussa havaittiin teräsrunгон asentamiseen kuluvan noin 10 % vähemmän työntekijätunteja. Työssä selvitetyn perusteella ei kuitenkaan voitu väittää teräsrunkoasentaminen olevan kokonaiskestoltaan lyhyempi. Huomattiin myös, että vaikka esimerkiksi käytettävässä asennuskalustossa on pieniä eroja, on asennustöissä huomioitavissa seikoissa paljon samankaltaisuuksia, eikä teräsrunгон vähäisen käytön voida sanoa johtuvan asennukseen liittyvistä tekijöistä. Työn perusteella jatkotutkimukseen olisi aiheutta esimerkiksi asennustyön ja materiaalien kustannuksen vertailussa.

SISÄLLYSLUETTELO

1.	JOHDANTO	1
2.	RAKENNUKSEN RUNKO	3
2.1	Yleistä.....	3
2.2	Teräsrunko.....	3
2.3	Betonielementtirunko	5
2.4	Esimerkkirakennukset	6
3.	ASENNUSPROSESSI	8
3.1	Aloittavat työt.....	8
3.2	Kuljetus ja välivarastointi.....	8
3.3	Asennuksen kulku	9
3.3.1	Teräsrunko	9
3.3.2	Betonielementtirunko.....	10
3.4	Asennuksessa tarpeellinen kalusto	11
3.5	Laaturiskit.....	11
3.6	Työturvallisuus.....	12
3.7	Palosuojaus.....	12
3.8	Työmenekit.....	13
4.	VERTAILU	14
4.1	Kuljetus ja asennustyö.....	14
4.2	Kalusto ja työturvallisuus.....	15
4.3	Laaturiskit.....	15
4.4	Kesto.....	16
5.	YHTEENVETO	18
	LÄHTEET	20

1. JOHDANTO

Tämän työn tarkoitus on tutkia ja lisätä tietämystä koskien merkittävimpiä teräs- ja betonirunkojen asentamiseen liittyviä eroavaisuuksia.

Rakentaminen perustuu Suomessa tänä päivänä vahvasti betonin käyttöön. 2016 kaikista valmistuneista rakennuksista noin 50 prosentissa oli betonista, useimmiten elementeistä, valmistettu runko. Teräsrunkoisia kaikista rakennuksista oli samana vuonna noin 15 prosenttia, merkittävimpien käyttökohteiden ollessa teollisuus- ja varastorakennukset. Varsinkin kerrostaloissa elementeistä kootulla betonirungolla on uudisrakentamisessa selvästi suurin markkinaosuus 95 prosentilla. (Laitinen, 2017).

Tutkimuksen tarkoituksena on selvittää varsinkin asuntorakentamisen näkökulmasta, onko teräs- ja betonielementtirunkojen asentamisen välillä merkittäviä eroavaisuuksia, ja miten ne vaikuttavat esimerkiksi rungon asennustyön nopeuteen, kokonaiskestoon ja työturvallisuuteen. Eroja etsitään tarkastelemalla aihetta myös asennuksen vaatimien resursien, kuten tarvittavan kaluston ja ammattitaidon, laaturiskien ja työmenekkien näkökulmasta. Löytyneiden erojen perusteella pyritään myös arvioimaan, selittävätkö asennukseen liittyvät tekijät teräsrunkojen vähäistä osuutta Suomalaisessa rakennuskannassa.

Asennustyön kulun ja työmenekkien vertailu on tutkimuksessa tehty kahden kuvitteellisen, viisikerroksisen asuinkerrostalon lämpimään vuodenaikaan tapahtuvan runkojen asennustyön välillä. Runkojärjestelmiksi on tutkimuksessa valittu teräsrungolle pilari-palkki-laattarunko ja betonirungolle kantavat seinät-laattarunko.

Tutkimuksen alussa käsitellään lyhyesti rungon tehtäviä. Tämän jälkeen esitellään teräksen ja betonin ominaisuuksia rakennusmateriaaleina ja asemaa suomalaisessa rakentamisessa. Lisäksi esitellään valittujen runkojärjestelmien rakennetta sekä tarkastellaan niiden mukaisesti suunniteltuja yksinkertaisten esimerkkirakennuksien rakennemalleja. Asennusprosessia käsittelevässä osiossa kuvaillaan sekä teräs-, että betonielementtirungon asennuksen kulkua ja siihen liittyviä vaatimuksia vaiheittain osien työmaalle saapumisesta alkaen. Vertailuluvussa on pyritty havaitsemaan asennusprosesseissa ilmeneviä eroavaisuuksia, mutta toisaalta myös samankaltaisuuksia. Tutkimuksen aikana tehdyt havainnot on koottu yhteenvedoon, jossa näiden havaintojen perusteella on pyritty luomaan johtopäätöksiä, jotka vastaisivat asetettuihin tutkimuskysymyksiin.

Vaihtoehtoisia runkojärjestelmiä ei pääpiirteiden läpikäymistä kattavammin tässä työssä käsitellä. Eroavaisuuksien vaikutuksia kustannuksiin ei myöskään tutkita. Myös perustusten teko ja erilaisten palosuojausmenetelmien käytön vertailu rajataan tämän tutkimuksen ulkopuolelle.

Työ on toteutettu kirjallisuustutkimuksena. Tietoa on etsitty alan diplomitöistä, tutkimustiedosta, Rakennustieto Oy:n julkaisemista Ratu-ohjekorteista sekä verkkojulkaisuista. Tiedossa ei ole, että aiheesta olisi aiemmin tehty saman kaltaisia tutkimuksia.

2. RAKENNUKSEN RUNKO

Tämä luku käsittelee rungon tehtävää, rakenneosia, termistöä, runkojärjestelmiä ja kummankin runkomateriaalin ominaisuuksia. Lisäksi määritellään tutkimuksessa käytettäville esimerkkirakennuksille runkojärjestelmä.

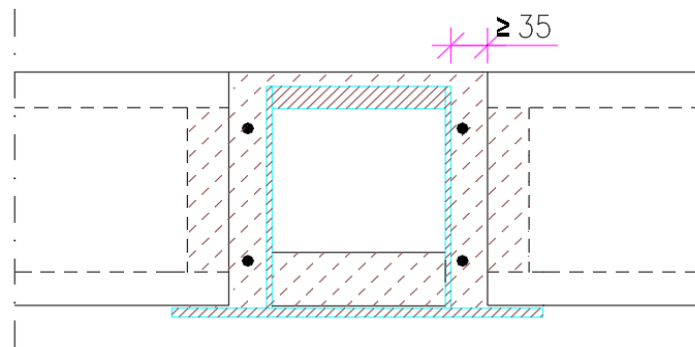
2.1 Yleistä

Rakennuksen runko koostuu pysty- ja vaakarakenteista, joiden tehtävänä on siirtää rakennukseen kohdistuvat kuormat perustuksille ja siitä edelleen maaperään. Huomattavimpia kuormia ovat rakenneosien omat painot, rakennuksen käytöstä aiheutuvat hyötykuormat, sekä lumi- ja tuulikuormat. Yleisimpiä runkomateriaaleja ovat teräsbetoni, puu ja teräs. Rungon tulee myös olla riittävän hyvin jäykistetty, jottei rakenteissa tapahdu esimerkiksi kiertymistä tai siirtymistä (Mustonen 2013, s. 10). Rakennetta voidaan jäykistää erillisillä rakenteilla, mikäli runko ei itsessään ole riittävän jäykkä.

Rungossa käytettävän rakennusmateriaalin ja -menetelmän valintaan tulisi ensisijaisesti vaikuttaa muun muassa liiketaloudelliset ja arkkitehtoniset tekijät, rakennuksen käyttötarkoitus ja rungon pysyvyys. Todellisuudessa valintaan vaikuttavat monesti myös henkilökohtainen tietämys ja vain rakentamisen aikaiset kustannukset. (Leppänen & Pynnönen 1990, s. 3).

2.2 Teräsrunko

Teräsrungossa pystyrakenteina voidaan käyttää pilareita tai kantavia teräsrunkoisia seiniä. Pilarit ovat yleinen valinta joko täysin teräksisinä tai betonoituina liittopilareina. Pilariprofiileina käytetään usein kylmämuovattuja putkipilareita. Mahdollinen vaakarakenne on kuvan 1 detaljin mukainen teräspalkkien ja ontelolaattojen yhdistelmä, jossa ontelolaatat lasketaan esimerkiksi hitsattujen WQ-palkkiprofiilien päälle. Edellä kuvatun mukainen pilari-palkki-laatta -runkojärjestelmä on esitelty kuvassa 2. Toinen vaihtoehto on luoda liittorakenne, jossa välipohja muodostuu teräslevyistä ja sen päälle tehdystä betonivalusta. Runkorakenteen jäykistäminen tapahtuu yleensä joko diagonaalijäykistyksellä eli eri puolille runkoa kiinnitettävillä ristikoilla tai vaakajäykistyksellä, jossa voimat siirretään välipohjalaatastolla porras- tai hissikuiluille. (RT 82-10765 2001, s. 5).



Kuva 1. *WQ -palkin varaan asennetut ontelolaatat (Elementtisuunnittelu.fi 2013).*

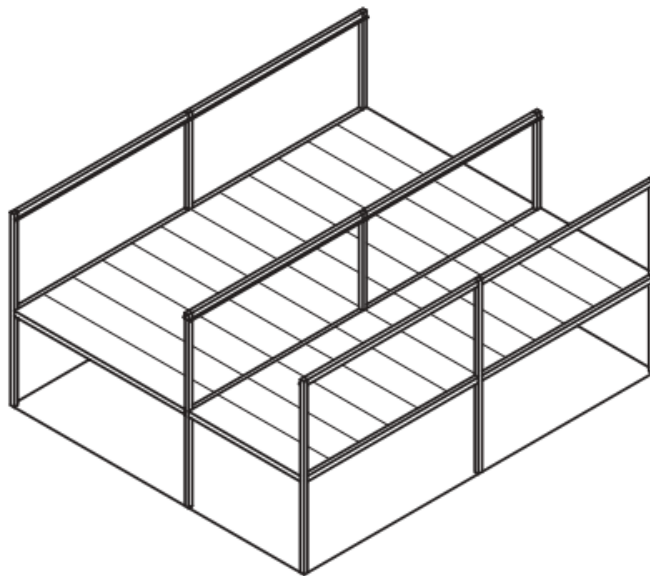
Teräsrunkojärjestelmien rakenneosat valmistetaan konepajalla, mistä ne toimitetaan työmaalle asennusvalmiina ja monesti valmiiksi pintakäsiteltyinä. Mittatarkkuuden ja korkean esivalmistusasteen ansiosta pääosin pultein tapahtuva asennustyö työmaalla on nopeaa. Myös pintakäsittely, esimerkiksi korroosiosuojaus tai palosuojamaalaus, on helppompaa ja nopeampaa suorittaa konepajalla sisätiloissa, kuin vasta työmaalla. Toisaalta valmiiksi pintakäsitellyt osat vaativat käsittelemättömiä enemmän tarkkaavaisuutta muun muassa varastoinnin ja kuljetuksen osalta. (Mustonen 2013, s.24).

Teräksellä on suuri lujuus suhteessa sen painoon, mistä johtuen rakenneosat ovat kevyitä ja tilavaatimuksiltaan pieniä. Tämä helpottaa asennustyötä edelleen, ja samalla vähentää rungon viemää tilaa rakennuksessa. Keveyden ansiosta teräsrunkoisen rakennuksen perustustarve on pienempi verrattuna saman kokoiseen betonirunkoiseen rakennukseen. Asennuksen aikaista erillistuentaa ei myöskään yksittäisille rakenneosille yleensä tarvita, vaan rakenne on kestävä välittömästi liitosten kiinnityksen jälkeen. Teräsrungon yksi suurimmista eduista on sen muunneltavuus. (RT 82-10765 2001). Tästä on hyötyä, mikäli tilan käyttötarkoitus muuttuu ja tiloja muokataan uuden toiminnan tarpeiden kannalta sopivammaksi. Teräsrunkoa käytetäänkin eniten teollisuus- ja varastorakennuksissa. Muita käyttökohteita ovat pääosin toimisto- ja julkiset rakennukset. (Laitinen 2017).

Teräksen suurimpia haittapuolia ovat kallis hinta ja sen huono palonkestävyys (Väisänen 2007, s. 28). Palosuojamaton teräs menettää tulipalossa nopeasti kantavuuttaan. Kantavien rakenteiden tulee kuitenkin kestää romahtamatta rakennuksen paloluokituksen mukaisen vähimmäisajan verran. Rakennukset jaotellaan paloluokkiin mm. käyttötarkoituksensa, kokonsa ja henkilömäärien perusteella Suomen rakentamismääräyskokoelmassa, jossa määritellään myös paloluokilta vaadittavat palonkestoajat. (Ympäristöministeriö 2017). Jotta teräksinen rakenne saavuttaa sille määrätyn palonkestävyyden, tulee rakenneosat ja niiden väliset liitokset palosuojata niiltä osin, joilta ne eivät jää suojaan muiden rakenteiden sisään. Palosuojaus voidaan toteuttaa erilaisilla ulkopuolisilla lämmöneristeillä, kuten palosuojamaalilla, rappauksella tai palosuojalevytyksellä. Vaihtoehtoisesti voidaan esimerkiksi betonoimalla kasvattaa rakenteen kykyä vastaanottaa lämpöä. Tässä

tutkimuksessa palosuojaustavaksi valittu palosuojamaalin toiminta perustuu palon aikaisen kuumuuden aiheuttamaan maalin paisumiseen, joka luo teräsrakenteen ympärille lämpöä eristävän kerroksen. (Koski et al. 2010, s. 127). Pohja-, palosuoja- ja pintamaalaukset luovat yhdessä yleensä myös sisätiloihin riittävän korroosiosuojauksen (Inha et al. 1997, s. 52).

Rakentamisen aikainen rungon jäykistäminen voi vaatia lisätyötä, mikäli valmiin rakennuksen jäykistäminen toteutetaan esimerkiksi hissi- tai porraskuilun avulla (Pynnönen 1990, s. 3). Myös vaadittavien asennusolosuhteiden saavuttaminen voi aiheuttaa ylimääräisiä kustannuksia, mikäli rakenneosia joudutaan kiinnittämään toisiinsa hitsaamalla. (Ratu 0409 2013, s. 7).



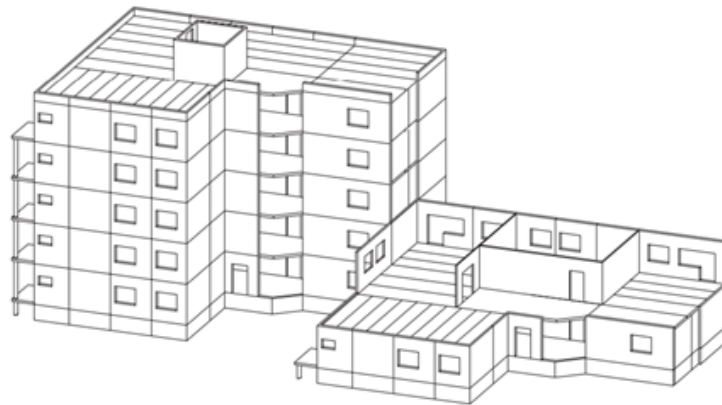
Kuva 2. Pilari-palkki-laatta runkojärjestelmän periaate (RT 82-10765 2001, s. 6).

2.3 Betonielementtirunko

Betonielementtejä on käytetty suomalaisessa rakentamisessa mittavissa määrin jo vuosikymmenten ajan. Niiden hyvän saatavuuden ja laadun takaa ympäri Suomea sijaitsevat elementtitehtaat, joissa elementtien valmistus tapahtuu säältä suojattuna laadunvalvonnan alaisena. Betonielementeillä on mahdollista valmistaa koko rakennuksen runko, ja suunnittelu perustuu pitkän kehitystyön kuluessa vakiintuneisiin ratkaisuihin. (RT 82-10821 2004, s.2). Verrattuna paikan päällä valettuun runkoon, esivalmistetut elementit ovat nopeita asentaa, helpottavat keskeneräisten rakenteiden suojaamista ja vähentävät päällekkäistä työskentelyä työmaalla. Betoni pitää tulipalossa kantavuutensa hyvin, eikä tarvitse erillistä palosuojausta. (Elementtisuunnittelu.fi, 2013).

Asuinrakentamisessa yleinen betonielementtirungon toteutustapa on kuvassa 3 esitetyn muotoinen kantavat seinät-laattarunko. Tällöin kantavina pystyrakenteina ovat usein rakennuksen pituussuuntaan nähden poikittain olevat väliseinät ja julkisivussa käytettävien

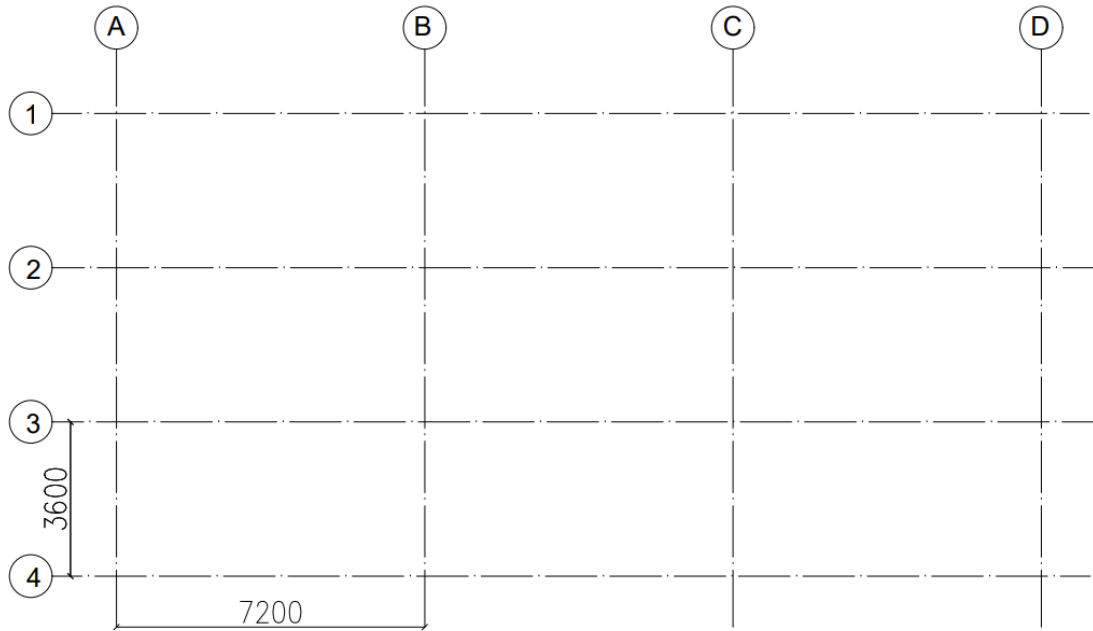
sandwich-elementtien kantavat sisäkuoret. Vaakarakenteet muodostuvat välipohjana käytettävistä ontelolaatoista. Toimisto- ja liikennarakennuksille tyypillinen runkojärjestelmä on pilari-palkkirunko, jonka pystyrakenteet koostuvat 1–4 kerrosta korkeista pilareista, ja vaakarakenteet esijännitetyistä matalaleukapalkeista ja ontelolaatoista. Pilari-palkkirunkoa on käytetty monesti myös kaupunkien keskustoihin rakennettujen asuintalojen ensimmäisissä kerroksissa. Näitä tiloja käytetään usein liike- ja pysäköintitiloina, joille pilari-palkkirunko mahdollistaa kantavilla seinillä toteutettuun ratkaisuun verrattuna avarampia tiloja. (RT 82-10821 2004, s.2–9).



Kuva 3. Kantavat seinät-laatta runkojärjestelmän periaate (RT 82-10821 2004, s. 4).

2.4 Esimerkkirakennukset

Tässä tutkimuksessa vertailtavien rakennusten ajatellaan olevan viisikerroksisia asuinkerrostaloja, jotka kootaan kokonaisuudessaan työmaalle toimitettavista elementeistä, ja joiden väli- ja yläpohjat tehdään ontelolaatoista. Periaatteellista työmenekkien laskemista varten ajatellaan rakennuksen seinien kulkevan erittäin yksinkertaistetun 3x3 -moduuliruudukon viivoja pitkin kuvan 4 mukaisesti.



Kuva 4. Esimerkkirakennuksen moduuliverkko.

Teräsrungoksi on valittu pilari-palkki-laatta runkojärjestelmä. Rakenne käsittää pystyrakenteinaan kaksikerroksiset putkiprofiiliset pilarit, jotka sijaitsevat yllä olevan mallin moduuliviivojen risteyksissä. Ylimmän kerroksen pilarit ovat yksiaukkoiset. Vaakarakenneina ovat rakennuksen lyhyen sivun suuntaisesti yksiaukkoiset WQ-palkit, ja pitkän sivun suuntaisesti ontelolaatat ja yksiaukkoiset I-profiiliset palkit. Jäykistävänä rakenteena on kuiluelementeistä valmistettu hissikuilu. Teräsrakenteiden palosuojaus ajatellaan toteutettavaksi konepajalla tehdyllä palosuojamaalauksella.

Betonirungon runkojärjestelmänä on asuntorakentamisessa usein käytetty aiemmin kuvattun mukainen kantavat seinät-laattarunko. Kantavina pystyrakenteina ovat päätyseinien sandwich-elementit sekä kaikki laattalinjaan nähden poikittain olevat väliseinät. Kaikki rakennuksen seinät valmistetaan betonielementeistä. Välipohjan ontelolaatat toimivat vaakarakenneina. Jäykisteenä toimivat sekä levymäiset pystyrakenteet, että hissikuiluelementit.

3. ASENNUSPROSESSI

Tässä luvussa käsitellään materiaalikohtaisesti alaotsikoiden mukaisia asennusprosessin vaiheita sekä sen niiden suorittamiseen liittyviä tekijöitä, kuten työn kannalta tarpeellista kalustoa.

3.1 Aloittavat työt

Ennen varsinaisen asennusprosessin aloittamista suoritetaan runkotyypistä riippumatta aloittavina töinä muun muassa aloituspalaveri, jossa käydään työntekijöiden ja työnjohtajien kesken läpi asennussuunnitelmat, -aikataulut ja -järjestys. Varmistetaan suunnitelmien ajantasaisuus. Varmistetaan työturvallisuuden toteutuminen huolehtimalla henkilökohtaisten suojavarusteiden saatavuudesta ja työntekijöiden perehdyttämisestä, sekä varmistamalla, ettei työssä esiinny työturvallisuutta vaarantavia päällekkäisyyksiä. Betonirunkotöihin ryhdyttäessä käydään lisäksi läpi ainakin käytettävät materiaalit ja kalusto, laatuvaatimukset ja olosuhde- ja suojausvaatimukset. (Ratu 0392 2012, s. 5). Ennen teräsrungon asennustyön aloittamista tulee tarkastaa, että työtä tekeville henkilöillä on vaadittavat pätevyydet mm. käytettävään hitsausmenetelmään ja perusaineeseen liittyen (Ratu 0409 2013, s. 6).

3.2 Kuljetus ja välivarastointi

Teräsrungon rakenneosien kuljettamiseen Suomessa käytetään usein maantiekuljetusta, mutta myös halvempi ja hitaampi rautatiekuljetus on mahdollinen (Koski et al. 2010, s. 125). Kuljetuksen ja varastoinnin aikaiset tuennat ja suojaus suoritetaan niin, ettei osiin synny jännityksiä, muodonmuutoksia tai likaantumista. Työmaalle saapuvien rakenneosien kunto ja oikeellisuus tarkistetaan. Teräsrungon rakenneosien toimitukset suunnitellaan niin, että asentaminen on mahdollista suoraan kuljetusvälineestä. Näin vältetään osien ylimääräiseltä siirtelyltä ja välivarastoinnilta, jotka lisäävät osien vaurioitumisen riskiä. Mikäli välivarastoinnilta ei kuitenkaan välttyä, varastoidaan osat suoralle ja vanhalle alustalle aluspuiden päälle. (Ratu 0409 2013, s. 8).

Betonielementit kuljetetaan tehtaalta kuorma-autoilla, puoli- tai täysperävaunuyhdistelmillä. Kuormauksen ja kuljetuksen aikaisten vahinkojen välttämiseksi elementit tulee tukea ja kiinnittää niin, etteivät elementit voi kaatua tai liikkua. Elementit tulee myös tukea niin, etteivät ne kuormita toisiaan, sekä ettei niihin kohdistu tarpeetonta rasitusta. (Koski et al. 2010, s. 97). Myös betonielementtien asentaminen suunnitellaan suoritettavaksi suoraan kuljetusvälineen kyydistä. Tarvittaessa elementit varastoidaan kampatelineisiin vaakasuoralle ja kovalle alustalle lähelle lopullista asennuspaikkaa. Sandwich-elementtejä

varastoidessa huolehditaan, ettei ulkokuorelle aiheudu kuormituksia, ja että eristekerros on suojattu kosteudelta. (Ratu 0392 2012, s. 6).

3.3 Asennuksen kulku

Seuraavissa alaluvuissa käydään läpi runkojen asennuksen kulku. Ensisijaisena lähteenä on käytetty töitä koskevia Ratu-kortteja.

3.3.1 Teräsrunko

Rungon asennuksessa noudatetaan asennussuunnitelman mukaista asennusjärjestystä, yleisesti kerros kerrallaan (Ilveskoski 2014, s. 27). Teräksisen rungon alimpien pilarien kiinnitys perustuksiin tehdään muttereilla anturoihin valettuihin peruspultteihin. Asennuksen jälkeen pilarin suoruus tarkistetaan esimerkiksi täkymetriä käyttäen kahdesta suunnasta. Lisäksi huolehditaan, että pilarit ovat keskenään linjassa. Pilarien juuriin tehdään kiinnitykset peittävä jälkivalu, jonka tulee saavuttaa määritetty lujuus ennen rakenteen kuormittamista. Tarvittaessa pilarit tuetaan asennuksen ajaksi. (Ratu 0409 2013, s. 10).

Seuraavaksi nostetaan palkit paikoilleen rakennesuunnittelijan määrittämällä tavalla nostoapulaitteita käyttäen. Palkkien kiinnittämisessä suositaan pilarien keskinäisten liitosten tapaan pulttiliitoksia, mutta esimerkiksi konsoliliitoksiakin voidaan käyttää (Mustonen 2013, s. 14). Palkit kiinnitetään aluksi vain muutamalla pultilla, ja ennen lopullisen kiinnityksen tekoa varmistetaan rakenteen suoruus ja suunnitelman mukainen palkin kaltevuus (Pynnönen 1990, s. 173). Vasta kun ollaan varmoja kiinnityksen kestävyydestä, voidaan nostolaitteet irrottaa. Tarvittaessa palkki voidaan tukea alapuolelta, kunnes liitokset ovat kiristetty lopullisesti. (Ratu 0409 2013, s. 11).

Kerroksen ollessa pilarien ja palkkien kiinnitysten osalta valmis, asennetaan paikoilleen kerroksen hissikuiluelementti. Edellisen kerroksen kuiluelementin yläosa juotosbetonoidaan, jonka jälkeen asennettava elementti lasketaan sen päälle. Saumoihin tehtävät kiinnitysraudoitukset ja mahdolliset muut osat asetetaan valuuun. Hissikuilun alin osa on perustusten päälle asennettu elementti, pohjakuppi. Kuilun yläpäähän asennetaan alempien elementtien tapaan yläkuppi. (Ratu 0393 2012, s.8).

Tämän jälkeen asennetaan vielä kerroksen ontelolaattaelementit. Palkin alalapiolle asetetaan asennuspalat tai neopreeninauhaa, joiden päälle ontelolaatat lasketaan nostosaksia käyttäen. Laattojen alapinnat säädetään samaan tasoon laattojen alapuolisten pystytukien avulla. Mahdolliset aukot peitetään välittömästi riittävän tukevilla levyillä ja kaiteilla. Samoin asennetaan reunakaiteet laattojen asennuksen edetessä. Kun laatat ovat paikoillaan, asetetaan puhtaisiin saumoihin tarvittavat raudoitteet, ja suoritetaan saumavalu esimerkiksi pumppaamalla. Huolehditaan esimerkiksi sauman muovittamisella, ettei betoni

kuivu liian nopeasti. Laatastoa saa kuormittaa vasta saumavalujen saavutettua riittävä lujuuden. (Ratu 0389 2012, s. 7-9).

3.3.2 Betonielementtirunko

Betonielementtirungon asennus alkaa asennuspaikkojen mittaamisella. Tämä voidaan suorittaa esimerkiksi takymetrillä rakennuksen mittalinjoista. Korkeusasema voidaan mitata esimerkiksi tasolaserilla ja mitalla. Elementin korkeusasema säädetään oikeaksi asennuspaloilla. Alemman elementin yläpää puhdistetaan mahdollisista epäpuhtauksista, vedestä ja jäästä. Jos asennetaan sandwich-elementtejä, asennetaan alemman elementin päälle eristekaista elementtien välisen sauman tiivistämiseksi. Alemman elementin yläpään lapioidaan vähintään 10 mm juotosbetonia ja asennettavan elementin kohdalta puretaan suojakaide.

Asennettava elementti nostetaan lukkiutuvilla nostorakseilla elementtiin kiinnitetyistä nostolenkeistä asennuspalojen päälle. Tarkastetaan, että sidontaraudat ja välipohjan läpi viedyt sähköputket osuvat elementtiin tehtyihin varauksiin, sekä mahdollisten oviaukkojen mittojen oikeellisuus. Elementti tuetaan kuvassa 5 esitetyllä tavalla vähintään kahdella elementtiin kiinni pultattavalla elementtituella, joita säätämällä myös säädetään elementti suoraan esimerkiksi vesivaakaa apuna käyttäen. Vasta nyt voidaan nostoraksit irrottaa nostolenkeistä.



Kuva 5. Betonielementtien asennuksen aikaista tuentaa (Rakentaja.fi).

Kokonaisen seinälinjan valmistuttua tarkastetaan sen suoruus teodoliitilla, vaaituskojeella ja mitalla. Tarvittaessa pieniä korjauksia voidaan tehdä elementtitukia säätämällä tai elementtejä siirtämällä. Poistetaan sauman ohi roiskunut betonimassa välittömästi, taimitetaan juotosbetoni alasaumasta sekä suojataan elementeissä olevat aukot. Elementtien

pystysaumoissa olevista vaijerilenkeistä pujotetaan raudoitusteräket ja tukitaan sauman toinen puoli muotilla. Pumpataan saumaan juotosbetoni ja siistitään ylijäämät välittömästi pois.

Työn päättyessä käytetyt työkalut puhdistetaan. Saumojen betonin riittävän hitaasta kuivumisesta huolehditaan joko suojaamalla betoni muovilla tai kastelemalla sitä riittävästi. Kun saumavalujen saumabetonointi on saavuttanut tavoitelujuutensa, voidaan niihin liittyvät muotitukset purkaa ja elementtien tuennat poistaa. (Ratu 0392 2012, s. 7-12).

Kerroksen kantavien pystyrakenteiden ollessa nyt paikoillaan, voidaan asentaa kerroksen hissikuiluelementti ja ontelolaatat. Kyseiset työvaiheet suoritetaan kuten teräsrunkoon asentaessa.

3.4 Asennuksessa tarpeellinen kalusto

Runkoasennuksessa rakennusosien nostamiseen käytetään joko ajoneuvo- tai torninosturia. Käytettävän kaluston tyyppi ja koko määräytyy mm. rakenneosien painojen ja nostotäisyyksien mukaisesti. Myös runkovaiheen kesto on hankkeessa käytettävän nostokaluston valintaan vaikuttava tekijä. (Koski et al. 2010, s. 261).

Betonielementtien asennuksessa tarvittava muu kalusto käsittää mittauskalustoa, kuten vaatuskojeen, mitan tai teodoliitin. Elementtien paikoilleen nostamisessa ja tuennassa tarpeeseen tulevat ainakin nostokoneeseen kiinnitettävät nostoraksit, asennuskanget, elementtituet, mutterinväännin ja A-tikkaat tai telineet. Saumaraudoitusten tekoa varten tarvitaan työkaluja terästen katkaisuun ja toisiinsa sitomiseen. Lisäksi tarvitaan betonipumppu tai nostoastia saumavalujen tekoon, sekä mahdollista jälkihoitoa varten peitteitä ja kasteluvälineitä. (Ratu 0392, s. 14).

Teräsrunkoa asennettaessa mittaukseen käytettävä laitteisto ei eroa betonielementtien asennuksessa käytettävistä. Rakenneosien liittäminen toisiinsa tapahtuu esimerkiksi akkukäyttöistä pulttikiristintä tai kiintoavaimia käyttäen. Mikäli osia joudutaan liittämään toisiinsa hitsaten, tarvitaan hitsauslaite. Liitoskohdan käsiksi pääsemiseen tarvitaan henkilönostin, kuten nostokori tai saksilava, tai asennusteline. Ontelolaattaisten välipohjien tullessa kyseeseen, tulee käytettävissä olla myös betonointityössä käytettävää kalustoa. (Ratu 0409 2013, s. 18).

3.5 Laaturiskit

Teräsrungon onnistunut perustuksiin liittäminen vaatii huolellisesti tehtyjä perustamistöitä. Vääriin paikkoihin mitatut ja asennetut peruspultit vaativat suunnittelijan ohjeiden mukaista korjausta konepajalla tehtäviin rakennusosiin (Ratu 0409 2013, s. 7).

Teräksisiä rakennusosia asentaessa valmiisiin pintakäsittelyihin syntyvät vauriot tulee korjata alkuperäiselle tasolle, jotta valmis rakenne saavuttaa mm. suunnitellun palosuojauksen ja kosteudeneristävyyden. Pinnoitevaurioita syntyy esimerkiksi liitoksia hitsattaessa. Tarpeettomilta hitsausliitoksilta välttymiseksi rakenneosien liitosten ja liitososien suunnitteluun ja valmistamiseen tulee kiinnittää tarkkaavaisuutta. (RT 82-10765 2001, s. 7).

Työmaalla tehtäviltä hitsaustöiltä vaaditaan konepajalla tehtyjen vertaista laatua. Tällöin tulee ottaa huomioon hitsaustyön laatua mahdollisesti heikentävät olosuhteet, kuten lämpötila, tuuli ja sade. (Mustonen 2013, s.24).

Betonielementtien ja ontelolaattojen juotosvalujen onnistumisen takaamiseksi tulee liitoskohdat tarvittaessa puhdistaa jäätä ja lumesta. Betonimassan lämpötilan tulee pysyä lujittumisen aikana yli 5 °C. Vaihtoehtoisesti se voidaan olosuhteiden niin vaatiessa valmistaa pakkasbetonista. Myös kovettumisen aikainen jäätyminen tulee estää esimerkiksi eristematoilla. (Ratu 0392 2012, s. 11). Toisaalta kesällä tulee varmistaa, ettei betonimassa jäykisty liiaksi ennen valamista (Elementtisuunnittelu.fi 2010).

3.6 Työturvallisuus

Runkoasennuksessa tulee noudattaa voimassa olevia työturvallisuusmääräyksiä. Työtä tehdessä tulee käyttää henkilökohtaisia suojavälineitä. Lattioissa olevat aukot tulee peittää ja merkata. Putoaminen on estettävä vähintään 1 m korkeilla kaiteilla, ja mikäli se ei ole esimerkiksi työvaiheen keskeneräisyyden vuoksi mahdollista, tulee työtä tekevän käyttää putoamisvaljaita. (Ratu 0392 2012, s. 15).

Nostoreittien alla ei saa työskennellä. Nostokaluston kuntoa tulee jatkuvasti tarkkailla. Nostojen aikana huomioidaan sääolosuhteet, kuten tuulisuus. Lisäksi rakennusosia tulee nostaa nosto-ohjeiden mukaisesti ja vain nostamiseen tarkoitetuista lenkeistä. (Koski et al. 2010, s. 130).

3.7 Palosuojaus

Teräsrungon palosuojauksen teko alkaa aloituspalaverilla, jossa työntekijät ja työnjohtajat käyvät läpi mm. työn aikataulun, suunnitelmat ja käytettävän kaluston. Palosuojauustyö suunnitellaan suoritettavaksi niin, ettei suojattavassa työkohteessa tehdä samanaikaisesti muita töitä. Maalattavan pinnan tulee tarvittaessa puhdistaa epäpuhtauksista, kuten ruosteesta tai pölystä. Työkohteessa tulee järjestää mahdollisimman tehokas ilmanvaihto, jonka lisäksi sekä ilman, että maalattavan pinnan lämpötilan tulee olla 5-50 °C välillä. Maalattavat rakennusosat eivät myöskään saa olla 3 °C ilmaa kylmempiä, jottei niiden pinnoille tiivisty kosteutta. Työstä tulee laatia pöytäkirja, josta käy ilmi mm. maalauksen aikaiset olosuhteet ja maalien kulutus. Maalauksessa käytetään sutia, telaa tai ruiskua. Ennen palosuojamaalausta rakenneosa tulee pohjamaalata palosuojamaalivalmistajan

suosittelemaan nimelliskalvopaksuuteen. Palosuojamaalin kuivuttua maalikerroksen oikea kalvonpaksuus mitataan, jonka jälkeen rakenne voidaan pintamaalata. Mikäli korjataan konepajalla maalattuun palosuojamaalikerrokseen syntyneitä vaurioita, tulee käsiteltävä alue puhdistaa esimerkiksi teräsharjalla kaikista maalikerroksista, jonka jälkeen alue käsitellään kuin maalaamaton rakenne. Pienemmät kuin 5 cm² vauriot voidaan kuitenkin korjata maalaamalla niiden päälle pintamaalilla. (RATU 0439 2015, s. 8).

3.8 Työmenekit

Työn vaatimaa työntekijäpanosta voidaan mitata ilmoittamalla jonkin mittayksikön, kuten kappale- tai neliömäärän, valmistamiseen kuuluvien työntekijätuntien (tth) määrä. Näin voidaan arvioida esimerkiksi ulkoseinäelementtien asennukseen kuluva aika, kun tiedetään seinäelementtien kappalemäärä, sekä yhden asennukseen kuluva aika. Työmenekien arvot perustuvat Rakennustiedon Ratu-kortistoihin kokemukseräisesti kerättyihin arvioihin erilaisten työtehtävien kestoista. Arviointi on suuntaa antavaa, ja siihen voi vaikuttaa pienentävästi tai suurentavasti lukuisat muuttujat, kuten sääolosuhteet, työntekijöiden kokemus ja kohteen koko. Taulukoissa 1 ja 2 on esitelty tämän työn kannalta oleelliset Ratu-kortiston teräsrunkotyöhön, sekä väli- ja ulkoseinätöihin liittyvät työmenekit.

Taulukko 1. Väli- ja ulkoseinäelementtityön työmenekit (Ratu 0392 2012, s. 4).

TYÖMENEKIT				
	Työnosa	Työmenekki		
Aloittavat työt	Välivarastointi	0,2 tth/kpl	0,025 tth/m ²	
	Mittaus	0,12 tth/kpl	0,015 tth/m ²	
Asennus	Väliseinäelementti	1,45 tth/kpl	0,18 tth/m ²	
	Ulkoseinäelementti	1,3 tth/kpl	0,16 tth/m ²	
	Seinäelementtien tukkolaudoitus, saumavalu ja laudoituksen purku	0,5 tth/kpl	0,06 tth/m ²	
	Juotosvalu pystysaumapumpuksella (sisältää tukkolaudoituksen ja purun)	0,25 tth/kpl	0,03 tth/m ²	
Suoritemäärän vaikutus	Ulko- ja väliseinäelementtejä, kpl	<25	25...100	>100
	Ulko- ja väliseinäelementtejä, m ²	<200	100...1000	>1000
	Suoritemääräkerroin	1,2	1,0	0,9

Taulukko 2. Teräsrunkotyön työmenekit (Ratu 0409 2013, s.4).

Asennus	Työnosa	Työmenekki
Pilarit, korkeus 1 ... 2 krs	mittaus	0,12 tth/kpl
	asennus	0,25 tth/kpl
	kiinnitys pulteilla	0,4 tth/kpl
	kiinnitys hitsaamalla	1,3 tth/kpl
Pilarit, korkeus 3. krs tai enemmän	mittaus	0,12 tth/kpl
	asennus	0,35 tth/kpl
	kiinnitys pulteilla	0,60 tth/kpl
	kiinnitys hitsaamalla	1,5 tth/kpl
Palkit, pituus alle 10 m	mittaus	0,09 tth/kpl
	asennus	0,75 tth/kpl
	kiinnitys pulttiliitoksella tuelle	0,25 tth/kpl
	kiinnitys hitsaamalla (tappi, kynsi, tukilevy)	0,5 tth/kpl
Lopettavat työt	Työnosa	Työmenekki
	Suojaus, siivous ja merkintä	0,01 tth/kpl

4. VERTAILU

Vertailuluvussa käsitellään aiemmin työssä esiteltyjen tietojen pohjalta, minkä tyyppisiä ja kuinka merkittäviä eroavaisuuksia teräs- ja betonielementtirunkojen asennustöiden välillä on eri osa-alueilla. Ilmoitettujen työmenekkien avulla pyritään myös muodostamaan kuva siitä, eroavatko asennustyöt huomattavasti toisistaan keston suhteen.

4.1 Kuljetus ja asennustyö

Rakenneosien kuljetus työmaalle tapahtuu pääosin maanteitse. Kuten kuvan 6 esimerkistä huomataan, voivat varsinkin teräksiset osat joskus olla ulkomitoiltaan tai painoiltaan tavattoman suuria, jolloin kuljetus täytyy suorittaa luvanvaraisena erityiskuljetuksena ja suunnitella huolellisesti reitteineen. (Koski et al. 2010, s. 125). Rakenneosien mahdollinen varastointi pitää materiaalista riippumatta suorittaa siten, etteivät osat pääse vaurioitumaan. Teräsrunkoa asennettaessa täytyy toimitukset suunnitella tarkasti, sillä asentaminen vuorottelee betonisten ontelolaattojen ja teräsrakenteiden asentamisen välillä.



Kuva 6. Teräspalkin erikoiskuljetus (Teräsrungon asennus 1997).

Rakenneosien paikkojen mittaamisessa käytettävät metodit ja laitteisto eivät merkittävässä määrin eroa toisistaan. Teräsrunko vaatii kuitenkin huomattavasti tarkempaa mitoitustyöskentelyä. Teräksen materiaaliominaisuudet mahdollistavat pienet rakentamistoleranssit, joiden asettamat vaatimukset täyttyvät konepajalla. Sen sijaan työmaalla paikallennmittaus- ja asennustarkkuus ovat monesti riittämättömiä. (Koski et al. 2010, s. 130). Etenkin perustusten virheellisissä paikoissa sijaitsevat perustuspultit voivat aiheuttaa suuria ongelmia rungon asennuksessa alusta alkaen. Betonielementit sen sijaan asennetaan sokkelielementtien päälle, jolloin vaadittu mittatarkkuus ei ole yhtä suurta kuin teräsrakenteilla.

Myös osien paikoilleen liittämisestä löytyy eroja. Teräksen etuna ovat nopeat pulttiliitokset ja liitoksen välitön kiinnityksen jälkeinen kantavuus. Teräsosien asennustoleranssit

voivat kuitenkin muodostua jälleen ongelmaksi, mikäli liitosta ei esimerkiksi suunniteltu riittävän huolellisesti. Tällöin joudutaan turvautumaan hitsaamiseen, joka vaatii kalustoa, oikeanlaisia olosuhteita ja tulityön aikaista ympäristön suojaamista. Betonielementtien asennus ei ole yhtä herkkää mittavirheille ja niiden aiheuttamille viivästyksille, mutta on lähtökohtaisesti monivaiheisempi ja hitaampi suoritus.

4.2 Kalusto ja työturvallisuus

Nostokalustoa valittaessa tulee huomioida nostettavien osien koko, jolloin yksittäinenkin muita raskaampi osa asettaa nostokalustolle vaatimustason. Täten voi teräsrunkoisenkin rakennuksen asennuksessa nostokaluston kokoa määrittäväksi tekijäksi muodostua esimerkiksi betoninen hissikuiluelementti. Hissikuiluelementit voivat olla painavimmat rakenneosat myös betonirunkoisessa rakennuksessa, jolloin runkojen asennuksessa käytettävä nosturi on saman kokoinen runkomateriaalista riippumatta. Näin ollen teräksen keveyttä ei päästä hyödyntämään valitsemalla kevyempää nostokalustoa.

Asennuksessa käytettävät käsityökalut ovat kummassakin tapauksessa tavanomaisia laitteita, eivätkä ne todennäköisesti vaadi työtä suorittavalta taholta erillishankintoja tai muualta vuokraamista.

Teräsrungon asennuksessa tehtävistä liitoksista iso osa on pilarien ja palkkien välisiä. Jotta liitoksia yletetään tekemään turvallisesti, tarvitaan työssä esimerkiksi saksilavaa. Mikäli asennettavaa rakennusosaa tulee pystyä liittämään useasta kohdasta saman aikaisesti, joudutaan laitteita todennäköisesti hankkimaan käyttöön useita. Betonielementtien asennuksessa kyseeseen tulee nostoraksien irrotus elementeistä ja elementtitukien kiinnittäminen, jotka voidaan suorittaa esimerkiksi A-tikkailta tai telineiltä käsin.

Jokainen betonielementti tulee tukea vähintään kahdella elementtituella, kunnes saumausbetonointi on saavuttanut tavoitelujuutensa. Tämä vie viikkoja, jonka seurauksena tukia tulee hankkia käyttöön huomattava määrä. Teräsrunkoasennuksessa asennuksen aikaista tuentaa ei välttämättä tarvita, tai sen tarve voi olla vähäisempää.

Lisäksi käytettävissä tulee olla riittävästi putoamissuojakaiteita. Teräsrungon kohdalla tämä tarkoittaa jokaisen kerroksen ympärillä kulkevaa aitausta, kun taas betonielementtien asennuksessa ulkoseinäelementin asentaminen vapauttaa suojakaiteen käytettäväksi seuraavassa kerroksessa. Käytännössä muita työturvallisuuteen liittyviä eroavaisuuksia ei eri runkomateriaaleilla rakentaessa ole.

4.3 Laaturiskit

Teräksen palo- ja korroosiosuojaus asettaa sen betonielementteihin nähden vahinkoalttiimpaan asemaan, sillä se on altis esimerkiksi kolhuille ja hitsaamisesta aiheutuville vau-

rioille. Betonielementeillä ei ole yhtä vaurioitettavissa oleva rakenne, mutta senkin kohdalla on tarpeetonta kolhimista vältettävä. Lisäksi tulee muistaa sandwich-rakenteisten elementtien eristekerroksen suojaaminen kastumiselta.

Hitsaustyötä voivat tehdä vain pätevytettyt henkilöt, joiden tulee säännöllisin väliajoin läpäistä pätevyyskokeet. Tämä asettaa rajoituksia sille, ketkä teräsrunkotyötä voivat tehdä, joka edelleen vaikuttaa asennusryhmien saatavuuteen. Lisäksi hitsaustyön tekoon liittyy olosuhdevaatimuksia, joiden toteuttaminen voi olla hankalaa tai lyhyellä aikataululla jopa mahdotonta.

Betonielementtien asentamiseen ei vaadita erikoispätevyyksiä, mutta niidenkin asentamisessa tulee ottaa huomioon olosuhteet varsinkin talviaikaan.

4.4 Kesto

Työn kestoa arvioidessa työmenekeillä tulee tietää asennettavien rakenneosien määrä ja laatu. Taulukossa 3 on esitelty esimerkkirakennuksen viiden kerroksen yhteenlasketut rakenneosien määrät runkomateriaalin mukaan eritellen.

Taulukko 3. *Asennettavien rakennusosien määrä rungoittain.*

Teräsrunko	Kerroksessa	Rakennuksessa
Pilari (kaksikerroksiset)	16	48
WQ-palkki	12	60
I-palkki	12	60
Betonielementtirunko		
Ulkoseinäelementti	12	60
Väliseinäelementti	12	60

Taulukoissa 4 ja 5 on esitetty aiemmin työssä esiteltyjen työmenekkien ja asennettavien osien määrän perusteella Excel -taulukointiohjelmalla lasketut arvioidut runkoasennusten kestot.

Ontelolaatta ja hissikuiluelementtien asennuksia ei ole otettu huomioon, sillä niiden oletetaan olevan kestoaltaan yhteneväiset. Huomioimatta jää myös ainakin putoamissuojakatteiden asentaminen ja mahdolliset ongelmat esimerkiksi liitostöiden kohdalla.

Taulukko 4. Teräsrunгон asennukseen kuluva aika.

Teräsrunko					
	Työnosa	Määrä kpl	Työmenekki tth/kpl	Yhteensä tth	
Aloittavat työt	Siirrot	Nosturin valmistelu	1	16	16
		Osien vastaanotto ja varastointi	168	0,05	8
Asennus	Pilarit, kerrokset 1...2	Mittaus	16	0,12	2
		Asennus	16	0,25	4
		Kiinnitys pulteilla	16	0,4	6
	Pilarit, kerrokset 3...	Mittaus	32	0,12	4
		Asennus	32	0,35	11
		Kiinnitys pulteilla	32	0,6	19
	Palkit	Mittaus	120	0,09	11
		Asennus	120	0,75	90
		Kiinnitys pulteilla	120	0,25	30
Lopettavat työt	Suojaus, siivous ja merkintä	168	0,01	2	
Yhteensä				203	
Suoritemääräkerroin				1,05	
Työtunnit				214	

Taulukko 5. Betonielementtirungon asennukseen kuluva aika.

Betonielementtirunko				
	Työnosa	Määrä kpl	Työmenekki tth/kpl	Yhteensä tth
Aloittavat työt	Nosturin valmistelu	1	16	16
	Osien välivarastointi	120	0,2	24
	Mittaus	120	0,12	14
Asennus	Väliseinäelementti	60	1,45	87
	Ulkoseinäelementti	60	1,3	78
	Juotosvalu pystysaumapumppauksella	80	0,25	20
Yhteensä				239
Suoritemääräkerroin				1,00
Työtunnit				239

Karkean arvion perusteella voidaan sanoa, että teräsrunгон asentaminen vaatii noin 10 % pienemmän työpanoksen betonielementtirunkoon verrattuna.

5. YHTEENVETO

Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää, onko teräs- ja betonielementtirunkojen asentamisen välillä merkittäviä eroavaisuuksia, ja miten ne vaikuttavat mm. rungon asennustyön nopeuteen, kokonaiskestoon ja työturvallisuuteen.

Asennusprosesseissa on paljon samaa. Asennusta edeltävissä töissä kuten suunnitelmien tai aloittavien kokousten määrissä tai laaduissa ei ilmennyt eroja niiltä osin, joita Ratu-korteista kävi ilmi. Myös rakennusosien kuljetusjärjestelyt ovat käytännössä identtiset. Teräsosia voidaan joutua kuljettamaan työmaalle kauempaa, jolloin maantiekuljetusta hitaammat rautatie- ja laivakuljetukset voivat tulla kyseeseen.

Asennustyössä suurin yksittäinen ero liittyyneeräsrunгон asentamisessa vaadittavaan mittatarkkuuteen. Pienistä asennustoleransseista johtuen teräsrunгон asennus on altis hidastuksille, joita koituu, mikäli osien liittämässä ilmenee esimerkiksi huonosta suunnittelusta tai mittaustyöstä johtuvia ongelmia. Toistuvat ongelmat vaikuttavat herkästi asennusaikatauluun, sillä hitsaten tapahtuvat liitokset vievät Ratu-korttien mukaan vähintään kaksi kertaa niin paljon aikaa, kuin pultein tehtävät.

Toisaalta mittatarkkuudella saavutetaan onnistuessaan hyötyjä. Teräksisten osien kiinnitykset ovat kantavia välittömästi liitoksen kiinnityksen jälkeen. Mikäli rakenne ei tarvitse rakentamisen aikaista jäykistämistä, voi rakennetta kuormittaa välittömästi, siinä missä betonielementit vaativat tuentaa saumojen juotosbetonointien usean viikon kestävän kovettumisen ajan.

Tutkimuksessa suoritettun kokonaistyömenekkien vertailun perusteella teräsrunгон asennustyö vie noin 10 % vähemmän työtunteja, kuin vastaavan betonielementtirunгон. Tämän perusteella ei kuitenkaan voi päätellä, että teräsrunko olisi nopeammin pystyssä, sillä asennukseen kuluvien työvuorojen määrä riippuu siihen osallistuvien työntekijöiden määrästä. Toisaalta asennusryhmää kasvattamalla työnopeus ei välttämättä kasva, sillä useasti työtehtävään samanaikaisesti osallistuvien työntekijöiden määrän lisääminen ei ole mahdollista. Lisäksi nosturi kykenee palvelemaan vain yhtä työryhmää kerrallaan.

Asennuksessa tarvittava kalustokaan ei eroa merkittävässä määrin. Teräsosille itsessään riittäisi pienempi nosturi kuin samankaltaisessa kohteessa tapahtuvaan betonielementtien siirtelyyn, mutta mikäli työkohteessa tulee nostaa jotain teräsosia painavampaa, kuten hissikuiluelementtejä, joudutaan nosturiksi valitsemaan yhtä kookas nosturi, kuin betonielementtiasennukseen. Liitosten tekeminen tapahtuu tavanomaisilla käsityökaluilla. Teräsrunkoasennuksessa tarvitaan jokaiseen kerrokseen putoamissuojaus, betonielementtien tukemiseen tarvitaan riittävä määrä elementtitukia. Teräsrunkoasennuksessa voidaan tarvita nostolaitteisto liitoskohtiin käsiksi pääsemiseen.

Asennustyötä tekeviltä vaadittavassa ammattitaidossa on huomattava ero. Teräsrunko-työtä tekevän on käytännössä oltava kykenevä hitsaustyöhön, joka vaatii sekä ammattikokemusta, että pätevyyskokeiden läpäisyä. Tämä asettaa rajoitteita asennusryhmien saatavuudelle. Kokemus on tärkeää betonielementtien asennustyössäkin, mutta sen tekemiseen ei ole olemassa pätevyysvaatimuksia.

Hitsaustyö aiheuttaakin teräsrunkotyölle laaturiskejä. Hitsattaessa liitoksia tehdessä ei palo- ja korroosiosuojauksen vahingoittamiselta voida välttyä. Palosuojamaalauksen korjaaminen aiheuttaa välttämätöntä lisätyötä, sillä puutteellinen palosuojaus ei tarpeen tullen toimi halutulla tavalla.

Kaiken kaikkiaan voidaan väittää, että eroavaisuudet asennusprosessin kulussa on yleisesti ottaen pieniä, ja että sen keston vaikuttaa kummankin materiaalin kohdalla hyvinkin paljon samat tekijät.

Jatkotutkimukselle riittäisi asiaan liittyen aiheita, sillä tässä tutkimuksessa ilmi tulleet asennustöiden erot eivät ole omiaan selittämään teräsrunkojen vähäistä käyttöä Suomessa. Asiaan vaikuttanee ainakin taloudelliset tekijät, aiheeseen liittyvän ammattitaidon ja käytettävissä olevan tiedon puute ja teräsrungolla mahdollisesti hankalasti toteutettavissa olevat asuinrakennusten tiukat palomääräykset.

LÄHTEET

Elementtisuunnittelu.fi. (2013). Runkoliitokset. Verkkosivu. Betoniteollisuus ry. Saatavissa (viitattu 4.2.2019): <http://www.elementtisuunnittelu.fi/Download/22478/DO331.pdf>

Ilveskoski, O. (2014). Teräsrakenteiden asennus. Opetusmateriaali. Hämeen ammattikorkeakoulu, Hämeenlinna. 51 s. Saatavissa (viitattu 3.12.2018): https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/80214/HAMK_Terasrakenteiden_asennus_2014_ekirja.pdf?sequence=1

Inha, T., Saaranen, K., Salokangas, J., Salonen J., Vänni, M. (1997). Teräsrungon asennus. Teräsrakenneyhdistys ry, Tampere. 82 s. ISBN 951-682-446-3.

Koski, H., Koskenvesa, A., Mäki, T., Kivimäki C. (2010). Rakentamisen tuotantotekniikka. Talonrakennusteollisuus ry, Helsinki. 274 s. ISBN 978-951-682-973-2

Laitinen, T., Forecon Oy (2017). Verkkosivu. Saatavissa (viitattu 10.11.2018): <https://www.forecon.fi/tehdaanko-akennukset-betonista-puusta-vai-teraksesta/>

Leppänen, T., Pynnönen, J. (1990). Teräsrunko monikerroksisessa toimisto- ja liikerrakennuksessa: Suunnittelu, esivalmistus ja pystytys. Tampereen teknillinen korkeakoulu, Tampere. 113 s. Saatavissa: <https://tut.finna.fi/Record/tutcat.73610>

Mustonen, M. (2013). Toimistorakennusten teräsrunkojärjestelmien vertailu Suomessa ja Ruotsissa. Diplomityö. Tampereen teknillinen yliopisto, Tampere. 86 s. Saatavissa: <https://tut.finna.fi/Record/tutcat.254115>

Pynnönen, J. (1990). Teräsrungot: Runkovertailu, rungon rakenteita ja rakennustyön toteutus. Tutkimus. Tampereen teknillinen korkeakoulu, Tampere. 175 s. Saatavissa: <https://tut.finna.fi/Record/tutcat.73531>

Rakentaja.fi (2013). VaBe-elementtitalo. Verkkosivu. Saatavissa (viitattu 4.2.2019) <https://www.rakentaja.fi/artikkelit/10080/vabeelementtitalo.htm>

Rakentamismääräyskokoelma 848/2017 (2017). Ympäristöministeriön asetus rakennusten paloturvallisuudesta. Helsinki. 23s. Saatavissa <http://www.ym.fi/download/none/%7B66288BFB-A697-4FCB-B602-CE0316F2C37B%7D/134002>

Ratu 0389 (2012). Ontelo- ja TT-laattaelementtityö. Rakennustieto Oy. 18 s.

Ratu 0392 (2012). Väli- ja ulkoseinäelementtityö. Rakennustieto Oy. 19 s.

Ratu 0393 (2012). Kuilu- ja porraselementtityö. Rakennustieto Oy. 21 s.

Ratu 0409 (2013). Teräsrunkotyö. Rakennustieto Oy. 25 s.

Ratu 0439 (2015). Palosuojaus. Rakennustieto Oy. 23 s.

RT 82-10765 (2001). Asuin- ja toimistorakennusten teräsrakenteet. Rakennustietosäätiö. 21 s.

RT 82-10821 (2004). Betonielementtirunkorakenteet. Rakennustietosäätiö. 20 s.

Väisänen, P. (2007). Teräs - Perustietoa arkkitehtiopiskelijalle. TKK Arkkitehtiosasto. 85 s. Saatavissa (viitattu 11.11.2018): http://www.terasrakenneyhdistys.fi/document/1/40/66e53a5/Teras_web.pdf