



Osaamista
ja oivallusta
tulevaisuuden
tekemiseen

Mikko Piisinen

Omana työnä tehtyjen perustus- ja perusmuuriraudoitusten urakkakortti

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Rakennusmestari (AMK)

Rakennusalan työnjohto

Mestarityö

20.11.2019

Tekijä Otsikko	Mikko Piisinen Omana työnä tehtyjen perustus- ja perusmuuriraudoitusten urakkakortti
Sivumäärä Aika	27 sivua + 1 liitettä 20.11.2019
Tutkinto	Rakennusmestari (AMK)
Tutkinto-ohjelma	Rakennusalan työnjohdon tutkinto-ohjelma
Ammatillinen pääaine	Talonrakennustekniikka
Ohjaajat	Tutkintovastaava Jouni Ruotsalainen Työpäällikkö Marko Haapalainen
<p>Tutkimuksen aiheena oli tehdä perustusraudoituksista urakkalaskuri omia työntekijöitä varten. Tutkimuksessa tutkittiin antura- ja sokkeliraudoitusten työtehoa ja pyrittiin saamaan urakkahinta ja työn kesto kohtaamaan.</p> <p>Tutkimus tehtiin, koska tutkimuksen tilaajalla aiemmin käytössä ollut urakkakortti ei enää soveltunut useimpiin raudoitustyyppeihin. Talojen kokojen kasvaessa suuremmiksi ja paa-lutuksen ollessa entistä yleisempää täytyi vanhasta pohjasta luopua. Tämän vuoksi tarvittiin uusi urakkakortti, jossa on huomioitu rakentamisen muuttuneet tekijät. Lopputulokseksi ha-luttiin aikataulutehokkain ja halvin ratkaisu perustusten raudoitustöiden tekemiseksi.</p> <p>Tutkimus toteutettiin työmaalla, jolle on tulossa neljä kerrostaloa ja näin ollen neljä eri pe-rustusta. Tarkoituksena oli vertailla työtapoja ja kirjata ylös menekkejä eri ryhmiltä. Työssä otettiin tunnit ylös ja luotiin laskelma siitä, kuinka paljon perustusraudoitukset maksavat työn osalta per tunti ja kuinka monta kiloa raudoitetta pitäisi saada valmiiksi tunnissa ja työvuorossa.</p> <p>Lopputuloksena on, ettei perustusraudoitusta kannata tehdä irtotangosta omana työnä vaan tehdä työ aliurakkana. Tämä osoittautui olevan kustannustehokkaampi sekä nope-ampi ratkaisu.</p>	
Avainsanat	Antura, perusmuuri, raudoite, urakka

Author Title Number of Pages Date	Mikko Piisinen Self-made foundation and plinth reinforcement piecework calculator. 27 pages + 1 appendices 20 November 2019
Degree	Bachelor of Construction Management
Degree Programme	Construction Site Management
Professional Major	Housebuilding Site Management
Instructors	Jouni Ruotsalainen, Head of Degree Marko Haapalainen, Construction manager
<p>The subject of the study is to make the piecework counter for the foundation works to your own employees. The study investigated the work efficiency of the sole and the plinth reinforcement and sought to get the price of the piecework and total hours of work to go hand to hand.</p> <p>The study was conducted because the piecework counter previously used by company was no longer suitable for the most reinforcement types. As the sizes of houses is growing and when piling gets more common old piecework counter had to be abandoned. For this reason, a new piecework calculator was needed to consider the changed elements of construction. The target result was meant to find the fastest and the cheapest solution for foundation reinforcement work.</p> <p>The study was made on a construction site, where company is building four apartment buildings and therefore four different foundations. The aim was to compare the working methods and to record the hours from different groups. On basis of these recordings calculation was created to solve the constitutions cost for work per hour and how many kilos of rebar should be completed in an hour and in a work shift.</p> <p>The final result was that it was not worthwhile to make a reinforcement job with your own employees, but to use subcontractors. This proved to be more cost effective and also faster solution.</p>	
Keywords	Foundation, piecework, reinforcement,

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Hypoteesi	2
3	Raudoitus betonirakenteessa	4
3.1	Raudoitus anturoissa	5
3.2	Raudoitus perusmuureissa	6
4	Määrä- ja menekkilaskenta	8
4.1	Määrälaskenta sopimusvaiheessa	8
4.2	Määrälaskenta tuotantovaiheessa	8
4.3	Työmenekkien laskenta	9
5	Referenssikohteen perustusraudoitukset	11
5.1	Anturat	11
5.2	Perusmuurit	14
6	Laskurin käyttö	15
6.1	Laskuri anturalaskennassa	15
6.2	Laskurin käyttö perusmuureissa	17
6.2.1	Ohje perusmuurien raudoituslaskurin käyttöön	19
7	Tutkimustulokset ja loppupohdinta	22
7.1	Työn relevanssi	22
7.2	Jatkotutkimusmahdollisuudet	26
7.3	Pohdinta	26
8	Lähteet	27

Liitteet

Liite 1. Raudoitusurakan työehtosopimuksen mukainen sisältö

Lyhenteet

jm	juoksumetri
KUA	Kustannusarvio
ROA	Rakennusosa-arvio
tth	työntekijätunti
T8k150	8 mm halkaisijan omaavia harjateräksiä 150 mm välein
4T12	4 kappaletta 12 mm halkaisijan omaavaa harjaterästä

1 Johdanto

Tässä opinnäytetyössä tutkitaan kerrostalojen raudoitustöiden menekkejä eri ryhmillä ja pyritään selvittämään taloudellisin tapa toteuttaa perustusten raudoitustyöt. Opinnäytetyön tiedot perustuvat Skanska Talonrakennus Oyn (myöhemmin Skanska) määrittämään referenssikohteeseen, jossa rakennetaan neljää kerrostaloa. Kerrostaloista jokaisessa perustustapana on paaluperustus. Tämä tarkoittaa automaattisesti jyvettä ja toteutukseltaan hankalaa perustusraudoitusta.

Opinnäytetyön tilaaja on Skanska Talonrakennus Oy. Skanska tarvitsee urakkalaskuria, koska aiemmin käytössä ollut laskuri on hävitetty sen ollessa sopimaton nykyisin useimmin käytettäviin raudoitus- ja perustustyyppeihin. Tavoitteena on siis tehdä urakkakortti, jota kykenee käyttämään myös sellainen henkilö, jolla ei ole laajempaa osaamista tietokoneiden käytöstä. Urakkakortista halutaan helposti käytettävä ja muokattavissa oleva. Urakkakortti ei saa olla liian yksilöity referenssikohteeseen, jotta sen käyttö onnistuu myös muissa kohteissa.

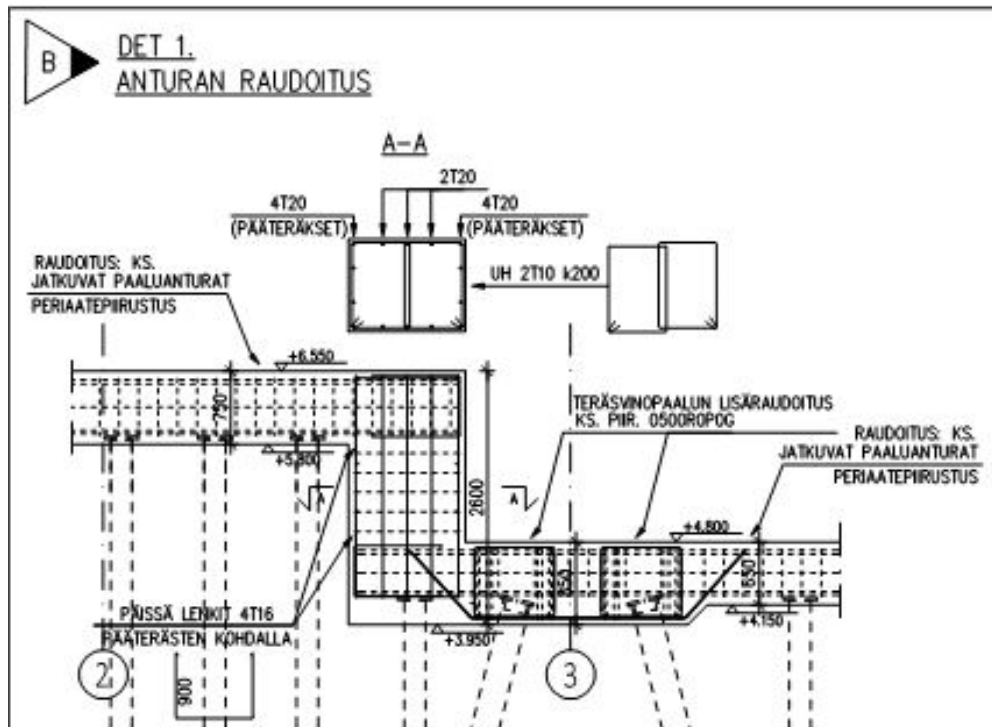
Aiemmaista tutkimuksista luotettavin on Ratu-kortiston osoittamat menekit ja viivästyskertoimet (Ratu 0402). Ratu-kortistosta selviää anturaraudoitusmenekit pääraudoituksen dimension mukaan, mutta sekään ei ota kantaa hakasraudoituksiin. Referenssikohteen anturaraudoituksiin Ratu-kortista parhaiten soveltuu palkki, jonka päätangon dimensio on 20 mm. Ratu-kortin mukaan 1000 kg palkkiraudoitusta tulisi tehdä 7,5 tth. (Rakennustieto, 2019)

2 Hypoteesi

Opinnäytetyön perusolettamus on se, että tuntiöinä tehdyt perustusraudoitteet tulevat olemaan kalliimmat kuin urakalla tehdyt raudoitukset. Yrityksen omilla työntekijöillä tuntiöinä teetetyt raudoitukset eivät välttämättä ole kokonaiskustannuksiltaan kalliimmat, mutta kun otetaan huomioon aikataulun venyminen tuntiöiden takia, niin oletettavasti tämä muuttuu. Eli mikäli aikataulu ei ole ongelma, niin oletus on, ettei kokonaiskustannuskaan yrityksen omana työnä nouse merkittävästi. Tässä tilanteessa ainoaksi haasteeksi saattaa nousta työntekijöiden motivaatio suorittaa annettu tehtävä alusta loppuun.

Rautojen tilaaminen valmiiksi taivutettuina on myös asia, jonka uskon olevan kannattavaa tilanteessa, jossa perustuksiin tulee yli kymmenen taivutettua rautaa. Koska referenssikohte on paalutettu ja pelkkien hakasten lukumäärä taloa kohden on lähellä 10 000, niin hakasten itse vääntämistä ei edes lähdetä kokeilemaan. Uskon, että itse rautojen muotoon vääntäminen ei missään tapauksessa maksa itseään takaisin. Tämä johtaisi työtuntien suureen kasvuun, jonka uskon olevan kalliimpaa kuin valmiiksi väännettyjen rautojen lisäkustannus.

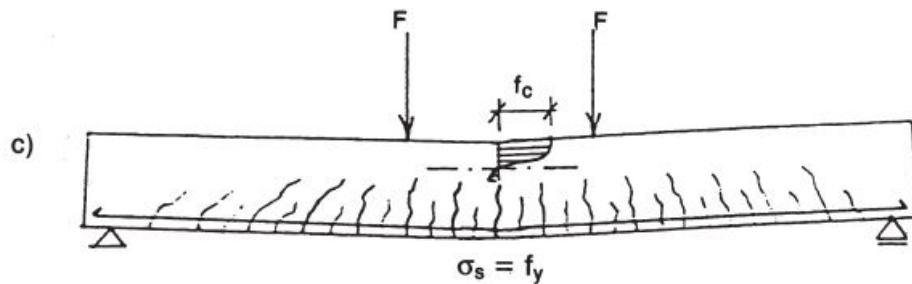
Muita kustannuksiin vaikuttavia tekijöitä on pohjan haastavuus, työntekijöiden ammattitaito kyseistä rakentamisvaihetta kohtaan ja työnjohtamisen onnistuminen. Oletuksena on, että monessa tapauksessa voi olla halvempaa ottaa aliurakoitsija tekemään raudoitus kiinteällä urakalla kuin lähteä itse laskemaan urakkaa omille työntekijöille. Haasteena on, että usein ei ole yrityksen omia osaavia resursseja tarjolla juuri raudoitustyöhön.



Kuva 1. Esimerkki referenssikohteen anturaraudoitus detaljista (Sitowise, 2019)

3 Raudoitus betonirakenteessa

Raudoituksen tarkoitus betonirakenteessa on ottaa vastaan rakenteeseen kohdistuvat leikkaus- ja vetovoimat. Nyrkkisäännön mukaan betoni kestää leikkausta ja vetoa vain 10% omasta puristuslujuudestaan. Kuitenkin, kun mennään suuren puristuslujuuden omaaviin betoneihin, niin tämäkin nyrkkisääntö kumoutuu. Betoni siis kestää puristusta, mutta ei leikkausta tai vetoa ja tästä syystä betonirakennelmat on raudoitettava.



Kuva 2. Esimerkki piirroksista, miksi rakenteessa on oltava raudoitus. (Saarinen)

Kuvassa 2 on esitetty visuaalisesti raudoituksen tarpeellisuus rakenteessa. Kuvan mukaan kyseessä voisi olla esimerkiksi referenssikohteessa käytetty paaluantura. Kuvan päissä olevat kolmiot kuvaisivat tällöin paaluja, jotka kannattelevat rakennusta, ja siirtää sen painon peruskallioon. Kuvassa kirjaimella F on kuvattu voima, joka painaa palkkia kahden tuen välillä aiheuttaen venymistä eli vetoa rakenteen alapinnassa. Kyseessä voisi siis olla kerrostalon aiheuttama veto paaluanturan alapinnassa, joka pyrkii katkaisemaan anturarakennetta. Kuvan palkin alareunassa näkyvä yhtenäinen viiva kuvaa rakenteen alapinnan raudoitusta, joka ottaa leikkausvoimat vastaan ja pitää teräsbetonipalkin ehjänä. Tämän seurauksena rakenteeseen kohdistuva voima siirtyy paaluille ja niitä pitkin peruskallioon.

Raudoituksia ei saa koskaan muuttaa rakennesuunnittelijan tekemien suunnitelmien vastaiseksi. Mikäli raudoitteiden muutoksiin on tarvetta, työmaa voi itse ainoastaan esittää oman näkemyksensä rakennesuunnittelijalle, joka tekee tarvittavat muutokset tai suunnittelee kokonaan rakenteen uudelleen. Muutoksesta suunnitelmassa täytyy aina saada kirjallinen lausunto.

(Laitinen, 2019)

3.1 Raudoitus anturoissa

Anturoiden tarkoitus on siirtää voimat, jotka päällä oleva rakennus aiheuttaa maaperään ja peruskallioon. Pohjatutkimuksen yhteydessä selvitetään perustustapa ja annetaan perustamistapalausunto, jonka vaikutus anturoiden raudoitukseen on merkittävä. Mikäli pohjatutkimuksessa ilmenee, että maaperä sellaisenaan ei kannaa, joudutaan usein valitsemaan perustamistavaksi paaluperustus. Tästä seuraa se, että perustusraudoite on palkkiraudoitus, joka menee tuelta tuelle [paalulta paalulle]. Paaluperustuksissa tyypillistä on paksu päätangon halkaisija ja tiuha hakasraudoitus, joka on aina umpihakanen. Paalujen tarkoitus on siirtää voimat, jotka rakennus aiheuttaa, kantamattoman kerroksen läpi peruskallioon. Referenssikohteen perustamistapa oli paaluantura. Toinen mahdollinen perustamistapa paalujen varaan olisi paalulaatta, mutta tätä käytetään useammin tietyömailla ja halli- sekä toimitilarakentamisessa. Paalulaatan tyypillinen raudoitus on verkko laatan ylä- ja alapinnassa rakennesuunnittelijan määrittämällä silmäkoolla ja raudan dimensiolla. Paalulaatta voi olla myös jälkijännitetty.

(Liikennevirasto, 2014)

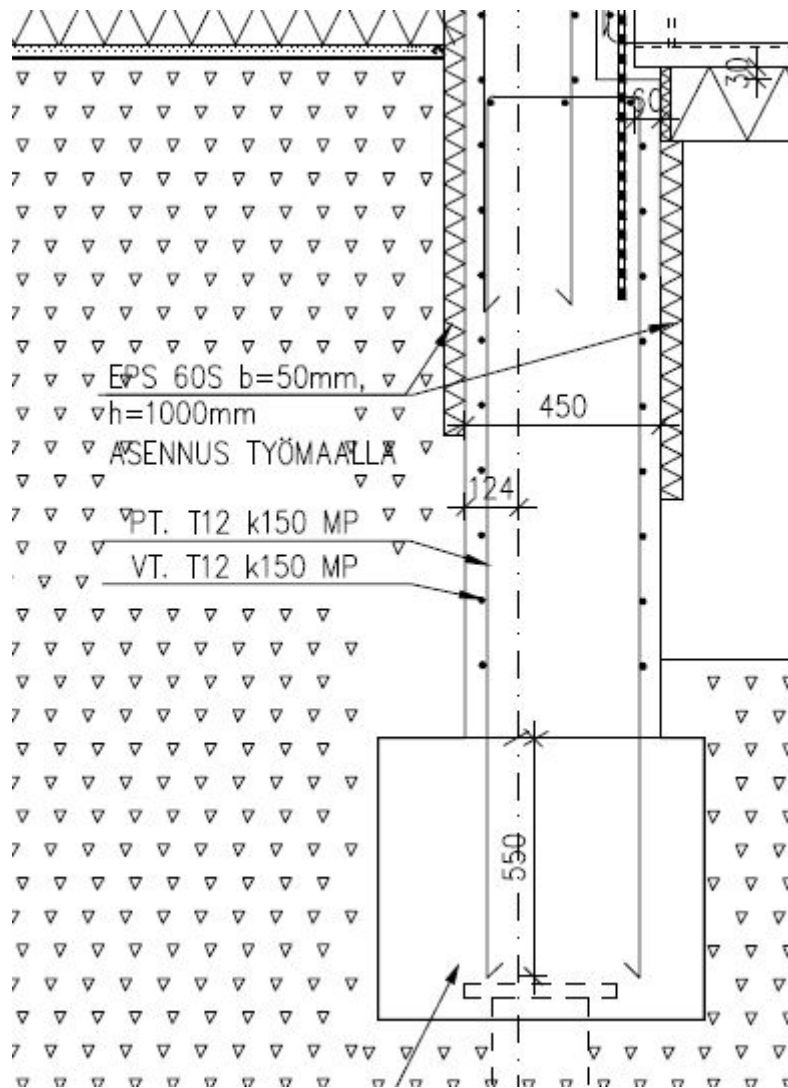


Kuva 3. Kuvan 2 tapaus referenssikohteessa. (Piisinen)

3.2 Rauditus perusmuureissa

Perusmuurin tarkoituksena on siirtää voimat, jotka niiden yläpuolella olevat rakennelmat aiheuttaa, anturoille. Perusmuureilla on useimmissa tapauksissa tasainen pohja [antura] alla kokomatkalla. Poikkeustapauksia ovat vain alapohjan kulkuaukot, jotka usein ovat kuitenkin niin pieniä, etteivät vaadi rauditukselta suurempaa muuntelua. Referenssikohteessa kulkuaukkojen koko on (800x800 mm), kulkuaukon yläpuolella kulkee 4T12 ja hakastus on umpihakanen T8K100. Eli aukon yli kulkee 4 kappaletta 12 mm halkaisijalla olevaa harjaterästä, joiden ympärillä on 100 mm jaolla 8 mm halkaisijalla oleva umpihakastus. Muutoin perusmuurirauditukset ovat usein huomattavasti kevyemmät kuin anturirauditteet, koska niille kohdistuva voima on pääsääntöisesti puristusta. Vetoa perusmuureissa tulee vain pystyrakenteen kylkiin, jotka pyrkivät puristuksen johdosta pulautamaan ulos.

(Laitinen, 2019)



Kuva 4. Referenssikohteen perusmuurin rauditusdetalji. (Sitowise, 2019)

4 Määrä- ja menekkilaskenta

Määrälaskentaa tehdään sekä rakennuskohteen urakkasopimusvaiheessa että työmaalla tuotantovaiheessa. Sopimusvaiheessa laskennan suorittaa laskentainsinöörit tai yrityksen laskijat, tuotantovaiheessa laskenta tehdään työvaiheista vastaavien työnjohtajien toimesta.

4.1 Määrälaskenta sopimusvaiheessa

Ennen kuin urakkasopimus on tehty, joutuvat urakoitsijat antamaan kohteesta tarjouksen tilaajalle. Tässä vaiheessa suunnitelmat ovat usein puutteelliset ja joudutaan turvautumaan aikaisemmista kohteista kerättyyn dataan. Ko. datan avulla kyetään luomaan hinta-arvioita siitä, kuinka paljon rakennettava neliö tulee maksamaan. Tätä prosessia kutsutaan pika-ROA:ksi eli pikarakennusosa-arvio, joka on yrityksen strateginen työväline. Pika-ROA tehdään varhaisessa vaiheessa ennen urakkatarjouksen tekoa. Se perustuu lukuisten kohteiden jälkilaskentatietoihin. Kohteista etsitään vastaavanlaiset aiemmat kohteet, joiden suhteellista neliöhintaa käytetään suuntaa-antavana hinta-arviona. Siten pyritään selvittämään kannattaako kohdetta edes lähteä laskemaan. ROA on työkalu, jonka avulla yritys pystyy minimoimaan käytetyn ajan tarjousvaiheen laskennassa. ROA:n avulla saadaan hyvä käsitys kohteen kustannuksista ja sen avulla urakkatarjous pystytään jättämään. (Hallman, 2018) (Lindholm, 2009)

4.2 Määrälaskenta tuotantovaiheessa

Kun urakkasopimukseen päästään ja kohde päätetään aloittaa, niin määrälaskentaa aloitetaan tekemään työmaalla eri työvaiheista vastaavien työnjohtajien toimesta. Työnjohtaja on vastuussa materiaalien ja työmäärien menekistä. Materiaalien hinnat ovat usein vakioitu kausisopimuksin, joka myös turvaa sen, ettei materiaalin hinta poikkea olennaisesti laskentavaiheessa käytetyistä hinnoista. On huomioitava, että esimerkiksi perustuksessa käytettävien harjaterästen kilohinta pohjautuu valitsevaan, usein ailahtelevaan, markkinahintaan. Kun puhutaan perustuksista ja niiden raudoituksien määrien laskennasta, niin tällöin täytyy olla olemassa tuotantosuunnitelmat ja kaikki tarvittavat kuvat. Tässä vaiheessa perustusten rakennekuvat ovat lähde, jota käyttäen

määrälaskenta suoritetaan. Myös 3D-mallit ovat alkaneet näkyä määrälaskennassa, mutta niiden tarkkuus ei ole vielä niin luotettava, että niitä kannattaisi pelkästään käyttää määrälaskentaan. Tällä hetkellä 3D-malleista voidaan ottaa suuntaa-antavia määriä ulos, joista voidaan tarkistaa manuaalisen laskennan lopputuloksen paikkaansa pitävyys. (Vensu, 2019)

4.3 Työmenekkien laskenta

Myös työmenekkejä lasketaan tarjousvaiheessa. KUA eli kustannusarvio on työkalu, joka tukee ROA:aa. KUA:ssa pilkotaan litterointi työksi ja materiaaliksi, litteroinnin avulla seurataan suunniteltuja ja toteutuneita kustannuksia ja ennakoidaan tulevia kustannuksia. Työmaan kustannusten seuranta ja raportointi tapahtuu litterointijärjestelmän tarkkuustasoilla.

Kustannusarviossa käytetään Talo 80 -nimikkeistön kustannuslajeja, jotka ovat:

1. KL1, työkustannus
2. KL2, materiaalikustannus
3. KL3, alihankintakustannus.

KUA tehdään ROA:n pohjalta luotujen kustannuksien puitteissa. KUA:ssa määritellään, kuinka paljon materiaali saavat maksaa per yksikkö ja kuinka monta yksikköä kyseistä materiaalia pitäisi kulua työvaiheen tekemiseen. Rakennusosien kustannusarvioiden laskentaan kiinnitetään enemmän huomiota, kun kohteen saaminen on varmistunut. KUA:n laskennassa käytetään alustavia tai tuotantosuunnitelmia kohteesta, joiden avulla kustannusarviosta saadaan mahdollisimman tarkka. (Hallman, 2018)

Kustannusarviossa lasketaan myös mahdollisimman tarkasti rakennusosan tekemiseen kuluvan työn määrä. Kustannusarvion tekemisessä käytetään hyväksi myös ROA:n tavoin aiempien kohteiden jälkilaskentatietoa, josta saadaan mahdollisimman tarkka arvio samantyyppisten työvaiheiden työmenekkeistä, tässä tapauksessa paaluanturoiden raudoituksesta kiloa kohden. Tätä vaihetta kutsutaan myös panoslaskennaksi. Panos kertoo

sen, kuinka paljon aikaa tai materiaalia kuluu yhden yksikön suorittamiseen. (Lindholm, 2009)

Mikäli työvaihe on sellainen, josta ei jostain syystä ole olemassa riittävää määrää jälkilaskentatietoa tai se on aiemmissa kohteissa nähty järkeväksi suorittaa aliurakoitsijalla, voidaan työmenekkien laskennassa käyttää hyödyksi Ratu-kortistoa. Ratu-kortistosta löytyy useimpien työvaiheiden osalta työmenetelmät- ja menekit -kortti. Ratu-korttia käyttämällä saadaan suuntaa antava arvio ajasta, joka kyseiseen työvaiheeseen tulisi kulua. (Vensu, 2019)

Ratu-kortti käyttää laskutapoinaan T3-aikaa eli tehollista työaikaa ja T4-aikaa eli kokonaistyöaikaa. Kohteiden laskennassa käytetään usein T4-aikaa, mikäli omaa tarkempaa tietoa ei ole. T4-aika pitää sisällään yllätystekijöitä, kuten konerikko sekä lakisääteiset tauot. (Lindholm, 2009)

5 Referenssikohteen perustusraudoitukset

Referenssikohteen perustukset ovat monimuotoiset. Helpoin perustustoteutus on suora-kaiteen mallinen, referenssikohteessa perustuksissa on neljää eri korkoa, anturoiden ja perusmuurien erilaisia leveyksiä ja useita suunnan sekä rautamäärän muutoksia. Jokaisen talon alapohja on tuulettuva ja kellarin lattian kantaa ontelolaatasto.

5.1 Anturat

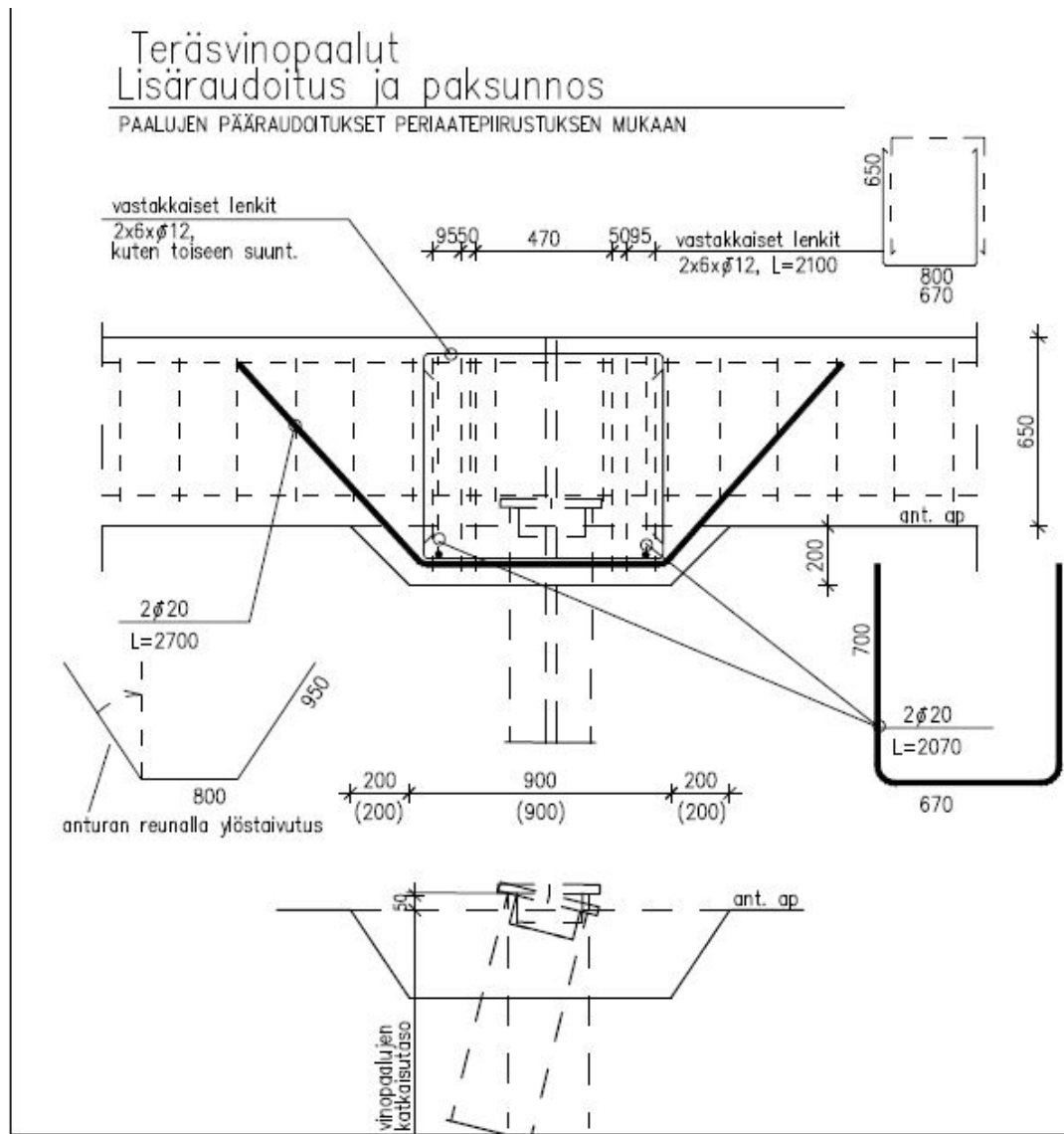
Referenssikohteessa tyypillisimmän raudoitusdetaljin mukaan raudoitettua anturaa tulisi tuhannen kilon rautamäärällä vain 18 metriä 7,5 tth:ssa. Referenssikohteen B-talossa anturajuoksumetrejä on noin 270 jm. Kohteessa kaikki anturat ovat paaluanturoita eli ne ovat raudoitettu palkiksi. Tämän laskutavan mukaan koko anturaraudoituksessa tulisi mennä aikaa 112,5 tth, johon tulisi lisätä vielä kohteen vaikeudesta aiheutuvat lisäker-toimet, jotka ovat ilmoitettu Ratu-kortissa 0402. (Kuva 17.)

Ongelmakohtia kyseisessä kohteessa on anturoiden monimuotoisuus ja korkojen vaihtelu. Kohteen B-talon anturoissa on neljää eri yläpinnan korkeutta ja alapinnankin korko muuttuu kerran lähes kahden metrin pystynousulla. Lisää työmäärää aiheuttaa anturoiden vinopaalujen raudoitusdetaljit, joista esimerkkinä kuva 5 ja kuva 6.



Kuva 5. Referenssikohteen vinopaalun raudoitus (Piisinen)

Kuvan raudoituksesta puuttuu vielä 4T16 päätypussirautaa, joiden asentamisen edellyttämiseksi jouduttiin avata anturamuotin kylki.

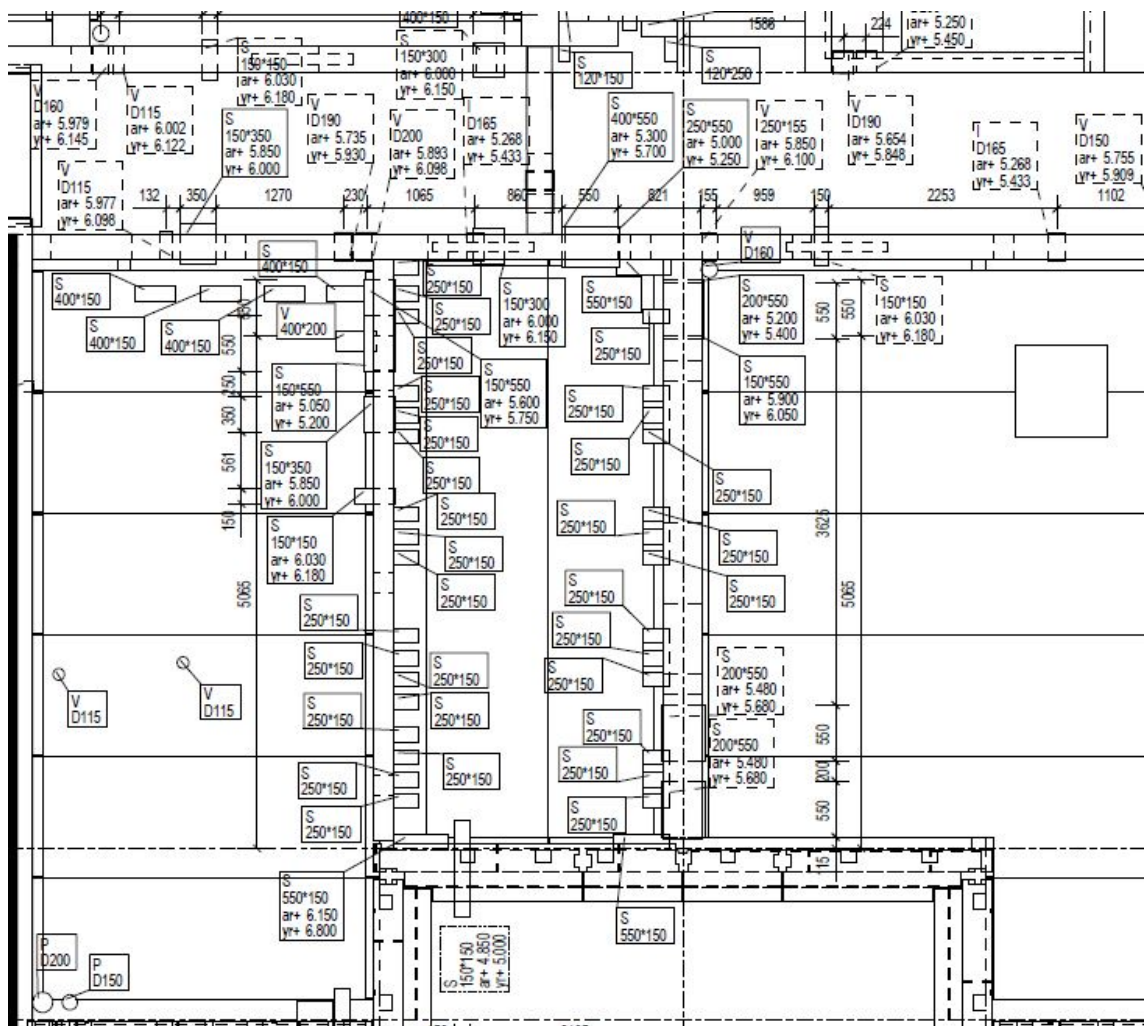


Kuva 6. Vinopaalun raudoitu-detaljipiirustus. (Sitowise, 2019)

Kuvissa 5 ja 6 esitetään referenssikohteen vinopaalujen raudoitusdetaljit. Vinopaaluja kohteessa on useita kymmeniä, joten niiden vaikutus raudoituksen menekkiin on suuri. Yhden vinopaalun lisäraudoitusten tekemiseen meni keskimäärin 15 minuuttia, mikäli kaikki lisäraudoitukseen kuuluvat raudat olivat asiallisesti mestalla. Ongelmaksi tuli se, että kyseisissä kohdissa, missä vinopaaluja oli, alkoi raudoitusten määrä olla niin suuri, että oli vaikeuksia saada ne mahtumaan itse raudoitettavaan kohteeseen anturan mittojen puitteissa.

5.2 Perusmuurit

Kohteen perusmuurit on suunniteltu siten, ettei kohteessa varsinaisesti ollut minkäänlaista peruskäytäntöä, joiden mukaan perusmuureja voitaisiin tehdä. Perusmuureissa oli kymmeniä korkoeroja ja leveyksiä, jotka vaikuttivat raudoitteen leveyteen ja korkeuteen. Kohteen perusmuureihin oli myös tehtävä eri paksuisia leukoja. Raudoituksessa tuli myös ottaa huomioon perustuksissa olevat varausreiät, joita oli talosta riippumatta sa- toja. Kuvassa 7 on esitetty kohteesta oleva reikäkuva perusmuureista.



6 Laskurin käyttö

Laskuri on Excel-pohjainen. Taulukkoon syötettävät perustiedot ovat metrimäärät, raudojen dimensiot, pääterästen kappalemäärät, raudan päätöslenkki lukumäärät ja mitat sekä hakasjako ja niiden mitat, noiden avulla Excel-taulukkoon rakennetut kaavat laskevat automaattisesti tarvittavan raudan määrän. Taulukko ei ota kantaa jatkospituuksiin, koska tämä on kohdekohtainen. Referenssikohteessa pystyimme käyttämään 12 metriä pitkiä harjateräksiä, jolloin varsinainen hyötysyvyys on 20 mm halkaisijan omaavalla pääteräksellä 10,9 metriä eli jatkospituus kyseisellä tangolla on 1100 mm. Jos kohteessa ei kyettäisi käyttämään 12 metriä pitkiä teräksiä, niin tällöin jatkoksiakin tulee enemmän ja näin ollen raudoitukseen tulee ylimääräistä rautaa prosentuaalisesti enemmän.

Liitteessä 1 on esitetty urakan aloitus ja lopetustila työehtosopimuksen mukaan, työehtosopimuksen hintatietoja käytetään taulukon laskennassa.

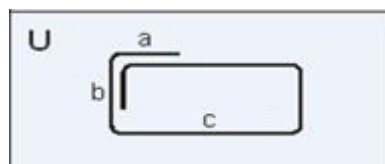
6.1 Laskuri anturalaskennassa

Laskurin käyttö aloitetaan erottelemalla perustuskuvista erilaiset anturatyypit ja laske-
malla niistä metrimäärät. Taulukossa on automaattisesti asetettuna kaavat kolmelle mahdolliselle erilaiselle anturatyypille. Laskuri kuitenkin toimii myös yhdelle tai kahdelle eri raudoitustyyppille.

2021	Anturat																	
Jm	Tyyppi 1	kpl	Ø	kg/m	kg	€/kg työ	m	työn hinta			Ø	a	b	c	d	e	pituus mm	paino/kpl
106	Pääteräs	12	20	2,47	3141,84	0,1526	1272	479,444784		A	20	12000					12000	29,64
K-jako hakset	Hakastus	1060	8	0,395	494,066	0,5	1250,8	247,033		U	8	100	540	540			1180	0,4661
0,1	Päätypusit	228	16	1,58	576,384	0,5	364,8	182,4		D	16	500	600	500			1600	2,528

Kuva 8. Kuvakaappaus laskurin antura kohdasta. (Piisinen)

Kuvan vasemmassa reunassa on 'Jm'-solu. Tämän alapuolella olevaan keltaiseen soluun merkitään ensimmäisen anturatyypin juoksumetrit, jonka arvo on tässä testiversiossa 106. Taulukkoa luettaessa vasemmalta oikealle, seuraava täytettävä kohta on keltainen solu, jonka yläpuolella lukee teksti 'kpl'. Tähän soluun merkitään kyseisen anturatyypin poikkileikkauksen pääterästen lukumäärä, joka on testiversiossa 12. Seuraavaan soluun valitaan alavetovalikosta pääteräksen dimensio, jonka jälkeen Excel-taulukko täyttää itse kohdat 'kg/m', 'kg' ja 'm'. Testiversiossa dimensioksi on valittu 20 millimetriä. Seuraavaksi täytetään hakastussolun dimensio. Tämä sijaitsee edellä valitun dimensiosolun alapuolella. Tähän valitaan alavetovalikosta kyseisen anturatyypin poikkileikkauksen hakasraudoituksen dimensio. Kun tämä on tehty, niin Excel täyttää automaattisesti hakastuskohdasta solun 'kg/m'. Seuraavaksi täytetään Kuvan 8 vasemmassa alareunassa oleva kohta, jonka yläpuolella lukee 'k-jako hakaset'. Tähän kohtaan merkitään hakasraudoitteen välimatka toisistaan, joka on testiversioon merkitty 0,1. Kun tämä on merkitty, Excel laskee automaattisesti kyseiseen anturatyypin menevien hakasten määrän. Mikäli anturoiden hakastus on kaksileikkeinen, niin tällöin lukuarvo, joka merkitään solun 'k-jako hakaset' alapuolelle, on puolitettava, jotta saadaan oikea määrä hakasia. Jos k-jako on 0,2 m, niin taulukkoon merkitään 0,1. Seuraavaksi siirrytään taulukon oikeaan laitaan, jossa on merkitty yleisimmät taivutusprofiilit A, U ja D. Testiversiossa käytetään umpihakasia eli U taivutusprofiili.



Kuva 9. Taivutusprofiili U:n sivumittojen merkinnät a,b,c. (betoniteräkset)

Tässä kohdassa merkitään sivumittojen todelliset mitat, joista syntyy hakasen kokonaismitta, josta Excel laskee kaikkien hakasten yhteisen metrimäärän ja tästä kokonaiskilot.

Viimeisenä täytyy laskea pääraudoitteen päätöslenkit. Nämä lenkit täytyy laskea manuaalisesti suoraan perustuskuvasta. Yleensä niitä tulee, jokaiseen kohtaan missä antura kääntyy ja näin ollen pääteräs päättyy. Referenssikohteessa päätöslenkkejä oli neljä kappaletta jokaisessa nurkassa, kuten ylä- ja alapinnan pääteräksiä.

Päätöslenkkien kappalemäärä ja dimensio merkitään vasemmanpuoleisen taulukon keltaisiin soluihin. Lenkkien mitat merkitään oikealle tässä tapauksessa D-taivutusprofiilin kohdalle, jonka jälkeen Excel laskee kilot päätöslenkeistä. Kun kaikki tämä on tehty, tiedetään kyseisen anturatyypin kokonaispaino, josta pystytään laskemaan hinta raudoitukseen kuluvalle työlle. Työn hintasolu on asetettu siten, että pääraudoituksen osalta kilohinnoittelu perustuu talonrakennusalan työehtosopimukseen. Koska referenssikohteessa on paaluanturat eli raudoite itsessään on palkkirauditus, niin työehtosopimuksesta on otettu palkkiraudoitteen urakkahinnoittelu. Alla olevasta kuvasta selviää työehtosopimuksen hinnoitteluohjeistus.

PALKIT

– 10 mm	24,41 €/100 kg
– 12 mm	20,34 €/100 kg
– 16 mm	19,32 €/100 kg
– 20 mm	15,26 €/100 kg
– 25 mm	10,17 €/100 kg
– 32 mm	9,15 €/100 kg

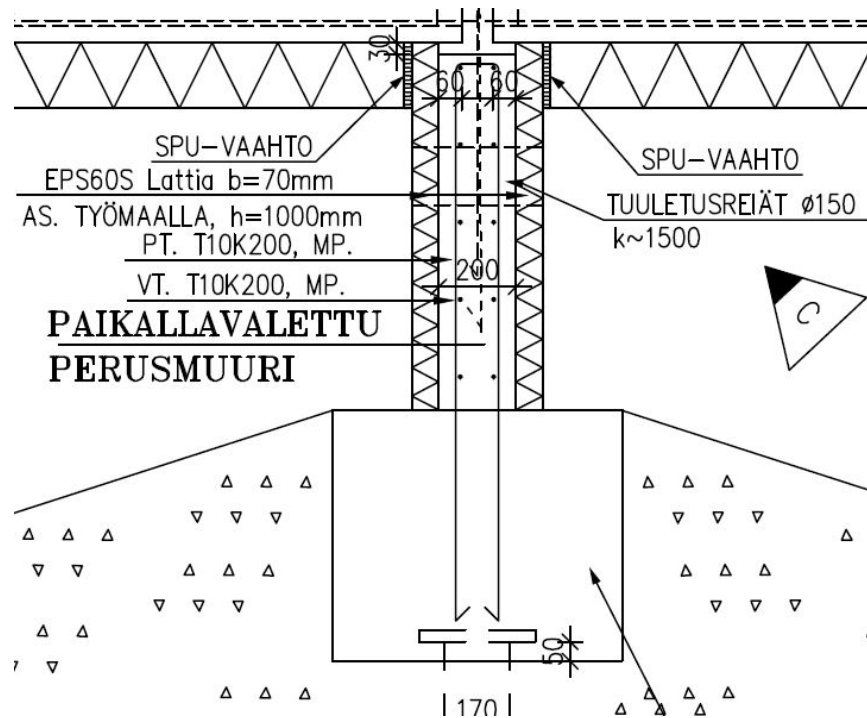
Kuva 10. Talonrakennusalan työehtosopimus 1.5.2018-30.4.2020, jonka mukaan perushinnoittelu suoritetaan Excel-taulukossa. (Rakennusteollisuuden keskusliitto, 2018)

Työteknisistä syistä johtuen perusmuurien pystyraudat ovat laskurin kohdassa anturalaskuri. Syynä tähän on se, että niiden asentamisen ajankohta on anturavalun yhteydessä tai jossain tapauksessa jopa ennen valua. Kohta, jossa tartunnat perusmuuriin lasketaan, löytyy Excelin anturalaskuri välilehden sivulta 2.

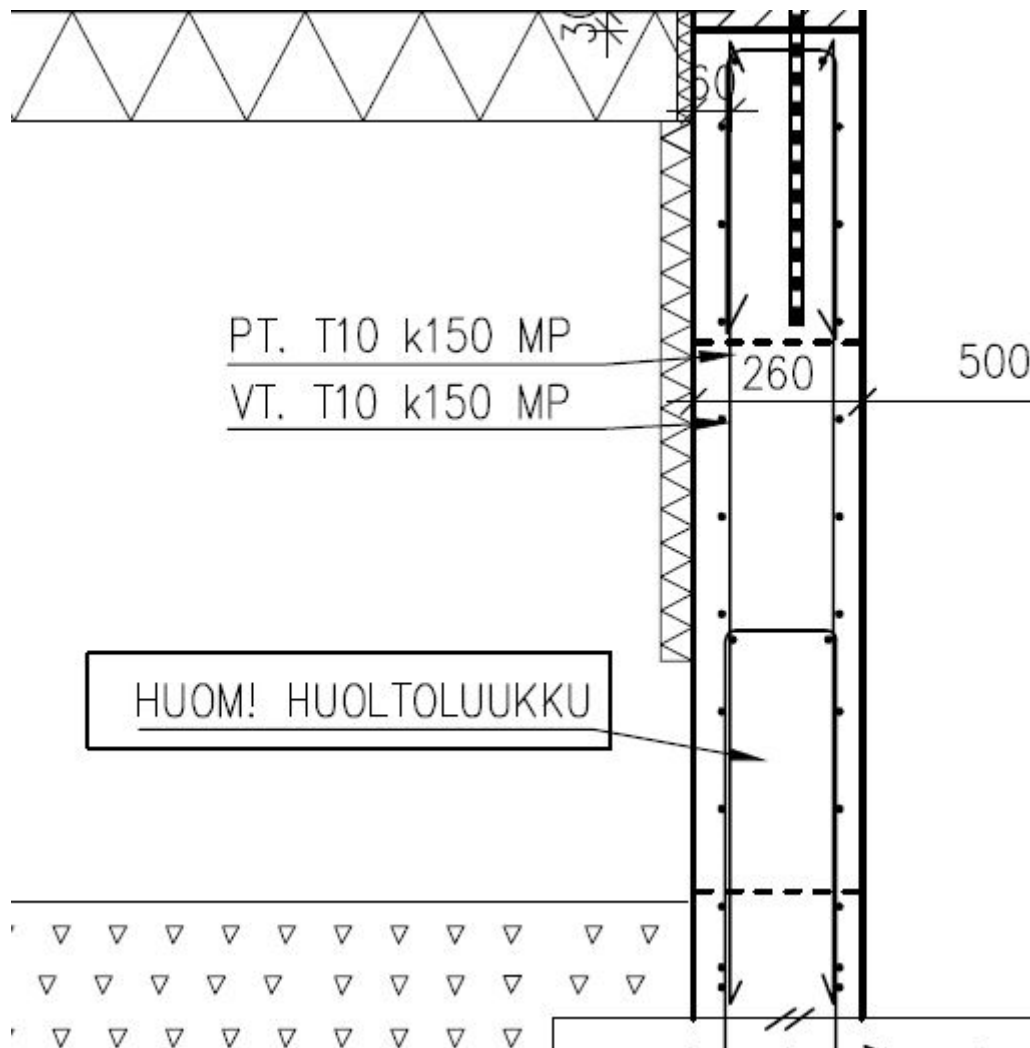
6.2 Laskurin käyttö perusmuureissa

Kun lasketaan perusmuurien raudoituksia, siirrytään laskurin välilehdillä sivulle ”sokkelilaskuri”. Sokkelilaskurin pohja on täysin sama kuin anturalaskurissa, mutta hinnoittelu tulee työehtosopimuksesta eri paikasta ja näin ollen hinta kiloa kohden muuttuu. Siirryttäessä sokkelilaskuriin tulee ottaa huomioon, että jo anturalaskuri-vaiheessa lasketut ”tartunnat sokkeliin” voivat usein olla sama asia kuin pystyteräket kohta

sokkelilaskurissa. Tämä kohta siis täytetään vain silloin, kun joudutaan jatkamaan perusmuurin tartuntarautaa johtuen perusmuurin korkeudesta. Tämä helpottaa työergonomiaa työvaiheessa, jossa tartuntateräksiä laitetaan anturavaluun. Alla olevissa kuvissa 11 ja 12 on esitetty tilanteet, joista toisessa joudutaan laskemaan myös pystytäräket perusmuureihin ja toisessa ei.



Kuva 11. Tilanne, jossa perusmuurin pystyteräksiset ovat asennettu anturavalun yhteydessä eikä niitä tarvitse laskea uudelleen ”sokkelilaskurissa”. (Sitowise, 2019)



Kuva 12. Tilanne, jossa joudutaan jatkamaan tartuntaterästä anturoilta sokkeliin ja "sokkelilas-kuri" välilehdellä täytyy laskea pystyteräsosioon juoksumetrit ja määrittää taivutuksen mitat. (Sitowise, 2019)

6.2.1 Ohje perusmuurien raudoituslaskurin käyttöön

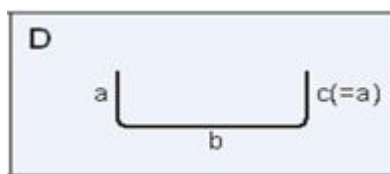
Kaulat / Sokkelit																		
Jm	Tyyppi 1	kpl	Ø	kg/m	kg	€/kg työ	m	työn hinta	YHT		Ø	a	b	c	d	e	pituus mm	paino/kpl
110	Vaakateräs	12	10	0,617	814,44	0,1729	1320	140,816676	307,449743	A	10						0	0
K-jako	Pystyteräs	550	10	0,617	882,31	0,1729	1430	152,551399		D	10	1200	200	1200			2600	1,6042
0,2	Päätylenkit	66	10	0,617	81,444	0,1729	132	14,0816676		D	10	600	200	600			1400	0,8638

Kuva 13. Kuvakaappaus Excelin "sokkelilaskuri" välilehdeltä. (Piisinen)

Aluksi perustuskuvasta on eroteltava mahdolliset erilaiset perusmuurikoot. Perusmuureista lasketaan poikkileikkaustyypeittäin juoksumetrit. Ensimmäisen perusmuurityypin juoksumetrit syötetään taulukon vasemmassa yläreunassa olevan 'Jm'-solun alapuolelseen keltaiseen soluun, jossa testiversiossa on luku 110. Seuraavaksi lasketaan vaakaterästen lukumäärä ja syötetään se keltaiseen soluun, jonka yläpuolella lukee "kpl", testiversiossa tämä luku on 11. Kuvan 12 mukaisesta leikkauskuvasta on helppoa laskea vaakaterästen lukumäärä. Seuraavaksi valitaan alasvetovalikosta dimensio raudalle, jonka jälkeen Excel-taulukon kaavat laskevat kyseisten rautojen kilomäärän ja työehtosopimuksen mukaisen urakkahinnan perustuen kilomääriin.

Seuraavaksi lasketaan pystyteräkset, mikäli niitä ei olla laskettu jo anturalaskennan yhteydessä. Aloitetaan merkitsemällä k-jako vasemmassa alareunassa olevaan keltaiseen soluun. Kuvan 12 mukaisesta leikkauskuvassa on ilmoitettu suoraan k-jako, joka on kuvassa 12 merkitty k150, eli rautojen välinen etäisyys on 150 millimetriä. Testitaulukossa tässä solussa on luku 0,2. Tämän luvun syötettyäsi taulukko laskee tarvittavan lukumäärän kyseisille raudoille.

Tämän jälkeen siirrytään taulukon vasempaan reunaan, jossa anturalaskurin tavoin merkitään U-hakasen mitat keskimmaiselle riville D-taivutustyyppin mukaan. Alla olevassa kuvassa 14 näkyy D-taivutustyyppin malli.



Kuva 14. Taivutusprofiili D:n sivumittojen merkinnät a,b,c. (betoniteräkset)

Testiversiossa mitat a, b ja c ovat järjestyksessä lueteltuna 1200 mm, 200 mm ja 1200 mm. Kun nämä tiedot ovat syötetty Excel laskee kyseisen raudan kokonaismitan ja painon. Näitä tietoja hyväksikäyttäen taulukko laskee kaikkien tämän tyyppin rautojen kokonaispainon ja hakee hinnan kyseisen raudoitteen asennukselle. Hinnat tulevat työehtosopimuksesta perustuen alla olevan kuvan 15 hinnoitteluihin.

SEINIEN RAUDOITUS IRTOTANGOIN

– 8 mm	26,44 €/100 kg
– 10 mm	16,27 €/100 kg

SEINIEN RAUDOITUS IRTOTANGOIN, ESIM. VÄESTÖSUOJAT

– 10 mm	17,29 €/100 kg
– 12 mm	12,20 €/100 kg
– 16 mm	10,17 €/100 kg

Kuva 15. Työehtosopimuksen mukainen hinnoittelu urakassa irtoraudoin seinien (perusmuurien) raudoittamiseen. (Rakennusteollisuuden keskusliitto, 2018)

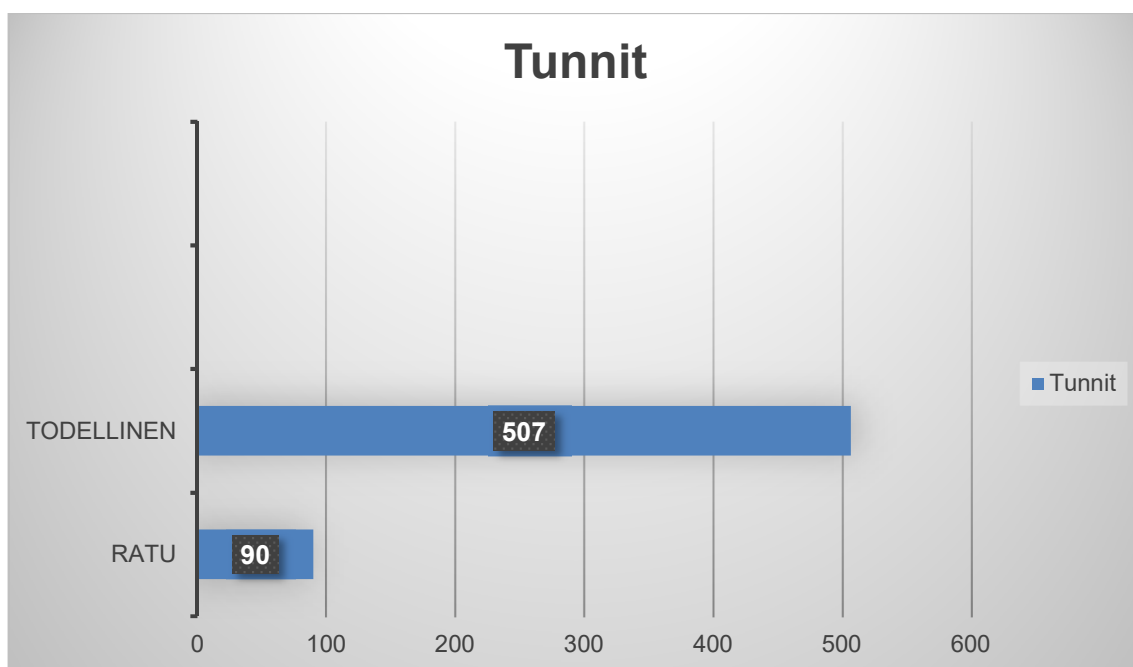
Seuraavaksi täytyy laskea perusmuurin raudoituksen mahdolliset päätöslenkit, jotka usein ovat U-lenkkejä ja omaavat saman dimension kuin perusmuurin muutkin raudoitukset. Näiden kappalemäärän joudutaan laskemaan manuaalisesti ja syöttämään taulukon vasemmassa reunassa olevaan keltaiseen soluun 'kpl'. Tämän jälkeen syötetään oikealle puolelle lenkin mitat, jonka jälkeen Excel-taulukko antaa painon ja asennushinnan perustuen työehtosopimukseen.

7 Tutkimustulokset ja loppupohdinta

Tutkimus toteutettiin meneillään olevalla työmaalla, jossa päästiin tutkimaan neljän eri perustusraudoituksen tekemistä. Tämän perusteella voidaan todeta, että viimeisissä perustuksissa raudoituksen olisi pitänyt jo sujua melko mallikkaasti. Tutkimuksen tuloksena voidaan pitää sitä, että työehtosopimuksen antama urakkahinnoittelu olisi tilaajalle erityisen edullinen vaihtoehto, mutta sellaisia raudoittavia rakennusmiehiä ja/tai kirvesmiehiä ei ole, jotka kykenisivät tekemään referenssikohteen tyyppiset perustusraudoitukset aikataulullisesti tavoiteltuun aikaan. Tämä taas johtaa siihen, etteivät omat työntekijät suostuisi työehtosopimuksen mukaiseen raudoitushintaan, koska erityisesti monimuotoisen paaluanturan raudoitus ei tuota urakkaryhmälle edes työmaan keskituntiansion suurista tuntikorvausta. Eli omana työnä perustusraudoitusten tekeminen, erityisesti anturoiden osalta irtotangosta, ei ole kannattavaa. Referenssikohteessa tehtiin virhe, kun raudoitteet oli jo tilattu ja tämän jälkeen ryhdyttiin kyselemään aliurakoitsijaa ensimmäisten perustusten raudoituslitteran 'mentyä pitkäksi'. Koska raidat olivat jo tilattu, yksikään aliurakoitsija ei suostunut tekemään urakkaa kohteessa ja tarjosi vain tuntityöntekijöitä. Eli käytännössä kohteeseen saatiin hidas työryhmä aliurakoitsijalta tuntitöihin ilman minkäänlaisia juridisia vastuita työstä, jonka he meille toimittivat.

7.1 Työn relevanssi

Toimeksianto oli tilaajalle silmät aukaiseva. Tilaaja sai hyvän käsityksen siitä, minkälaiseen raudoitukseen omat yrityksen raudoittavat rakennusmiehet ja kirvesmiehet kykenevät. Toimeksiannosta saatiin hyvä näkemys ylimääräisten kustannusten suuruudesta, joka johtui aikataulun venymisestä sekä litteralle varattujen tuntimäärien reilusta ylityksestä. Alla olevasta diagrammista selviää raudoituksen Ratu-korttiin numero 0402 perustuva tuntimäärä, mitä yhden talon perustusraudoitukseen olisi pitänyt mennä aikaa, verrattuna todellisiin referenssikohteessa toteutuneisiin tunteihin.



Kuva 16. Diagrammissa esitetty ero raudituksen Ratu-kortin 0402 menekkien ja työmaalla toteutuneiden tuntien välillä. (Piisinen)

Muuttuja	Vaikutus työmenekkiin	
	Suurentaa	Pienentää
Suoritemäärä kohteessa	pieni	suuri
Kohteen koko	pieni kohde, paljon seiniä ja kulmia	iso kohde, ei väliseiniä
Osakohteiden koko	pieni	suuri
Keskiraudan paksuus	pieni	suuri
Raudoitustiheys	suuri	pieni
Läpivientien, varausten lukumäärä	paljon	vähän
Nurkkien, aukkojen lukumäärä	paljon	vähän
Suunnitteluratkaisut	monimutkaiset	selkeät
Sääolosuhteet	kova tuuli (nostot ja asennukset), talvi, jää, kura, pakkanen	tyyni ja kirkas sää
Nostovälineiden saatavuus		nostokone saatavilla
Valaistus	huono	hyvä
Työmaajärjestelyt	ahtaat tilat, työkohteessa säilytettävät materiaalit, muita työryhmiä tilassa, varastointitilojen puute	siistit työskentely- ja varastointitilat, hyvä logistiikka ja asennussuunnitelma
Työryhmän ominaisuudet	kokemattomuus, uusi ryhmä	ammattitaito, harjaantuneisuus, tuttu työryhmä
Rajoittimet ja varaukset	paljon	vähän
Rakenteen korkeus	vaihteleva	tasainen
Siirtomatkat	pitkät	lyhyet
Pohjan korkeus	vaihteleva	tasainen
Muotin korkeus	telinetarve	ei telinetarvetta
Suunnitelmat	monimutkaiset	yksinkertaiset
Toimitusten täsmällisyys	viivästyminen	oikea-aikaiset
Mittapoikkeamat	paljon	ei mittapoikkeamia
Työvälineet	väärälaiset, tehottomat	työtehtävien mukaiset, tehostavat
Suojaustoimenpiteet	erityinen suojaustarve	
Siirtomatka	pitkät siirtomatkat ei mahdollisuutta nostokoneella tehtäviin siirtoihin	lyhyet siirtomatkat, mahdollisuus käyttää siirtovälineitä koko siirron ajan
Työkokemus ja ammattitaito	vähän kokemusta	pitkä työkokemus erilaisista kohteista
Työnjohdon läsnäolo	harvoin paikalla	usein paikalla

Kuva 17. Ratu-kortin 0402 esittämät muuttujat, jotka vaikuttavat joko negatiivisesti tai positiivisesti raudoitusmenekkeihin. (Rakennustieto, 2019)

Referenssikohteessa työmenekkeihin vaikuttavia muuttujia oli paljon. Tämä osaltaan saa tehokkuuden näyttämään vielä entistä huonommalta. Tehokkuuteen heikentävästi vaikuttavia tekijöitä viitaten kuvassa 17 esitettyihin kohtiin olivat esimerkiksi:

1. paljon kulmia ja erikorkuisia seiniä
2. raudoitustiheys
3. läpivientien ja varausten lukumäärä
4. nurkkien ja aukkojen lukumäärä
5. suunnitelmien monimutkaisuus, ja puute
6. sääolosuhteet meren rannassa
7. nostovälineiden saatavuus
8. työmaan ahtaus
9. työryhmän heikko kokemus perustusraudoittamisesta
10. rakenteen korkeuden ja leveyden muutokset

Mikäli luotettaisiin siihen, että työryhmää voidaan verrata Ratu-kortin 0402 esittämän työryhmän vaatimuksiin, niin nämä häiritteijät hidastivat työtä tunneissa mitattuna 5,6 kertaisesti. Häiritteijöiden ei kuitenkaan mielestäni tulisi aiheuttaa näin suurta eroa ko. työmaalla.

Aliurakoitsijalla toteutettuna työ olisi ollut tarjoukseen perustuen noin 4000 € edullisempi. Materiaalihintoja tarkkailtaessa oma hankinta oli järkevä, mutta aiheutti sen ongelman, etteivät aliurakoitsijat olleet halukkaita ko. urakkaan. Kokonaisuutena järkevintä olisi ollut ottaa työ ja materiaali aliurakoitsijalta.

7.2 Jatkotutkimusmahdollisuudet

Kun selvisi jo tutkimuksen tekovaiheessa, ettei irtoraudasta raudoittaminen onnistu omana työnä, päätettiin, että tutkimuksen tekoa jatketaan. Perustusraudoituksesta erilaisia ratkaisuja kokeilemalla halutaan perustusraudoituksesta saada työvaihe, joka kytetään tekemään kustannustehokkaasti omalla työryhmällä myymättä tätä työvaihetta alirakaksi.

Ensimmäisenä aloitetaan tutkimaan samaa asiaa, mutta pyritään muuttamaan raudoite valmisraudoitteeksi. Hakaset muutetaan hakaskoreiksi, joihin päätangot voidaan pudottaa paikalleen. Eli käytännössä valmisraudoite pudotetaan suoraan muottiin. Toisena asiana kyseiseen urakkaan sisällytetään myös anturoiden muottityö ja pyritään selvittämään peltikasettimuotin työsaavutusta. Tavoite on löytää tehokkain mahdollinen työryhmä kyseiselle työvaiheelle.

7.3 Pohdinta

Opinnäytetyön tehokkuutta olisi varmasti auttanut se, että olisin itse ollut vastaamassa työmaalla perustusvaiheen töistä. Tällöin olisi ollut helpompaa puuttua mahdollisiin ongelma-kohtiin, joita tuli esiin jo aikaisessa vaiheessa tutkimusta. Tehokkuutta myös heikensi se, että opinnäytetyön aihetta päätettiin muuttaa tutkimuksen aikana. Mikäli aihe olisi ollut alusta asti sama, minulla olisi ollut mahdollisuus toteuttaa tutkimusta ja keskittyä lopulliseen aiheeseen heti ensimmäisen talon perustustyöstä lähtien. Nyt tutkimuksen tarkemmassa selvityksessä olivat vain kaksi viimeistä taloa.

8 Lähteet

betoniteräket, F. (ei pvm). *Betoniterästen taivutustyytit 2000*.

Hallman, I. (12. 10 2018). Kustannuslaskija. (M. Piisinen, Haastattelija)

Laitinen, A. (12. 9 2019). Vastaava Rakennesuunnittelija. (M. Piisinen, Haastattelija)

Liikennevirasto. (2014). *Paalulaattojen ja paaluhatturahenteiden suunnittelu*.
Liikennevirasto.

Lindholm, M. (2009). *Yliopettaja*. HELSINKI: Suomen rakennusmedia Oy.

Piisinen, M. (ei pvm). *Harjoittelija*. Metropolia, Helsinki.

Rakennusteollisuuden keskusliitto, R. (2018). *Talonrakennusalan työehtosopimus*.
Rakennusliitto.

Rakennustieto. (19. 10 2019). *rakennustieto.fi*. Noudettu osoitteesta
<https://kortistot.rakennustieto.fi/kortit/Ratu%200402>

Saariinen, E. (ei pvm). *Betonirakenteiden suunnittelu*. Rakennustieto.

Sitowise. (1. 2 2019). Rakennokuva.

Vensu, T. (4. 6 2019). Vastaava Työnjohtaja. (M. Piisinen, Haastattelija)

(Rakennusteollisuuden keskusliitto, 2018)

(Laitinen, 2019) (betoniteräket)

Raudoitusurakan työehtosopimuksen mukainen sisältö

133

RAUDOITUSTYÖT**Alkutila**

Aloituspalaveri on pidetty ja työkohteen vastaanoton, materiaalien ja suunnitelmien tarkastukset on tehty. Raudoitussuunnitelmat asentajilla. Käsiteltävät teräkset fakeissa lajiteltuina. Esivalmistetut ja puolivalmistetut raudoitteet työmaalla siirrettävissä työmaan päänostokoneella työkohteeseen.

Muottityö niin pitkällä, että raudoitustyö voi alkaa.

Työsisältö

Työ sisältää työhön liittyvien materiaalien siirrot sekä raudoitteiden ja raudoituselementtien asennuksen.

Työmaalla käsiteltävien asennustyöhön kuuluvien vähäisten terästen osalta koneellinen katkaisu ja taivutus.

Materiaalien siirto nosturilla.

Lopputila

Raudoitteet ja raudoituselementit ovat asennettuina raudoitussuunnitelmien mukaan. Rakenne on raudoituksen osalta valmis betonoitavaksi. Työntekijä ja työnjohtaja ovat tarkistaneet työn. Puutteet ja virheet on korjattu.

Mittausmääräykset

Raudoitustyö mitataan suunnitelmista toimituslistojen mukaan kiloina teräskokoluokittain.

Sovellusalue

Hinnoittelu kattaa kaiken raudoitustyön, mutta soveltuu parhaiten kohteisiin, joissa asennettavan teräksen määrä on vähintään 3000 kg. Asennushinnat ei sisällä varsinaista työmaalla tehtävää irtoterästen katkaisua ja taivutusta joka on erikseen jäljempänä hinnoiteltu.

Olosuhteet

Olosuhteiden kuten sään ja vuodenajan vaikutus on neuvoteltava ja sovitettava paikallisesti. Vaikutukset on otettava huomioon ja olosuhteet on luotava raudoitustyölle soveltuviksi.

UR

1.6.2019 hintoja korotetaan kertoimella 1,02.