



PORRASELEMENTTITEOLLISUUDEN LAADUNHALLINNAN KEHITTÄMINEN

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala			
Koulutusohjelma Rakennustekniikan koulutusohjelma			
Työn tekijä(t) Ville Ruotsalainen			
Työn nimi Porraselementtiteollisuuden laadunhallinnan kehittäminen			
Päiväys	15.5.2016	Sivumäärä/Liitteet	30/3
Ohjaaja(t) Lehtori Matti Mikkonen			
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Rudus Oy Suonenjoki			
Tiivistelmä			
<p>Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli kehittää parempi laadunhallintajärjestelmä porraselementtiteollisuuden käyttöön. Työn pohjana oli aikaisempi laadunvalvontakortti, jota kehitettiin elementtejä valmistavan tehtaan toiveiden mukaisesti. Uudessa kortissa huomioitiin elementtejä koskevat määräykset ja toleranssit. Lisäksi korttiin liitettiin työturvallisuuden varmistaminen elementtien valmistuksessa. Työssä oli tavoitteena myös laskea porraselementtien valmistusvirheistä aiheutuvien lisätöiden kustannuksia. Työt tehtiin Rudus Oy:n Suonenjoen toimipisteen toimeksiannosta.</p> <p>Aluksi tarkasteltiin elementtien valmistustoleransseja sekä vaatimuksia aina muottityön, raudoituksen, muottityön ja pintojen osalta. Sen jälkeen tutustuttiin hieman elementtien valmistusprosessiin ja tehtaalla valmistettaviin porraselementtityyppeihin. Työssä käytiin myös läpi yleisimmät valmistustyöhön liittyvät työturvallisuusriskit ja niiden torjuminen. Tämän jälkeen haastatteleamalla selvitettiin yleisimmät elementtien valmistuksessa tapahtuvat virheet. Näiden perusteella laskettiin lisätyöstä tehtaalle aiheutuvat kustannukset.</p> <p>Lopputuloksena tuotettiin erilliset pöytäkirjat kiertäville, ja suorille portaille. Lisäksi tehdas sai tietoa valmistusvirheistä aiheutuvista lisäkustannuksista.</p>			
Avainsanat Portaat, porraselementtiteollisuus, laadunhallinta, porraselementti			

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme In Construction Engineering			
Author(s) Ville Ruotsalainen			
Title of Thesis Improving the quality control system of making prefabricated staircase elements			
Date	15 May 2016	Pages/Appendices	30/3
Supervisor(s) Mr Matti Mikkonen, Lecturer			
Client Organisation /Partners Rudus Oy Suonenjoki			
<p>Abstract</p> <p>The purpose of this thesis was to find ways to improve the quality control system of making prefabricated staircase elements. As a basis for the study was the former quality control card. Instructions for the development of the new quality control card were given by the client organisation. The tolerances and regulations concerning prefabricated staircase elements were noticed in the development process. The new quality control card also notices the work safety during the production. Another purpose was to calculate the cost of additional work caused by errors in the production process. The work was commissioned by Rudus Oy.</p> <p>First, the tolerances of the elements and the regulations concerning work, reinforcing, pouring and coating were studied. After that, the production process and different types of staircase elements were explained. The most common work safety risks in the production process were also noticed and the prevention of those risks was explained. Finally, the most common errors in the production process were found out by interviewing the personnel. On the basis of these interviews the cost calculations could be made.</p> <p>As a result, a quality control card for the straight staircase elements and a different card for cycling staircase elements were produced. Also the production facility received more information about additional work costs caused by errors in the production process.</p>			
Keywords Stairs, staircase elements, quality control, staircase element industry			

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	5
1.1	Tausta ja tavoitteet	5
1.2	Portaita koskevia Käsitteitä	6
2	BETONIELEMENTTIEN LAATUKRITEERIT JA TOLERANSSIT	8
2.1	Muottityö	8
2.2	Rauditus	9
2.3	Betonointi ja jälkihoito	10
2.4	Betonipinnat	10
3	ELEMENTTITYYPIT	14
4	PORRASELEMENTTIEN VALMISTUS	20
4.1	Suunnittelu	20
4.2	Muottityö	20
4.3	Rauditus ja betonointi	21
4.4	Pinnat ja viimeistely	22
5	LAADUNHALLINTA	24
6	TYÖTURVALLISUUS	26
7	PORTAIDEN LAATUPOIKKEAMISTA AIHEUTUVAT KUSTANNUKSET	27
8	LOPPUTULOKSET	29
8.1	Laadunhallinta	29
8.2	Kustannukset	29
	LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT	30
1	LIITE 1: TARKASTUSPÖYTÄKIRJA SUORILLE PORTAILLE	31
2	LIITE 2: TARKASTUSPÖYTÄKIRJA POIKKEAVILLE PORTAILLE	32
3	LIITE 3: KUSTANNUSTEN LASKENTATAULUKKO	33

1 JOHDANTO

Kokonaisia porraselementtejä on alettu valmistaa Suomessa 1954 lähtien. Valmistuksen aloitti ensimmäisenä Lemminkäinen ja ensimmäinen porraselementtityyppi oli Elemento 1, joka on suora, kantavilla sivupalkeilla varustettu puolikkaan kerrosvälin porras. Tämän jälkeen Elementtoperhe on kasvanut kattamaan jopa noin 20 erityyppistä porraselementtiä. ([lemminkäinen.fi](http://lemminkainen.fi)) Nykyisin elemento porraselementtejä valmistaa Rudus Oy joka kuuluu monikansallisen CRH:n alaisuuteen. Suomessa Rudus valmistaa porraselementtejä Tuusulassa ja Suonenjoella.

1.1 Tausta ja tavoitteet

Työn tilaajana toimii Rudus Oy:n porraselementtitehdas Suonenjoella. Tehdas työllistää noin 50 työntekijää ja 10 toimihenkilöä mukaan lukien suunnittelu ja työnjohto.

Rudus Oy:n porraselementtitehtaalla ilmeni tarve kehittää tehtaan laaduntarkkailujärjestelmää. Myös tehtaan työturvallisuus ja siinä ilmenevien puuteiden valvominen päätettiin liittää jollakin muotoa elementtien laadunvalvonnassa käytettävään pöytäkirjaan.

Tehtävänä oli suunnitella ja toteuttaa jo olemassa olevan tarkastuspöytäkirjan pohjalta uusi laadunvalvontapöytäkirja, johon liitettäisiin porraselementtien valmistusvaiheiden vaatimien tarkastusten lisäksi työturvallisuuden tarkastukset, sekä elementtien jälkitarkastus. Opinnäytetyössä tutkitaan myös elementtien valmistusvirheistä johtuvien lisätöiden kustannuksia.

Työn tarkoituksena olisi antaa tilaajalle paremmat menetelmät portaiden laadunvalvonnan, sekä työturvallisuuden hallintaan, ja näin ollen vähentää portaista syntyviä reklamaatioita ja vähentää lisätöitä. Työ antaa myös tilaajalle tietoa lisätöiden kustannuksista joten jatkossa tilaaja voi kiinnittää huomiota niihin työvaiheisiin joista suurimmat kustannukset lisätöiden osalta syntyvät. Työssä ei ole tarkoituksena tarkastella betonin lujuutta koskevia ominaisuuksia.

1.2 Portaita koskevia Käsitteitä

Alapää

Alapää on portaan alin askelma

Etenemä

Portaan etenemä tarkoittaa yhden askelman pituutta.

Hakaset

Hakasilla käsitetään pääteräksien ympärille poikkisuunnassa tulevia leikkausrasituksia vastaanottavia raudotteita.

Kannatinputki

Kannatinputkella tarkoitetaan portaaseen asennettavia putkia joiden tehtävä on työmaalla paikalleen asennettaessa ottaa portaan kuormat vastaan ja siirtää ne kantaville seinille.

Kätisyys

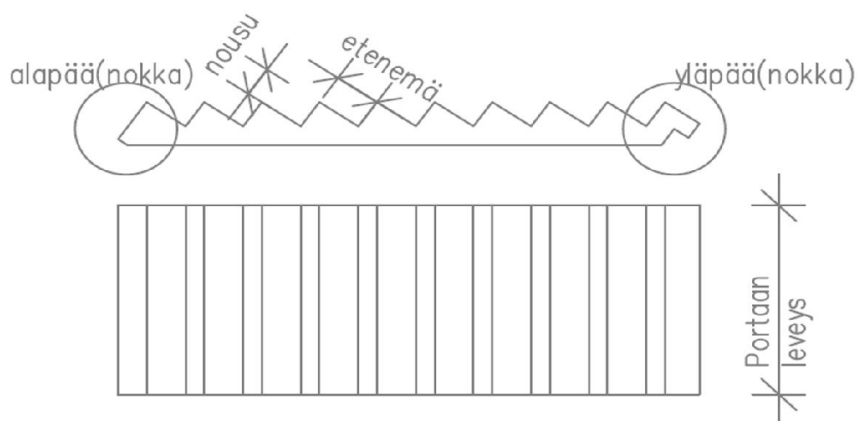
Kätisyydellä tarkoitetaan suorissa portaissa kaiteen puolta, ja kiertävissä portaissa kiertosuuntaa.

Leveys

Portaan leveys tarkoittaa vaakapoikkileikkauksen leveyttä ja samalla myös portaan vapaata kulkuleveyttä.

Nokka

Nokalla käsitetään joko yläpää tai alapää kaikkine ulokkeineen ja siitä mahdollisesti ulos tulevat tartunnat, nostolenkit (kuva 1).



Kuva 1. Porraselementtikuva (Ville Ruotsalainen)

Nostoankkuri

Nostoankkurilla käsitellään portaan nostoa varten betonin sisään asennettavia ankkureita. Näitä voivat olla käyräankkuri, hylsyankkuri, laatta-ankkuri tai Pfeiffer-pulttiankkuri.

Nostolenkki

Nostolenkillä käsitellään portaan nostoa varten betonin sisään ennen asennettavia teräslenkkejä.

Nousu

Portaan nousu kertoo kahden etenemän välisen korkeuseron. Kokonaisnousumäärä kertoo, montako nousua portaassa yhteensä on ja tästä muodostuu portaan kokonaiskorkeus.

Pääteräkset

Pääteräkset käsittävät betonin veto-, ja puristusrasituksia vastaan ottavat teräkset.

Rungon paksuus

Rungon paksuudella tarkoitetaan portaan pystypoikkileikkauksen kapeinta kohtaa.

Tartuntateräkset

Tartuntateräksillä tarkoitetaan portaasta ulos tulevia teräksiä. Näiden tehtävänä on toimia elementin tartuntana ala- ja/tai välipohjaan.

Yläpää

Yläpäällä tarkoitetaan portaan viimeistä askelmaa. Tämä osa liittyy joko välipohjaan tai lepotasoon.

2 BETONIELEMENTTIEN LAATUKRITEERIT JA TOLERANSSIT

Betonielementtien laatua koskevat määräykset esitetään Suomen Rakentamismääräyskokoelman osassa B4. Porraselementit mitoitetaan rakenneluokkaan 2 ja seuraamusluokkaan CC3. Tässä osiossa käsitellään työohjeita ja laatumääräyksiä, joita tarvitaan porrasedimenttien valmistuksessa ja laadunvalvonnassa.

Betonin perusvaatimukset

Runkobetoni

- rasitusluokat XC1, XC3, XC4, XF3
- lujuus C32/40
- suurin raekoko 11-20mm
- pakkasbetonin ilmamäärä 5,0 % -6,5 % (XF3)
- notkeus S2-S5 riippuen käyttötarkoituksesta.

Mosaiikkibetoni

- rasitusluokat XC1, XC3
- lujuus C35/45
- suurin raekoko 8-20mm
- notkeus S2-S5 riippuen käyttötarkoituksesta.

(Rudus Oy 2014, 12)

2.1 Muottityö

Muottityö vaikuttaa elementteihin mittatarkkuuksien osalta. Muotin ääriimitat antavat elementin valmiit mitat. Muottien ja niiden tukirakenteiden tulee olla sellaiset, ettei betonoinnin ja betonin kovettumisen aikana tapahdu haitallisia muodonmuutoksia ja mittapoikkeamia (Suomen Betoniyhdistys 2004, 114). Mittapoikkeamat on esitetty taulukossa 1. Porrasedimenttien osalta mittatoleranssi on 10 mm ja se saadaan kaavasta 1.

Kaava 1:
$$\frac{a}{d} \leq 200$$

Porrasedimenteillä tämä suhde jää aina alle 200.

Taulukko 1. Elementtien mittapoikkeamat (Betonirakenteet. Suomen RakMk b4 2005, 47)

Rakenneluokka	$\frac{a}{d} \leq 200$ Δ [mm]	$200 < \frac{a}{d} \leq 500$ Δ [mm]	$500 < \frac{a}{d} \leq 2000$ Δ [mm]	$\frac{a}{d} > 2000$ Δ [mm]
1	5	10	20	30
2	10	20	30	50

a = poikkileikkauksen mitta tarkasteltavassa suunnassa, mm

d = poikkileikkauksen tehollinen korkeus, mm

Δ = sallittu mittapoikkeama, mm

2.2 Raudoitus

Porraselementtien raudoitteet tulee olla tyyppihyväksytyjä ja standartit täyttäviä. Raudoitteiden kunto tarkastetaan tehtaalle vastaanoton yhteydessä. Raudoitteita tulee käsitellä siten, ettei niihin synny pysyviä muodonmuutoksia. Terästangot ja raudoitteet on varastoitava siten, etteivät ne joudu syövyttävien aineiden tai muiden haitallisten vaikutusten alaisiksi. Raudoituksen ruosteisuus ei saa heikentää sen lujuutta tai tartuntaominaisuuksia. Raudoitteiden taivutuksissa tulee käyttää taulukon 3.3 mukaisia taivutussäteitä. (Betonirakenteet. Suomen RakMk b4 2005. 43.) Betonipeitteen nimellisarvon tulee täyttää taulukon 3.3 mukaiset vaatimukset. Samansuuntaisten raudoitustankojen vapaan välin tulee olla vähintään suurin arvoista:

- terästangoilla \emptyset , \emptyset_n ja tartuntajänteillä $2 \emptyset$, $2 \emptyset_n$
- 1,2 kertaa kiviaineksen suurin raekoko
- 25 mm tangoilla ja 50 mm suojaputkilla ellei käyttöselosteessa toisin edellytetä.

Taulukko 3.2 Terästankojen taivutussäteet (Betonirakenteet. Suomen RakMk b4 2005. 43.)

Tankojen sisäpuoliset taivutussäteet

Teräslaatu	Haat, koukut ja lenkit	Pääraudoitus
A500HW	2,0 \emptyset kun $\emptyset \leq 10$ 2,5 \emptyset kun $10 < \emptyset \leq 20$ 3,5 \emptyset kun $\emptyset > 20$	12 \emptyset
A700HW	2 \emptyset kun $\emptyset \leq 10$ 2,5 \emptyset kun $10 < \emptyset \leq 20$	17 \emptyset
B500K	3,0 \emptyset kun $\emptyset \leq 12$	12 \emptyset
B700K	4,5 \emptyset kun $\emptyset \leq 12$	17 \emptyset
B600KX	3,0 \emptyset kun $\emptyset \leq 12$	15 \emptyset

Taulukko 3.3, Betonipeitteen nimellisarvot (Betonirakenteet. Suomen RakMk b4 2005. 35.)

Betonipeitteen (betoniraudoitus/korroosioherkkä raudoitus) vähimmäisarvo (nimellisarvo - sallittu mittapoikkeama) [mm] eri rasitusluokissa. Vaatimukset eivät koske B600KX raudoitusta.

X0		
10/10		
XC 1	XC 2	XC 3, XC 4
10/20	20/30	25/35
XS 1, XD 1	XS 2, XD 2	XS 3, XD 3
30/40	35/45	40/50

2.3 Betonointi ja jälkihoito

Betoni tulee siirtää ja sijoittaa muotteihin siten, että se tulee kauttaaltaan tiivistetyksi sekä liittyy saumattomasti jo ennestään olevaan betoniin. Massan notkistaminen helpottaa tiivistystä, mutta notkistettu betoni on myös tärytettävä. Massaa ei saa siirtää erottumisvaaran takia täryttimellä. Yli metrin pudotuksissa on käytettävä valuputkea. (Suomen Betoniyhdistys 2004, 123.)

Jälkihoidolla tarkoitetaan betonin kastelemista tai suojaamista valun jälkeen kuivumisen estämiseksi ja suunniteltujen ominaisuuksien saavuttamista varten. Jälkihoito voidaan tehdä kastelemalla, jättämällä muotit paikoilleen tai käyttämällä muovipeitteitä. Valettaessa on huomioitava jälkihoidon riittävän nopea aloittaminen. (Suomen Betoniyhdistys 2004, 125.)

2.4 Betonipinnat

Porraselementtien valmiit pinnat ovat muottipinta, pesubetonipinta, hiottu pinta (mosaiikkibetoniset askellankut) ja telattu pinta. Muottipintaa löytyy porraselementeistä portaan sivuilta ja askelmista sekä rinnoista. Jos portas valetaan lankullisena, askelma ja rinta ovat tällöin joko hiottua mosaiikkibetonia tai pesubetonisia lankkuja. Pesubetonipinta tulee myös muottia vasten valettuihin askelmiin. Telapinta on portaan pohja.

Porraselementtien osalta betonipintojen laatuluokiksi tulevat:

- muottipinnan osalta MUO-A
- telapinnan osalta TEL-A
- pesubetonipinnan osalta PES-A
- hiotun pinnan osalta HIOM

(Rudus Oy 2014, 23–25.)

Muottipinnat

Laatuun suurin vaikuttava tekijä on muotin pintamateriaali. Käytetyin materiaali on filmipintainen vaneri. Rudus Oy:n Suonenjoen tehtaalta löytyy myös teräksisiä muotteja.

Hiotut pinnat

Sileä kovettunut betonipinta hiotaan 3–4 mm:n syvyyteen, jolloin paljastuneen kiviaineen leikkauspinnat muodostavat mosaiikkimaisen pintavaikutelman. Hiotuissa pinnoissa käytetään yleensä väribetonia. Pinnan väri riippuu pääosin kiviaineen väristä. Hiottavien pintojen teknisesti tärkeitä ominaisuuksia ovat hiottavuus, kiillottuvuus, kovuus ja haponkestävyys. Kiillottuvuus riippuu kiviaineksestä. Haponkestävyys vaikuttaa säärasituksessa kiillotusasteen pysyvyyteen. Mattapintainen hionta on samasta betonista valmistettuna aina vaaleampi kuin kiiltävä. Karkeahionnan jälkeen tehdään välitäyttö jolla täytetään valuhuokokset. Kiillotus tehdään vasta tämän jälkeen. (Suomen Betoniyhdistys 2003, 70–72.)

Taulukko 2. Luokitustaulukko/Hiotut pinnat. (Suomen Betoniyhdistys 2003, 72)

Laatutekijät		Vaatimukset
Syvennys		
suurin syvyys	mm	2
suurin leveys	mm	5
Hammastus	mm	1
Huokokset, $\varnothing \geq 3$ mm ¹⁾		
suurin läpimitta	mm	5
suurin kokonaismäärä	kpl/m ²	80
Pinnan käyryys ja aaltoilu		
suurin mittapoikkeama	mm/1,5m	3
Väri vaihtelu		
kaikki pinnat	luokka (kohta 10)	AA ²⁾ A

¹⁾ Kääntyvissä pielissä ja vastaavissa paikoissa huukosille ($\varnothing \geq 3$ mm) sallitaan 50 % suuremmat halkaisijat ja kaksinkertainen määrä.

²⁾ Luokkaa AA sovelletaan vain silloin, kun värillisen kiviaineksen kanssa käytetään saman sävyistä sidebetonia ja pinnan väri saadaan pääasiassa aikaan kiviaineksella.

Pesubetonipinta

Pesubetonin väri saadaan kiviaineksella. Tästä johtuen värin säänkesto- ja säilyvyysominaisuudet ovat erittäin hyvät. Pinta voidaan pestä joko kokonaan tai osittain. Pesun syvyys voi myös vaihdella. Pesumenetelmällä voidaan myös kuvioida pintaa käyttämällä graafista paperia hidastinaiseen sijasta.

Taulukko 3 Luokitustaulukko/Pesubetonipinnat. (Suomen Betoniyhdistys 2003, 54)

Laatutekijät		Vaatimukset			
		Hienopesty pinta (PESH) pesusyvyys alle 2 mm		Pesty pinta (PES) pesusyvyys yli 2 mm	
		AA-lk.	A-lk.	AA-lk.	A-lk.
Pesusyvyiden suurin sallittu vaihteluväli	mm	0...2	0...4	1...4	1...7
Ylipeseytyminen ^{1) 2)}	dm ² /m ²	0,5	0,8	1	1,5
	kpl/10 m ²	1	4	1	4
Vajaa peseytyminen ^{2) 3)}	dm ² /m ²	0,5	1	1	1,5
	kpl/10 m ²	1	2	1	2
Huokokset, Ø ≥ 3 mm ¹⁾ suurin läpimitta ⁴⁾ suurin kokonaismäärä	mm	5	8	-	-
	kpl/m ²	60	80	-	-
Pinnan käyryys ja aaltoilu suurin mittapoikkeama	mm/1,5 m	3	5	3	5
Pesuraja kuvioituissa pinnoissa	mm	0,5 ⁵⁾	1 ⁵⁾	-	-
Väri vaihtelu kaikki pinnat	luokat (kohta 10)	AA ⁶⁾	B	AA ⁶⁾	B
		A		A	

¹⁾ Pesusyvyys ylittää normaalin vaihteluvälin, kuitenkin niin, ettei iso kiviaines irtoa.

²⁾ Kääntyvissä pielissä ja vastaavissa paikoissa sallitaan kaksinkertaiset arvot.

³⁾ Pesusyvyys alittaa normaalin vaihteluvälin siten, että pinnan ilme muuttuu.

⁴⁾ Kääntyvissä pielissä ja vastaavissa paikoissa sallitaan 1,5 kertaiset arvot

⁵⁾ Tai korkeintaan pesusyvyys, jos se on suurempi.

⁶⁾ Luokkaa AA sovelletaan vain silloin, kun värillisen kiviaineksen kanssa käytetään saman sävyistä sidebetonia ja pinnan väri saadaan pääasiassa aikaan kiviaineksella.

Telapinta

Hierrettyjen pintojen laatutekijöitä ovat nystermä, syvennys, valuhuokokset, työväliseen jälki, sekä vä-
rivaihtelu (Suomen Betoniyhdistys 2003, 46).

Taulukko 4. Luokitustaulukko/Hierretyt, töpötellyt tai telatut pinnat. (Suomen Betoniyhdistys 2003, 46)

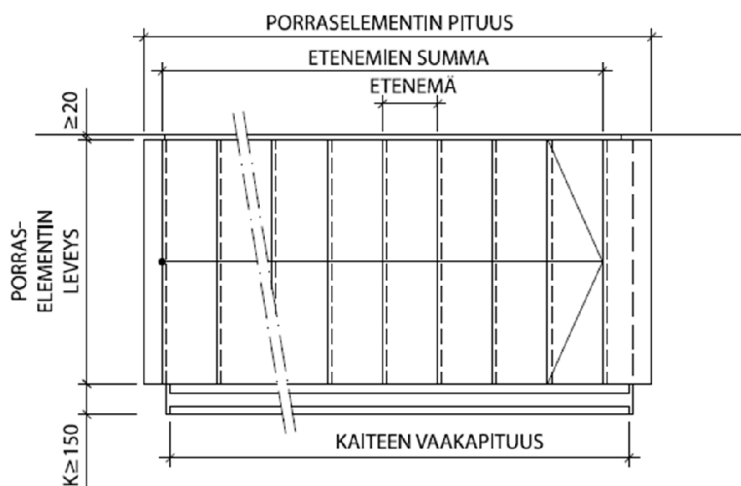
Laatutekijät		Vaatimukset					
		Sienihierretty, telatu tai töp. (SHI, TEL, TÖP)		Teräshierretty (THI)		Puuhierretty (PHI)	
		AA-lk.	A-lk.	AA-lk.	A-lk.	AA-lk.	A-lk.
Nystermä							
suurin korkeus	mm	2		3		4	
suurin leveys	mm	4		4		8	
Syvennys							
suurin syvyys	mm	2		3		4	
suurin leveys	mm	4		4		8	
Työväliseen jälki							
hammastus ¹⁾	mm	1		2		2	
Huokokset	mm	2...3		3...4		3...5	
suurin läpimitta	mm	3		4		5	
suurin kokonaismäärä	kpl/m ²	10		25		50	
Pinnan käyryys ja aaltoilu							
suurin mittapoikkeama	mm/1,5 m	3	5	4	6	4	7
Väri vaihtelu							
harmaat pinnat	luokat	B	C	B	C	B	C
valkobetonipinnat	(kohta 10)	A	B	A	B	A	B
muut väribetonipinnat		B	C	B	C	B	C

¹⁾ Tai mallin mukaisesti.

3 ELEMENTTITYYPIT

Rudus Oy:n Suonenjoen tehtaalla valmistetaan pääsääntöisesti lähes kaikkia Ruduksen valikoimassa olevia porrastyyppjä ja näistä puhutaan nimellä Elemento-tuotteet. Elemento 1 ja Elemento 6T ovat pois Suonenjoen tehtaan valikoimasta. Lisäksi Elemento 16 porrastyyppin valmistuksesta ollaan luopumassa sen valmistuksen kannattavuuden takia. Näitäkin porrastyyppjä on valmiudet valmistaa tilanteen niin vaatiessa. Seuraavassa on selvitetty yleisimmät valmistuksessa olevat porrastyyppit, joista Elemento 9 on selvästi eniten valmistettu.

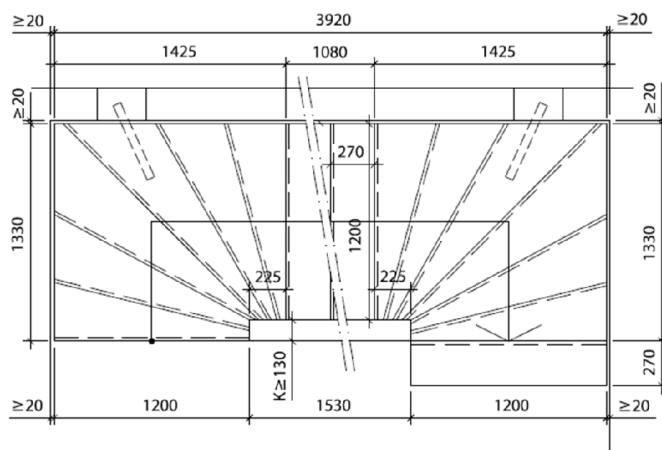
Elemento 9 on suora yhden tai puolen kerrosvälin porras. Nousumäärä vaihtelee yleensä 8 noususta 18 nousuun, mutta tarpeen vaatiessa voidaan valmistaa lyhempiä ja pidempiäkin portaita nosto- ja kuljetuskapasiteetin antamien rajoitusten mukaan. Porras tuetaan paikalleen ylä- ja alapäästä.



KUVA 4.1. Elemento 9 pohjakuva (Lemminkäinen Rakennustuotteet Oy, Elemento-porraselementit, RT 38194, 3)

Elemento 10 on kiertävä yhden kerrosvälin porras. Tyypillinen nousumäärä on 18 nousua. Porras voidaan valmistaa kiertäväksi ylä- tai alapäästä, sekä molemmista päistä kiertäväksi portaaksi. Elementti tuetaan muuhun rakenteeseen joko kannatinputkilla, tai ylä- ja alapäästä.

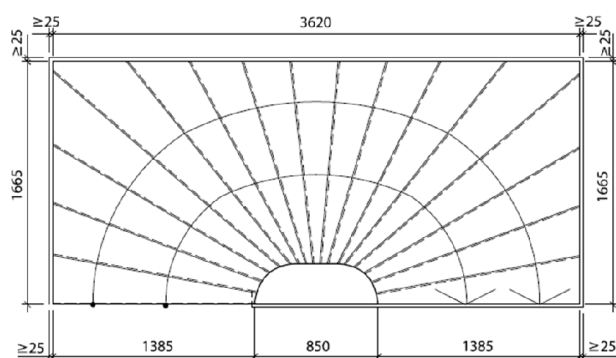
Molemmista päistä kiertävä porras



KUVA 4.2. Elemento 10 pohjakuva (Lemminkäinen Rakennustuotteet Oy, Elemento-porraselementit, RT 38194, 10)

Elemento 6 on pilarillinen yhden kerrosvälin porras. Elementissä oleva keskipilari kantaa portaalle kohdistuvat kuormat.

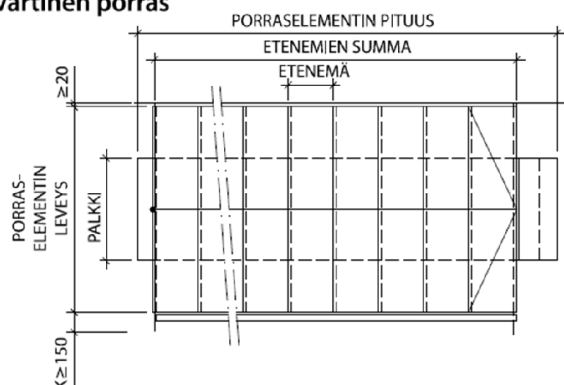
Elemento 6



KUVA 4.3. Elemento 6 pohjakuva (Lemminkäinen Rakennustuotteet Oy, Elemento-porraselementit, RT 38194, 7)

Elemento 11 on keskipalkillinen yhden tai puolen kerrosvälin porrastyyppi. Portaan muodostavat keskipalkki ja askellankut. Porrastyyppin etuna on sen visuaalinen keveys.

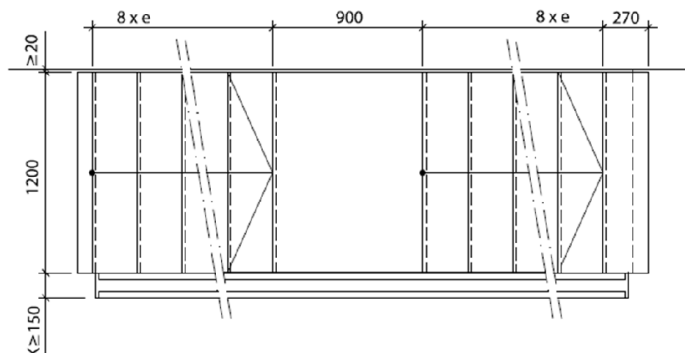
Yksivartinen porras



KUVA 4.4. Elemento 11 pohjakuva (Lemminkäinen Rakennustuotteet Oy, Elemento-porraselementit, RT 38194, 4)

Elemento 19 on yhden kerrosvälin välitasollinen suora porras.

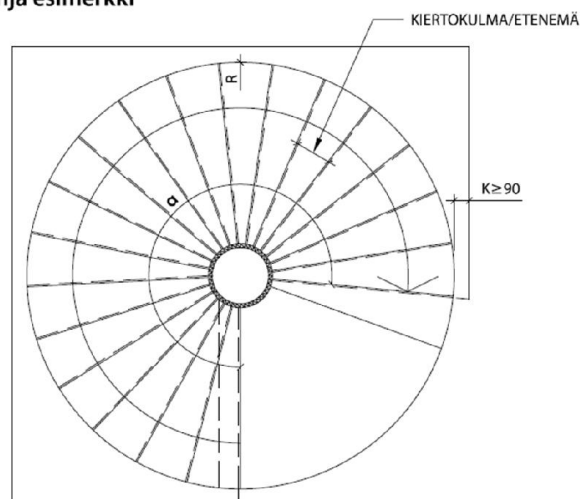
Yksivartinen, välilepotasollinen porras (Elemento 19)



KUVA 4.5. E19 pohjakuva (Lemminkäinen Rakennustuotteet Oy, Elemento-porraselementit, RT 38194, 3)

Elemento 4 on pilarillinen yhden kerrosvälin kiertävä porras. Portaassa keskipilari on pyöreä.

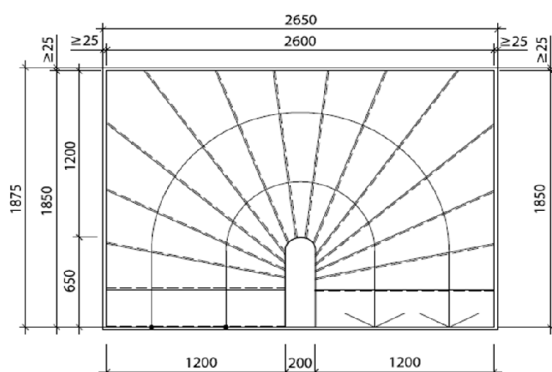
Pohja esimerkki



KUVA 4.6. Elemento 4 pohjakuva (Lemminkäinen Rakennustuotteet Oy, Elemento-porraselementit, RT 38194, 5)

Elemento 5 on suorasiivinen, keskipilarillinen koko kerrosvälin kiertävä porras, jonka keskipilari siirtää pystykuormat perustuksille. Näin ollen se ei rasita rakennuksen kerrostasoa pystykuormilla. Porras soveltuu hyvin esimerkiksi saneerauskohteisiin.

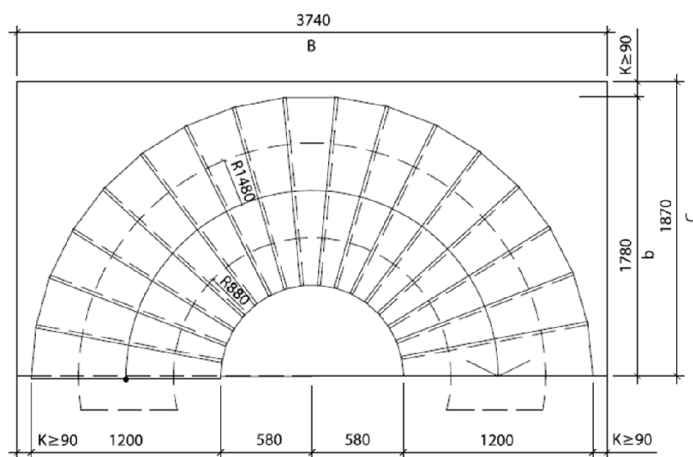
H=2800



KUVA 4.7. Elemento 5 pohjakuva (Lemminkäinen Rakennustuotteet Oy, Elemento-porraselementit, RT 38194, 6)

Elemento 13 on yhden kerrosvälin keskipalkillinen yhden kerrosvälin kiertävä porras.

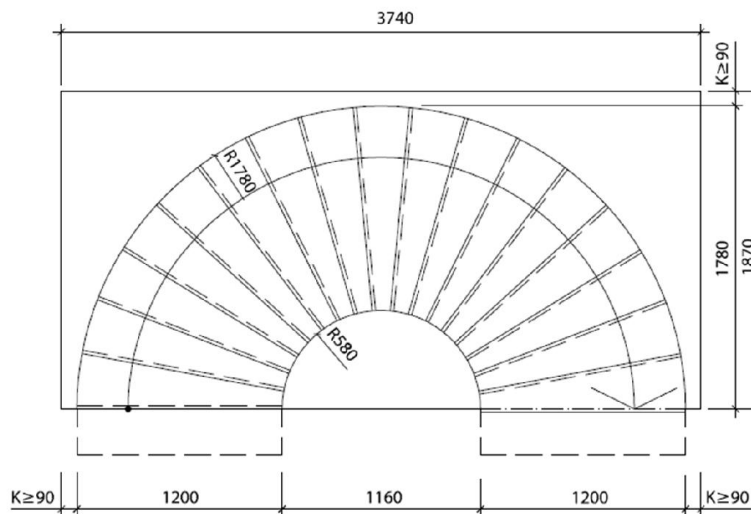
Pohja esimerkki



KUVA 4.8. E13 pohjakuva (Lemminkäinen Rakennustuotteet Oy, Elemento-porraselementit, RT 38194, 9)

Elemento 20 on yhden kerrosvälin umpikiertävä porras.

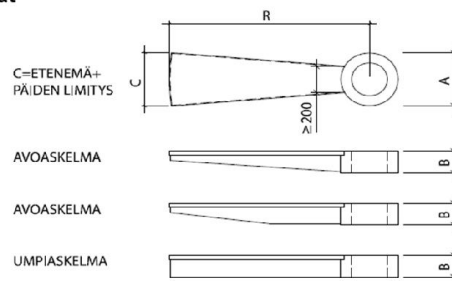
Pohja esimerkki



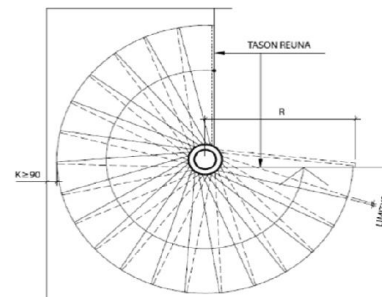
KUVA 4.9. E20 pohjakuva (Lemminkäinen Rakennustuotteet Oy, Elemento-porraselementit, RT 38194, 11)

Elemento 21 on erillisistä askellankuista paikallaan koottava kiertävä porras, jonka jokainen askellankku on oma elementti. Porras soveltuu hyvin saneerauskohteisiin.

Askelmat

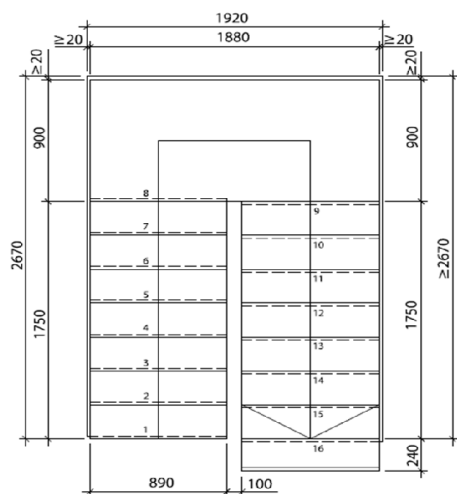


Pohja esimerkki



KUVA 4.10. Elemento 21 askelma ja pohjakuva (Lemminkäinen Rakennustuotteet Oy, Elemento-porraset, RT 38194, 8)

Elemento 8 on yhden kerrosvälin lepotasollinen porttas. Käyttökohteena näissä portaissa on yleensä kivipientalot.



KUVA 4.11. Elemento 8 pohjakuva (Lemminkäinen Rakennustuotteet Oy, Elemento-porttaselementit, RT 38194, 13)

4 PORRASELEMENTTIEN VALMISTUS

4.1 Suunnittelu

Portaiden valmistuskuvat suunnitellaan pääosin Ruduksen Suonenjoen tehtaalla. Osa kuvista tulee tilaajalta ja osa suunnitellaan Rudus oy:n Tuusulan toimipisteellä. Suunnitelmat tulevat tuotantoon tulosteina joko Autocadista tai Teklan tietomallista. Suunnitelmissa on hieman eroja, sillä Teklalla tuotetut kuvat antavat tietoa myös raudoituksesta ja raudoitteiden mitoista sekä betonista, kun taas Autocadilla tuotetut kuvat kertovat pelkästään portaan muottityössä tarvittavat mitat ja yksityiskohdat. Joihinkin porraskuviin tehtaan rakennesuunnittelijat tekevät oman raudoituskuvan, mikäli se poikkeaa tyyppikuvasta. Tyyppikuvilla tarkoitetaan raudoitusperiaatekuvia, missä on osoitettu raudoitteiden sijainti, raudoitemäärät sekä nostolenkkien ja nostoelinten koot. Tyyppikuva on suorien portaiden osalta pelkkä taulukko, missä on selitetty eri rasisluokittain portaan leveyden ja nousujen määrän, sekä rungon paksuuden ja painon mukaan tarvittavat raudoitteet.

4.2 Muottityö

Muottityön teossa lähtökohtana pidetään sitä, että portaat valetaan muottiin väärinpäin. Tämä tarkoittaa sitä, että portaan elementtikuva rakennetaan peilikuvana. Tämä aiheuttaa esimerkiksi sen, että kiertävissä portaissa (E4, E5, E6, E8, E13, E14, E20) muotti rakennetaan pystyyn (pois lukien E10-tyyppi), ja portaan ensimmäinen askelma on muotissa ylhäällä ja yläpää taas lähinnä lattiaa.

Suorien portaiden muotit rakennetaan vaakatasoon. Näissä muotin teko aloitetaan valmistamalla sahalaidat vanerista. Sahalaitojen mitat määräytyvät portaan nousun ja etenemän mukaan, jonka jälkeen ne kiinnitetään muottipedille kertopuihin. Tämän jälkeen portaaseen tehdään joko kuoret vanerista, tai laitetaan askellankut paikalleen. Sen jälkeen muottiin tehdään laidat jotka määräytyvät portaan runkovahvuuden mukaan. Seuraavaksi rakennetaan vanerista muottiin valutopparit portaan ylä- ja alapäätä varten, jonka jälkeen muotti on valmis raudoitusta varten.

Kiertävien portaiden muottityö poikkeaa suorien portaiden muottityöstä huomattavasti ja sen on paljon haastavampaa. Sahalaitoja voi käyttää ainoastaan E10 portaassa, jos kiertävien askelmien välissä on suora osuus. Loput askelmat joudutaan tekemään kolmiomenetelmällä, jossa kolmion koko määräytyy kiertävien askelmien nousujen määrästä. Molemmista päistä kiertävissä portaissa kolmiot tulevat molempiin päihin. Kolmion paikalleen mittauksen jälkeen päälle aletaan rakentamaan askelmia vanerista valmistus mittojen mukaan viimeisimmästä askelmasta alkaen. Askelmien valmistuksen jälkeen portaaseen rakennetaan laidat ja valutopparit nokille, jonka jälkeen muotti on valmis raudoitustyötä varten.

Muiden kiertävien portaiden muotit rakennetaan pystyyn käänteisesti askelma kerrallaan lähtien ylimmästä noususta. Vaneripedille, jolle muotti tulee, tehdään ensimmäiseksi portaan kiertosäde ja mitataan askelmien kärjet paikalleen. Näihin muotteihin joudutaan rakentamaan telineitä sitä mukaa kun muotti nousee lattiasta ylöspäin. Samalla tavoin kuin muissakin muoteissa, portaan askelmien rakentamisen jälkeen voidaan valmistaa laidat ja topparit nokille, jonka jälkeen muotti on raudoittamista vaille valmis.

Porraselementtien näkyviin jäävä sivu kavennetaan aina 10 mm. Jos porraskorkeus valetaan lankullisena, toteutetaan kavennus laittamalla näkyvän sivun puolelle muottia kavennuslaita 9 mm vanerista. Betonipintaisena valettavat portaat kavennetaan tarvittaessa siten, että koko muotti rakennetaan suunniteltua portaan leveyttä 10 mm kapeammaksi. Näissä tapauksissa portaaseen jälkiasennetaan lankut joko tehtaalla, tai työmaalla.

4.3 Raudoitus ja betonointi

Raudoitustyön lähtökohtana ovat eri porrastyypeille räätälöidyt raudoituksen periaatekuvat eli niin sanotut tyyppikuvat. Suorille portaille kuten E9 ja E11 on olemassa tyyppikuvan lisäksi taulukot, joissa kerrotaan tarvittavat raudoitemäärät leveyden ja nousujen määrän perusteella. Vakiokokoiset portaat, kuten osa kiertävistä portaista, voidaan raudoittaa suoraan tyyppikuvan mukaan. Poikkeustapauksissa omat rakennesuunnittelijat ohjeistavat ja antavat poikkeavat raudoituskuvat, joiden mukaan raudoitus toteutetaan.

Suorat portaat raudoitetaan pääosin tekemällä raudoite valmiiksi raudoituspaikalla. Näihin löytyy yleensä suurin osa tarvittavista teräksistä esivalmistettuina. Raudoite nostetaan nosturilla muottiin ja asetetaan suojavälikkeiden avulla paikoilleen tarvittavan betonipeitteen varmistamiseksi. Raudoitukseen lisätään muotissa vielä käsittelyä varten tarvittavat nostoelimet ja nostolenkit, sekä mahdollisia kaiteita varten kaidevetimet. Tämän jälkeen porraskorkeus on valmis betonoitavaksi.

Kiertävissä portaissa suurin osa teräksistä joudutaan leikkaamaan ja taivuttamaan suorista harjaterästangoista. Raudoite valmistetaan suoraan muottiin yksittäisistä osista.

Portaisiin tarvittava runkobetoni tulee tehtaalle betoniautolla erilliseltä asemalta, sillä tehtaalla valmistetaan pelkästään lankkuihin tarvittavaa mosaiikkibetonia. Betonikuorma siirretään muotteihin betoniautosta nostoastian avulla, josta se sitten pudotetaan muotteihin. Pudottamisen jälkeen se täytyy tiivistää. Tässä tulee huolehtia siitä, että portaan nokat ja mahdolliset ulokkeet täyttyvät, sekä kannatinputkien ja nostolenkkien ympärökset on tiivistetty hyvin. Suorissa portaissa on siirrytty osittain itsestään tiivistyvän betonin käyttöön, jota ei tarvitse erikseen tiivistää.

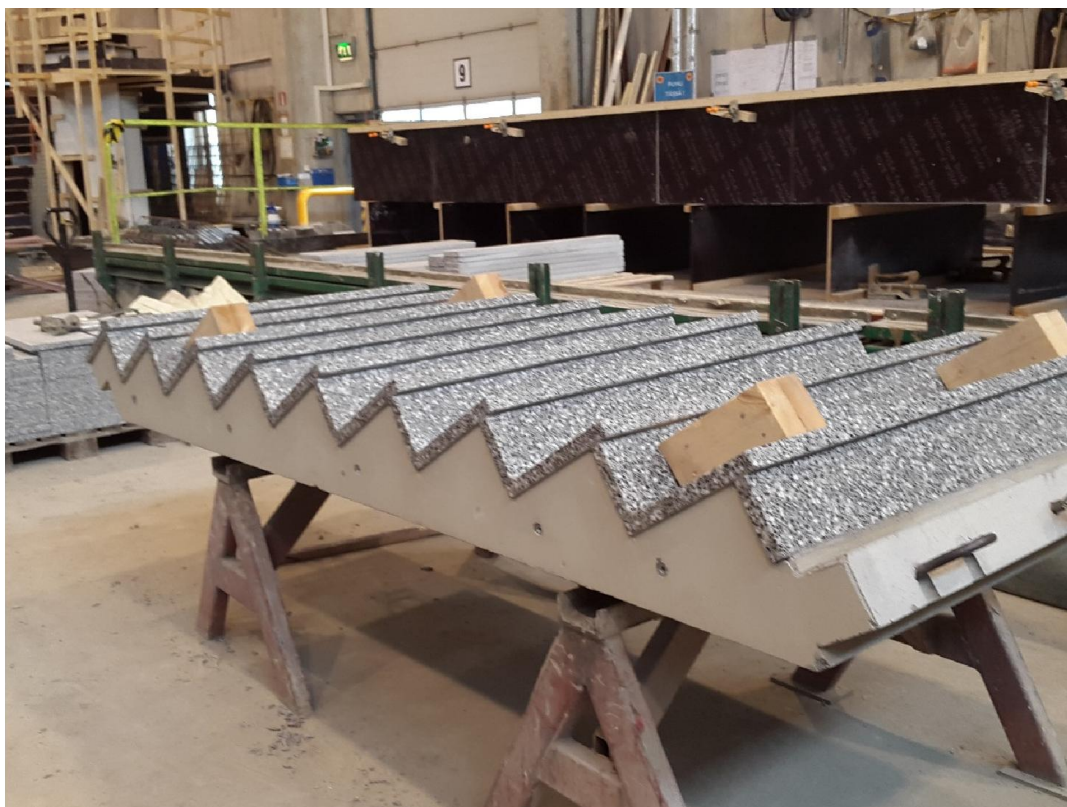
4.4 Pinnat ja viimeistely

Pintojen teko aloitetaan heti betonoinnin jälkeen. Muotti linjataan tasaiseksi ja sen jälkeen esihierretään. Esihierron tarkoituksena on varmistaa muotin täyttyminen reunoja myöten. Tämä helpottaa jälkeinpäin tehtävää muovihiertoa ja pinnan viimeistelyä. Betonin hieman kuivuttua elementti hierretään vielä uudelleen, jonka jälkeen teräshierretään sekä telataan. Telattu pinta (kuva 5.3) on betonisten porraselementtien yleisin pohjan pinta.



Kuva 5.1 Valmis telapinta (Ville Ruotsalainen)

Viimeistelyssä elementti paikataan valmiiksi työmaalle toimitusta varten. Näkyvät sivut paikataan saaneerauslaastilla. Mahdolliset virheet ja lohkeamat mosaiikkiaskelmissa paikataan ja niihin sivellään vahakerros. Tarvittaessa elementtiin kiinnitetään mosaiikkiaskelmat, jos porraskäytävä on valettu betonipintaisena, mutta elementti toimitetaan lankullisena. Jos kohde on sama, lyhyet suorat portaat pakataan kahden elementin paketteihin ja väliin laitetaan puiset välikepalat (kuva 5.4), jotta kuljetuksen aikana elementit eivät riko toisiaan. Suuremmat portaat pakataan yksittäisinä kappaleina pakkausmuoviin elementin säältä suojaamiseksi.



Kuva 5.4. Elementti viimeistelyssä (Ville Ruotsalainen)

5 LAADUNHALLINTA

Ruduksella on käytössä oma laatukäsikirja, jossa selvitetään standardien (tuotestandardi EN14843) ja sertifikaattien vaatimat laadunvalvonnan menetelmät ja niihin liittyvät tarkastukset ja mittaukset.

Porraselementtien valmistus täyttää standardin SFS-EN 14844:2007 Betonituotteet. Portaat vaatimukset. Viiteasiakirjoina on käytetty seuraavia standardeja:

- *SFS-EN 13369:2013 Betonivalmisteiden yleiset säännöt*
- *SFS-EN 206-1:2000 Betoni. Osa 1: Määrittely, ominaisuudet, valmistus ja vaatimuksenmukaisuus sekä sen muutoksia A1 2005-01-24 ja A2 2005-08-15*
- *SFS-EN-1992-1-1 Eurokoodi 2: Betonirakenteiden suunnittelu. Osa 1-1: yleiset säännöt ja rakennuksia koskevat säännöt. 2005*
- *SFS 7027 Betonivalmisteiden eri käyttökohteissa vaadittavat ominaisuudet ja niille asetettavat vaatimustasot. (Rudus Oy 2014, 3)*

Laatukäsikirja ottaa myös huomioon Suomen rakentamismääräyskokoelman osan B4 Betonirakenteet ja Inspecta Sertifiointi Oy:n elementtejä koskevat tuoteryhmäohjeet TR15. (Rudus Oy, 3.)

Tehtaalla aikaisemmin käytössä ollut menetelmä sisälsi erilliset pöytäkirjat porraselementin suunnitelmien mukaisuuden tarkastamiselle ja betonipeitemittauksille. Näistä ensimmäiseen pöytäkirjaan sisältyi nousumäärän tarkistus, nousun korkeus ja etenemän pituuden mittaaminen, muotin leveyden ja rungon paksuuden mittaaminen. Raudoitteiden osalta pöytäkirjassa tarkasteltiin valmistusta koskevat mitat ja määrät kuten veto- ja puristuserästen määrä ja terästen vaadittu paksuus/halkaisija, hakasien määrä ja jakoväli, nokkien ja ulokkeiden raudoitteet, portaan nostoon ja käsittelyyn tarvittavien nostolenkkien ja nostoelinten paikat ja tarvittava suuruusluokka.

Portaiden jälkitarkastukseen ei ole erillistä pöytäkirjaa, vaan tarkastus tehdään aina samaan muottiin valettavan sarjan ensimmäisestä portaasta muotista purun jälkeen. Tarkastuksen hoitaa viimeistelyn työntekijä. Portaasta mitataan äärimitat ja ristimitat, sekä nousun korkeus ja etenemä tarkastetaan. Lisäksi portaasta mitataan jatkuva mitta ensimmäisen nousun kärjestä viimeisen nousun kärkeen. Tällä varmistetaan portaan kokonaispituuden paikkansapitävyys. Lisäksi jälkitarkastus käy läpi portaan kätisyyden ja nokat sekä mahdolliset ulokkeet ja kannatinputket. Kaikki merkinnät tehdään portaan tuotantokuvaan joka arkistoidaan viimeistelyyn. Portaasta tehdään myös jälkitarkastuksen ohessa betonipeitemittaus joka tehdään myös omalle kaavakkeelle.

Työssä kehitettiin uudenlainen laadunvalvonnan menetelmän, jossa sama pöytäkirja kiertää tuotantokuvan mukana aina muottityöstä viimeistelyyn. Samaan pöytäkirjaan on tarkoitus myös pystyä kirjaamaan jälkitarkastuksessa havaitut mahdolliset poikkeamat sekä jälkepäin tehdyt betonipeitemitaukset.

Vanhasta menetelmästä poiketen, tarkastuspöytäkirjan täyttää pääosin työntekijä, eikä toimihenkilö. Tällä ei ole tarkoitus siirtää esimiehen valvontavastuuta työntekijälle, vaan pienentää inhimillisistä virheistä johtuvia laatu-poikkeamia. Pöytäkirjan täyttö pakottaa lukemaan ja tulkitsemaan kuvat useaan kertaan, ja vähentää tällä tavalla virheitä siitä, että työn teosta on tullut liian rutiinomaista. Esimerkiksi elementin nousu ja niiden määrä, sekä etenemä voi olla täysin sama usealla elementillä samassa kohteessa, mutta elementin liitoskohdat (ylä- ja alapää) sekä käsisyys voi vaihdella. Raudoituksen osalta suurimpia havaittuja sekä yleisimpiä virheitä ovat elementistä ulostulevat tartunnat, sillä näiden pituus vaihtelee eri elementtityyppien välillä.

Kappaleen 3 mukaisten kriteerien täytyminen varmistetaan pöytäkirjassa ensin merkkamalla ensin suunniteltu vaatimus, jonka jälkeen muotista mitataan ääri- ja rullamittaa käyttämällä toteutunut tulos. Raudoituksen osalta tarvittavat raudoitteet tarkastetaan ja merkataan saadut tulokset pöytäkirjaan. Mittavirheen löytyessä, virhe poistetaan ennen betonointia. Betonoinnin varmistukseen käytetään hankalissa paikoissa muottiin porattavia tarkastusreikiä. Raudoituksen taivutussäteet ohjeistetaan taivutuspaikoilla olevissa taulukoissa. Pintojen laatu tarkastetaan betonoinnin jälkeen.

Porraselementtien osalta niin suuria virheitä, että elementti olisi täysin virheellinen, sattuu hyvin harvoin. Pienet mittavirheet esimerkiksi portaan ylä- ja alapään liitoksissa on vielä paikattavissa, tai sovitavissa vastaanottavan työmaan kanssa, joten näissä tapauksissa elementti on vielä käyttökelpoinen. Tosin näistä saattaa koitua tehtaalle lisäkuluja, sillä niiden korjaaminen tehtaalla on hidasta, ja voi johtaa jopa toimituksen viivästymiseen. Vaihtoehtoisesti tilaaja voi vaatia hinnanalennusta, jos elementti ei ole suunnitelmien mukainen. Suuria virheitä, joilla elementti täytyy joko kokonaan tehdä uudelleen tai sen korjaaminen kestää päiviä ovat esimerkiksi isot poikkeamat elementin pituudessa ja korkeudessa. Tämän virheen yleisin syy on väärä nousumäärä.

Tehtaan viimeistelytyötä tekevältä henkilökunnalta, sekä työnjohtajilta selvitettiin vapaamuotoisesti haastattelemalla yleisimmät laatu-poikkeamat, joita ilmenee porraselementtien valmistusprosessin aikana. Haastatteluista selvisi, että yleisimmät virheet ovat kavennuslaidan puuttumien näkyvältä sivulta, virheellinen nousumäärä, betonointivirheet sekä lankullisten elementtien askel- ja rintalankkujen asennus muottiin väärinpäin. Nämä virheet aiheuttavat lisäkustannuksia lisätöiden osalta. Nämä kustannukset käsitellään kappaleessa 8.

6 TYÖTURVALLISUUS

Tehdastyössä suurimpia riskejä ovat elementtien nostotyö ja elementtien valutyö. Näissä työvaiheissa on suuri riski jäädä raskaan taakan alle, tai jäädä puristuksiin kahden elementin tai taakan ja kaiteen väliin. Valutyössä on myös vaarana pudota korkealta alas. Tämä riski koskee lähinnä kiertäviä portaita, sillä niiden muotit ovat suorita portaita huomattavasti korkeampia. Betonitöitä tehdessä riskin terveydelle aiheuttaa myös pöly.

Uudessa laadunvalvontakortissa on osio, jossa tarkastetaan työympäristön työturvallisuus. Kortissa käsiteltäviä kohtia ovat:

- työtasot ja kaiteet
- työympäristön siisteys
- betonoinnin turvallisuuden varmistus.

Ensimmäisessä kohdassa tarkastetaan mahdolliset työtasot ja kaiteet, jotta ne ovat määräysten mukaiset. Työtasoille minimileveydeksi annetaan ohjearvo 600 m, sillä siellä ei ole tarkoituksenmukaista säilyttää työssä tarvittavaa materiaalia. Työtasoille täytyy tehdä kaiteet, kun putoamiskorkeus on yli 0,5 m. Kaiteiden minimikorkeus tulee olla 1 100 m ja niihin täytyy asentaa välipuu puoleenväliin, jonka lisäksi työtasot on varustettava 100 mm korkealla jalkalistalla. (ttl.fi)

Toisessa kohdassa käsitellään työympäristön siisteyttä, jolla voidaan ehkäistä sekä pölyhaittaa valmistiloissa, sekä kompastumisriskiä, jota aiheuttaa valuroiskeet sekä mahdolliset työkalujen sähköjohdot, sekä erilaiset muotinosat.

Betonoinnin turvallisuuden varmistuksessa tarkastetaan mahdolliset riskit ja niiden torjuminen betonoinnin aikana. Näitä voivat olla putoamisvaara, puristumisvaara ja mahdollisuus jäädä taakan alle. Näitä riskejä voi torjua tilanteeseen sopivilla työpukeilla tai valjailla, jotka varmistavat, että betonointia suorittaessa ei ole mahdollisuus horjahtaa ja pudota, sekä betonin pudotuskorkeudesta johtuen ei ole tarvetta kiivetä liian korkealle.

7 PORTAIDEN LAATUPOIKKEAMISTA AIHEUTUVAT KUSTANNUKSET

Opinnäytetyössä oli tarkoituksen laskea Rudus Oy:n valmistamien porraselementtien laatupoikkeamien aiheuttamien lisätöiden kustannukset. Tätä kautta saadaan säästö, mihin uudella laadunvalvonta menetelmä voitaisiin tulevaisuudessa päästä vuositasolla.

Laskenta aloitettiin vapaamuotoisesti haastattelemalla henkilökuntaa. Näin selvitettiin yleisimpien virheiden tapahtuma taajuus (taulukko 7.1). Kavennuslaidan puuttumisella tämä oli noin 20 kertaa vuodessa. Portaassa väärinpäin olevia askellankkuja joutui vaihtamaan viikoittain. Tosin portaasta ei ole tarvetta joka kerta vaihtaa kaikkia askellankkuja. Keskiarvona käytettiin 5 lankkuparin (askel- ja rintalankku) vaihtokertaa kohden. Portaan virheellinen pituus (väärä nousumäärä) tapahtui noin 5 kertaa vuodessa.

Taulukko 7.1 Laatupoikkeamien tapahtumataajuus vuositasolla

Laatupoikkeama	Tapahtumataajuus/vuosi
Kavennuslaidan puuttuminen	20
Virheellisesti asennetut askelmat	52
Virheellinen pituus	5

Virheistä aiheutuvien kustannusten laskennassa käytettiin työkustannusten osalta tuntihintaa 28 €/h. Työmenekit selvitettiin haastattelemalla korjaustyötä tekevää henkilökuntaa. Selvityksessä saatiin seuraavia arvoja:

- tarvittavan kavennuksen hionta 0,1 tth / nousu
- askellankkujen vaihto 0,25 tth / lankkupari
- portaan lyhennys 4 tth / lyhennys.

Askellankkujen vaihdossa lisäkustannuksia aiheuttaa myös materiaali. Mosaiikkibetoniset askelmat eivät lähde irti niin, että niitä voisi uudelleen käyttää. Tästä johtuen portaaseen joudutaan valmistamaan uudet lankut. Nämä materiaalikustannukset selvitettiin työnjohtoa haastattelemalla. Yhden lankkuparin hinnaksi tulee 30 €.

Portaan virheellisen pituuden korjaaminen on järkevää vain siinä tapauksessa, jossa elementti on liian pitkä. Porrasta sahaamalla saadaan lyhempi alapohjaliitoksellinen elementti joka käy porraskuilun alimmaksi portaaksi. Portaan pidennys on myös mahdollista piikkaamalla portaan teräkset auki alapäästä, jatkamalla betoniteräksiä ja sen jälkeen valamalla porras täyteen pituuteen samalla muotilla missä porras valmistettiin. Tästä työstä aiheutuvat materiaalikustannukset selvitettiin taloon.com sivuston tarjoamista hinnoista vähentämällä arvonlisäveron osuus. Todelliset kustannukset voivat olla hieman erilaisia, sillä tehtaalla on raudoitusten ja betonin osalta sopimushinnat näitä toimittavien yritysten kanssa.

Selvityksen jälkeen laskettiin kustannukset edellä mainituiden virheiden korjaukselle sekä työmenekin osalta, että materiaalikustannusten osalta. Virheitä, joissa ei tarvitse materiaalia lopputuloksena oli ainoastaan työmenekki. Portaan jatkaminen ja askellankkujen vaihto aiheuttavat myös materiaalikustannuksia. Lopuksi kustannuksia tarkasteltiin vuositasolla virheiden tapahtumataajuuden avulla.

8 LOPPUTULOKSET

8.1 Laadunhallinta

Opinnäytetyön tavoitteena oli kehittää Rudus Oy:n Suonenjoen elementtitehtaan laadunhallinta järjestelmää. Pohjana työlle oli jo olemassa oleva tarkastuspöytäkirja, jota lähdettiin kehittämään vastaamaan paremmin tehtaan vaatimuksia. Työssä tuotettiin kaksi erillistä portaiden valmistuksessa käytettävää tarkastuspöytäkirjaa (liitteet 1 ja 2). Ensimmäinen pöytäkirja on suorien portaiden valmistukseen ja toinen kiertävien ja poikkeavien portaiden valmistukseen. Tähän lopputulokseen päädyttiin, sillä kiertävien portaiden valmistus ja mitoitus poikkeaa suorien portaiden valmistuksesta, ja niissä havaitut valmistusvirheet tapahtuva eri kohdissa kuin suorissa portaissa. Pöytäkirjassa huomioidaan portaan valmistuksen eri vaiheet joilla varmistetaan portaan valmistuminen suunnitelmien mukaiseksi rakennustuotteeksi. Pöytäkirjassa huomioidaan myös työturvallisuuden osalta putoamissuojauksen ja betonoinnin turvallisuuden varmistamisen, sekä työympäristön siisteys, mikä on merkittävä tekijä poistamaan kompastumisriskin ja terveydelle koituvan haitan betonipölystä.

Pöytäkirjojen etuina voidaan pitää inhimillisen riskin poissulkemista. Betonielementtien valmistus on pitkälti helposti rutinoivaa työtä, sillä valmistusprosessissa pyritään pitkiin sarjoihin ja samankaltaisuuksiin. Näin ollen työtä tekevä henkilö tulee helposti sokeaksi omille virheilleen ja pienille poikkeamille, kuten esimerkiksi elementin kätisyyden muutokselle. Lisäksi pöytäkirjan käyttö tihentää elementtien tarkastusväliä. Tällä tavoin se poissulkee virheet esimerkiksi tilanteista, joissa samalla muotilla on tehty jo useampi porras, ja muotti alkaa jatkuvan rasituksen vaikutuksesta antamaan periksi.

8.2 Kustannukset

Kustannusten osalta lopputulokseksi saatiin kalleimmaksi virheeksi vuositasolla askellankkujen vaihto johtuen tapahtumataajuudesta. Portaan väärä pituus aiheutti ison kustannuserän yhden elementin osalta. Kustannusten tarkat euromääräiset suuruudet löytyvät liitteestä 3. Suurempia kustannuseriä koituu jos porras täytyy kokonaan tehdä uudelleen. Kuten tapauksissa, joissa betonointi kannatinosien ympärillä on epäonnistunut. Myös tapauksissa, joissa portaan nousumäärä on virheellinen, voi olla kannattavampaa valmistaa kokonaan uusi elementti, ja kyseinen nousumäärältään virheellinen elementti voi mahdollisesti käydä johonkin toiseen kohteeseen.

Työmenekkien osalta kustannusten laskeminen oli paikoin hankalaa, sillä Aikataulukirja 2016 menekit eivät sovellu tehdasolosuhteisiin, vaan ne on lähinnä tehty rakennustyömaan aikataulun laskentaan. Lisäksi kirjasta ei löydy omaa eikä vastaavanlaista työmenekkiä esimerkiksi askellankkujen vaihdolle.

Uudenlaisen elementtien tarkastusmenetelmän käyttö voi mahdollisesti poistaa näitä kustannuksia. Tätä säästöä on kuitenkin mahdollista tutkia ainoastaan vuositasolla vertailemalla edellisvuoden virheiden määrää tulevan vuoden määriin. Tätä vertailua tässä opinnäytetyössä ei ole mahdollista tarkastella.

LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT

BETONIRAKENTEET. Suomen rakentamismääräyskokoelma B4.

2005. Ohjeet 2005. Helsinki: Ympäristöministeriö, Asunto- ja rakennusosasto.

ELEMENTO PORRASELEMENTIT - LEMMINKÄINEN RAKENNUSTUOTTEET. RT 38194. [viitattu 2016-03-17]

Lemminkäinen.fi. [viitattu 2016-04-28] Saatavissa <http://www.lemminkainen.fi/Lemminkainen/Yritys/Historia/Betonituotteiden-valmistukseen/>

PORRASELEMENTTIEN JA -TUOTTEIDEN VALMISTUKSEN LAATUKÄSIKIRJA.

2014. Rudus Oy.

SUOMEN BETONIIYHDISTYS. 2004. Betoninormit 2004 By 50.

SUOMEN BETONIIYHDISTYS. 2003. Betonirakenteiden pinnat/luokitusohjeet by 40.

Taloon.com [verkkoaineisto]. [viitattu 2016-04-18] Saatavissa <http://www.taloon.com/>

Ttl.fi. [verkkoaineisto]. [viitattu 2016-04-28] saatavissa <http://www.ttl.fi/fi/toimialat/rakennus/turvapakki/putoamissuojaus/tyotasosivut/default.aspx>

Ttl.fi. [verkkoaineisto]. [viitattu 2016-04-28] Saatavissa http://www.ttl.fi/fi/tutkimus/hankkeet/induspace/Documents/TyOp_Kulikutiet.pdf

1 LIITE 1: TARKASTUSPÖYTÄKIRJA SUORILLE PORTAILLE

Tarkastuspöytäkirja

Kohde: _____ Tunnus: _____

Muottityö

	Mitattu	Suunniteltu
Nousujen lukumäärä		
Nousun korkeus		
Etenemä		
Leveys		
Yläpää		
Alapää		
Kätisyys		
Rungon paksuus		

Raudoitus

	Mitattu	Suunniteltu
Vetoteräokset		
Puristusteräokset		
Haat		
Nostolenkit		
Tehdasnostot		
Yläpään lippa		
Alapään lippa		
Betonipeitteen paksuus		

Telapinta

Suoruus, huokokset, näkyvät pinnat telattu

Työturvallisuus

Kaiteet/tasot (leveys, korkeus)

Betonoinnin turvallisuus huomioitu

Työympäristön siisteys

Havaittuja riskejä/Huomioitavaa:

Betonipeitteen jälkimittaus

Jälkitarkastus: _____

Tarkastanut: _____

Allekirjoitus: _____

Työnjohtajan kuittaus: _____

2 LIITE 2: TARKASTUSPÖYTÄKIRJA POIKKEAVILLE PORTAILLE

Tarkastuspöytäkirja Poikkeavat portaat

Kohde: _____ Tunnus: _____ Pvm: _____

Tarkastuksessa käytetyt laitteet: _____

Muotittyyö	Mitattu	Suunniteltu
Nousujen lukumäärä		
Nousun korkeus		
Suorien askelmien mitoitus		
Kiertävien askelmien mitoitus		
Kiertosäde		
Askeljako		
Äärimittojen tarkastus		
Kiertävien askelmien äärimitat		
Kulmat		
Suorakulmaisuuuden varmistus		
Pilarit		
Pilarin koko		
Pilarin pituus		
Raudoitus	Mitattu	Suunniteltu
Vetoteräokset		
Puristusteräokset		
Haat		
Nostolenkit		
Tehdasnostot		
Yläpään lippa		
Alapään lippa		
Lippojen muut teräokset		
Kannatinputkien sijainti ja rauditus		
Ulostulevat tartunnat (sijainti, paksuus ja mitat)		
Betonipeitteen paksuus		
Pilarin rauditus		
Telapinnan Suoruus, näkyvät pinnat telattu		
Betonoinnin onnistumisen varmistus		
Työturvallisuus		
Kaiteet/tasot (leveys, korkeus)		
Betonoinnin turvallisuus huomioitu		
Työympäristön siisteys		

Havaittuja riskejä/Huomioitavaa:

Pöytäkirja jälkitarkastukseen

Betonipeitteen jälkimittaus

Tarkastanut: _____

Allekirjoitus: _____

Työnjohtajan kuittaus: _____

Jälkitarkastus: _____

