

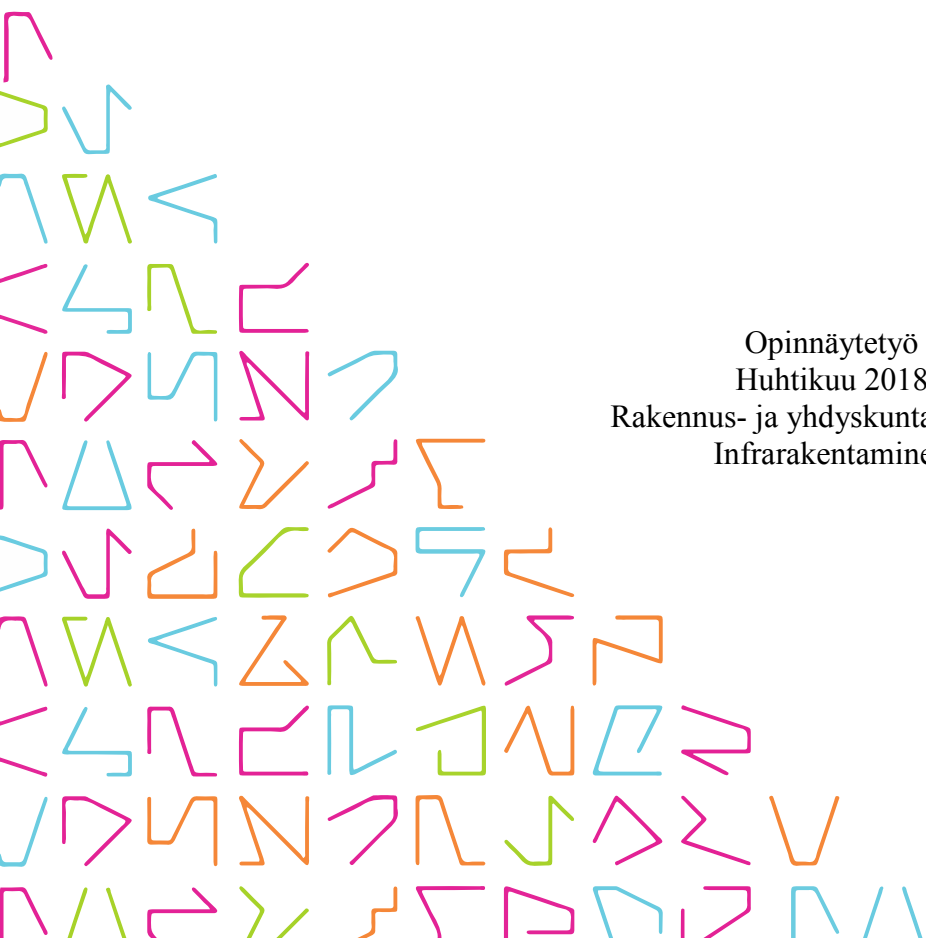


TAMPEREEN  
AMMATTIKORKEAKOULU

# LAITURIELEMENTTIEN VALMISTUS LIUKU- VALUTEKNIIKALLA

Eero Impola

Opinnäytetyö  
Huhtikuu 2018  
Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka  
Infrarakentaminen



## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka  
Infrarakentaminen

IMPOLA, EERO:  
Laiturielementtien valmistus liukuvalutekniikalla

Opinnäytetyö 67 sivua, joista liitteitä 47 sivua  
Huhtikuu 2018

---

Opinnäytetyössä perehdyttiin liukuvalutekniikkaan ja sen hyödyntämiseen laiturielementtien valmistamisessa sekä analysoitiin sitä työtekniikkana. Opinnäytetyön tavoitteena oli tuottaa tilaajayritykselle sisäiseen käyttöön yksityiskohtainen työseloste laiturielementtien valmistamisesta sekä tarkastella jokaisen työvaiheen kehityskohteita. Liukuvalutekniikasta on saatavilla niukasti kirjoitettua lähdeaineistoa. Tästä syystä opinnäytetyön työseloste pohjautuu pitkään alalla toimineiden ammattilaisten haastatteluihin sekä itse hankittuun kokemukseen kyseisiltä hankkeilta.

Teoriaosuudessa käsitellään työstötekniikkaa, siihen vaadittavaa kalustoa ja työturvallisuutta. Menetelmän käyttämisessä tulee kiinnittää erityistä huomiota ennakkosuunnitteluun ja valmisteluun, jotta valun aikana työ etenee aikataulussa ja lopputulos vastaa kohteelle asetettuja vaatimuksia. Työselostusta sekä liukuvalutekniikan teoriaosuutta voidaan käyttää pohja-aineistona uusien työntekijöiden perehdyttämisessä sekä tekniikan esittelyyn tilaajayrityksille.

Liukuvalutekniikan käyttö Suomessa on vähentynyt viime vuosikymmeninä. Tästä johtuen myös ammattitaitoisten työntekijöiden määrä on vähäinen ja aiheuttaa ongelmaa työtekniikan hyödyntämiseen. Opinnäytetyön työselostus ja kehittämissuositukset sisältävät luottamuksellista sekä salassa pidettävää aineistoa ja ovat siksi vain tilaajayrityksen käytettävissä.

## **ABSTRACT**

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Tampere University of Applied Sciences  
Degree Programme in Construction Engineering  
Infrastructures

IMPOLA, EERO:  
Manufacturing Quay Wall Elements with Slip Form Technique

Bachelor's thesis 67 pages, appendices 47 pages  
April 2018

---

This thesis focuses on the slip form casting technique as well as using slip form casting to produce quay wall elements. The aim of the thesis is to produce a detailed work method statement for production purposes and to recommend possible improvement suggestions for each work phase. There is very little written literature available about the slip form casting technique. For this reason, the thesis is based on interviews with professionals that has been for a long time in the business and have experiences of the technique.

The theory part focuses on the working technique, the required equipment and work safety. When using the technique, it is important to plan ahead and prepare so that the casting works proceed in schedule and the end result fulfills the requirements set for the project. The work method statement and the theory part can be used as material for inducting new workers and to present the technique to clients.

The use of slip form casting in Finland has decreased during the last decades and for this reason the amount of skilled professionals is low, which causes problems in utilizing the technique. The work method statement as well as the improvement suggestions in this thesis includes confidential and classified material and are therefore only for the use of the client company.

---

Key words: slip form, quay wall element

**SISÄLLYS**

1	JOHDANTO.....	5
2	LIUKUVALUTEKNIikka.....	6
2.1	Yleistä .....	6
2.2	Liukuvalun käyttökohteet .....	7
2.3	Kalusto .....	8
2.3.1	Muotti.....	11
2.3.2	Nostojärjestelmä.....	12
2.3.3	Työskentelytasot .....	14
2.4	Toteutus .....	15
2.4.1	Betonointi ja betonimassa .....	15
2.4.2	Raudoitus .....	16
2.4.3	Jälkihoito ja hierto.....	17
2.4.4	Valvonta .....	18
3	POHDINTA.....	19
	LÄHTEET.....	20
	LIITTEET.....	21

## 1 JOHDANTO

Tässä opinnäytetyössä käsitellään betonointia liukuvalutekniikalla, huomioiden laiturielementtien valmistuksen erityispiirteet käytettäessä kyseistä työtekniikkaa. Tutkimusosuudessa analysoidaan ensisijaisesti vuonna 2017 käynnistynyttä kulmatukilaiturihanketta. Rajauksena hankkeen analysoinnissa on lähtötilanne, jossa urakoitsija saa rakennuspiirustukset hankkeesta käyttöönsä ja voi aloittaa muottien valmistuksen. Siihen työtilanteeseen saakka, että kulmatukilaiturin elementit ovat asennusvalmiit.

Työn tavoitteena on tuottaa yksityiskohtainen kuvaus laiturielementtien valmistuksen jokaisesta päätyövaiheesta, huomioiden seuraavat pääkohdat: työvaihekuvaus, työturvallisuus, aliurakointi sekä kehityskohteet.

Työssä käsiteltävät laiturielementit ovat kulmatukimuuri-tyyppisiä laiturielementtejä. Laituri koostuu kahdesta eri tyyppisestä elementistä: kantavista kulmatukielementeistä sekä kuormia siirtävistä saumaelementeistä. Elementtien painot ovat keskimäärin 80 tonnia ja 250 tonnia.

Tietoa työmaan toteutuksen analysointiin on hankittu kahdesta työkohteesta sekä haastatteleamalla alalla pitkään toimineita ammattilaisia. Kirjoitettua tietoa kyseisentyyppisen työmaan toteutuksesta löytyy hyvin niukasti.

Kyseinen opinnäytetyö tehtiin Terramare Oy:lle. Terramarella on yli 60 vuoden kokemus vesirakennustöistä. Yritys on osa hollantilaista Royal Boskalis Westminster konsernia, joka on listattu Amsterdamin pörssissä. Toimialueena konsernilla on yli 75 maata kuudella eri mantereella. Terramaren vahvuuksia ovat pitkä kokemus vesirankentamisesta, liukuvalutekniikasta sekä aktiivinen kehitystyö alalla. (Terramare, yhtiö 2017.)

## 2 LIUKUVALUTEKNIikka

### 2.1 Yleistä

Seuraavissa kappaleissa käsitellään liukuvalutekniikkaa lähtökohtaisesti yhdistäen lähde-teoksien, asiantuntijahaastattelujen sekä omien kokemusten perusteella olennaisia asioita ottaen huomioon käytännön toteutuksen tarpeet.

Liukuvalutekniikka perustuu jatkuvaan vuorotyöhön, jossa suoritetaan samanaikaisesti betonointi- ja raudoitustyötä. Kyseisessä valutekniikassa valmistetaan useimmiten 120 cm korkea muotti, jota siirretään hydraulisesti valusuuntaan. Tavallisin valusuunta on pystysuora. Etuja tekniikan käytössä ovat menetelmän nopeus, säästyvä muottikustannus sekä rakenteen saumattomuus. (Virolainen 2008, 2, 6.)

Muotin nostonopeutta säädetään niin, että muotista paljastuva betoni on sitoutunut riittävästi pysyäkseen muodossaan ja kestääkseen siihen aiheutuvat rasitukset (Betonitekniikan oppikirja 2004, 495). Nousunopeuteen vaikuttavia seikkoja on useita kuten: betoni, ympäristöolosuhteet, muotti, rauditusaste, valuun asennettavat osat, varaukset, valupinnan jälkikäsittelytarve sekä henkilöstöresurssi. Betonin sitoutumisastetta voidaan tarkkailla penetrometrillä, mutta ammattitaitoinen henkilöstö pystyy seuraamaan sitoutumista myös aistinvaraisin kokein (Betonitekniikan oppikirja 2004, 500). Nousunopeus voi vaihdella yleisimmin 3 - 7 metriin vuorokaudessa eri kohteiden tarpeiden mukaan (Kunnassaari 2017).

Liukuvalutekniikka mahdollistaa toisia muottirakenteita kustannus- sekä aikataulutehokkaamman toteutuksen tietyn tyyppisille rakenteille. Edellytyksiä liukuvalun kannattavaan käyttöön luovat: rakenteen riittävä korkeus, vaihtoehtoisesti muottien useat käyttökerrat, mahdollisimman muuttumaton rakenteen poikkileikkaus sekä ammattitaitoisten työryhmien saatavuus (Kaista 1982, 1).

Harkittaessa käytettävää toteutusmenetelmää tulee huomioida liukuvalutekniikan luomat aikataulu- ja kustannusedut sekä valmiin rakenteen saumattomuus verrattuna muihin työtekniikoihin. Tällaisia kohteita saattavat olla esimerkiksi teollisuusrakennusten rungot, kaasutiiviit säiliöt. Käytettäessä liukuvalua voidaan erillinen nostotyö jättää tekemättä ja

nostaa valun yhteydessä tarvittavat raskaat rakenteet paikoilleen (Ekman 1982, 7). Mahdollisuus perustuu nostosylintereiden suureen kapasiteettiin sekä mahdollisesti nostoa varten lisättäviin sylintereihin.

## 2.2 Liukuvalun käyttökohteet

Liukuvalutekniikalla on periaatteellisella tasolla mahdollista valmistaa hyvin monentyyppisiä rakenteita. Rajoitteita muodostavat lähinnä liian ohuet seinärakenteet sekä nopeasti muuttuva poikkileikkaus. Kiinteää muottia on kuitenkin mahdollista muuttaa, tekemällä työsauma rakenteeseen ja kaventamalla muotin betonoitavaa tilaa ylöspäin mentäessä (Sukanen 2017). Perinteisistä muoteista poiketen on olemassa myös symmetrisesti laajenevia/supistuvia muottijärjestelmiä.

Edellytykset liukuvalun käyttöön luodaan tai estetään jo suunnittelijan tekemissä rakenneratkaisuissa. Kyseinen valutekniikka on monille suunnittelijoille tuntematon eikä siksi tule edes harkituksi vaihtoehdoksi toteutusmuotoja mietittäessä. On hankkeita, joissa kyseistä työtekniikkaa on ehdotettu vasta pääurakoitsijan valinnan jälkeen (Ekman 1982, 5).

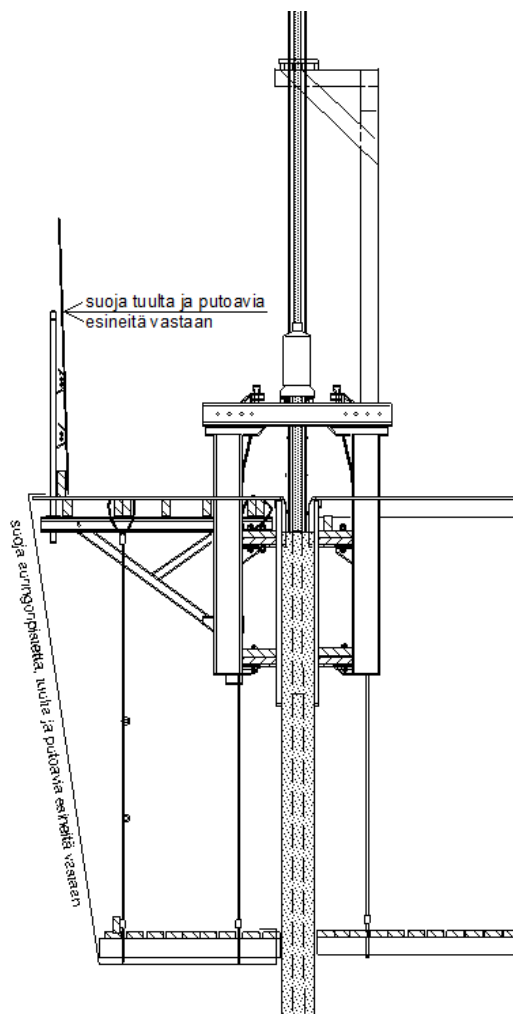
Tavallisia kohteita joissa liukuvalutekniikkaa hyödynnetään ovat: siilorakenteet, säiliöt, vesitornit, porras- ja hissikuilut, savupiiput sekä siltapilarit (Betonitekniikan oppikirja 2004, 504). Erilaisia laiturielementtejä valmistetaan myös käyttäen työtekniikkaa, kuten kulmatukilaiturielementtejä sekä kasuuneja. Laiturielementtien valmistamisen kannattavuus syntyy muottien useista käyttökerroista samalla kohteella sekä valmistamisen nopeudesta verrattuna muihin toteutustapoihin.

Etenkin kulmatukilaiturielementtien valmistus liukuvalutekniikalla perustuu sen huomattavaan aikataulusäästöön verrattuna perinteisin muottijärjestelmin toteutettuun hankkeeseen. Aikatauluvaatimuksien perusteella määritetään, montako elementtiparia valetaan yhdessä ns. liukuvaluryhmässä. Liukuvaluryhmän koko määrittää työmaan henkilöstötarpeen. Henkilöstön tehokkain käyttö saadaan aikaan toteuttamalla yksi liukuvaluryhmä viikossa. (Kunnassaari 2017.)

### 2.3 Kalusto

Liukuvalukaluston pääkomponentit käsitellään poikkileikkauskuvan perusteella, jonka jälkeen käsitellään komponenteista muodostettujen rakennekokonaisuuksien toiminta osana liukuvajärjestelmää.

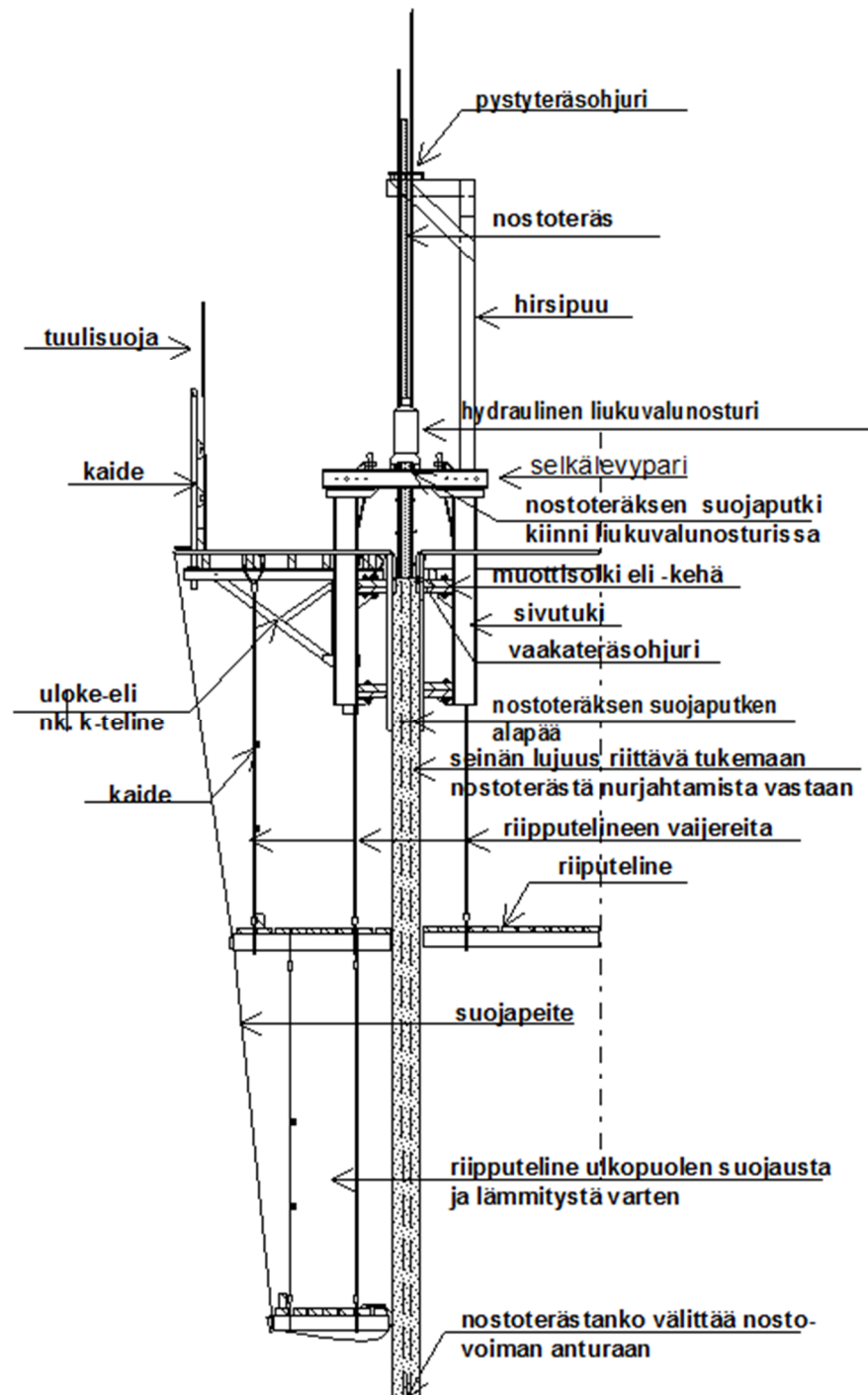
Liukuvalussa käytettävä muottikalusto muodostuu usein kahdesta eri tasosta (KUVIO 1), tasoja voi tarpeen vaatiessa olla myös vain yksi tai enemmän kuin kaksi (Betonitekniikan oppikirja 2004, 498, 499). Seuraavassa työtehtävät, työskenneltäessä kaksitasoisella muottirakenteella. Alimmalla- eli riipputasolla tehdään kaikki betonoinnin jälkeinen työ, kuten varausten etsiminen, hierto ja jälkihoito. Muotin yläpinnan tasolla tehdään suurin osa työstä, kuten betonointi, raudoitus, varausten asennus, muotin nosto sekä valvonta.



KUVIO 1. Kaksitasoisen liukuvalumuotin poikkileikkaus (Hellsten 1994).



Muottikalusto muodostuu useista yksittäisistä, helposti kuljetettavista yksiköistä, joista muodostetaan työmaalla ammattitaitoisen henkilöstön avulla toimiva kokonaisuus työn toteutukseen. Kuviossa 2. on esitetty poikkileikkaukseen nimettynä muottikaluston eri osat.



KUVIO 2. Järjestelmän eri osat (Hellsten 1994).

Kuviossa 2. esitetyt muottijärjestelmän olennaisimmat osat ominaisuuksineen.

- Pystyteräsohjuri – Pitää jatkettu pystyteräkset tuettuna ja oikeassa sijainnissaan.
- Nostoteräs – Useimmiten 32 mm:n akseli, jota pitkin liukuvalunosturi siirtää muotin kuormat anturaan ja nostaa muottia.
- Hydraulinen liukuvalunosturi – Hydraulisylinteri, joka koostuu kahdesta leuka-pesästä, mitkä mahdollistavat muotin nousemisen hydraulisesti ylöspäin.
- Selkälevyperi – U-palkki pari, jolla yhdistetään muottisiivut toisiinsa. Valettavan rakenteen paksuus määrittää käytettävän selkävyn pituuden. Selkävyyhin kiinnittyy liukuvalunosturi.
- Kaide – Valmisosatolppa, joka sopii uloketelineen holkkiin. Nopeuttaa varsinaiseen kaiteen rakentamista.
- Muottisolki – Kehämäinen rakenne, joka muodostaa rungon muotin pintamateriaalille, lähtökohtaisesta 198 x 48 sahatavaraa tai kohteeseen mitoitettua teräsprofiilia.
- Sivutuki – Siirtää liukuvalunosturin voiman muottisolkiin ja pitää muottisiivun pystysuorassa asennossa.
- Vaakateräsohjain – Varmistaa halutun suojabetonietäisyyden täyttymisen rakenteessa
- Uloketeline – Valmisosarakenne, jonka varaan tehdään ulkosivun työskentelytaso.
- Riipputeline – Mahdollistaa paljastuneen betonipinnan hierron, jälkihoidon, tarkkailun sekä varauksien etsimisen.
- Suojapeite – Peite, jolla estetään ympäristöolosuhteiden negatiivinen vaikutus betonin kovettumiselle.

### 2.3.1 Muotti

Liukuvalumuotit ovat valmisosista koottavia tai kohteessa tehtäviä (Betonitekniiikan oppikirja 2004, 496). Yleisimmin käytetty muottikorkeus on 120 cm (Batterham 1980, 13). Muotin korkeudella kompensoidaan ympäristöolosuhteiden, henkilöstöressurssien sekä muiden muuttujien luomia ennakoitavia tekijöitä, mahdollistaen halutun nousunopeuden sekä betonipinnan hierron tarvittaessa. Esimerkkinä käytettäessä liian korkeaa muottia kesäolosuhteissa hydratoitumisaste kohoaa liian suureksi betonin ollessa muotissa, aiheuttaen rakenteeseen halkeamia.

Oleellista liukuvalumuotin valmistamisessa on varmistaa suunnitellun päästön toteutuminen valmiissa muotissa. Päästöllä tarkoitetaan muotin epätasavahvuista muotoa, muotin yläreuna on tavoiteltua rakennetta hieman kapeampi ja vasta alemman solkipalkin kohdalla muotti on nimellislevydessään. Päästön takia muotin alareunan ei tulisi enää koskettaa betonipintaa. Mikäli muotti on tehty tai kasattu virheellisesti eikä päästö ole haluttu, ei muotilla tulla saavuttamaan hyvää lopputulosta valmiiseen rakenteeseen. (Kunnassaari 2017.)

Muotti muodostuu kolmesta pääkomponentista: muottipinnasta, muottisoljista sekä jäykisteistä. Muotin pintamateriaalina käytetään lautaa, vaneria tai terästä (Betonitekniiikan oppikirja 2004, 496).

Yleisimmin käytettävä muotin pintamateriaali on lauta, joka on verhoiltu peltilevyllä vähentäen muotin kulumista ja lisäten käyttöikä. Muotin pintamateriaali vaikuttaa huomattavasti syntyvään kitkavaikutukseen muotin ja betonin välillä. R.G. Batterhamin (1980, 53) mukaan vesitiiviillä muotilla on vain 53% muottikitka verrattuna vettäläpäisevään lautamuottiin. Muottikitkan vaikutukset ilmenevät ohuissa seinissä sekä hydratoitumisasteen kasvaessa liian suureksi aiheuttaen halkeamia rakenteeseen.

Muottisoljet valmistetaan lähtökohtaisesti sahatavarasta tai teräksestä. Teräsprofiili määrittyy käytettävän muottijärjestelmän tai kohteen vaatimuksien mukaisesti. Käytettäessä puisia solkia ne valmistetaan usein kahdesta päällekkäisestä 198 x 48 mitallistetusta puutavarasta. Solkien kaksoisrakente mahdollistaa jatkosten teon sekä muottisiivujen toisiinsa kiinnittämisen helposti. Puiset muottisoljet naulataan sekä usein myös liimataan

kiinni toisiinsa rakenteen jäykkyyden varmistamiseksi. Liitoksissa käytetään läpipultteja sekä puunsitojalevyjä (Virokannas 2017).

Jäykistävien rakenteiden toteutukseen on olemassa useita vaihtoehtoja, kuten puiset ansaat, vetotangot, liimattu vanerilevy sekä teräsristikot. Jäykistysrakenne tulee muottisuunnitelmissa harkita kohdekohtaisesti, huomioiden rakenteiden kustannus- sekä painovaikutus muottiin.

### 2.3.2 Nostojärjestelmä

Yleisimmin käytettävä nostojärjestelmä koostuu neljästä pääosasta, jotka ovat nostopukki, nostotanko, liukuvalunosturi sekä nostopumppu. Lähtökohtaisesti kaikki liukuvalujärjestelmät ovat nykyään hydraulitoimisia. (Betonitekniiikan oppikirja 2004, 497.)

Nostopukki muodostuu sivutuista sekä niitä yhdistävistä selkälevyistä, joilla myös säädetään muottisiivujen oikea etäisyys toisiinsa. Nostopukki siirtää liukuvalunosturilta tulevan nostovoiman muottisiivuihin.

Liukuvalunostureita on nostokapasiteetiltaan erilaisia: 3, 6, 12 ja 22 tonnia nostavia. Yhteistä yleisimmin käytettäville liukuvalunostureille on niiden kertonoston pituus, joka on 25mm. Tämä mahdollistaa tarpeen vaatiessa eritehoisten tunkkien käytön samanaikaisesti. Yleisimmin suomessa käytetty liukuvalunosturityyppi on nostoteholtaan kuusi tonnia ja kiipeää 32 mm nostotankoa pitkin. (KUVA 1.) (Mattila 2001.)



KUVA 1. Nostotangon jatkos.

Liukuvalunostureiden sekä nostotankojen huolto ja huolellinen käsittely on tärkeää, sillä varmistetaan laitteiden virheetön toiminta liukuvaluvaiheessa. Huolellinen käsittely edellyttää lähinnä nostureiden puhtaanapidon, etenkin hydraulijärjestelmän osalta. Huoltotoimenpiteitä liukuvalunostureihin sekä nostotankoihin tehdään lähtökohtaisesti työmaan päätyttyä korjaamotiloissa. Huoltotoimenpiteisiin kuuluu nostotankojen puhdistus, nostureiden purkaminen, puhdistaminen, öljyäminen, leukojen teroitus, kokoonpano sekä koepaineistus. (Kuva 2 ja 3)



KUVA 2. Liukuvalunosturi koestuksessa

KUVA 3. Purettuja ja pestyjä nosturin osia

Nostovoiman koko järjestelmälle luo sähkömoottorikäyttöinen hydraulipumppu. Hydraulipumpun käyttöpaine on noin 100 bar ja käyntitiheys määritetään manuaalisesti. Nostopumppuihin on liitettäviä lisälaitteita, ns. kellolaitteita, joilla voidaan määrittää pumpujen käyntitiheys ja saavuttaa näin muotin tasainen nousunopeus. (Sukanen 2017.)

### 2.3.3 Työskentelytasot

Liukuvalumuotilla työskennellään muottirakenteesta riippuen usealla tasolla, mutta useimmiten ainakin kahdella. Betonointi, varausten asennus- ja raudoitustyö tapahtuvat työskentelytasolla. Betonin hierto ja jälkihoito sekä varausten paljastaminen tapahtuvat riipputasolla. (Hellsten 2017.)

Työskentelytason runkorakenne muodostuu muotin rakenteellisista ratkaisuista ja tason pintamateriaalina käytetään raakalautaa sekä vaneria. Vaneria tulee suosia etenkin alueilla missä betonointia suoritetaan, sen hyvien puhdistamisominaisuuksien vuoksi. Riipputasojen rakenne poikkeaa työskentelytasosta huomattavasti. Se roikkuu vaijerien varassa muottirakenteesta ja rakenteellisesti se koostuu useimmiten 48 x 123 sahatavarasta.

## 2.4 Toteutus

Liukuvalutyö edellyttää huolellista valmistautumista. Ennakoivalmisteluihin kuuluvat suunnitelmien teko. Suunnitelmia laaditaan kaikkien toteutukseen vaikuttavien seikkojen huomioimiseksi, ettei varsinaisen työn aikana synny ennakoimattomia tilanteita. Ennakoimattomiin tilanteisiin voidaan kuitenkin lukea etenkin yöaikaan mahdollisesti tapahtuvat betonin toimitusongelmat, joihin voidaan varautua muttei täysin estää. Myös muotin valmistaminen sekä ensiasennus työllistävät huomattavasti, riippuen kohteen koosta ja tyypistä.

Toteutuksen kannalta olennaisia suunnitelmia ovat mm. muottisuunnitelma, nosto- ja siirtosuunnitelma, varaussuunnitelma, lämmitys- ja sääsuojaus, betonointisuunnitelma, raudoitteiden varastointi- ja asennussuunnitelma, jälkihoitosuunnitelma, työturvallisuussuunnitelma, organisaatio- ja resurssisuunnitelma. (Kutilainen 1982, 12, 13.)

Seuraavana käsitellään periaatetasolla liukuvalutyön yhteydessä tapahtuva betonointi, raudoitus ja jälkihoito. Yksityiskohtaisempi tarkastelu aiheisiin on liitteiksi sisällytettävässä työmaan analysoinnissa.

### 2.4.1 Betonointi ja betonimassa

Betonointityön olennaisimpia vaiheita on muotintäyttövaihe, koska silloin on liian suurilla täyttökerroksilla mahdollista rikkoa muotti. Lähtökohtana muotin täytölle pidetään noin 25 cm täyttökerroksia. Muotin ollessa 4/5 täynnä, tulee suorittaa ensimmäiset nostot ja varmistus paljastuvan rakenteen koossa pysymisestä.

Betonointityön edetessä olennaisia seikkoja ovat massan tasalaatuisuus, noin 25 cm valukerrokset, huolellinen tiivistystyö, betonitoimitusten saapuminen tilattuun aikaan työkohteeseen ja työalavan puhtaanapito.

Haastattelussa Ruduksen tuotantopäällikkö Mika Sarkasuon (2017) kanssa käsitelimme betonin toimittajan näkökulmaa liukuvalukohteisiin. Tärkeimpänä seikkana Sarkasuo piti hyvää yhteistyötä ja avoimuutta hankkeen toteutuksessa kaikkien osapuolien kesken. Näin varmistetaan kaikkien tarpeiden täyttymisestä parhaalla mahdollisella tavalla ja saavutetaan lopputuotteelle paras mahdollinen laatu.

Massan suhteutusvaiheessa urakoitsijalla tulee olla ammattitaito ja osaaminen ilmoittaa minkälaisia ominaisuuksia se haluaa massalta, huomioiden tavoitellun nousunopeuden ja ympäristöolosuhteet. Suhteutuksen lähtökohdaksi otetaan usein aiemmin vastaavassa käyttötarkoituksessa käytetty massa, jonka reseptiä hieman säädetään kohdekohtaisesti. (Sarkasuo 2017.)

Liukuvalun edellytyksenä on ajallaan tulevat betonitoimitukset. Aikataulun kriittisyydestä johtuen liukujen aloitusajankohdan yhdessä sopimisella voidaan välttää huomattava määrä ”turhia” reklamaatioita massan toimituksen suhteen. Urakoitsijan tulee huomioida, että betonin toimittajalla on kyseisellä liukuvalun ajanjaksolla muitakin asiakkaita. (Sarkasuo 2017.)

#### **2.4.2 Raudoitus**

Liukuvalukohde on raudoitusnäkökulmastakin hyvin poikkeava normaaleihin betonivalukohteisiin verrattuna. Raudoitusta tehdään jatkuvana työnä, pystyraudoitteita voidaan jatkaa raudoitepaksuudesta riippuen noin kuusi metriä kerrallaan. Vaakaraudoitteita voidaan taas asentaa vain nostoyksikköjen alapuoliselle alueelle, joka on 40 – 70 cm riippuen käytettävistä nostoyksiköistä. (Sukanen 2017.)

Ennen varsinaista liukuvaluvaihetta tulee raudoittajien niputtaa esivalmistetut raudoitteet helposti käsiteltäviksi nipuiksi sekä varmistaa oikeiden raudoitteiden löytyminen myös yöaikaan niitä nostettaessa muotille. Raudoitenippujen koossa tulee huomioida kuorman tasainen jakautuminen liukuvalumuotilla.

Raudoittajien tulee kiinnittää itse erityistä huomiota asennettavan rautamäärän oikeellisuuteen, jatkospituuksiin, halkaisijaan, jakoon sekä suojabetonietäisyyksiin. Työnlaatua valvotaan jatkuvasti, etenkin suurissa liukuvaluryhmissä tarvitaan resursseja jatkuvaan laadunvalvontaan.



### 2.4.3 Jälkihoito ja hierto

Muotista paljastuvassa betonipinnassa saattaa olla pieniä lähinnä visuaalisia vaurioita sekä nurkka-alueilla mahdollisesti muottiin kiinni jääneistä betonista aiheutuvia kulma- vaurioita. Kyseiset vauriot ovat helposti korjattavissa riipputelineiltä hiertotyön yhteydessä.

Visuaaliset sekä pienet halkeamat voidaan korjata hiertämällä pinta välittömästi sen paljastuessa muotista ilman lisämäärän tarvetta (Kaista 1982, 4). Halkeamat korjaantuvat myös itsestään, kun tuore betoni painaa alla olevaa rakennetta kasaan, minkä hydratoituminen ei ole vielä edennyt liian pitkälle.

Nurkka-alueille syntyneiden vaurioiden ollessa kohtuullisen pieniä, niiden korjaustyö voidaan toteuttaa myös sillankorjauksessa käytettävillä kovan puristuslujuuden omaavilla paikkausmassoilla. Paikkausmassojen etu tavalliseen betoniin nähden on niiden hyvä koossapysyvyys. Käytettäessä betonia vaurioiden korjaamisessa, joudutaan usein valmistamaan muotti, jota vasten korjaus valetaan. (Hellsten 2017.)

Varmistaakseen rakenteen halkeilemattomuuden, tulee betoni pitää kosteana. Kosteana pitämisessä on lähtökohtaisesti kaksi perustapaa, joko betonia kastellaan tai sen pintaan ruiskutetaan nestemäinen kosteutta läpäisemätön kerros. Jälkihoitotavan valintaan vaikuttaa rakenteen tuleva käyttö. (Betoni: rakennustapavaihtoedot, jälkihoito.)

Liukuvalussa tuoreen betonin jälkihoito on tärkeää, se tulee suojata mahdolliselta pakka- selta sekä estää kosteuden liian nopea haihtuminen. Jälkihoitotapoina käytetään peitteitä, ruiskutettavaa vettä sekä kosteuden haihtumisen estävää jälkihoitoainetta. Käytettäessä jälkihoitoainetta tulee huomioida aineen käsiteltävyys sekä mahdollinen tuleva pinnoite. (Kässi 1982, 24.)

Betonin pintaan ruiskutettavia kosteuden haihtumista estäviä jälkihoitoaineita on var- haisjälkihoitoainetta ja varsinaista jälkihoitoainetta. Varhaisjälkihoitoaine levitetään vä- littömästi pinnan muotoilun jälkeen ja varsinainen jälkihoitoaine vasta hierron jälkeen. Levitettävällä kerrospaksuudella on huomattava vaikutus sen kosteuden pidätyskykyyn. (Rudus: betonin jälkihoito 2001.) Työtekniikan takia varsinainen jälkihoitoaine ruiskute- taan välittömästi muotista paljastuneen hierretyn betonipinnan päälle.

## 2.4.4 Valvonta

Lopputuotteen laadun kannalta hyvin toteutettu työn johtaminen ja valvontatyö ovat todella tärkeitä. Työn toteutuksesta johtuen valvonnan pitää olla jatkuvaa ja virheisiin on puututtava välittömästi, kun ne vielä ovat korjattavissa. Työnjohdolta vaaditaan myös hyvä ymmärrys työtekniikkaan sekä lopputuotteen käyttöön, näin ongelmatilanteisiin reagointi on mahdollista huomattavasti helpommin. (KUVIO 3.) (Lyytinen 2017.)

<p><b>BETONOINTI</b></p> <p>Muotin alta paljastuvan betonin sitoutumisaste tulee määrittää riittävän usein. Massa ei saa olla niin loysaa, että se irtoaa seinästä, eikä niin jäykkää, että siihen syntyy halkeamia muottikitkan ansiosta.</p> <p>Betonipinnan on oltava tuore, jottei synny saumoja.</p> <p>Tärytys on suoritettava riittävän tihein välein.</p> <p>Työlavat on jatkuvasti pidettävä puhtaina betonijätteistä, jottei kovettunutta betonia joudu muottiin tuoreen betonin mukana.</p> <p>Betonin jälkihoito hoidetaan siten, että vaaditut betonin lujuusominaisuudet saavutetaan.</p>	<p><b>RAUDOITUS</b></p> <p>Pystyterästen jatkokset on sidottava huolella ja jatkamisen on tapahduttava niin ajoissa, että jatkospituus voidaan tarkastaa.</p> <p>Vaakateräkset on sidottava merkityille paikoilleen. Rakenteiden kulmiin tulevat vaakaterästen jatkokset ja lisäteräkset sekä pilareitten hakateräkset on tarkastettava, että ne tulevat oikeille paikoilleen.</p> <p>Teräsohjurit on asennettava siten, etteivät teräkset tule liian lähelle betonin pintaa.</p> <p>Kaikki terästen päät on taivutettava ja asennettava siten, etteivät ne ulotu muotin yli eivätkä hankaa muotin pintaa.</p>
<p><b>VARAUKSET</b></p> <p>Betonipinnan korkotasoa on jatkuvasti valvottava, jotta varaukset tulevat oikealla ajallaan asennetuiksi.</p> <p>On tarkkailtava, että varauksen yläreuna pysyy paikallaan liukuvoimin noustessa.</p> <p>On tarkistettava, että varaukset asennetaan oikeille seinille ja oikein päin.</p> <p>On valvottava, että varausten läpi kulkevat nostoteräkset on utettu nurjahdusta vastaan.</p>	<p><b>MUOTIN NOSTO</b></p> <p>Nousuvauhti ei saa olla suurempi kuin mitä muotin kunnollinen täyttö ja tiivistys sekä raudoituksen asennus sallivat.</p> <p>Nostotyön suorittajan on oltava jatkuvasti tietoinen muotin kulkuun liittyvien mittausten tuloksista ja toimittava niiden mukaisesti.</p> <p>Muotin päästön on säilyttävä, jolloin muotin alareuna on aina hiukan irti betonin pinnasta.</p> <p>Betonin lämpötilan ja siten myös lujuuden on kehityttävä suunnitelmien mukaisesti.</p>

KUVIO 3. Betonitekniikan käsikirjan valvontakohteet (Grundström 1979.)

Haastattelussa projektipäällikkö Paavo Lyytinen (2017) kertoi valvojan näkökulmia liukuvaluhankkeisiin. Ulkopuolinen valvoja suorittaa valvontaa vain pistokoemaisesti liukuvalun aikana ja näin valvojan ja urakoitsijan välillä tulee olla luottamus ammattitaitoiseen toteutukseen. Yhteistyö hankkeessa helpottaa molempien osapuolien tehtäviä, etenkin ongelmista ja virhekohtista tulee keskustella avoimesti.

Valvojan tulee olla tietoinen liukuvalun tuottamasta pinnan laadusta, joka ei ole verrattavissa paikalla valettuun pintaan. Liukuvalussa valvojan tulee ymmärtää minkälaisia virheitä ei ole mahdollista korjata kesken valutyön vaan nämä kohteet tulee korjata myöhemmin. (Lyytinen 2017.)

### 3 POHDINTA

Liukuvalutekniikalla on mahdollista valmistaa hyvin erityyppisiä rakenteita laiturielementeistä vesitorneihin ja kaasutiiviisiin säiliöihin kustannustehokkaasti. Kuitenkin työtekniikan käyttö on vähäistä ja osaamisesta alkaa olemaan työmarkkinoilla pulaa. Toteutukseen liittyy paljon ns. hiljaista tietoa ja kirjoitettua oppimateriaalia aiheeseen liittyen on vähän saatavilla.

Tuntemattomamman työtekniikan etujen ja hyötyjen esilletuominen rakennuttaja- ja tilaajaorganisaatioille sekä suunnittelijoille, voisi lisätä harkittavien toteutustapojen määrää hankkeiden kehitysvaiheessa.

Tekniikan etuna on valmistettavan rakenteen nopea toteutus sekä muottikustannusten matala yksikköhinta korkeissa rakenteissa. Kannattavuus liukuvalutekniikan käyttöön laiturielementtien valmistamisessa perustuu saman muottiryhmän useaan käyttökertaan sekä nopeaan uudelleen asennukseen. Näin saavutetaan huomattavasti lyhyempi kokonaistoteutusaika verrattuna muihin muottitekniikoihin.

Liukuvalutyössä tarvittava henkilöstö voidaan jaotella kahteen: **Liukuvalutyöhön erikoistunut** työryhmä, joka hoitaa muotti-, asennus- sekä nostotyön. **Betonointi ja raudoitustyöhön erikoistunut** työryhmä, joka hoitaa raudoitus- ja betonointityön liukuvalun edetessä. Itse raudoitus ja betonointityössä ei ole niin huomattavia eroja tavallisiin työtekniikoihin verrattuna, etteikö työn toteutuksessa voitaisi käyttää ammattitaitoista aliurakoitsijaa.

## LÄHTEET

Batterham, R. 1980. Slipform concrete. 1.painos. Lancaster: The Construction Press Ltd.

Ekman, E., Kaista, P., Kuttilainen, J., Kässi, T. 1982. by 120 Liukuvalutekniikka. Helsinki: Suomen Betoniyhdistys r.y.

Hellsten, P. Työmaapäällikkö. Haastattelu 30.10.2017, haastattelija Impola, E. Loviisa, Valko.

Hout, F. Block chef. Haastattelu 23.2.2018, haastattelija Impola, E. Nynäshamn, Norvik.

Kunnassaari, E. Projektipäällikkö. Haastattelu haastattelija Impola, E. Helsinki, Lassila.

Lyytinen, P. Projektipäällikkö. Haastattelu 16.11.2017, haastattelija Impola, E. Helsinki, Hernesaari.

Sarkasuo, M. Tuotantopäällikkö. Haastattelu 17.11.2017, haastattelija Impola, E. Helsinki, Hernesaari.

Savolainen, A. 2013. RIL 201-3-2013 Suunnitteluperusteet ja rakenteiden kuormat vesirakenteet. Helsinki. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.

Sukanen, P. työmaapäällikkö. Haastattelu 6.10.2017, haastattelija Impola, E. Helsinki, Hernesaari.

Suomen Betoniyhdistys. 2012. Betonitekniikan oppikirja by 201. 7.painos. Helsinki: BY-Koulutus Oy.

Terramare yhtiö. Luettu 17.10.2017.  
<https://terramare.boskalis.com/yhtioe.html>

Virokannas, K. Mittakirvesmies. Haastattelu 30.10.2017, haastattelija Impola, E. Loviisa, Valko.

Virolainen, M. 2008. Betonin liukuvalutekniikka. Rakenne- ja rakennustekniikan tutkinto-ohjelma. Teknillinen korkeakoulu. Kandidaattityö.

<http://betoni.com/koti-betonista/rakennustapavaihtoehdot/paikallavalu/jalkihoito/>  
(1.12.2017)

[www.rudus.fi/Download/23823/Betonin%20jalkihoito.pdf](http://www.rudus.fi/Download/23823/Betonin%20jalkihoito.pdf)  
(1.12.2017)

## LIITTEET

Liite 1. Työselostus