



# **Pesulaitteiston kehitystyö**

## **Automaattinen betonielementtien pesulaitteisto**

Joona Karttunen

OPINNÄYTETYÖ  
Huhtikuu 2022

Konetekniikan tutkinto-ohjelma  
Älykkäät koneet

## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Konetekniikan tutkinto-ohjelma  
Älykkäät koneet

KARTTUNEN, JOONA:  
Pesulaitteiston kehitystyö  
Automaattinen betonielementtien pesulaitteisto

Opinnäytetyö 26 sivua  
Heinäkuu 2022

---

Finfinet Oy on Tampereen Ruskossa sijaitseva korkeapainevesitekniikkaan erikoistunut yritys. Opinnäytetyössä käsitellään Finfinet Oy:n teettämää suunnitteluprosessia, jonka tavoitteena oli tuottaa toteutusvalmiit suunnitelmat automatisoidulle pesulaitteistolle tehostamaan manuaalista korkeapainepesua. Suunnitteluprosessin luottamuksellisuuden vuoksi osa aineistosta on poistettu julkisesta raportista.

Opinnäytetyössä esitellään pesulaitteiston suunnitteluprosessi ja prosessin aikana suoritettu eri toteutusvaihtoehtojen vertailu. Suunnitteluprosessi aloitettiin lähtötietojen ja kriteerien määrittämisellä, minkä jälkeen pesulaitteiston toteutustavan kehitys aloitettiin. Suunnitteluprosessin aikana suunnitellut toteutusratkaisut mallinnettiin ja niistä koottiin valmis 3D-malli pesulaitteistosta. Suunnitteluprosessin aikana tutustuttiin useisiin eri anturityyppeihin, korkeapainelaitteisiin, lineaariyksikköihin ja erilaisiin turva-automaattioratkaisuihin.

Opinnäytetyön lopputuloksena valmistui 3D-mallinnus automaattisesta pesulaitteistosta sekä dokumentaatio tarvittavista osista, joiden avulla opinnäytetyön tilaaja voi suorittaa pesulaitteiston valmistuksen.

---

Asiasanat: pesulaitteisto, korkeapainevesi, suunnittelu, raskaat kappaleet

## **ABSTRACT**

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Tampere University of Applied Sciences  
Degree Programme of Mechanical Engineering  
Intelligent Machinery

KARTTUNEN, JOONA:  
Washing Equipment Development Project  
Automatic Concrete Element Washing Device

Bachelor's thesis 26 pages  
July 2022

---

Finfinet Oy is a high-pressure water technology corporation located in Rusko, Tampere. This thesis describes the design process ordered by Finfinet Oy. The objective of the design process was to create the plans for an automated washing device to improve the manual washing operation. Due to the confidentiality of the design process, some of the material has been removed from the public report.

Thesis contains the design process of washing equipment and the comparisons between different implementation options examined during the design process. The process began with the collection of starting information and definition of important criteria, after which the development of the operating principle began. During the design process the implementation solutions were modelled and a complete 3D model of the washing device was compiled. During the design process various types of sensors, high-pressure equipment, linear units, and safety automation solutions were studied to find the most suitable solutions.

The result of this thesis was a complete 3D modeling of the washing device and accompanying documentation which describes the parts the manufacturer requires to construct the washing equipment.

---

Key words: washing device, high-pressure water, design, heavy equipment

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	5
2	SIDOSRYHMÄT.....	6
	2.1 Finfinet Oy.....	6
	2.2 Asiakasyritykset .....	6
3	TEORIA .....	7
	3.1 Raskaiden kappaleiden käsittely .....	7
	3.2 Raskaiden kappaleiden käsittelytekniikoita .....	9
	3.3 Korkeapainepesu .....	14
	3.4 Betonielementit .....	15
4	PESULAITTEISTON SUUNNITTELU TYÖ.....	17
	4.1 Suunnittelutyön eteneminen.....	17
5	KEHITYSPROJEKTIN JATKO.....	19
6	POHDINTA .....	20
	LÄHTEET.....	23

## 1 JOHDANTO

Työssä esitellään asiakasyritykselle toteutetun pesulaitteiston tuotekehitystyötä, joka käynnistettiin asiakasyrityksen saamien toiveiden pohjalta. Tavoitteena työlle oli suunnitelma, jonka pohjalta pesulaitteisto voitaisiin rakentaa. Suunnittelutyön tavoitteen mukaista laitteistoa ei ole aiemmin valmistettu. Tämän johdosta työssä käsitellään koko suunnittelutyön kaari eikä aiemmin toteutettuja ratkaisuja voitu käyttää pohjana kehitystä varten.

Opinnäytetyö laajuus sisältää ainoastaan pesulaitteiston mekaanisen suunnittelun sekä teknisen toteutuksen vaatimusten kartoittamisen. Työn pohjalta olisi voitu valmistaa prototyyppi pesulaitteistolle, mutta ajanpuutteen vuoksi se jätettiin opinnäytetyön ulkopuolelle.

Tässä opinnäytetyössä käsitellään raskaiden kappaleiden käsittelyä sekä niiden käsittelyssä huomioon otettavia asioita. Raskaiden kappaleiden käsittelyä käsittelevän kirjallisuusprojektin lisäksi opinnäytetyössä toteutettiin asiakasyrityksen tilaama suunnitteluprojekti. Suunnittelutyön sisältämien liikesalaisuuksien vuoksi osa opinnäytetyön sisällöstä on salassa pidettävää.

## 2 SIDOSRYHMÄT

### 2.1 Finfinet Oy

Finfinet Oy:n asiakasyritykset olivat ilmaisseet yrityksen edustajille kiinnostuksensa automaattista pesulaitteistoa kohtaan ja tämän seurauksena yrityksessä aloitettiin pesulaitteiston kehitystyö.



Kuva 1. Finfinet Oy:n logo (Finfinet Oy, n.d.).

Finfinet Oy on Tampereen Ruskossa toimiva suomalainen korkeapainevesitekniikkaan erikoistunut yritys, jonka logo on esitelty kuvassa 1 (Finfinet Oy n.d.). Yrityksen liiketoiminta perustuu korkeapainelaitteiden ja -tarvikkeiden maahan tuontiin, valmistukseen ja myyntiin sekä niiden huoltoon. Yritys on perustettu vuonna 2013 ja vuonna 2021 se työllisti 14 henkilöä. Samana vuonna Finfinet Oy:n liikevaihto oli 2968 tuhatta euroa ja liikevoitto 436 tuhatta euroa. (Kauppa-lehti 2021)

### 2.2 Asiakasyritykset

Finfinet Oy toimittaa korkeapainepesulaitteistoja sekä tarvikkeita usealle suomalaiselle betonielementtejä valmistavalle toimijalle, kuten esimerkiksi Suoraman Elementti Oy:lle ja Ämmän Betoni Oy:lle (nykyinen Rudus Ämmän Betoni Oy). Betonielementtejä valmistavia tehtaita Suomessa oli 2020 noin 80 (Elementti-suunnittelu 2020). Ämmän Betoni Oy on myös aiemmin itsenäisesti teettänyt kehitysohjelman betonielementtien pesuun liittyen (Nykänen & Härkönen 2019).

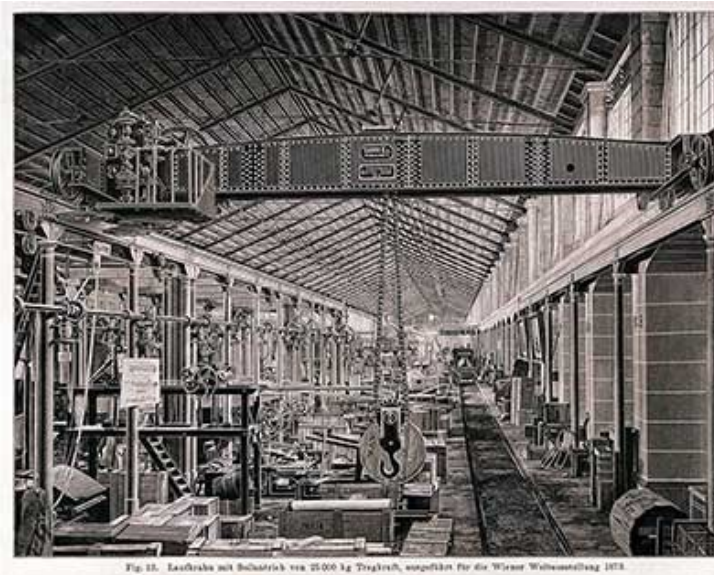
## 3 TEORIA

### 3.1 Raskaiden kappaleiden käsittely

Muinaisessa Egyptissä faaraot rakennuttivat itselleen suuria, kivisiä pyramideja ja muistomerkkejä. Jopa 1000 tonnin edestä kalkkikiveä ja muita rakennusmateriaaleja kuljetettiin satoja kilometrejä louhoksilta rakennuspaikalle yhtä rakennusprojektia kohden. Painavimpia kappaleita ei voitu kuljettaa laivoilla, joita tuohonkin aikaan hyödynnettiin tavaran kuljettamiseen, joten ne jouduttiin kuljettamaan ihmisten ja eläinten avulla maata myöten. Kappaleiden kuljetus saattoi olla jopa vuosia kestävä prosessi. (Arnold 1991, 58–63.)

Ajan myötä ihmiset oppivat entistä paremmin hyödyntämään köysiä ja väkipyöriä ja rakentamaan niiden avulla kehittyneitä nostolaitteita. Muinaisessa Kreikassa kehitetty nostokurki onkin säilyttänyt merkityksensä rakennusteollisuudessa siitä lähtien, sillä se oli täydellinen. (Grossman 2019.)

Ensimmäinen teollinen vallankumous 1700-luvun puolivälissä toi mukanaan monia mullistuksia, kuten höyrykoneen, sähkön sekä tavaroiden massatuotannon mahdollistumisen (Industrial Revolution 2022). Teollisen vallankumouksen leviessä manner-Eurooppaan, Saksassa 1830-luvulla Ludwig Stuckeholzin nimeä kantava yritys aloitti ensimmäisten, höyrykäyttöisten teollisuusnosturien valmistuksen. Myöhemmin yritys esitteli vuoden 1873 Wienin maailmannäyttelyssä kuvassa 2 näkyvän höyryllä toimivan, liikkuvan siltanosturin ja vuonna 1887 samainen yritys kehitti maailman ensimmäisen, sähkömoottorilla toimivan nosturin. Valmistumisensa aikaan kyseistä nosturia myös pidettiin aikansa suurimpana ja sen kantavuus oli 150 tonnia. (Demag Cranes n.d.)



Kuva 2. Ludwig Stuckeholz -höyrynosturi (Demag Cranes n.d.).

Ajan myötä erilaisiin tarpeisiin on kehitetty erilaisia apuvälineitä. Käsikäyttöiset haarukkavaunut ja päältä ajettavat trukit ovat teollisuudessa arkipäiväinen näky. Lyhyisiin, tuotantolaitosten sisäisiin siirtoihin tarkoitetut haarukkavaunut kykenevät siirtämään jopa muutamien tuhansien kilogrammojen painoisia kappaleita ja tekevät lavalle lastattujen kappaleiden käsittelystä helpompaa. Raskaammille kappaleille ja esimerkiksi kuormalavahyllylle nostamista varten trukit ovat suosittu valinta. Ajettavalla trukilla työntekijä välttyy käsittelyssä fyysiseltä rasitukselta ja useimpien trukkien varustukseen kuuluva suojarunko suojaa työntekijää kaatuville ja putoavilta esineiltä. Riskejä kuitenkin trukkien käsittelyssä luo suojarakenteen ja nostomaston luoma näköeste, liian suuret tilannenopeudet sekä huolimaton taakan käsittely. (Ryan & Ryan 2006 7–8, 14-15.) Vuonna 2020 Yhdysvalloissa trukit aiheuttivat 78 kuolemaan johtanutta vahinkoa (National Safety Council n.d.).

Lähtökohtana kookkaiden ja raskaiden kappaleiden käsittelyssä on, että käsittelyssä tulee huomioida turvallisuus. Työsuojeluhallinnon ohjeistuksen mukaan yli 35 kilogramman painoisia taakkoja ei tulisi nostaa käsin, vaan käyttää nostamiseen apuvälineitä (Käsin tehtävän nostotyön ... n.d.). Myös Valtioneuvosto on antanut päätöksen, joka ohjeistaa työnantajia tarjoamaan työntekijöille asianmukaiset välineet, jotta työntekijöiden ei tarvitse käsitellä taakkoja käsin (Valtioneuvoston päätös ... 1993). Näiden ohjeistusten lisäksi tulee huomioida kappaleiden käsittelyn siirtyminen entistä enemmän koneilla ja apulaitteilla suoritettavaksi.



Fyysisen rasituksen vähentyessä syntyy uusia, jopa vaarallisempia riskejä. Tapaturmavakuutuskeskuksen TOT 1/19-tutkinnassa käsitellään onnettomuutta, jossa tuotantotyöntekijä puristui betonielementin ja elementtitelineen väliin siirron yhteydessä. Siltanosturilla siirretty betonielementti, joka painoi noin 2,5 tonnia, heilahti tutkinnan mukaan siirron aikana kohti työntekijää ja työntekijä puristui vasten hänen takanaan ollutta elementtitelinettä ja kuoli. (Työntekijä puristui ... 2020.) Suurimmassa osassa vastaavista tapauksista syynä on yksinkertaisesti inhimillinen virhe.

Automatisoidut järjestelmät ja älykkäät ratkaisut ovat viime vuosina kasvattaneet suosiota ja esimerkiksi turvajärjestelmillä varustetut automaattitrukit voivat jatkoissa korvata perinteiset tavaran siirtoon tarkoitetut välineet, samalla kasvattaen tavaran kuljetusten turvallisuutta (Mikä on automaattitrukki ... n.d.).

### **3.2 Raskaiden kappaleiden käsittelytekniikoita**

Raskaita kappaleita käsitellään monin erilaisin keinoin ja tekniikoin. Yleisimpiä tekniikoita käsittelyssä ovat erilaiset nostot ja pyörien hyödyntäminen ja useasti laitteet hyödyntävät molempia tekniikoita käsittelyssä.

Yleisesti käytettyjä laitteita raskaiden kappaleiden käsittelyssä

- Nosto-/haarukkavaunut
- Trukit
- Nosturit

Erilaiset nosto- ja haarukkavaunut ovat erittäin yleisiä teollisuuden ja logistiikan aloilla. Vaunut voivat olla lihas- tai moottoritoimisia, joka yleensä määrittää käyttökohteen ja suurimman sallitun nostotaakan. Vaunut soveltuvat erityisen hyvin lyhyisiin, sisätiloissa suoritettaviin siirtoihin ja lavatavaran käsittelyyn. (Miten valitsen oikean ... n.d.) Moottorikäyttöisissä vaunuissa, kuten kuvassa 3 esitettävissä raskaissa haarukkavaunuissa, nosto ja liikuttaminen suoritetaan moottorin voimalla, joka kasvattaa vaunujen käsittelykapasiteettia lihasvoimilla toimiviin verrattuna. (Ryan & Ryan 2006, 7-10.)



Kuva 3. Raskaita haarukkavaunuja. (Hedin Suomi n.d.)

Trukit ovat toinen erittäin suosittu käsittelyväline teollisuudessa ja logistiikassa. Trukkien tekniikka ja käyttövoima voivat vaihdella, mutta käyttöperiaate jokaisessa on pitkälti sama. (Ryan & Ryan 2006, 14-16.) Haarukkavaunujen tapaan, trukin keulassa on kaksi piikkiä, joita nostamalla ja laskemalla kappaleita saadaan liikutettua. Trukeissa piikit kiinnittyvät nostokelkkaan, joka liikkuu yleensä hydraulitoimisesti trukin mastoa myöten pystysuunnassa. (What is forklift? n.d.)

Trukkeja on saatavilla moniin eri käyttötarkoituksiin, kuten

- Sisätiloihin suunniteltuja trukkeja
- Ulkokäyttöön suunniteltuja trukkeja
- Sivulta nostavia kylkitrukkeja
- Erittäin raskaille kappaleille suunniteltuja trukkeja

(10 Common Forklift ... 2022.)

Nosturit ovat hyvin laaja käsite kappaleiden käsittelyssä ja se käsittää nostolaitteita eri aloilta ja eri tarpeisiin. Kaikkia niitä yhdistää periaate, että niitä hyödynnetään kappaleiden nostamisessa ja että nosturin rakenne kannattelee ja ohjaa siirrettävää kappaletta. (Nostotyöt 2020.) Yleisimpiä nosturityyppejä ovat

- Siltanosturit
- Torninosturit
- Konttinosturit
- Ajoneuvonosturit

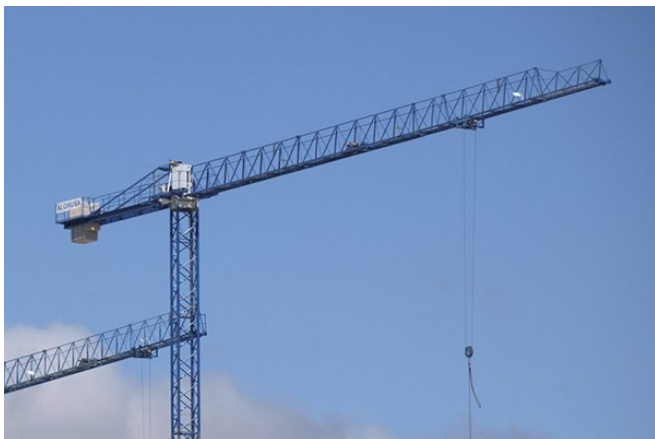
Torni- ja ajoneuvonostureita käytetään laajasti rakennusteollisuuden tarpeisiin. Ajoneuvonosturit ovat hyvin joustavia nostolaitteita, joiden pystytys ja purkami-

nen vie vähän aikaa. (Havator n.d.) Ajoneuvonosturissa raskaan ajoneuvon alustan päälle on rakennettu nostolaitteisto, joka yleensä on varustettu pyörivällä, teleskooppisella puomilla. Nosturiajoneuvon hydrauliset tukijalat lasketaan ennen nostotyön aloittamista, mikä tarkoittaa että ajoneuvonosturin sijoituspaikka on vaalittava tarkoin. Nostopaikan tulee kestää nosturiajoneuvon ja nostotaakan painon. (Turvallisuusopas ajoneuvonosturin kuljettajalle 2012.) Kuvan 4 ajoneuvonosturin suurin nostokorkeus on 50 metriä ja taakka 80 tonnia (Konetori n.d.).



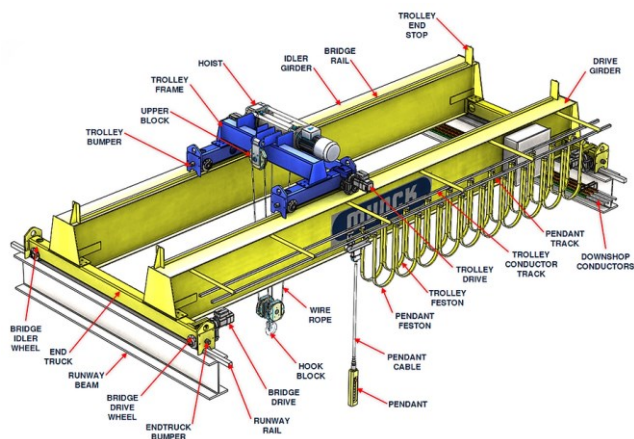
Kuva 4. Ajoneuvonosturi (Konetori n.d.)

Ajoneuvonostureita hyödynnetään monesti myös torninosturien kokoamisessa. Torninostureita, kuten kuvassa 5, käytetään usein korkeiden rakennusten työmailla. Torninosturi soveltuu kyseisiin töihin erityisen hyvin, sillä sen korkeutta voidaan kasvattaa rakennettavan kohteen mukaan ja se voidaan tukea rakennuksen runkoon, joka tukevoittaa torninosturin rakennetta. Nostureiden nostokapasiteetti laskee mitä kauempana tornista nosto suoritetaan, joten useasti rakennustyömailla pystytetään useampi nosturi ympäri työmaata. (Miten nosturi pystytetään ... 2014.) Jotkin nosturit pystyvät liikkumaan lyhyitä matkoja kiskoja pitkin, jolloin kyetään kasvattamaan nosturin nostokapasiteetin optimialuetta hieman (Torninosturit työmailla n.d.).



Kuva 5. Torninosturi (A-nosturimiehet Oy n.d.)

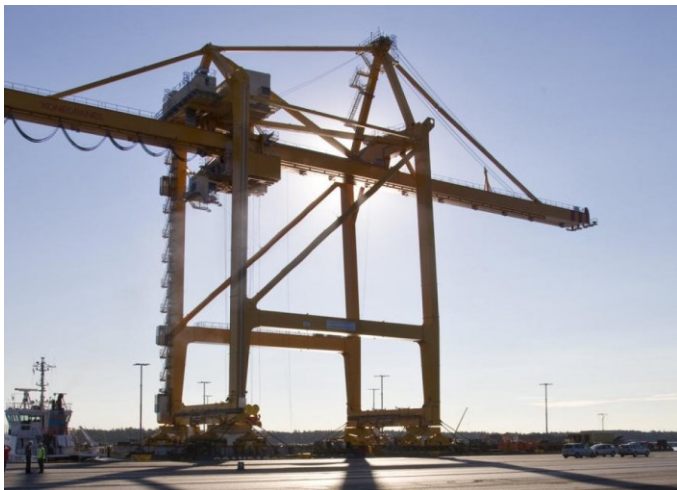
Teollisuus- ja logistiikkalaitosten käsittelykalustoon kuuluu useasti myös siltanosturi. Siltanostureita valmistetaan yksi- ja kaksipalkkisina, kuten kuvassa 6 näkyvä nosturi, ja niiden suurin ero on nosturien kantavuus. Siltanostureilla kappaleita kyetään liikuttamaan kolmessa suunnassa: kiskoja myöten eteen ja taakse, nosturin vaunua liikuttamalla sivusuunnassa ja nostamalla ylös ja alas. Nostolaite vaihtelee käyttötarkoituksen mukaisesti, mutta yleisiä vaihtoehtoja ovat erilaiset koukut, nostopuomit, magneetit ja kauhat. (Demag-vakionosturit n.d.)



Kuva 6. Kaksipalkkisen siltanosturin rakenne ja osat (Munck Cranes Inc n.d.).

Konttinosturit ovat merikonttien nostamiseen erikoistuneita nostureita, joita käytetään hyvin paljon satamien ja tavaraterminaalien tavarankäsittelyssä. Ne ovat myös maailmanlaajuisen logistiikkaketjun kannalta erittäin tärkeitä laitteita, sillä ilman niitä kuorman käsittely olisi huomattavasti hankalampi prosessi. Rahtilaivojen kyydistä kontteja nostavat, kuvassa 7 näkyvä (STS, Ship-to-Shore -nosturit), ja kontteja pinoavat nosturit ovat kaksi tyypillisintä konttinosturityyppiä. Yleensä

kummankin tyyppin nosturit kykenevät liikuttamaan kuormaa kolmessa suunnassa: nostamalla ylös ja alas, siltanosturien tapaan vaunuaan liikuttamalla sivuttaissuunnassa ja kiskoja myöten eteen ja taakse. (Notteboom, Pallis & Rodriguez 2022.)



Kuva 7. Konecranesin STS-nosturi (Konecranes n.d.)

Pienemmät, renkailla varustetut “kuljetuslukit”, kuten kuvassa 8, kykenevät myös ketterästi kuljettamaan kontteja ympäri terminaalia, mutta useimmiten niitä hyödynnetään vain lyhyisiin siirtoihin, kuten puskurialueelta kuorma-auton kyytiin (Nopein reitti ... n.d.).



Kuva 8. Kalmar-konttilukki (Cargotec Oyj 2021).

### 3.3 Korkeapainepesu

Painepesuri koostuu yleisesti moottorista, joka pyörittää korkeapainepumppua, korkeapaineletkusta sekä korkeapainepistoolista. Pistooliin kiinnitetty korkeapainesuutin luo pesurille paineen. (John Lewis 2016) Korkeapainepesuri irrottaa likaa ja kerrostumia kiinteiltä pinnoilta käyttäen korkeapainevesisuihkua (Comet 2022).

Painepesurin teknisistä tiedoista tärkeimpiä ovat painepesurin tuottama paine, joka yleensä mitataan bareissa, sekä pumpun läpi virtaavan veden määrä minuuttia kohti. Erilaiset liat erilaisilla pinnoilla vaativat eri määrän painetta puhdistukseen. Sopivan paineluokan ylittävällä paineella peseminen ei kuitenkaan nopeuta puhdistusprosessia, mutta lisäämällä veden virtausta sitä voidaan nopeuttaa. (Goodway 2022.)

Joissain puhdistuskohteissa vaaditaan erittäin korkeaa työpainetta, erityisesti pinttyneen lian tai päällysteiden poistoon. Korkealla paineella työskenneltäessä tulee varmistua, että työntekijä on asianmukaisesti ohjeistettu sekä varustettu suojarusteilla. Korkeapainesuihkun aiheuttama vamma voi olla ulkoisesti pieni, mutta nesteen tunkeutuminen ihon alaisiin kudoksiin voi aiheuttaa tulehduksen, jonka seurauksena vahingoittunut raaja voidaan jopa joutua amputoimaan. (High pressure cleaning ... 2019.)

Korkeapainesuihkun aiheuttamien terveysriskien lisäksi korkeapainelaitteistolla työskentely kohdistaa työntekijään myös muunlaisia fyysisiä rasitteita. Työterveyslaitoksen mukaan jännetuppitulehdukselle "altistavia tekijöitä ovat jatkuvasti toistuvat samankaltaiset työliikkeet, suuri käden puristusvoiman käyttö ja ranteen taipuneet asennot. Riski kasvaa, kun edellä mainittuja tekijöitä esiintyy yhdessä" (Käden ja kyynärvarren ... n.d.). Manuaalista korkeapainepesua suoritettaessa esiintyy jokaista mainittua tekijää; työntekijä pesee toistuvilla liikkeillä suurta betonielementtiä samalla puristaen korkeapainepistoolin kahvasta ja etenkin elementtien ääripäitä puhdistettaessa joutuu taivuttamaan rannettaan saadakseen pesupistoolin haluttuun asentoon. Automaattisella pesulaitteistolla voidaan pois-

taa yksittäiseen työntekijään kohdistuva fyysinen rasitus ja täten vähentää vammojen ja loukkaantumisten mahdollisuutta, kokonaisuudessaan parantaen työturvallisuutta huomattavasti.

### 3.4 Betonielementit

Betonielementit ovat betonia, joka on kaadettu muottiin valmistuslaitoksessa ja jonka on annettu kovettua hallituissa olosuhteissa (Neal n.d.). Lujabetonin yksikönjohtaja Juha Kinnunen (2022) totesi että "tuotteiden modulaarinen esivalmistus on tullut rakennuslalle jäädäkseen.". Elementtirakentamisen etujen, kuten rakennus- ja infrastruktuurituotteiden laaja valikoima, joka sisältää tuotteita sakkokaivoista siltoihin ja kantaviin rakenteisiin, ansiosta betonielementtien suosio erilaisissa rakennusprojekteissa kasvaa (Stelsel 2015).

Betonielementtien valmistusprosessi aloitetaan valmistelevilla toimenpiteillä, joihin kuuluvat muottien puhdistaminen ja valmistelu, teräsrakenteiden asettaminen rakennesuunnittelun mukaisesti ja elementtiin sisällytettävien kappaleiden asettaminen. Valmistelevien toimenpiteiden jälkeen voidaan betoni valaa muottiin (Best Practices Manual ... n.d.). Ennen valamista voidaan myös ottaa betonimassasta näyte betonin ominaisuuksien tarkastamiseksi (Precast Concrete Production ... n.d.). Valamisen aikana tulee huolehtia, ettei betonimassan sekaan pääse sekoittumaan mitään vierasmateriaalia. Yleisesti mitä lähempänä betonin sekoittamispaikkaa valaminen tapahtuu sitä parempi. Valamisen jälkeen jokainen betonityyppi tulee viimeistellä betonityypille määriteltyjen ohjeiden mukaisesti. Ennen elementin jälkikäsitteilyä tulee kuitenkin odottaa, että betonista pakeneva vesi pääsee poistumaan, muuten se voi jäädä elementin pinnan alle haurastuttamaan sitä ja altistamaan sen routavaurioille. Jälkikäsitteilyn jälkeen betonin tulee antaa kovettua, jotta se saavuttaa halutun rakenteellisen vahvuuden ennen kuin se puretaan muotista (Best Practices Manual ... n.d.).

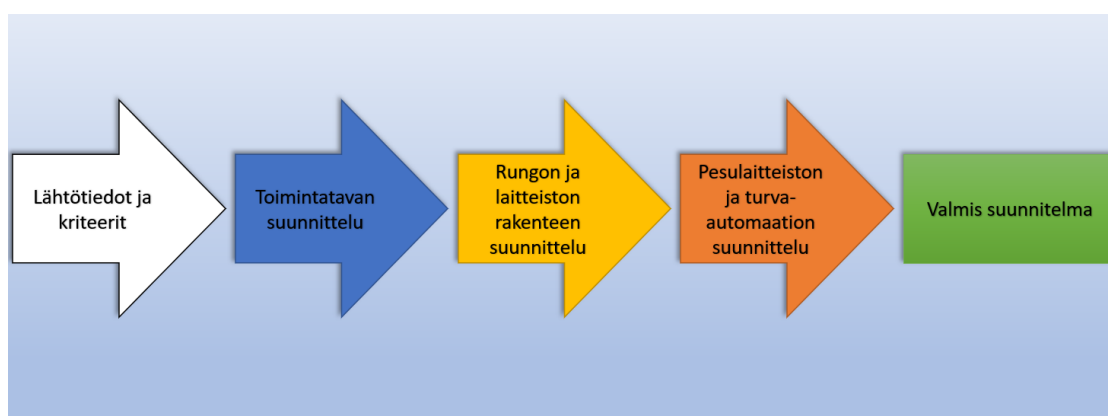
Valmistuksen aikana kaikkien, paitsi ilman muottia valmistettävien betonielementtien, päälle kerrostuu päällyste, jota ei elementteihin haluta (Surface finishes 2011). Päällysteen poistamiseen hyödynnetään usein korkeapaineveettä, mutta myös muita vaihtoehtoja on olemassa.

Betonielementtien jälkikäsitteilyyn on monia ratkaisuja, joilla voidaan saavuttaa erilaisia lopputuloksia. Elementeissä, joiden luonnonkivipinta halutaan saada esiin, voidaan käyttää happokäsittelyä, hiekkapuhallusta tai kemiallista hidastinta. Kemiallinen hidastin levitetään elementin pinnalle, kun ylimääräinen vesi on paennut elementistä ja sen annetaan vaikuttaa halutun lopputuloksen vaatima aika. Yleensä sopiva aika on 12–24 tuntia, jonka jälkeen hidastin pestään elementin pinnalta. Hidastimen pesun yhteydessä poistuu myös kovettumatonta betonimassaa elementin pinnalta ja betonin alla oleva luonnonkivipinta paljastuu. Halutun työtuloksen saavuttamiseksi tulee pesu suorittaa korkeapainevedellä tai pesun yhteydessä elementtiä tulee hangata. Hidastimen ja korkeapainepesun käyttö pinnan saavuttamiseksi on sekä turvallisempi että vähemmän työtä vaativa prosessi kuin happokäsittely tai hiekkapuhallus. (Balogh n.d.)



## 4 PESULAITTEISTON SUUNNITTELU

Pesulaitteiston suunnittelussa käytettiin Autodesk Inventor 3D CAD-ohjelmistoa, jota Finfinet Oy:ssä käytettiin jo valmiiksi suunnittelussa. Ohjelmistoa hyödyntäen kyettiin suunnittelemaan ja mallintamaan pesulaitteiston osat sekä havainnollistamaan pesulaitteiston toimintaa ja havaitsemaan jo suunnitteluvaiheessa mahdollisia ongelmia ja kehittämään niihin ratkaisuja. Suunnitteluprosessin tarkoituksena oli kehittää erilaisia toteutusvaihtoehtoja ja löytää pesulaitteiston valmistuksen ja käytön kannalta parhaiten soveltuvat ratkaisut. Suunnitteluprosessissa noudatettiin kuvan 9 prosessikaaviota.



Kuva 9. Suunnittelutyön prosessikaavio. (Karttunen 2022)

### 4.1 Suunnittelutyön eteneminen

Suunnittelutyö jaettiin työn alussa selkeisiin kehitysvaiheisiin, jotka olivat

1. Lähtötietojen ja kriteerien kartoittaminen
2. Toimintamallin suunnittelu lähtötietojen perusteella
3. Toimintamallista riippuen toiminnan ja rakenteen suunnittelu
4. Suunnitelman viimeistely ja mallinnus

Suunnittelutyön vaiheet suunniteltiin työn alussa mahdollisimman joustaviksi, sillä niiden sisältö ja järjestys voisi suunnittelutyön etenemisestä riippuen muuttua.

Suunnittelutyön alussa työn kannalta tärkeät kriteerit ja lähtötiedot kerättiin ylös. Tämä oli tärkeä työvaihe, sillä myöhemmin suunnittelun aikana tietoja voitaisiin

käyttää miettiessä toteutusvaihtoehtoja. Lähtötiedoista voidaan myös luoda lista tärkeimmistä ominaisuuksista ja niiden perusteella painottaa toteutusvaihtoehtojen eri ominaisuuksia parhaan vaihtoehdon löytämiseksi.

Suunnitteluprosessin edetessä mahdollisia vaihtoehtoja kirjattiin ylös ja vertailtiin keskenään. Parhaan ja sopivimman vaihtoehdon löydyttyä kirjattiin ylös tehty valinta ja myöhemmin kappale mallinnettiin laitteiston mallinnusta varten. Prosessin lopuksi kaikki aiempien suunnitteluvaiheiden ratkaisut kerättiin yhteen ja niiden pohjalta koottiin valmis malli, jota käyttää valmistuksen apuna.

## 5 KEHITYSPROJEKTIN JATKO

Opinnäytetyössä laadittujen suunnitelmien ja ehdotusten perusteella kehitystyötä voitaisiin jatkaa rakentamalla pesulaitteisto suunnitelmien mukaisesti ja varmistaa sen toiminta käyttötarkoituksessaan. Kehitystyötä voitaisiin myös jatkaa keskittymällä pesulaitteiston toimintaperiaatteen kehittämällä tai esimerkiksi kehittämällä laitteistoa ja sen rakennetta paremmin vastaamaan koneturvallisuuden standardeja.

Laitteiston rakentamisen yhteydessä mahdollisesti ilmenneiden ongelmien tai kehitysehdotusten käsittely tulee myös olemaan osa kehitysprojektin jatkoa. Suunnittelutyön aikana joitain asioita on voinut jäädä huomioimatta, tuotteiden saannissa ilmenneiden ongelmien johdosta joku suunniteltu osa voidaan joutua vaihtamaan toisenlaiseen tai joku muu asia saattaa vaikuttaa suunnitelmien luotettavuuteen, joten muutoksia voidaan joutua tekemään ja suunnitelmaa kehittämään.

Projektin jatko tulee myös sisältämään laitteiston toiminnan testaamista. Testaaminen voidaan toteuttaa joku valmistajan toimesta omissa tiloissa, jolloin laitteisto kootaan valmistajan päättämään tilaan ja sen annetaan suorittaa pesuprosessia samalla kun sen toimintaa seurataan ja dokumentoidaan. Mahdollista on myös sopia toiminnantestauksesta mahdollisen asiakkaan kanssa, jolloin pesulaitteisto koottaisiin asiakkaan määräämään tilaan, jossa asiakas voisi käyttää laitteistoa omien tarpeidensa mukaisesti ja valmistaja hyötyisi yhteistyöstä saamalla testausdataa oikeasta käyttöympäristöstä. Tärkeää on kuitenkin toiminnan jatkuva seuraaminen ja dokumentaatio, jonka voi suorittaa valmistajan edustaja tai valmistajan valtuuttama muu osapuoli. Riskinä jälkimmäisessä vaihtoehdossa on, mikäli pesulaitteisto hajoaa kesken tuotantoprosessin asiakkaan tilassa. Tällaisessa tilanteessa tulee valmistajan pyrkiä saattamaan laitteisto takaisin toimintakuntoon mahdollisimman pikaisesti sekä kerätä laitteiston toiminnasta saatu dokumentaatio talteen, jotta sen pohjalta voidaan tehdä jatkokehitystä laitteiston rakenteeseen tai toimintaan liittyen.

## 6 POHDINTA

Kuinka raskaiden kappaleiden käsitleminen siis eroaa muiden kappaleiden käsittelystä? Raskaiden kappaleiden käsittelyssä tulee ensisijaisesti huomioida kappaleiden käsittelyn turvallisuus. Kappaleiden käsittely tulee suunnitella ajoissa ja suunnitelmassa tulee ottaa huomioon kappaleen koko käsittelykaari. Verrattuna kevyiden kappaleiden käsittelyyn työn suunnitelmallisuus on erityisen tärkeässä roolissa. Kevyitä kappaleita voidaan käsitellä hyvin monilla tavoilla ja monissa paikoissa ilman että käsittelyssä tulee ottaa huomioon monia tekijöitä. Raskaiden kappaleiden kohdalla jo ennen valmistuksen aloittamista tulee suunnitella tarkkaan mihin kappale voidaan valmistaa ja kuinka se kyetään siirtämään valmistuspaikalta tarkoitettuun kohteeseen. Jo pelkästään 35 kilogrammaa painavan kappaleen käsittelyssä suositellaan käytettäväksi mekaanisia apuvälineitä, kuten nostinta. Kymmeniä tai jopa satoja kertaa painavampien kappaleiden kohdalla lihasvoimin nostaminen ei ole edes mahdollista eikä edes sadan kilogramman taakan nostamiseen kannata varata kolmea työntekijää, mikäli sama taakka voidaan nostaa yhden työntekijän toimesta apuvälineitä hyödyntäen.

Minkälaisia uusia kehityssuuntia raskaiden kappaleiden käsittelyssä on viime vuosina ilmennyt? Kappaleiden käsittelyssä, kuten monilla muillakin aloilla, suuri kehityssuunta on ollut siirtyminen vihreämpiin vaihtoehtoihin. Polttomootoreita on entistä enemmän alettu korvaamaan sähkömootoreilla ja materiaalivalinnoissa on alettu entistä enemmän kiinnittää huomiota ympäristöystävällisiin ja uusiutuviin vaihtoehtoihin. Toinen tärkeä kehityssuunta on ollut automaation kehittäminen. Automaattiset käsittely- ja varastojärjestelmät ovat kehittyneet ja osa ei tarvitse ihmisen apua huoltoa lukuun ottamatta, esimerkiksi Konecranesin Agilon® -automaattivarasto voi jopa tehdä täydennystilauksia huomatessaan varastosaldojen laskeneen liian alhaisiksi (Agilon® automaattivarasto ... n.d.). Automaatio näkyy myös entistä enemmän koneiden ja laitteiden turvallisuudessa. Monimutkaisempien laitteiden kanssa ei ole enää mahdollista saatika käytännöllistä eristää laitetta täysin työntekijästä, vaan ennemminkin huomioida laitteen suunnittelussa koneen ja ihmisen yhteistoiminnan mahdollisuus ja laatia turvallisuusominaisuudet sen mukaan. Valoverhot, konenäkökamerat ja muut tur-

valaitteet mahdollistavat älykkään turvallisuussuunnittelun, jolloin työntekijät voivat turvallisesti työskennellä lähellä tuotantolaitteita ilman vaaraa että tuotantolaitte aiheuttaa työntekijälle vaaraa.

Työn sisältämän kirjallisuusprojektin lisäksi opinnäytetyöhön sisältyi myös tuotekehitysprojekti, jonka tavoitteena oli tuottaa toteutussuunnitelma valmiista koneesta. Työhön ei sisällynyt koneen fyysistä valmistamista eikä suunnitelmien toimivuuden varmentamista. Tuotekehitysprosessi, jonka osa opinnäytetyö oli, sisältää useampia työvaiheita, joiden aikana suunnitelmien toimivuus varmenneetaan ja tarvittaessa niihin tehdään muutoksia. Mikäli opinnäytetyöhön olisi sisällynyt myös koneen fyysinen valmistaminen voitaisiin todeta varmaksi, kuinka luotettava suunnitelma koneesta tehtiin. Useasti kehitysprosesseihin kuitenkin liittyy myös muutoksia suunnittelun jälkeen ja valmistuksen yhteydessä paljastuu odottamattomia ongelmia. Tämän vuoksi ei voida todeta, että opinnäytetyön tuloksena syntynyt suunnitelma on täysin luotettava. Tämän lisäksi tulee huomioida myös esimerkiksi komponenttien saatavuus. Monien komponenttien, kuten sähkömoottoreiden, saatavuus on heikentynyt monen syyn seurauksena ja tämän seurauksena ei voida olettaa, että täysin samoja osia on saatavilla, kun koneen rakentaminen aloitetaan. Monissa komponenteissa mitat ja yhteensopivuudet voivat vaihdella huomattavasti valmistajien kesken ja tämän seurauksena voidaan olettaa olevan suhteellisen todennäköistä, että suunnitelmia joudutaan muuttamaan ainakin joltain osin valmistuksen yhteydessä.

Koneen jatkokehitys aloitetaan osien hankinnalla, jolloin selvitetään, saadaanko kaikki koneen komponentit hankittua suunnitellusti vai joudutaanko osien kohdalla tekemään muutoksia. Osien muutokset tulee ensin kartoittaa ja tarkastella minkälaisia muutoksia osien mahdollinen muuttuminen aiheuttaa muille osille. Mittojen tai kiinnitystapojen muutokset joudutaan ottamaan huomioon muissa osissa ja tarkistaa etteivät muutokset aiheuta yhteentörmäyksiä tai muita ongelmia. Kasaamisvaiheen aikana varmistetaan suunnitelmien toimivuus osien yhteensopivuuden näkökulmasta. Kasaamisen jälkeen koneen toiminta varmenneetaan suorittamalla erilaisia ja vaihtelevia työprosesseja koneella ja tarkastetaan että koneen toiminta täyttää asetetut vaatimukset eikä työprosesseissa esiinny

odottamattomia ongelmia. Tärkeää on myös, että toiminnan varmennusta suoritetaan tarpeeksi kattavasti ja pitkäaikaisesti, jotta mahdollisimman moni ongelmaskenaario saadaan karsittua ennen koneen luovuttamista eteenpäin.

Valmistuksen ja luovuttamisen jälkeen jatkokehitystä tulisi jatkaa keräämällä asiakaskokemuksia ja kehitysehdotuksia, joita voidaan hyödyntää tuotteen kehittämisessä.

## LÄHTEET

A-nosturimiehet Oy. n.d. Torninosturi myynti. Verkkosivu. Viitattu 24.5.2022. <https://www.a-nosturimiehet.fi/torninosturi-nostokurki-myynti/>

Alma Media Oyj. 2021. Verkkosivu. Viitattu 25.4.2022. <https://www.kaup-palehti.fi/yritykset/yritys/2526425-6>

Arnold, D. 1991. Building in Egypt. Pharaonic Stone Masonry. 1. painos. New York: Oxford University Press.

Balogh, A. n.d. Concrete surface retarders for exposing aggregate. Verkkosivu. Viitattu 19.5.2022. <https://www.concretenetwork.com/concrete/exposedaggregate/surface-retarder.html>

Betoniteollisuus ry. 2020. Valmistajat. Verkkosivu. Viitattu 3.5.2022. <https://www.elementtisuunnittelu.fi/valmisosarakentaminen/valmistajat>

BigRentz, Inc. 2022. 10 Common Forklift Types, Classifications and Uses. Verkkosivu. Viitattu 24.5.2022. <https://www.bigrentz.com/blog/forklift-types>

Britannica Group. 2022. Industrial Revolution. Verkkosivu. Viitattu 10.5.2022. <https://www.britannica.com/event/Industrial-Revolution>

Cargotec Finland Oy. n.d. Nopein reitti aluksesta pinoon. Verkkosivu. Viitattu 25.5.2022. <https://www.kalmar.fi/laitteet-palvelut/kuljetuslukit/>

Cargotec Oyj. 2021. Kalmar ja Maritime Transport laajentavat yhteistyötään konttilukkitilauksella ja 10-vuotisella Kalmar Care – huoltosopimuksella. Verkkosivu. Viitattu 25.5.2022. <https://www.cargotec.com/fi/nasdaq/press-release-kalmar/2021/kalmar-ja-maritime-transport-laajentavat-yhteistyotaan-konttilukkitilauksella-ja-10-vuotisella-kalmar-care---huoltosopimuksella/>

Carlomas Europe. n.d. Torninosturit työmailla. Verkkosivu. Viitattu 24.5.2022. <http://www.carlomaseurope.fi/nostolavat/torninosturit-tyomaila/>

Comet S.p.A.. 2022. Professional and Semi-Professional High Pressure Washers. Verkkosivu. Viitattu 25.4.2022. <https://www.comet-spa.com/cleaning/high-pressure-washer/#whathishighpressurewasher>

Demag Cranes and Components GmbH. n.d. Demag-vakionosturit. Verkkosivu. Viitattu 25.5.2022. [https://algotprod.blob.core.windows.net/image-container/docs/librariesprovider2/tuotteet-nosturit/demag-vakionosturit.pdf?sfvrsn=a4133e9d\\_2](https://algotprod.blob.core.windows.net/image-container/docs/librariesprovider2/tuotteet-nosturit/demag-vakionosturit.pdf?sfvrsn=a4133e9d_2)

Demag Cranes & Components GmbH. n.d. Milestones of our history. From Mechanical workshop to global player. Verkkosivu. Viitattu 5.5.2022. <https://www.demagcranes.com/en/company/history>

European Cleaning Journal. 2019. High pressure cleaning – a high pressure job. Verkkosivu. Viitattu 1.5.2022. <http://www.europecleaningjournal.com/magazine/articles/product-features/high-pressure-cleaning-a-high-pressure-job>

Finfinet Oy. n.d. Etusivu. Verkkosivu. Viitattu 22.4.2022. <https://www.finfinet.fi>

Finfinet Oy. n.d. Yhteystiedot. Verkkosivu. Viitattu 25.4.2022. <https://www.finfinet.fi/yhteystiedot/>

Goodway Technologies Corporation. 2022. Flow Rate is Key When Choosing A Pressure Washer. Verkkosivu. Viitattu 5.5.2022. <https://www.goodway.com/hvac-blog/2011/03/flow-rate-is-key-when-choosing-a-pressure-washer/>

Grossman, D. 2019. The Crane Has Been Perfect Since 700 B.C. Verkkosivu. Viitattu 23.5.2022. <https://www.popularmechanics.com/science/archaeology/a28833389/crane-history-construction-ancient-greece/>

Havator. n.d. Ajoneuvonosturit. Verkkosivu. Viitattu 24.5.2022. <https://havator.fi/kalusto/ajoneuvonosturit/>

Hedin Suomi. n.d. Raskaan kappaleen käsittely. Verkkosivu. Viitattu 24.5.2022. [http://www.hedin.fi/Raskaan\\_kappaleen\\_kasittely.html](http://www.hedin.fi/Raskaan_kappaleen_kasittely.html)

INFRA ry. 2012. Turvallisuusopas ajoneuvonosturin kuljettajalle. E-kirja. 2. uud. painos. Helsinki: Työturvallisuuskeskus. Viitattu 25.5.2022. <https://nostokonepalvelu.fi/sites/nostokonepalvelu.fi/files/Autonosturiopas2012.pdf>

Konecranes. n.d. Agilon® automaattivarasto – hallinnoi ja käsittelee tuhansia pakkauksia tehokkaasti. Verkkosivu. Viitattu 15.5.2022. <https://www.konecranes.com/fi/laitteet/agilon>

Konecranes. n.d. Konecranes' biggest widespan ship-to-shore crane to be delivered to Helsinki Terminal. Verkkosivu. Viitattu 25.5.2022. <https://www.konecranes.com/discover/konecranes-biggest-widespan-ship-to-shore-crane-to-be-delivered-to-helsinki-terminal>

Konetori. n.d. Myydään DEMAG AC 80-2. Verkkosivu. Viitattu 24.5.2022. <https://www.konetori.com/myydaan/henkilonostimet-nosto-ja-rakennuskooneet/ajoneuvonosturit/demag-ac-80-2,449409>

Lewis, J. 2016. Pressure Washer Definition. PressureWashersUSA. Verkkosivu. Viitattu 23.4.2022. <https://pressurewashersusa.com/pressure-washer-definition/>

Lujabetoni Oy. 2022. Lujabetonin Kärsämäen tehtaan kylpyhuonemuodulituotannolla tähdätään korkealle. Verkkosivu. Viitattu 3.5.2022. <https://lujabetoni.fi/2022/02/08/lujabetonin-karsamaen-tehtaan-kylpyhuonemuodulituotannolla-tahdataan-korkealle/>

Munck Cranes Inc. n.d. Overhead Bridge Crane Components. Verkkosivu. Viitattu 25.5.2022. <https://www.munckcranes.com/crane-component-guide>



National Precast Concrete Association. 2008. Precast Retaining Wall Systems Best Practices Manual. E-kirja. 2. painos. Indianapolis: The association of the manufactured concrete products industry. Viitattu 1.5.2022. <https://precast.org/wp-content/uploads/2014/09/Retaining-Wall-Best-Practices-Manual.pdf>

National Precast Concrete Association Australia. 2011. Surface finishes. Verkkosivu. Viitattu 10.5.2022. [https://www.nationalprecast.com.au/wp-content/uploads/2015/10/surface\\_finish\\_acid\\_cleaning\\_d1.pdf](https://www.nationalprecast.com.au/wp-content/uploads/2015/10/surface_finish_acid_cleaning_d1.pdf)

National Safety Council. n.d. Forklifts. Verkkosivu. Viitattu 29.4.2022. <https://injuryfacts.nsc.org/work/safety-topics/forklifts/>

Neal, T. n.d. Preparation of Precast Concrete for Painting. KTA-Tator, Inc. Verkkosivu. Viitattu 1.5.2022. <https://kta.com/kta-university/preparation-precast-concrete-painting/>

Notteboom, T., Pallis, A. & Rodrigue, J. 2022. Port Economics, Management and Policy. E-kirja. New York: Routledge. Viitattu 25.5.2022. <https://portconomicsmanagement.org/pemp/contents/part3/container-terminal-design-equipment/portainers-ship-to-shore-container-cranes/>

Nykänen, K. & Härkönen, A. 2019. Betonielementtien pesulaitteiston suunnittelu. Konetekniikan tutkinto-ohjelma. Kajaanin ammattikorkeakoulu. Opinnäyte-työ. Viitattu 20.4.2022. [https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/170564/Nyk%C3%A4nen\\_Kimmo\\_H%C3%A4rk%C3%B6nen\\_Arttu.pdf?sequence=2&isAllowed=y](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/170564/Nyk%C3%A4nen_Kimmo_H%C3%A4rk%C3%B6nen_Arttu.pdf?sequence=2&isAllowed=y)

Rogue Valley Precast. n.d. Precast Concrete Production Process: The Basics. Verkkosivu. Viitattu 1.5.2022. <https://rvpor.com/blog/precast-concrete-production-process/>

Ryan, J & Ryan, L. 2006. The Forklift Manual. E-kirja. Siloam Sprins: Donegal Bay Publishing. Viitattu 6.5.2022. <https://books.google.fi/books?id=EljBH3ulmsMC&printsec=frontcover&hl=fi#v=onepage&q&f=false>

Skanska Suomi. 2020. Nostotyöt. E-kirja. 2. uud. painos. Helsinki: Skanska. Viitattu 24.5.2022. <https://www.skanska.fi/4abd96/siteassets/tietoa-skanskasta/yhteistyokumppaneille/nostotyot.pdf>

Stelsel, K. 2015. Around the World with Precast Concrete. Verkkosivu. Viitattu 20.4.2022. <https://precast.org/2015/07/around-the-world-with-precast-concrete/>

Tapaturmavakuutuskeskus. 2020. Työntekijä puristui siltanosturilla siirtämänsä betonielementin ja elementtitelineen väliin. Verkkosivu. Viitattu 20.5.2022. <http://totti.tvk.fi/tottipublic/totcasepublic.view?action=openTotCaseReportAttachment&id=940>

Tieteen Kuvalehti. 2014. Miten nosturi pystytetään tornitalojen rakennustyömaalle? Verkkosivu. Viitattu 24.5.2022. <https://tieku.fi/teknologia/rakennelmat/rakennukset/kysy-meilta-miten-nosturi-pystytetaan-tornitalojen>

Torcan Lift Equipment. n.d. What is Forklift? Working Mechanism & Where it is used? Verkkosivu. Viitattu 24.5.2022. <https://torcanlift.com/what-is-forklift-working-mechanism-where-it-is-used/>

Toyota Material Handling Finland Oy. n.d. Mikä on automaattitrucki (AGV)? Verkkosivu. Viitattu 2.5.2022. <https://blog.toyota-forklifts.fi/mika-on-automattitrucki-agv>

Toyota Material Handling Finland Oy. n.d. Miten valitsen oikean haarukka-vaunun? Verkkosivu. Viitattu 24.5.2022. <https://toyota-forklifts.fi/linkkeja/haarukkavaunuopas/>

Työsuojeluhallinto. n.d. Käsin tehtävän nostotyön arviointi. Verkkosivu. Viitattu 1.5.2022. <https://www.tyosuojelu.fi/documents/14660/338901/K%C3%84SIN+TEHT%C3%84V%C3%84N+NOSTOTOTY%C3%96N+ARVIOINTI-lomake/53a2dd5e-072e-4f8b-addc-75d136adaa2b>

Työterveyslaitos. n.d. Käden ja kyynärvarren rasitussairaudet. Verkkosivu. Viitattu 16.4.2022. <https://www.ttl.fi/teemat/tyoterveys/ammattitaudit/kaden-ja-kyynarvarren-rasitussairaudet>

Valtioneuvoston päätös käsin tehtävistä nostoista ja siirroista työssä 22.12.1993/1409. Viitattu 28.4.2022. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/1993/19931409>