

Sauli Kaasalainen

SILTANOSTURIEN LAYOUT-SUUNNITTELU
KOKOONPANOLINJALLE

Konetekniikan koulutusohjelma
2015

SILTANOSTURIEN LAYOUT-SUUNNITTELU KOKOONPANOLINJALLE

Kaasalainen, Sauli
Satakunnan ammattikorkeakoulu
Konetekniikan koulutusohjelma
Kesäkuu 2015
Ohjaaja: Santanen, Teemu
Sivumäärä: 32
Liitteitä: 1

Asiasanat: nostolaitteet, layout, kokoonpano

Työn alussa tutkittiin siltanostureiden rakennetta sekä mitoitusperusteita. Tämän jälkeen selvitettiin nostoturvallisuuteen liittyviä asioita sekä tuotannon layout-suunnittelua. Tutkimusten avulla tehtiin kokoonpanolinjan layout-suunnitelma, jota käytettiin perusteena nosturien layout-suunnitelmalle. Työn lopussa tehtiin yksityiskohtaiset kokoonpanoasemien nosturisuunnitelmat.

OVERHEAD CRANE LAYOUT-DESIGN TO ASSEMBLY LINE

Kaasalainen, Sauli

Satakunnan ammattikorkeakoulu, Satakunta University of Applied Sciences

Degree Programme in Mechanical and Production Engineering

May 2015

Supervisor: Santanen, Teemu

Number of pages: 32

Appendices: 1

Keywords: cranes, layout, assembly

The purpose of this thesis was to create crane layout to assembly line. In the theory section the overhead crane structure, lifting safety as well as layout design and technical design are discussed.

Outcome of the study was detailed crane layout's on assembly stations.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
2	SILTANOSTURIT	7
2.1	Siltanosturin rakenne	7
2.1.1	Silta ja vaunu	8
2.1.2	Päätevaunut	9
2.1.3	Siltanosturin ohjaus	9
2.2	Nosturirata.....	9
2.2.1	Yläpuolisen siltanosturin nosturirata.....	9
2.2.2	Alapuolisen siltanosturin nosturirata.....	10
2.3	Yläpuolinen siltanosturi	10
2.4	Alapuolinen siltanosturi	11
3	NOSTOTURVALLISUUS	12
3.1	Nosturin ylikuormasuoja.....	13
3.2	Hätäpysäytysjärjestelmä ja rajakytkimet	14
3.3	Nostotyön suunnittelu	14
3.4	Varmuuserroin	15
4	SILTANOSTURIN MITOITUS	15
4.1	Kuormat sekä jänneväli.....	15
4.2	Vaunu, nostin sekä koneistot	16
4.3	Radan pituus sekä korkeus.....	16
5	TUOTANNON LAYOUT	17
5.1	Funktionaalinen layout.....	18
5.2	Tuotantolinja.....	19
5.3	Tuotantosolut	19
5.4	Kiinteä tuotantopaikka	20
5.5	Layout-tyypin valinta.....	20
6	KOKOONPANOLINJAN LAYOUT-SUUNNITTELU	21
6.1	Siltanosturien layout-suunnitelma	23
6.1.1	Kokoonpanoasema 1	24
6.1.2	Kokoonpanoasema 2	26
6.1.3	Kokoonpanoasema 3	27
6.1.4	Loppukokoonpanoasemat.....	28
6.2	Siltanosturien hankinta.....	29
6.2.1	Asennus ja käyttöönotto	30

7 TULOKSET	30
LÄHTEET	31
LIITTEET	

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön tarkoitus oli kokoonpanolinjan nosturi layout-suunnittelu. Työssä tutkitaan siltanosturien rakennetta sekä mitoitusta, jonka perusteella saadaan tehtyä kokoonpanolinjalle asemakohtaiset nosturisuunnitelmat. Ennen nosturisuunnitelmia selvitetään yleisempiä layout-tyyppejä, joiden avulla suunnitellaan kokoonpanolinja layout.

Työn tuloksena saadaan yksityiskohtaiset nosturisuunnitelmat, joiden avulla voidaan tehdä tekninen erittely sekä tarjouspyyntö nosturien hankintaa varten.

Työtä on rajoitettu yksipalkkisten siltanosturien tarkasteluun. Myös yksityiskohtaisempi mitoitus sekä lujuuslaskenta on jätetty pois laitevalmistajien tehtäväksi.

Kirjallisuuslähteiden lisäksi työssä on käytetty hyväksi omaa kokemusta layout-suunnittelusta sekä teollisuuden nostolaitteista.

2 SILTANOSTURIT

Siltanosturi on nostokone, jota käytetään erilaisten taakkojen siirtoon. Siltanosturi muodostuu ajovaunusta, ajokoneistosta, nostokoneistosta ja kannatinrakenteista.

Teollisuuden tuotantohalleissa, korjaamohalleissa sekä varastoalueilla tapahtuvat nostot ja siirrot suoritetaan yleensä siltanostureilla. Nostettavia ja siirrettäviä kohteita ovat muun muassa tavarat, teräspalkit, koneet ja lautaniput. (Aaltio 1977, 205.)

Nosturiradoilla kulkevat siltanosturit ovat oivallinen ratkaisu laajoille työskentelyalueille ja näin ollen mahdollistavat raskaidenkin kuormien helpon käsittelyn. Siltanostureiden avulla kokoonpanotoiminnot ja materiaalivirrat nopeutuvat ja näiden ansiosta tuotantoajat saadaan lyhenemään. (Erikkilä www-sivut 2015)

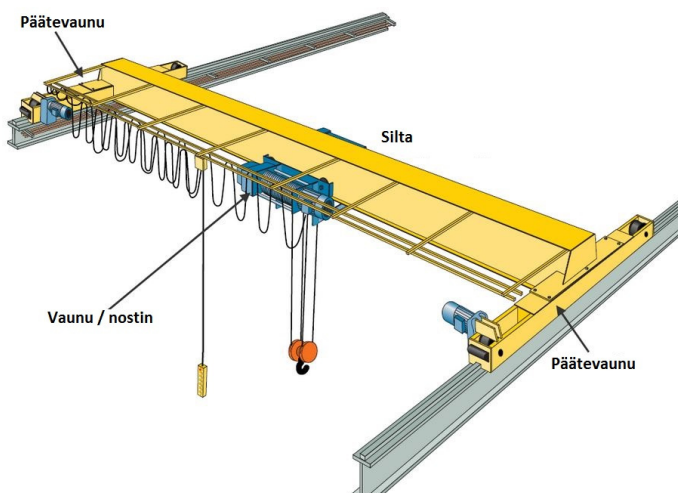
Yksipalkkisia siltanostureita on olemassa rakenteeltaan kahta eri tyyppiä, yläpuolisia siltanostureita, sekä alapuolisia riippusiltanostureita.

Siltanostureita on saatavilla aina 500t kuormiin asti. Jänneväli voi olla yli 40metriä.

2.1 Siltanosturin rakenne

Molempien yksipalkkisten siltanosturien rakenne on samanlainen (Kuva 1).

Nosturin pääkomponentit ovat pääkannattaja, vaunu, nostolaite, radio-ohjain, vaunun virransyöttö sekä päättevaunut. Lisäksi nosturit sisältävät paljon erilaisia sähköisiä komponentteja esimerkiksi suoja ja antureita. (Halminen 2007, 13)

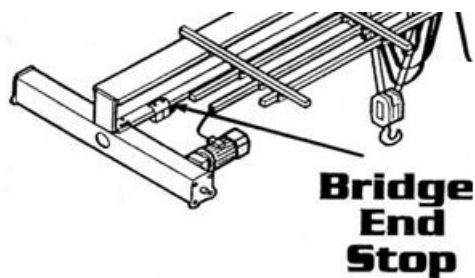


Kuva 1. Siltanosturin rakenne (dearborncrane www-sivut 2015, muokattu)

2.1.1 Silta ja vaunu

Poikittais-suuntainen silta kannattelee sillassa kulkevaa vaunua. Silta kulkee nosturirataa pitkin pitkittäis-suunnassa. Yleensä sillat ovat muototeräspalkkeja tai hitsattuja kotelopalkkeja.

Nostovaunu koostuu itse vaunusta, joka kulkee sillan pitkittäis-suunnassa, sekä nostimesta, joka suorittaa itse noston. Nostin on useimmiten ketju- tai vaijerikäyttöinen ja se sisältää rungon, vaihteen, ketju-/ vaijeritelat, ketju-/ vaijeripyörät sekä jarrut. Yleensä vaunussa on kaksi moottorikäyttöä, vaunun pitkittäisliikkeelle sekä nostolle ja laskulle. Vaunun liikettä sillalla voidaan rajoittaa päätystoppareilla (eng. End stop). (kuva 2)



Kuva2. Vaunun päätyrajoitin (dearborncrane www-sivut 2015)

2.1.2 Päätevaunut

Päätevaunut kuljettavat siltaa nosturirataa pitkin. Päätevaunut kulkevat nosturikiskolla pyöriensä avulla. Vääntöjäykät päätykannattajat ovat hitsattuja kotelorakenteita. Ajopyörät ovat yleensä kulutuksenkestävää pallografiittirautaa. Pallografiittirautaiset ajopyörät vaimentavat tehokkaasti tärinää sekä kestävät hyvin kulutusta. Ne myös kuluttavat ajokiskoja vähemmän teräspyöriin verrattuna. Päätevaunut liikkuvat ajokiskolla käyttömoottorin avulla.

2.1.3 Siltanosturin ohjaus

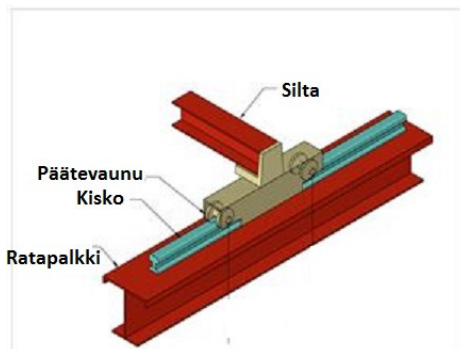
Siltanosturin ohjaamiseen voidaan käyttää joko johdon päässä olevaa painikeohjainta tai langatonta infrapuna- tai radiotoimista kauko-ohjainta. Ohjaimessa on yleensä seitsemän painiketta, nostokoneiston liike ylös ja alas, vaunun liike eteen ja taakse, sillan liike vasemmalle ja oikealle sekä hätäpysäytys (Halminen 2007, osa 10, s. 4).

2.2 Nosturirata

Nosturirata on siltanosturia kannatteleva rakenne. Nosturirataa suunniteltaessa noudatetaan standardeja SFS-EN 1993-6 nosturia kantavat rakenteen sekä SFS-EN 1991-3 nostureista ja muista koneista aiheutuvat kuormat.

2.2.1 Yläpuolisen siltanosturin nosturirata

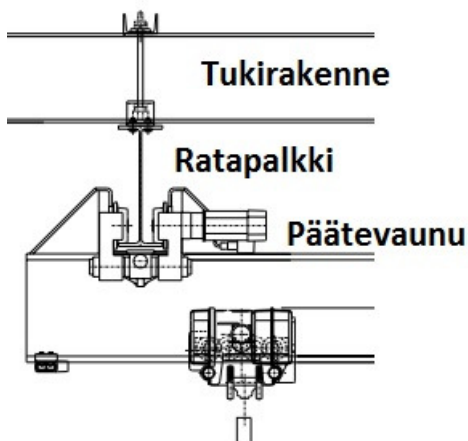
Siltanosturirata sisältää kaksi yhdensuuntaista ratapalkkia, joiden päälle on kiinnitetty siltanosturin ajokisko (Kuva 3). Ratapalkin ja siltanosturin ajokiskon päällä kulkee siltanosturi päätevaunujen avulla. Yleensä ratapalkit ovat valssattuja profiileja ja hitsattuja levypalkkeja. Ratapalkit ovat yleensä kiinnitetty nosturipilareihin tai rakenteen runkopilareissa oleviin konsoleihin/ulokkeisiin. Nosturipilarit jäykistävät nosturiradan poikittaissuunnassa ja toimivat niin sanotusti mastopilareina. Pituussuunnassa rata täytyy jäykistää jarrupukeilla. (Aaltio 1977, 205.)



Kuva 3. Ajokisko ratapalkissa (dearborncrane www-sivut 2015, muokattu)

2.2.2 Alapuolisen siltanosturin nosturirata

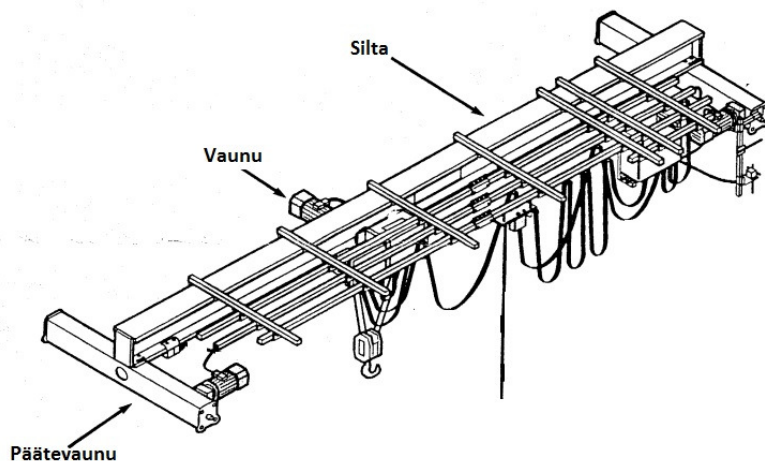
Alapuolisen siltanosturin nosturirata sisältää kaksi kiinteästi asennettua yhdensuuntaista I-palkkia tai valssattua profiilia. Siltanosturi kulkee ratapalkin alalaipassa päätevaunuissa olevien pyörien avulla. Ratapalkit ovat yleensä kiinnitetty kattorakenteisiin. (Kuva4)



Kuva4. Alapuolinen nosturirata(dearborncrane www-sivut 2015, muokattu)

2.3 Yläpuolinen siltanosturi

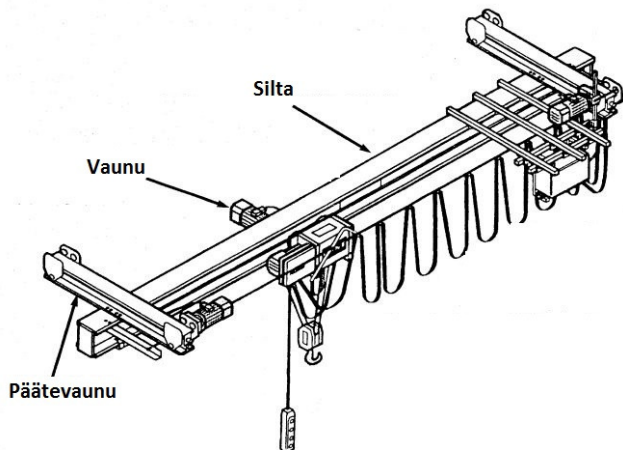
Yläpuolinen siltanosturi on käytetyin siltanosturityyppi teollisuudessa. Tämä nosturityyppi mahdollistaa alapuolista siltanosturia suuremmat kuormat sekä optimaalisemman tilankäytön korkeussuunnassa (Liite1).



Kuva5. Yläpuolinen siltanosturi (Demag www-sivut 2015, muokattu)

2.4 Alapuolinen siltanosturi

Riippuvarakenteiset nosturit (kuva7) kulkevat yleensä kattorakenteisiin kiinnitettävillä nosturiradoilla. Tällöin ei tarvitse asentaa nosturiradan pystypilareita. Näin hallin koko pinta-ala on käytettävissä tuotantoon. Riippuvan siltarakenteen ansiosta myös koukun käyttöalue saadaan mahdollisimman suureksi. (Erikkilä www-sivut 2015, muokattu)



Kuva6. Alapuolinen siltanosturi (Demag www-sivut 2015, muokattu)

3 NOSTOTURVALLISUUS

Nosto- ja siirtolaitteita koskevat säädökset perustuvat yleiseen työturvallisuuslakiin (23.8.2002/738), ja lisäksi tarkemmin valtioneuvoston asetukseen työvälineiden turvallisesta käytöstä ja tarkastamisesta (403/2008), myöhemmin käyttöasetus, sekä valtioneuvoston asetukseen koneiden turvallisuudesta (400/2008). (Kaartinen 2013, 8)

Nosto- ja siirtotöihin liittyy yleensä aina sellaisia vaaratekijöitä, joita ei täysin pystytä poistamaan. Vaara-alueita ei yleensä voida täysin eristää niin, ettei siirrettävä taakka aiheuttaisi vaaraa nostotyöhön osallistuville tai muille lähellä oleville. Nosturin kuljettajalla ja taakan kiinnittäjällä on ratkaiseva merkitys nostotyön turvallisessa suorittamisessa. Teollisuudessa käytettävät nosturit ovat yhä useammin radio-ohjattuja, jolloin nosturin käyttäjä yleensä toimii myös taakan kiinnittäjänä. (Työsuojeluhallinto 2010, 7)

Nostolaitteen ja sen käytön pitää olla hallinnassa koko sen elinkaaren ajan. Yhdenkin lenkin pettäminen aiheuttaa riskitilanteen. Nostolaitteet ovat moniin muihin työvälineisiin verrattuna turvallisuuden kannalta keskeisiä siitä syystä, että niissä lähes minikä tahansa osan pettämisestä voi aiheutua vaaratilanne. (Työsuojeluhallinto 2010, 7)

Asiakkaat ovat kiinnostuneita paitsi itse tuotteesta, myös yrityksen toiminnallisesta laadusta. Tuotannolta ja tuotantoympäristöltä vaaditaan korkeaa laatua. Yhtenä laadun mittarina pidetään vahinkojen ja tapaturmien vähäisyyttä ja selkeät toimintaohjeet viestivät juuri tällaista laatutietoista turvallisen toiminnan tasoa. (Työsuojeluhallinto 2010, 7)

Valtioneuvoston asetus no 403/2008 edellyttää nosturien määräaikaistarkastukset vuosittain.

Koska nosturi toimii useasti täysin automaattisesti ja nostaa erittäin suuria taakkoja, täytyy henkilö-, laite- ja käyttöturvallisuuteen kiinnittää erityistä huomiota. Nosturissa on turvallisuusominaisuuksina esimerkiksi:

- ylikuormasuoja
- hätäpysäytysjärjestelmä

- nostonopeuden valvonta
- varoitusindikaattoreita
- rajakytkimiä ja
- turva-PLC (Vartiainen 2013, 12)

3.1 Nosturin ylikuormasuoja

Nosturissa, joka on otettu käyttöön 1.1.1995 tai sen jälkeen, tulee olla sekä ylikuorman ilmaisu- että estolaite.

Nosturit ja nostimet, joiden suurin sallittu kuorma on vähintään 1000 kg tai joiden kaatumismomentti on vähintään 40000 Nm (4 tm.), on varustettava laitteilla jotka varoittavat kuljettajaa ja estävät ylikuormittumisen aiheuttavat liikkeet

Ylikuorman ilmaisimen ja –estolaitteen toiminta:

- Ylikuorman ilmaisimen tulee toimia viimeistään nosturin suurimmalla sallitulla kuormalla
- Ylikuorman katkaisun tulee toimia viimeistään valmistajan nosturille määritämällä kuormalla
- Ylikuorman katkaisun jälkeen tulee laskuliikkeen olla mahdollinen. Valmistajan ratkaisun mukaan myös muut liikkeet, nostoliikettä lukuun ottamatta, voivat olla mahdollisia. (Aluehallintovirasto 2013, 46)

Nostimen ylikuormasuojaus voidaan toteuttaa kolmella eri tavalla. Yksinkertaisin tapa on mekaaninen ylikuormasuojakytkin. Tässä köyden kiilapesän tukirakenne taipuu kuorman vaikutuksesta ja tietyn pisteen ylityttyä sähkömekaaninen kytkin laukeaa ja katkaisee noston ohjauskäskyn.

Mekaanista ylikuormasuojausta vastaava, mutta tarkempi tapa toteuttaa ylikuormasuojaus on venymäliuska-anturimittaus. Venymäliuska-anturin avulla mitataan taakan aiheuttamaa vääntömomenttia köyden kiilapesään. Mittaustieto käsitellään nostimen kunnonvalvontayksiköllä. Jos kunnonvalvontayksikkö havaitsee liian suuren kuorman, pysäyttää se nostoliikkeen.

Ylikuormasuojaus voi olla myös toteutettu mittaamalla nostomoottorin virtaa, jännitettä ja lämpötilaa. Tällöin kunnonvalvontayksikkö laskee mitattujen arvojen perusteella nostomoottorin ottotehon, jos teho nousee liian suureksi katkaisee se nostoliikkeen. (Aaltonen 2008, 16)

3.2 Hätäpysäytysjärjestelmä ja rajakytkimet

Hätäpysäytyslaite edellytetään nosturiin mm. SFS-EN 60204-1 standardin perusteella. Hätäpysäyttimet testataan ilman kuormaa ja tarvittaessa kuormitettuna. Hätäpysäyttimen tulee pysäyttää kaikki (varaa aiheuttavat) liikkeet. (Aluehallintovirasto 2013, 44)

Nosturit varustellaan rajakytkimillä, jotka estävät liikkeet yli ääriasentojen. Oikein kytketyt ja käytetyt rajakytkimet estävät nosturien erilaiset törmäykset.

Ennen päätyrajakytkimiä toimivat hidastusrajakytkimet. Ne rajoittavat nopeuden ohjearvon noin kolmannekseen täydestä arvosta. Koneisto jarruttaa automaattisesti vastakäynnillä nopeuden hidastusrajakytkimen jälkeen mainittua raja-arvoa pienemmäksi. Liike pysähtyy vasta päätyrajoilla. Moottorin ottama suurin voima voi olla vastakäyntialueella 2,6 x moottorin nimellisvirta. (Tekniikan käsikirja 8 1980, s.651)

3.3 Nostotyön suunnittelu

Nostojen suunnittelu kannattaa liittää osaksi tuotantoon kuuluvaa materiaalikäsittelyn suunnittelua, jonka tavoitteena on taloudellinen, joustava ja turvallinen tuotteiden käsittely. Jo tuotteen suunnitteluvaiheessa voidaan huomioida tulevat nostotarpeet.

Nostotyön hyvällä suunnittelulla ja oikean nostoapuvälineen valinnalla voidaan jo etukäteen karsia pahimmat käyttövirheet ja vaaratilanteet. Nostettavan kappaleen suunnittelijan tulee selvittää, miten ja millä apuvälineillä nosto suoritetaan. Suunnitteluvaiheessa tulee laatia tuotteelle nosto-ohjeet. Myös tuotteen osakomponenttien eri valmistusvaiheissa tarvittavat nostot ja siirrot huomioidaan jo suunnittelussa. (Työsuojeluhallinto 2010, 13)

3.4 Varmuuskerroin

Nostolaitteella on tietty varmuuskerroin. Se takaa, ettei yllättävissä tilanteissa heti jouduta vaaratilanteeseen. Varmuuskerroin ei ole lupa sallitun kuorman ylittämiseen, vaan varmuutta tarvitaan tavallisessakin nostossa nostolaitteen kulumisen ja vanhenemisen aiheuttamaan heikentymiseen, nostossa tapahtuviin nykäyksiin ja epätarkkuuteen taakan painon arvioinnissa. (Työsuojeluhallinto 2010, 9)

4 SILTANOSTURIN MITOITUS

Siltanosturi mitoitetaan aina kulloisenkin tarpeen mukaan. Määräviä tekijöitä siltanosturin mitoituksessa ovat

- maksimikuorma
- jänneväli
- vapaakorkeus
- ratapituus
- ratakorkeus
- olakekorkeus
- nosturin siirtonopeus
- vaunun siirtonopeus
- nostonopeus
- koneistot

4.1 Kuormat sekä jänneväli

Siltanosturin sekä sen kannatinrakenteiden mitoitus perustuu suurelta-osalta maksimikuorman sekä jännevälin määrittämiseen. Kuorman sekä jännevälin kasvu kasvat-

tavat siltanosturin sekä sen komponenttien, nosturiradan sekä tukirakenteiden kokoa. Kuorma koostuu rakenteen omasta massasta sekä nostettavasta kappaleesta.

4.2 Vaunu, nostin sekä koneistot

Nosturin- sekä vaunun siirtonopeuteen ja nostonopeuteen voidaan vaikuttaa käyttömoottorien valinnalla. Tyypillinen nosturin- sekä vaunun siirtonopeus on 30-40m/min.(Erikkila;Satateräs;Konecranes www-sivut 2015)

Kantopyörät mitoitetaan pyörän ja kiskon välisen pintapaineen mukaan huomioiden pyörän kuormituksen, materiaalin, nopeuden sekä muodon ja dimensiot. Kantopyörän suuruutta määriteltäessä tarkastetaan

- a) että kantopyörä voi ottaa vastaan suurimmat esiintyvät kuormitukset
- b) että normaalissa käytössä ei synny liian suurta kulumista. (Tekniikan käsikirja 8 1980, 617)

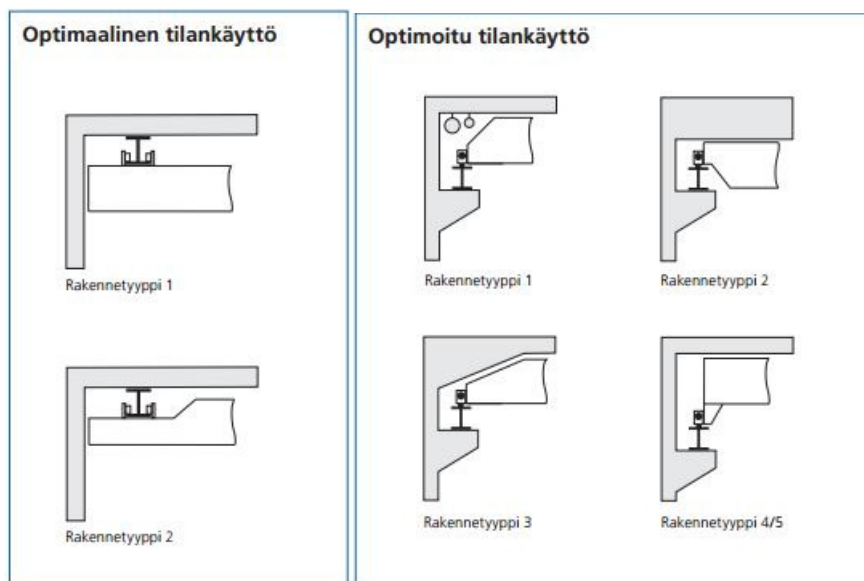
Koneistojen komponentit mitoitetaan siten, että riittävä varmuus saavutetaan staattiseen murtumiseen ja väsymiseen nähden ja että osien stabiliteetti ja kulumisenkestävyys ovat riittävät suuret. Lisäksi on huomattava, etteivät lämpeneminen tai liian suuret muodonmuutokset vaaranna koneiston normaalia toimintaa. (Tekniikan käsikirja 8 1980, 614)

4.3 Radan pituus sekä korkeus

Ratapituus mitoitetaan käyttöalueen mukaan. Usein ratapituutena käytetään tehtaan tukipilarien tolppavälejä, joihin rata on kiinnitetty. Radan pituutta ja kannattelevuutta voidaan lisätä omilla tukipilareilla.

Nosturin korkeuden määrittelee tarvittava nostokorkeus. Nosturin käytettävyyden kannalta nostokorkeutta ei tulisi ylittää. Liian korkea nostokorkeus voi altistaa noston ylimääräiselle epävakaudelle sekä tärinälle. Toisaalta usein rakennuksen katto

rajoittaa nosturin sijoittamista korkeussuunnassa. Tällöin tilankäyttö katonrajassa tulee optimoida (kuva7).



Kuva7. Nosturin optimaalinen tilankäyttö korkeussuunnassa. (Vas. riippuvarakenteinen-, oik. yläpuolinen siltanosturi) (Demag www-sivut 2015)

5 TUOTANNON LAYOUT

Tuotannon layoutilla tarkoitetaan sitä, miten tuotantojärjestelmän tai tuotantotilan fyysiset osat, kuten koneet, laitteet, varastopaikat ja työpisteet sekä kulkureitit tehtaassa on sijoitettu. Tehtaan layoutin tärkein tavoite on täyttää sekä kapasiteetin, että laadun vaatimat tavoitteet mahdollisimman taloudellisella tavalla. Toimiva layout integroi työpisteet, koneet, työvoiman, varastopaikat ja muut loogiset systeemit toimivaksi kokonaisuudeksi. (Korhonen 2007, 32)

Hyvän layoutin tunnusmerkkejä ovat joustavuus, laitteiden korkea käyttöaste sekä järjestelmällinen ja helppo ylläpito, vähäinen materiaalien siirtely ja käsittely, pienet etäisyydet työpisteiden välillä, looginen materiaalin kulku sekä turvallinen työympäristö. Pullonkaulat ja koneiden seisokit tai tyhjäkäynti ovat merkkejä epäonnistuneesta layoutista. Huonon layoutin tunnusmerkkejä ovat myös sotkuinen tuotantotila ja suuri keskeneräisen tuotannon määrä. (Korhonen 2007, 32)

5.1 Funktionaalinen layout

Funktionaalisisessa layoutissa samantyyppiset koneet ja prosessit on ryhmitetty lähelle toisiaan ja prosessit ovat joustavia, joten koneita ja laitteita voidaan käyttää usean eri tuotteen valmistamiseen. Materiaalit on sijoitettu siten, ettei materiaalien käsittelystä aiheutuvia kustannuksia synny tai kustannukset ovat hyvin pienet. (Korhonen 2007, 32)

Funktionaalisisessa layoutissa työt ohjataan työpisteiden ja prosessivaiheiden läpi työn omaa yksilöllistä reittiä. Tuotteiden valmistus kuormittaa työpisteitä epätasaisesti, joten työpisteiden sijainnilla on suuri merkitys kun layoutia suunnitellaan. Työpisteet, joiden keskinäinen vuorovaikutus on suuri, tulisi sijoittaa lähelle toisiaan. Tärkeää on, että jokaisen työn kulkukaaviot ja työvaiheet määritellään tarkasti työpisteiden sijainteja suunniteltaessa. lopputulos on kuitenkin aina kompromissi, joka toimii kokonaisuuden kannalta hyvin. (Korhonen 2007, 32)

Layoutin suunnittelussa voidaan käyttää laskentamalleja, jotka minimoivat materiaalien käsittelyyn liittyvät kustannukset. Materiaalien käsittelystä aiheutuvat kokonaiskustannukset voidaan laskea tietyn kaavan avulla, jossa muuttujia ovat: työpisteiden lukumäärä, työpisteiden välisten kuljetusten määrä ja kustannukset sekä työpisteiden välinen etäisyys. (Korhonen 2007, 32)

Optimaalinen layoutratkaisu löydetään kokeilemalla eri vaihtoehtoja ja laskemalla kokonaiskustannukset. Funktionaalisen layoutin suunnittelussa voidaan käyttää myös graafisia ja tietokonepohjaisia apukeinoja. (Korhonen 2007, 33)

Funktionaalisen layoutin toteuttaminen on yleensä helppo ja halpa ratkaisu, joskin töiden kulkukaavioiden suunnittelu aiheuttaa haasteita tuotannosta vastaaville henkilöille. Kapasiteetin kasvattaminen ja joustava tuotanto on mahdollista pienin kuluin eikä layout ole haavoittuvainen, konerikon tai muun häiriön sattuessa, kuten esimerkiksi tuotantolinja. Tuottavuus on kuitenkin linjaan verrattuna pienempi ja kesken-eräisen tuotannon määrä sekä materiaalien käsittelykulut ovat suuremmat. (Korhonen 2007, 33)

5.2 Tuotantolinja

Tuotantolinjassa koneet ja työpisteet ovat valmistettavan tuotteen työkulun mukaisessa järjestyksessä ja linja on erikoistunut tietyn tuotteen valmistamiseen. Toiminta on tehokasta ja automatisoitua sekä työnkulku on suoraviivaista ja työvaiheiden välillä tuote liikkuu kuljettimilla. (Korhonen 2007, 33)

Tuotantolinjan suunnittelussa täytyy huolehtia siitä, että linjan työvaiheet tasapainotetaan keskenään. Kuormituksen tasapainottaminen tarkoittaa peräkkäisten työvaiheiden valmistusnopeuden ja – määrän tasaamista koko linjan osalta siten, että jokainen työpiste suoriutuu omasta tehtävästään siten, ettei seisokkeja linjan muissa osissa tapahdu. Työpisteiden käyttöasteet pyritään maksimoimaan ja joutoaika pyritään minimoimaan. Ideaali tilanteessa kunkin työpisteen tekemiseen kuluva aika on yhtä suuri kuin tahtiaika. Jos jokin työpiste tekee oman osuutensa muita nopeammin, tuotantolinja ei ole tasapainossa. (Korhonen 2007, 33)

Tuotantolinjan rakentamisen edellytyksenä on valmistettavan tuotteen suuri volyyymi ja näin linjan suuri kuormitusaste. Linjan investointikustannukset ovat suuret, koneiden käyttöasteet ovat korkeat, mutta materiaalien käsittelykulut ovat pienet. Kapasiteetin kasvattaminen on kuitenkin vaikeaa. Tuotantolinjat ovat haavoittuvaisia konerikkojen sattuessa, koska yhden koneen rikkoutuessa koko linja pysähtyy. Joustamattomuus ja pitkät tuotantosarjat ovat tyypillisiä pitkien työnvaihtoaikojen takia. (Korhonen 2007, 33)

5.3 Tuotantosolut

Tuotantosolu on itsenäinen, erilaisista koneista tai työpisteistä koottu ryhmä, joka on erikoistunut tiettyjen osien valmistamiseen tai työvaiheiden suorittamiseen. Solujen sisällä koneet on järjestetty lähelle toisiaan ja materiaalit liikkuvat helposti ja nopeasti työvaiheesta toiseen. Sarjakoot valmistuksessa ovat yleensä pieniä ja keskeneräisen tuotannon määrä ja varastoinnin tarve ovat vähäisiä. Valmistuksen läpimenoaika on lyhyt ja tuotanto on joustavaa. Solulayouttiin liittyy sekä tuotantolinjan, että funktionaalisen layoutin etuja. (Korhonen 2007, 34)

Yleisin solulayoutin muoto on U-linjasolu, jossa koneet on aseteltu siten, että ne muodostavat u-kirjaimen muotoisen ryhmityksen. Työntekijä voi tehdä u-solussa useita eri tehtäviä ja siirtyä helposti työvaiheesta toiseen. (Korhonen 2007, 34)

Solutuotantoon liittyy käsite ryhmäteknologia, jonka mukaan samantyyppisten osien, joiden valmistusmenetelmät ovat samankaltaiset, ryhmitellään osaperheiksi. Ryhmäteknologiaa käyttäen voidaan layouttia suunniteltaessa määrittää, mitkä osat valmistetaan missäkin solussa. (Korhonen 2007, 34)

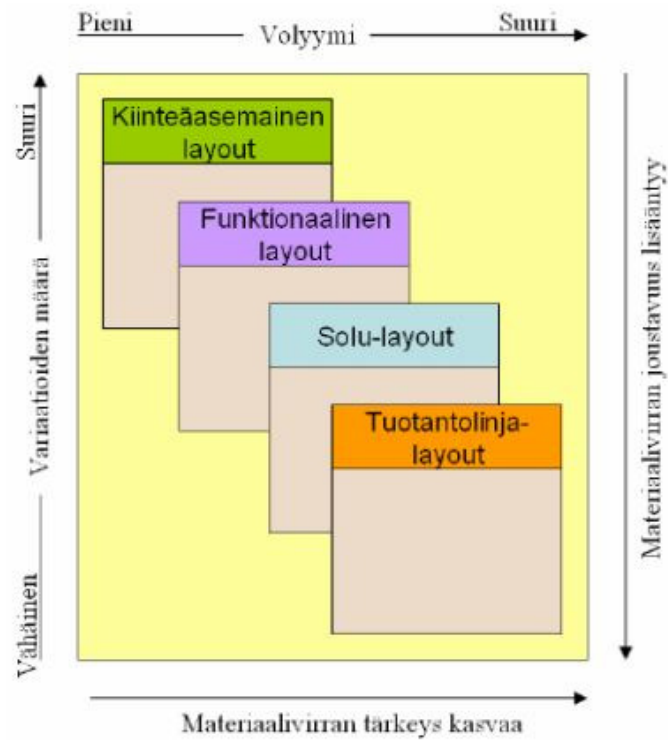
5.4 Kiinteä tuotantopaikka

Kiinteä tuotantopaikka on layouttityyppi, jossa työntekijät, materiaalit ja tuotantovälineet liikkuvat valmistettavan tuotteen pysyessä paikallaan. Kiinteää layouttia käytetään suurissa rakennusprojekteissa. Kiinteä tuotantopaikka minimoi keskeneräisen työn siirrot paikasta toiseen. (Korhonen 2007, 34)

5.5 Layout-tyypin valinta

Layout-tyypin valinta määrittyy tuotevalikoiman suuruuden ja tehtävien tuotteiden määrän perusteella. Kun samantyyppisiä tuotteita valmistetaan suuria määriä, valitaan layouttityypiksi tuotantolinja. Funktionaalinen layout on valitsemisen arvoinen vaihtoehto, kun tuotetyyppien määrä on suuri, mutta itse tuotantomäärät ovat pienet. Solulayout on paras valinta, kun valmistetaan erityyppisiä tuotteita toistuvasti, mutta ei kuitenkaan niin runsaasti, että tuotantolinjan rakentaminen olisi kannattavaa. Eri-tyyppisten tuotteiden valmistaminen on joustavampaa soluissa kuin tuotantolinjassa. (Kytölä 2012, 14)

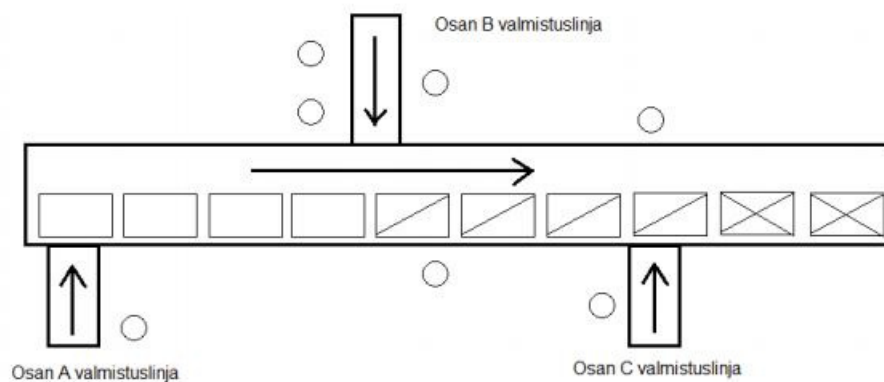
Layout-tyypin valintaa voidaan tarkastella tuote – määrä analyysin avulla (kuva 8).



Kuva 8. Tuote – määrä analyysi (Viitaniemi 2009, 14)

6 KOKOONPANOLINJAN LAYOUT-SUUNNITTELU

Työn kokoonpanolinja koostuu kolmesta moduulikokoonpanoasemasta, josta kokoonpanot siirretään kahdelle loppukokoonpanoasemalle. Suuren volyymin sekä vähäisten malli vaihteluiden myötä layout-tyypiksi on valittu tuotantolinja layout.

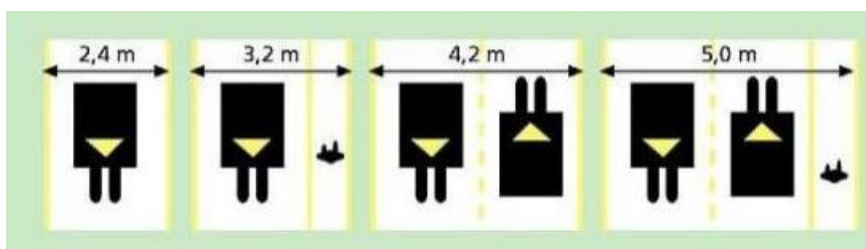


Kuva9. Tuotantolinja-layout (Haverila ym. 2005, 476)

Kokoonpanoasemat suunnitellaan suorakulmaisiksi sekä mahdollisuuksien mukaan sijoitetaan lähelle rakennuksen tukipilareita nosturiratoja varten. Moduuliasemat 1-3 sijoitetaan niin, että valmiin kokoonpanon siirtäminen loppukokoonpanoasemalla olisi mahdollisimman vaivatonta. Loppukokoonpanosta valmis tuote tulisi saada suoraan ovesta ulos.

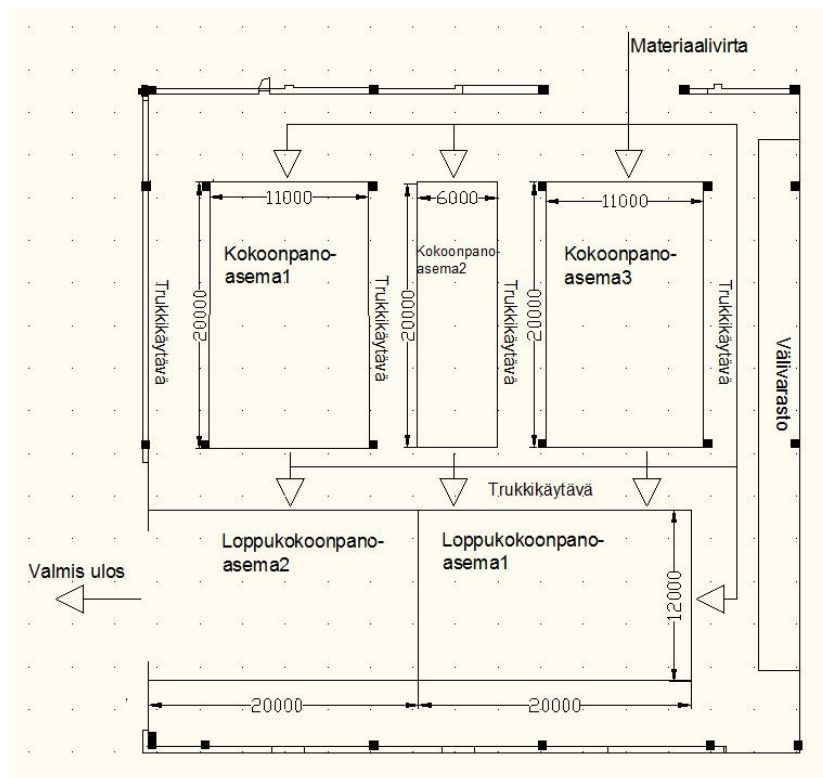
Layout:iin tuli myös mahdollistaa varastotilaa tuotannon vaihteluiden takia. Materiaalivirran joustavuuden takia itse kokoonpanoasemille ei haluttu varasto-aluetta, jolloin ylimäärä- sekä ylijäämäosat säilytetään välivarastossa. Itse asemalla säilytetään ainoastaan yhden työvuoron, kahdeksan tunnin, osatarpeet. Asemien materiaalinhallinta on talon sisäisen logistiikan tehtävä.

Jokaisen kokoonpanoaseman osat täytetään ylhäältä sekä molemmilta sivuilta trukeilla. Näille alueille tulee varata tilaa trukkikäytävälle.(Kuva10)



Kuva10. Trukkiväylän mitoitus (Intolog www-sivut, 2015)

Näillä lähtötiedoilla tein kokoonpanolinjan layout-suunnitelman tehdashalliin, jonka mitat ovat 50x50m sekä korkeus 10m. (kuva11).



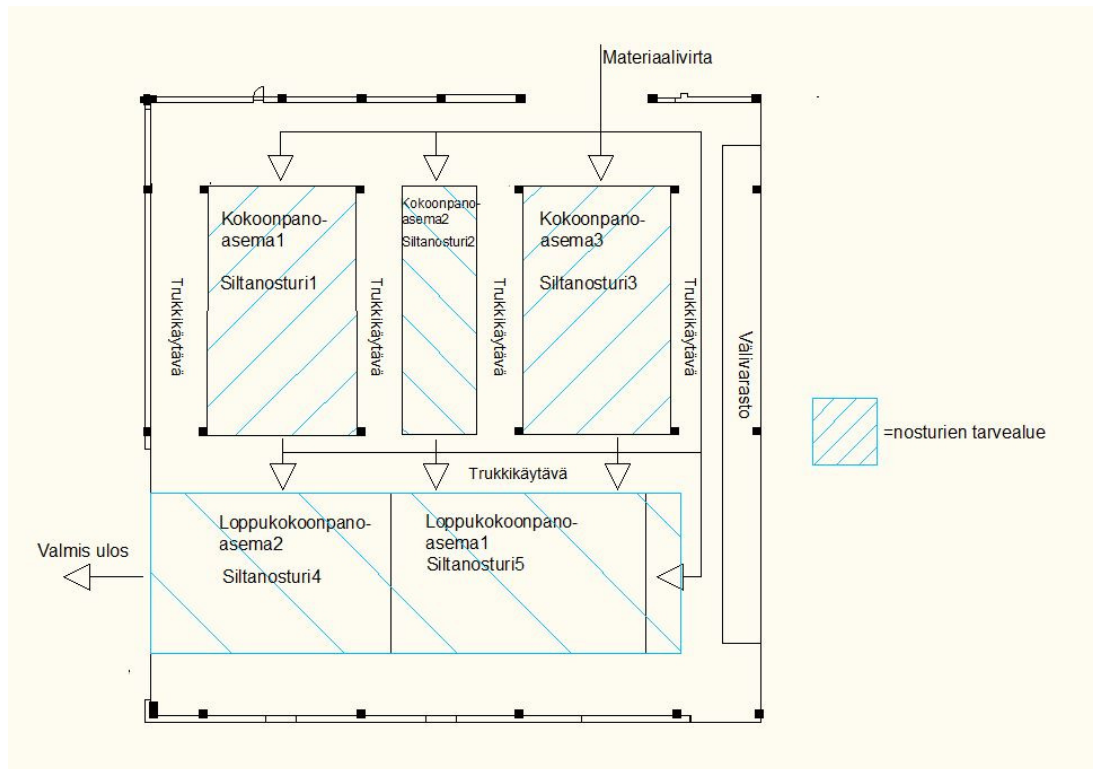
Kuva 11. Kokoonpanohallin layout-suunnitelma.

Tämän layout:n etuja ovat selkeät materiaalivirrat, lyhyet etäisyydet sekä hyvä tilankäyttö.

6.1 Siltanosturien layout-suunnitelma

Kun kokoonpanolinjan layout on tehty, määritetään siltanosturien tarve alueelle. Nosturi layout-suunnitelmassa otetaan kantaa nosturien lukumäärään sekä sijoitteluun. Myöhemmin tehdään tarkemmat asemakohtaiset nosturisuunnitelmat.

Nosturi layout:n helppo suunnittelu on merkki hyvin suunnitellusta layout:sta. Suorakulmaiset työasemat sekä asemien sijoittelu rakennuksen pilarien suhteen antavat melko yksikäsitteisen nosturisuunnitelman. (Kuva 12)



Kuva12. Tuotannon nosturi layout.

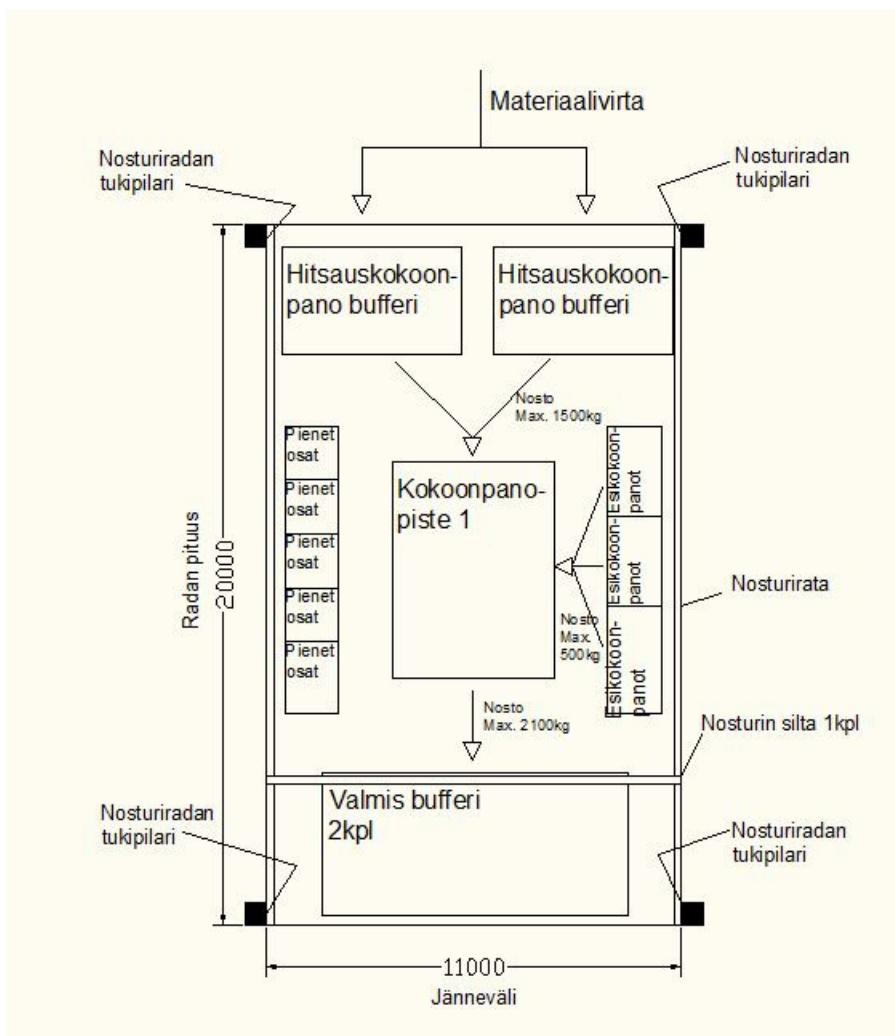
Nosturi layout:ssa nosturit on sijoitettu kattamaan kokoonpanoasemat. Muut siirrot asemille ja asemien välillä tapahtuu trukien avulla. Pullonkaulaksi tässä suunnitelmassa voi muodostua siirto kokoonpanoasemien sekä loppukokoonpanon välillä, joka on suunniteltu trukilla tehtäväksi.

Asemille 1-3 määritetään yhteinen nosturiradan korkeus korkeimman nostotarpeen mukaan. Näin tulevat layout muutokset ovat nosturien osalta yksiselitteisempiä. Nosturiradan minimi korkeus on suunniteltu olevan 6 metriä.

Loppukokoonpanoasemille vaaditaan korkeampi alue ja nosturiratojen korkeus on suunniteltu 8 metriin.

6.1.1 Kokoonpanoasema 1

Asemakohtaisessa nosturisuunnittelussa on otettu tarkemmin kantaa nosturin mitoittamiseen. Suunnitelmasta käy ilmi asemalla tehtävät nostot, ratojen sijainti, siltojen lukumäärä sekä pituus (=jänneväli).



Kuva13. Kokoonpanoasema 1 nosturi layout

Aseman nostot on suunniteltu siten, että suurin osa kuorman siirtelystä tapahtuu sillan liikkeellä kuvan13 ylä-ala suunnassa. Ainoastaan esikokoonpanot nostetaan sivulta vaunun sivuttaisliikkeen avulla.

Yläpuolinen siltanosturi on sijoitettu tukipilarien sisäpuolella oleville nosturiradoille. Esikokoonpanot on sijoitettu siten, että vaunun liike poikittaissuunnassa riittää koko nostoalueelle.

Jokaisen noston maksimikuorma on määritelty erikseen, mutta määräävä maksimikuorma on 2100kg. Useimmiten siltanosturit mitoitetaan 1000kg välein, jolloin asemalla tarvittaisiin 3t nosturi. Mahdollisuuksien mukaan kuitenkin 2,5t nosturi on riittävä.

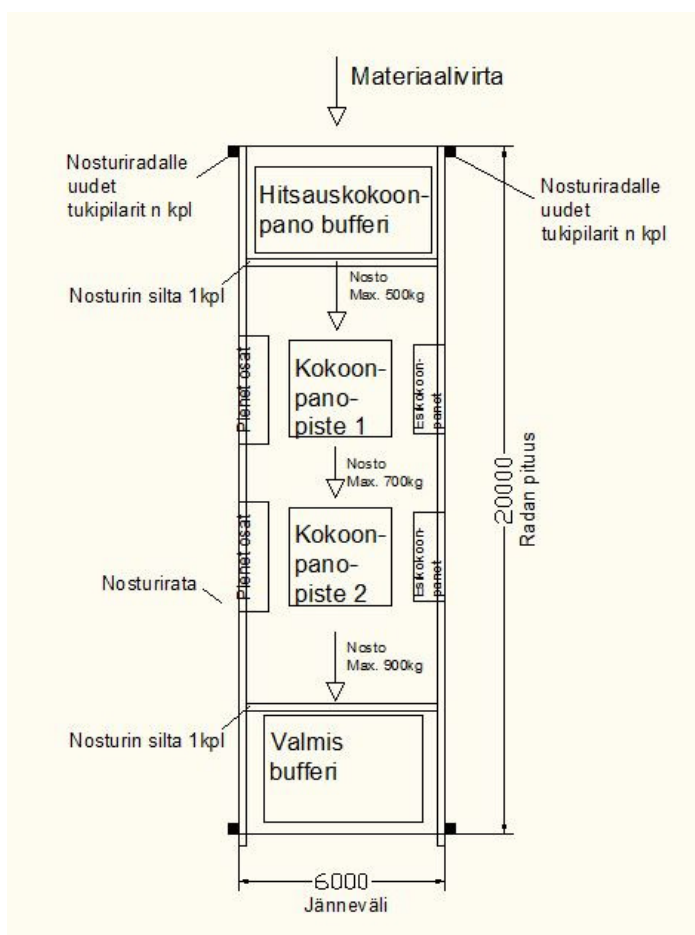
Asema1 nosturi hankinnat:

- yläpuolinen siltanosturi 2,5t, jänneväli 11m
- nosturirata 2,5t nosturille, pituus 20m

6.1.2 Kokoonpanoasema 2

Kokoonpanoasema 2 suunniteltiin kapeammaksi kuin muut asemat. Molemmien puolisten trukkiäylien takia asemaa ei saatu myöskään valmiiden pilarien läheisyyteen. Nosturin käytettävyyden kannalta nosturiradasta (jännevälillä) ei haluttu ylileveää, joten radalle tarvitsee pystyttää omat tukipilarit. Siltanosturien laitevalmistaja mitoittaa ja asentaa pilarit muiden asennusten yhteydessä. Laitevalmistaja antaa mitoituksen perusteena myös ehdotuksen tukipilarien koosta sekä määrästä.

Jotta aseman tilankäyttö poikittaissuunnassa saataisiin hyödynnettyä kokonaan, on alueelle suunniteltu alapuolinen siltanosturi. Myös kevyehköt kuormat puoltavat kyseistä nosturityyppiä.



Kuva14. Kokoonpanoasema 2 nosturi layout

Radalle on suunniteltu kaksi siltaa molempien kokoonpanopisteiden samanaikaista operointia varten. Törmäysten estämiseksi sillat varustetaan ao. rajakytkimillä. Molemmat sillat sekä nosturirata mitoitetaan raskaimman kuorman 900kg:n mukaan 1000kg nostureiksi.

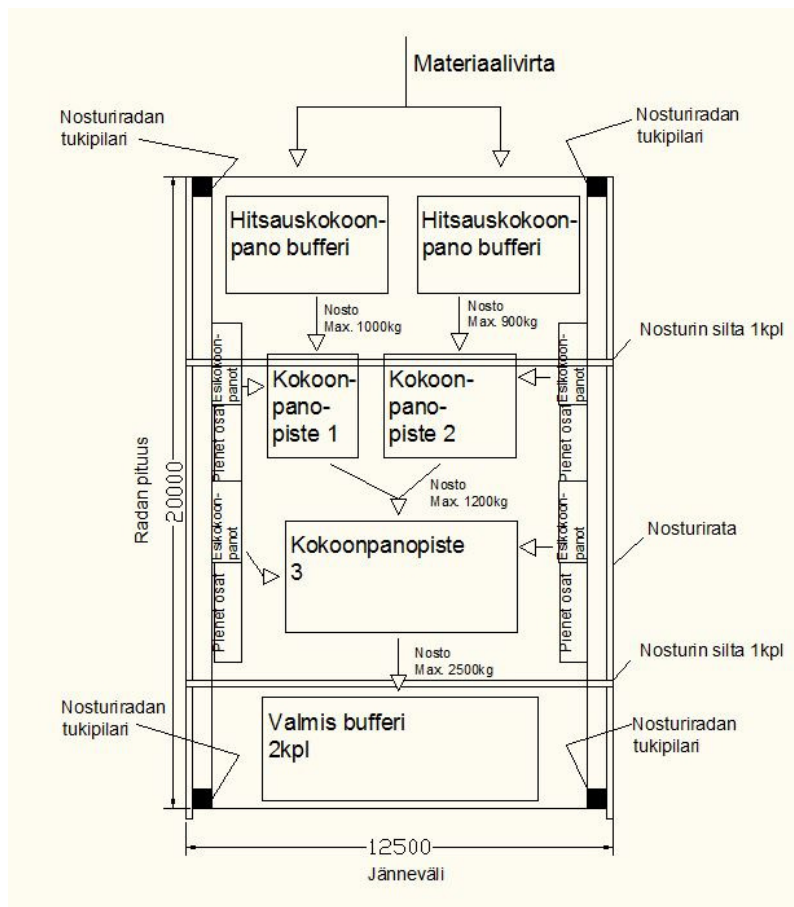
Asema 2 nosturi hankinnat:

- 2x 1000kg siltanosturi, jänneväli 6m
- Nosturirata 2x1000kg siltanosturille, pituus 20m
- Tukipilarit nosturiradalle

6.1.3 Kokoonpanoasema 3

Kokoonpanoasema 3 suunniteltiin samankokoiseen tolppaväliin ensimmäisen aseman kanssa. Poikittaissuunnassa asema 3 on kuitenkin ahtaampi verrattuna ensimmäiseen asemaan, jolloin jänneväliä jouduttiin kasvattamaan ja ratojen kiinnitys siirrettiin tukipilarien ulkopuolelle. Tämä rajoittaa sillan liikettä pitkittäissuunnassa tukipilarien kohdalla, mutta tila kuitenkin sallii tämän.

Myös tälle alueelle suunniteltiin kahta siltanosturia samalle radalle. Näin kaikilla kokoonpanopisteillä voidaan työskennellä samanaikaisesti. Molemmat nosturit mitoitetaan raskaimman kuorman 2500kg mukaan, jolloin häiriötilanteessa pystytään ope-roimaan koko asemaa yhdelläkin nosturilla.



Kuva15. Kokoonpanoasema 3 nosturi layout

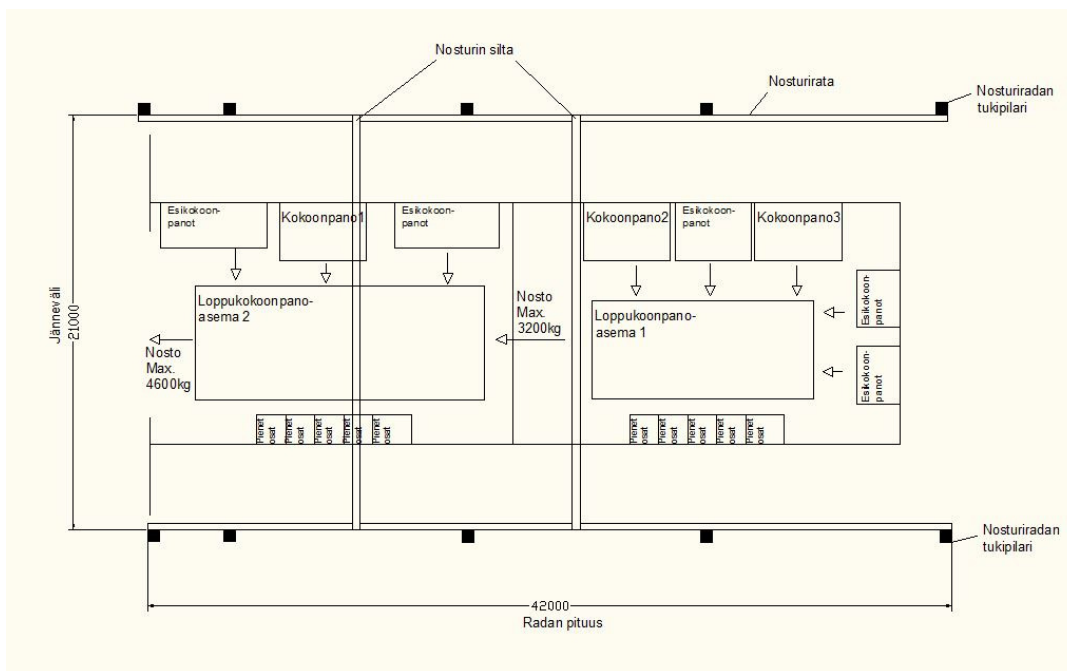
Asema 3 nosturi hankinnat:

- 2 x 3000kg siltanosturi, 12,5m jänneväli
- Nosturirata 2 x 3000kg siltanosturille, pituus 20m

6.1.4 Loppukokoonpanoasemat

Loppukokoonpanossa haluttiin asemien siltanosturit yhdistää samalle radalle. Nostureihin asennetaan rajakytkimet törmäysten estämiseksi. Materiaalinvirtaus suunta on poikittaissuunnassa oikealta vasemmalle, jonka suuntaiseksi myös rata haluttiin. Rata suunniteltiin ylläleveys rakennuksen tukipilarien väliin, ettei alueelle tarvitse asentaa ylimääräisiä tukipilareita.

Alueen suurin nosto on 4600 kg ja tämän mukaan molemmat sillat mitoitetaan 5000 kg nostureiksi.



Kuva16. Loppukokoonpano nosturi layout

Loppukokoonpanon nosturi hankinnat:

- 2 x 5000kg siltanosturi, jänneväli 21m
- Nosturirata 2 x 5000kg nosturille, pituus 42m

6.2 Siltanosturien hankinta

Edellä määritellyistä siltanostureista tehdään tekninen erittely sekä tarjouspyyntö, jotka lähetetään laitevalmistajille. Tekniseen erittelyyn on koottu nosturien teknisiä sekä yleisiä vaatimuksia nosturien suunnittelua varten, kuten:

- mitoituserusteet sekä mitoitus

- varusteet
- sähkölaitteet
- materiaalimerkinnot ja aineodistukset
- asennus
- käyttöönotto
- koekäyttö
- varaosat
- pintakäsittely
- toimitusehdot

Tekninen erittely lisätään osaksi laitevalmistajille lähetettävää tarjouspyyntöä. Tarjouspyyntöön määritellään esimerkiksi hankinnan kohde, toimitustapa, takuut sekä vakuudet, maksuehdot sekä tarjouksen voimassaoloaika sekä – sisältö.

6.2.1 Asennus ja käyttöönotto

Työn siltanosturit ostetaan avaimet käteen periaatteella. Laitevalmistaja hoitaa nosturien, nosturiratojen sekä tukipilareiden asennukset, viritykset, käyttöönoton sekä koekäytön.

7 TULOKSET

Työn tuloksena saatiin asemakohtaiset nosturisuunnitelmat, joiden avulla nosturien hankintaprosessia saadaan vietyä eteenpäin.

Yksi tavoite oli myös hankkia lisätietoa siltanostureiden rakenteesta sekä mitoitusperusteita, joka saavutettiin hyvin.

LÄHTEET

Aaltio, E. 1977. Nosturiradat. Teoksessa Teräsrakenteet RIL 113. Jyväskylä: Suomen Rakennusinsinöörien liitto ry. 205, 210

Aaltonen, A. 2008. Nostureiden yhteiskäytön tuotteistaminen. Viitattu 27.05.2015. <https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/9782/Aaltonen.Antti.pdf?sequence=2>

Aluehallintovirasto: teollisuuden nosturit, yleisohjeet tarkastukselle, 2013. Viitattu 29.05.2015 <http://www.tyosuojelu.fi/upload/130705%20Teollisuusnosturit%20-%20tarkastusohjeet.pdf>

Dearborncrane www-sivut. Viitattu 26.05.2015. http://www.dearborncrane.com/crane_buyers_guide/bridge_cranes.htm.

Demag www-sivut. Viitattu 20.05.2015. <http://www.demagcranes.us/cms/site/us/process-overhead-cranes>

Erikkilän www-sivut. Viitattu 24.05.2015. <http://www.erikkila.com/fi/tuotteet/spartan-teollisuusnosturit>.

Halminen, Arto, 2007. Johdatus nosturitekniikkaan (Konecranes)

Haverila, M.J., Uusi-Rauva, E., Kouri, I. & Miettinen, A. 2005. Teollisuustalous. Tampere: Infacs Oy

Intolog www-sivut. Viitattu 30.05.2015 <http://www.intolog.fi/fi/ratkaisut+ja+esimerkit/suunnitteluohjeet/trukkikaytavan+mitoitus/>

Kaartinen, I. 2013. Työturvallisuusasioiden hallinta - nostolaitteet ja nostoapuvälineet. Viitattu 29.05.2015. http://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/54241/Kaartinen_Ilkka.pdf?sequence=1

Korhonen, M. 2007. Tuotannonjohtamismallin kehittäminen ja layout-suunnittelu. Viitattu 25.05.15. <http://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/7981/TKO4IMarkkuK.pdf?sequence=1>

Kytölä, E-P. 2012. Layout-suunnittelu ja 5s:n läpivienti metallialan yrityksessä. Viitattu 26.05.2015. http://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/41140/Kytola_Erkka-Pekka.pdf?sequence=1

Ryti, H. ym. 1980. Tekniikan käsikirja : 8, Koneensuunnitteluoppi.

Työsuojeluhallinto: nostoapuvälineet, turvallisuus, Tampere 2010 työsuojeluoppaita ja -ohjeita 12 http://tyosuojelujulkaisut.wshop.fi/documents/2011/01/TSO_12.pdf

Vartiainen, M. 2013. ASRS-nostureiden tuotteistaminen ja sähkösuunnittelun automatisointi. Viitattu 18.05.2015.
https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/57862/Vartiainen_Mika.pdf?sequence=1

Viitaniemi, I. 2009. Tuulivoimalan tornin valmistuksen tehostaminen layout-suunnittelun keinoin. Viitattu 30.05.2015.
<http://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/91647/Viitaniemi%20Ilmari%20Tuulivoimalan%20tornin%20valmistuksen%20tehostaminen%20layout-suunnittelun%20keinoin%20.pdf?sequence=2>

LIITE1

