



# LUMIESTEPUTKEN SUPISTUKSEN AUTOMATISOINTI

Lauri Pelanteri

Opinnäytetyö  
Toukokuu 2011  
Kone- ja tuotantotekniikka  
Modernit tuotantojärjestelmät  
Tampereen ammattikorkeakoulu

## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Kone- ja tuotantotekniikka  
Modernit tuotantojärjestelmät

PELANTERI, LAURI: Lumiesteputken supistuksen automatisointi

Opinnäytetyö 48 s., liitteet 3 s.  
Toukokuu 2011

---

Kattoturvatuotteisiin kuuluva lumiesteputki asennetaan kiinnikkeiden avulla rakennusten katoille estämään lumen ja jään putoamista katolta. Lumiesteputket ovat kolme metriä pitkiä, jotka liitetään toisiinsa tekemällä putken toiseen päähän supistus. Nykyinen putkensupistuksen työvaihe on täysin manuaalinen, joka halutaan automatisoida. Automatisoinnin tarkoituksena on kasvattaa nykyistä valmistuskapasiteettia ja alentaa valmistuskustannuksia sekä samalla korvata nykyinen monotoninen ja hidas työvaihe.

Tässä opinnäytetyössä suunniteltiin automaattinen syöttö- ja purkulaite lumiesteputken supistamiseen sekä automaattinen lavanvaihto putkien pakkaukseen. Työn alussa suunniteltiin perustoiminta, jonka perusteella tehtiin mekaniikan suunnittelu ja automaation suunnittelu perustasolla. Automaation toiminnan perusteella laitteelle laskettiin teoreettinen uusi valmistuskapasiteetti ja miestyötarve. Hankintakustannusten arvion ja lasketun kapasiteetin perusteilla tehtiin investointilaskelmat.

Työn tuloksena saatiin suunniteltua ja mallinnettua perustoiminnan perusteella laitteen runko ja siihen kiinnitettävät osat. Automaation suunnittelussa mitoitettiin tarvittavat toimilaitteet ja komponentit sekä suunniteltiin automaation toiminta. Investointilaskelmat laskettiin valmistuskapasiteetin kasvun, valmistuskustannusten alenemisen ja hankintakustannusten perusteella. Laskumenetelmänä käytettiin takaisinmaksuajan menetelmää. Tulosten perusteella valmistuskapasiteetti kasvaa, valmistuskustannukset pienenevät ja miestyötarve vähenee.

---

Asiasanat: kattoturvatuote, lumiesteputki, putkensupistus, automaatio

## ABSTRAKTI

Tampere University of Applied Sciences  
Mechanical and Production Engineering  
Modern Production Systems

PELANTERI, LAURI: Reduction of snow guard pipe automation

Thesis 48 pages, appendices 3 pages  
May 2011

---

Snow guard pipes are set up on roofs by fasteners to stop snow and ice falling down. The other end of the pipe has to be reduced that two pipes can be connected. The current working method is fully manual process which is wanted to automate. The purpose of the automation is to increase the production capacity and to decrease the costs of the manufactures.

The purpose of this thesis was to design an automatic machine to reduce the snow guard pipe and automatic pallet changer. At the beginning is designed the basic operation. Based on the basic operation is designed mechanics and automation on the basic level. Finally is calculated the capacity and a repayment period of the machine. Investment calculations are made based on approximation of the purchase costs and the capacity calculation.

The result was designed and modeled frame of the machine and fixable parts to it. Necessary operation devices, components and operation of the automation were designed in automation. Investment calculations were calculated based on increase of the production capacity, decrease of the production costs and the purchase costs. The calculation method was the term of payback. Based on the result production capacity increases costs of the purchases decrease and need of the man power decrease.

---

Key words: snow guard pipe, pipe reducing, automation

## SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ.....	2
ABSTRAKTI.....	3
1 JOHDANTO.....	5
2 LAPUAN PIRISTEEL OY.....	6
3 LUMIESTE.....	7
4 NYKYINEN TOIMINTATAPA.....	8
5 TYÖN TAVOITTEET JA VAATIMUKSET.....	10
6 KONEAUTOMAATIOPROJEKTI.....	11
6.1 Mekaaniset rakenneosat.....	12
6.2 Turvallisuusmääräykset.....	13
7 INVESTOINTIPÄÄTÖKSET JA -LASKELMAT.....	14
8 AIVORIIHI.....	15
9 MENETELMIEN, OSIEN JA KOMPONENTTIEN VALINTA.....	16
10 LUMIESTEPUTKEN SUPISTUSKONE.....	17
10.1 Perustoiminta.....	17
10.1.1 Materiaalin liikkuminen.....	17
10.1.2 Supistusvaihe.....	18
10.1.3 Materiaalin lataus ja purku.....	20
10.2 Mekaniikka.....	20
10.2.1 Runko ja rungon mitoitus.....	21
10.2.2 Runkoon kiinnitetyt ohjaavat osat.....	23
10.2.3 Putken pään kohdistus.....	26
10.2.4 Putken nosto supistimen eteen.....	27
10.2.5 Putken siirto supistimeen.....	28
10.2.6 Putken pään tasaus lavalla.....	29
10.3 Toiminnassa käytettävät lavat.....	31
10.4 Automaatio.....	32
10.4.1 Komponenttien mitoitus.....	32
10.4.2 Komponenttien valinta.....	33
10.4.3 Automaation toiminta.....	36
10.4.4 Kuljettimen toiminta.....	39
10.4.5 Valvonta.....	41
10.5 Layout.....	42
11 KAPASITEETTI- JA INVESTOINTILASKELMAT.....	43
11.1 Kapasiteetilaskelmat.....	43
11.2 Investointilaskelmat.....	44
12 YHTEENVETO.....	46
LÄHTEET.....	47
LIITTEET.....	48

## 1 JOHDANTO

Kattoturvatuotteisiin kuuluva lumiesteputki on yksi Lapuan Piristeel Oy:n tuotantoon kuuluva tuote. Putket toimitetaan supistamattomina yritykseen, jossa putki supistetaan ja sen jälkeen yleensä maalataan, ennen tuotteen toimittamista asiakkaille. Pintakäsittelyä ei tehdä putkille, mikäli asiakas haluaa putket sinkittynä.

Nykyinen putkensupistuksen työvaihe on täysin manuaalinen, joka on päätetty automatisoida. Putkien vuosimenekki on kasvanut runsaasti, että työvaiheen automatisointi on tullut ajankohtaiseksi. Syitä automaation käyttöön ovat tuotteen valmistuksen suuri volyymi, kustannusten alentaminen, valmistuskapasiteetin lisääminen sekä ihmisen siirtäminen pois monotonisesta työvaiheesta.

Opinnäytetyön tarkoituksena on suunnitella lumiesteputken supistukseen automaattinen syöttö- ja purkulaite sekä automaattinen lavanvaihto putkien pakkaukseen. Suunniteltavan laitteen tarkoituksena ja vaatimuksena on kasvattaa valmistuskapasiteettiä ja alentaa valmistuskustannuksia sekä samalla korvata epämiellyttävä ja hidas työvaihe.

Opinnäytetyöhön sisältyy koneen perustoiminnan suunnittelu, mekaniikan suunnittelu ja automaation suunnittelu perustasolla sekä automaattisen lavanvaihdon suunnittelu teoriatasolla. Lisäksi työssä arvioidaan suunnitellun laitteen valmistuskapasiteetti, miestyötarve ja takaisinmaksuaika tulevalle investoinnille.

## 2 LAPUAN PIRISTEEL OY

Lapuan Piristeel Oy on Etelä-Pohjanmaalla toimiva sadevesijärjestelmiä ja kattoturvatuotteita valmistava metallialan yritys. Yritys toimittaa tuotteita yli 30 vuoden kokemuksella ja on tällä hetkellä Suomen johtava kattoturvatuotteiden ja sadevesijärjestelmien tukkutoimittaja. Lapuan Piristeel Oy toimii myös osaajana ohutlevyalalla ja tekee alihankintatöitä levyntyöstöstä pintakäsittelyyn asti. (Lapuan Piristeel Oy 2005.)

Lapuan Piristeel Oy:n tuotteet tunnistaa Pisko-tuotemerkillä. Tuotteet soveltuvat niin asuinrakentamiseen kuin teollisuuden rakentamiseenkin. Tyypillisimpiä tuotteita ovat kantiset ja pyöreät sadevesijärjestelmät, seinä- ja lapetikkaat, lumiesteet sekä kattosillat. Tuotteiden jälleenmyyjä löytyy koko maan kattavasti. (Lapuan Piristeel Oy 2005.)

Yritys toimii kolmessa eri toimipisteessä. Päätoimipaikka sijaitsee Lapualla, jonka yhteydessä toimii myös yrityksen pulverimaalaamo. Lapualla sijaitsee myös toinen toimipiste, jossa valmistetaan tikkaat, tikkaiden kiinnitysosat ja kattosillat. Kolmas toimipiste sijaitsee Kauhavalla noin 20 kilometrin etäisyydellä päätoimipaikasta, jossa tehdään alihankintatuotantoa levyntyöstökeskuksella ja särmäyspuristimilla sekä yrityksen omien tuotteiden valmistusta ja kokoonpanoa. (Lapuan Piristeel Oy 2005.)

Lapuan Piristeel Oy:n arvoja ovat asiakastyytyväisyys, jatkuva kehittyminen, ammattitaitoinen ja hyvinvoiva henkilöstö, kannattavuus, korkea laatu sekä osaaminen. Arvoja noudattamalla yritys pyrkii tarjoamaan laadukkaita tuotteita ja palveluita asiakkaille sekä olemaan turvallinen yhteistyökumppani asiakkaille ja turvallinen työnantaja työntekijöille. (Lapuan Piristeel Oy 2005.)

### 3 LUMIESTE

Lumiesteitä käytetään rakennusten katoilla estämään vaaratilanteet, joita lumen ja jään katolta putoaminen saattaa aiheuttaa. Niillä voidaan myös suojata katolla sijaitsevia rakenteita. Lumiesteitä käytetään, kun katon jyrkkyys on 1:8 tai jyrkempi. Lumiesteet sijoitetaan mahdollisimman lähelle räystäitä siten, että esteiden pysäyttämät kuormat kohdistuvat kantaviin rakenteisiin. (Lapuan Piristee Oy 2005.)

Lumiesteputket kiinnitetään katolle eri kattomalleille tarkoitettujen kiinnikkeiden avulla. Lappeensuuntaista kuormitusta lumisteen ja sen kiinnityksen tulee kestää vähintään 5 kN/m. Lumiesteputken pituus on kolme metriä, halkaisija 32 millimetriä ja seinämänvahvuus 1,25 millimetriä. Sen materiaalina käytetään sinkittyä rakennelujuuden omaavaa terästä. Kiinnikkeiden materiaalina käytetään 2,5 millimetrin sinkittyä terästä. (Lapuan Piristee Oy 2005.)



KUVA 1. Lumieste kiinnitettynä katolle (Lapuan Piristee Oy 2005)

#### 4 NYKYINEN TOIMINTATAPA

Lumiesteputki on pituudeltaan kolme metriä, halkaisijaltaan 32 millimetriä ja seinämän vahvuus on 1,25 millimetriä. Yhden putken paino on noin kolme kilogrammaa. Putket liitetään toisiinsa tekemällä putken toiseen päähän supistus (kuva 2). Supistamisessa käytetään hydrauliletkukiinnittimien puristamiseen tarkoitettua Powerco Oy:n valmistamaa puristuskonetta (kuva 3). Supistamattomat putket tulevat toimittajalta 90 putken nipuissa.



KUVA 2. Putkien liitos (Kuva: Lauri Pelanteri 2011)



KUVA 3. Puristuskone (Kuva: Lauri Pelanteri 2011)



Nykyinen toimintatapa on täysin manuaalinen. Toimintatavassa työntekijä ottaa putken välivarastosta, johon supistamattomat putkiniput puretaan, ja työntää putken pään supistimeen, jolloin supistimen sisällä oleva tunnistin antaa supistimelle käskyn tehdä supistusliike. Supistuksen jälkeen putki vedetään ulos ja pakataan yleensä 200 kappaleen lavalle (kuva 4) tai vaihtoehtoisesti myös 40 kappaleen nippuihin. Nykyinen päivän valmistuskapasiteetti on keskimäärin noin 2000 kpl.



KUVA 4. 200 putken lavat (Kuva: Lauri Pelanteri 2011)

Tuotteen vuosimenekki on kasvanut ja nykyinen työmenetelmä on hidas ja yksitoikkoinen, joten automaation käyttö työvaiheessa on perusteltua. Automaation käyttö työvaiheessa helpottaa myös tuotannosuunnittelua tasaisemman tuotannon ansiosta.

## 5 TYÖN TAVOITTEET JA VAATIMUKSET

Opinnäytetyön tavoitteena on suunnitella automaattinen syöttö- ja purkulaite putkensupistukseen sekä automaattinen lavanvaihto putkien pakkaukseen. Tällöin koneenkäyttäjän tehtäviksi jäävät supistamattomien putkinippujen ja tyhjien lavojen lataaminen laitteeseen sekä valmiiden lavojen sitominen ja poistaminen laitteesta. Tavoitteena on suunnitella toimiva ja edullinen ratkaisu supistukseen, jolla korvataan hidas ja yksitoikkoinen työvaihe.

Suunniteltavan laitteen vaatimuksena on, että se pystyy miehittämättömänä valmistamaan kolme tai neljä lavallista supistettuja putkia eli 600-800 putkea. Laite siirtää supistamattomat putket yksitellen supistimeen ja siitä edelleen lavalle. Supistetut putket pakataan 200 putken lavoihin tai vaihtoehtoisesti jigiin, missä putket pakataan 40 kappaleen nippuihin. Täyden lavan vaihto tapahtuu automaattisesti. Valmistuskapasiteetti täytyy olla nykyisen toimintatavan kapasiteettia suurempi ja valmistuskustannukset nykyistä toimintatapaa pienemmät.

Tavoitteena on perustoiminnan suunnittelun perusteella suunnitella ja mallintaa laitteen runko ja muut tarvittavat osat, mitoittaa ja valita materiaalin liikuttamisessa käytettävät toimilaitteet ja komponentit sekä suunnitella automaatio perustasolla ja kuljettimen toiminta teoriatasolla. Lisäksi arvioidaan ja lasketaan teoreettinen uusi päivän valmistuskapasiteetti sekä takaisinmaksuaika laitteelle.

## 6 KONEAUTOMAATIOPROJEKTI

Automaattisen koneen suunnittelussa suunnittelijan tulee tuntea koneensuunnittelu, pneumatiikka sekä ohjaus- ja tietotekniikka. Koneautomaatiosuunnittelussa yhdistetään edellä mainitut osa-alueet toimivaksi kokonaisuudeksi. Yleensä automaattisen koneen suunnittelu ja toteuttaminen on kertaluontoinen projekti. Projekteissa tulee osata hallita teknisten asioiden lisäksi aika-, kustannus- ja resurssisuunnittelua. (Ellman, Hautanen, Järvinen & Simpura 2002, 161.)

Laitteen tai koneen suunnittelun peruskriteereinä tulee olla, että se on mahdollisimman yksinkertainen, luotettava, tehokas, turvallinen, valmistus- ja käyttökustannuksiltaan edullinen sekä helposti kunnossapidettävä. Nämä kriteerit riippuvat toisistaan. Laite on sitä yksinkertaisempi mitä vähemmän siinä on osia. Tällöin myös luotettavuus on parempi ja valmistus edullisempi. Tehokkuuteen vaikuttaa laitteen hyvä käytettävyys, jolloin se on yleensä myös turvallinen. (Ellman ym. 2002, 162.)

Pneumatiikan avulla saadaan helposti ja edullisesti aikaan lineaarisia liikkeitä, jonka vuoksi sitä käytetään laajasti automaatioissa. Komponenttien eri valmistajien tuotteet ovat vaihtokelpoisia keskenään ja ne ovat pitkälle standardoituja. Pneumaattisilla toimilaitteilla voidaan tehdä nopeita liikkeitä, eikä niiden ylikuormittuminen aiheuta ongelmia. Heikkoutena on pienen käyttöpaineen vuoksi melko pienet voimat. (Ellman ym. 2002, 162.)

Automaattisen laitteen tai sen osan suunnittelussa tulee tietää tarkasti haluttu toiminta ja kuinka se toimii muun järjestelmän kanssa. Järjestelmän pneumaattisesta osasta tulee ainakin tietää toimilaitteista, ohjauksesta, ympäristöolosuhteista, käytettävästä paineilmaverkosta, komponenteista ja kustannuksista. (Ellman ym. 2002, 163-164.)

Koneiden ja laitteiden suunnitteluun ja valmistukseen kuuluu paljon kirjallisia dokumentteja. Oleellisinta on tietää mitä dokumentteja tarvitaan ja niitä tulee pystyä hallitsemaan. Suunnittelussa ja valmistuksessa syntyviä dokumentteja ovat muun muassa tekniset dokumentit eli hydraulikka-, pneumatiikka-, sähkö- ja mekaniikkakaaviot, toiminnan sanalliset kuvaukset sekä käyttö ja huolto-ohjeet. (Ellman ym. 2002, 174.)

### 6.1 Mekaaniset rakenneosat

Konetta tai laitetta voidaan verrata ihmiseen siten, että toimilaitteet kuvaavat ihmisen lihaksia, ohjausjärjestelmä aivoja, anturit aisteja sekä luurankoa vastaisi runko ja mekaaniset rakenneosat. Kappaleenkäsittelyyn tarkoitetut automaattiset laitteet ovat yleensä ainutkertaisia. Laitteen kustannukset arvioidaan jakaantuvan tasaisesti suunnittelu-, hankinta- ja valmistuskustannuksiin. Valmiilla mekaanisilla rakenneosilla voidaan vähentää laitteen kustannuksia. (Ellman ym. 2002, 171.)

Valmiit mekanisointiyksiköt ovat testattuja, toimivia laitteita, joiden valmistajat takaavat niiden toiminnan antamiensa toimintarajojen puitteissa. Valmiiden mekanisointiyksiköiden käyttö sopii hyvin kertaluonteisiin automaatioprojekteihin, jolloin suunnittelussa säästetään aikaa. Valmiita mekaanisia rakenneosia ovat muun muassa vaihteet, erilaiset johteet ja runkorakenteet. (Ellman ym. 2002, 171.)

Koneiden ja laitteiden rungot valmistetaan tavallisesti teräksestä hitsaamalla. Kiinnikkeitä ja korvakkeita kiinnitetään toimilaitteita varten sekä kannattimia putkia, letkuja ja johtoa varten. Kuumapursotettuja alumiiniprofiileja voidaan käyttää kevyissä kappaleenkäsittelylaitteissa. Rungon valmistus alkaa suunnittelusta, jolloin runko mitoitetaan ja valitaan sopivat materiaalit. (Ellman ym. 2002, 171.)

## 6.2 Turvallisuusmääräykset

EU-alueella konedirektiivien määräykset määrittelevät uusien käyttöön otettavien koneiden turvallisuutta. Myös Suomen valtioneuvosto on antanut kansallisia määräyksiä koneiden turvallisuudesta. Lisäksi lukuisia kertoja uudistettu työturvallisuuslaki tulee ottaa huomioon uusien koneiden suunnittelussa. (Ellman ym. 2002, 177.)

Koneen suunnittelun tavoitteena on saada kone turvalliseksi koko sen elinkaaren ajaksi. Aina kun ihminen ja kone kohtaavat toiminta-alueella syntyy vaaratilanne. Vaaratilanteiden estämiseksi koneen ja ihmisen toiminta-alueet erotetaan toisistaan. Ihminen osallistuu prosessiin valvomalla sitä tai olemalla osana tuotantoprosessia syöttö- tai vastaanottotehtävissä. (Ellman ym. 2002, 181.)

Kaikki riskit arvioidaan ja vaaratilanteet pyritään ennaltaehkäisemään suunnitteluvaiheessa. Tyypillisiä vaaroja pneumaattisilla toimilaitteilla ovat isku-, takertumis- ja puristumisvaara sekä letkun puhkeaminen tai tiivisteen rikkoutumisen aiheuttama voimakas neste- tai kaasusuihku. Vammoja voivat myös aiheuttaa hydraulikka- tai paineilmaletkun irtoamisesta tai katkeamisesta aiheutuva letkunpäänisku. Rikkoutumiset voivat aiheuttaa myös koneen arvaamattomia ja hallitsemattomia liikkeitä. Paineilmaa käytettäessä tulee kiinnittää huomiota myös meluongelmiin. (Ellman ym. 2002, 182.)

## 7 INVESTOINTIPÄÄTÖKSET JA -LASKELMAT

Investoinnilla tarkoitetaan rahasumman sijoittamista melko pitkäksi aikaa johonkin kohteeseen. Yrityksen täytyy maksaa ensiksi menoja, saadakseen tuloja. Tällöin voitaisiin itse asiassa pitää kaikkia menoja investointeina tulojen saamiseksi. Yleisesti käsite investointi rajataan koskemaan menoja, jotka ovat suuria rahamääriltään ja joiden tulon odotusaika on pitkä. (Neilimo & Uusi-Rauva 2005, 206.)

Investointilaskelmalla selvitetään investointihankkeen edullisuus. Laskelmien perustana ovat markkinoista, investoinnin aiheuttamista kustannuksista ja tuotoista sekä pääomatarpeesta hankitut tai arvioidut tiedot. Tietojenkeruuseen on panostettava sitä enemmän, mitä merkittävämmästä hankkeesta on kysymys. Käytettyjä investointilaskentamenetelmiä ovat nykyarvomenetelmä, annuiteettimenetelmä, sisäisen korkokannan menetelmä, pääoman tuottoastemenetelmä ja takaisinmaksuajan menetelmä. (Neilimo & Uusi-Rauva 2005, 213.)

Yksi opinnäytetyöhön kuuluva asia on investointilaskelmien laskeminen. Opinnäytetyössä selvitetään suunniteltavan laitteen kustannukset sekä takaisinmaksuaja yrityksen mahdolliselle investoinnille.

Takaisinmaksuajan menetelmässä selvitetään aika, jolloin investoinnin nettotuotot ylittävät perushankintakustannukset. Menetelmä on yleisesti käytetty helpon laskennan ansiosta. Takaisinmaksuajan menetelmän laskelmissa puutteena on koron jättäminen pois, joka voidaan kuitenkin tarpeen vaatiessa ottaa huomioon diskonttaustekijää käyttämällä. Menetelmän mukaan nopeiten pääoman takaisin kerryttänyt investointi on edullisin. Se suosii niitä investointeja, joissa sidottu pääoma saadaan nopeasti takaisin. Menetelmä ei kuitenkaan osoita investoinnin kannattavuusvaikutuksia, koska se ei ota huomioon tapahtumia takaisinmaksuajan jälkeen, mutta toimii kuitenkin hyvänä tukena muiden menetelmien tulosten arvioinnissa. (Neilimo & Uusi-Rauva 2005, 223.)

## 8 AIVORIIHI

Opinnäytetyössä suunniteltavan laitteen ideoinnissa käytettiin apuna aivoriihimenetelmää. Aivoriihikokouksiin osallistuvat allekirjoittaneen lisäksi yrityksen päätuotesuunnittelija, joka toimi opinnäytetyön ohjaajana yrityksen puolelta, toimipaikan työnjohtaja sekä satunnaisesti muita yrityksen johto- ja suunnittelutehtäviin kuuluvia henkilöitä.

Aivoriihi on menetelmä ongelmanratkaisuun, jolla tuotetaan ideoita ryhmässä. Se toteutetaan noin 5-12 hengen ryhmässä, joka ideoi ratkaisua ongelmaan tai tilanteeseen. Ryhmän vetäjä kirjaa kaikki esille tulleet ideat ylös. Ideointivaiheessa ei arvioida tai hylätä ideoita. Kerätyt ideat ja ehdotukset arvioidaan erikseen, esimerkiksi seuraavana päivänä, jolloin ideoita karsitaan sekä valitaan parhaat ja toteuttamiskelpoiset ideat. (Helsingin yliopisto 2006).

Aivoriihessä kaikki lennokkaat ja villit ideat ovat tervetulleita. Kaikkien ideoiden ei tarvitse olla järjellisiä ja välittömästi toteuttamiskelpoisia, koska mahdottomalta tuntuvat ideat auttavat irtaantumaan totuilta raiteilta. Irtautuminen on melko vaikeaa, mutta lennokkaista ideoista on kuitenkin helppo palata käytäntöön. Lennokas vaihe ideoinnista on osoittautunut välttämättömäksi, jotta löydettäisiin todella hyvä ratkaisu, joka ratkaisee monta asiaa kerralla. Tärkeää on, että ideoita tuotetaan paljon. Mitä enemmän ideoita on, sitä todennäköisempää on, että joukossa on hyviä toteuttamiskelpoisia ideoita. (Helsingin yliopisto 2006).

Aivoriihimalleista on olemassa paljon erilaisia muunnelmia, joiden päämäärä on sama, mutta menetelmät päämäärän saavuttamiseksi poikkeavat toisistaan. Tavanomaisimmassa aivoriihessä ideointi alkaa vapaalla ideoinnilla. Tällöin ideoita ei tarvitse perustella eikä missään nimessä arvioida. Seuraavassa vaiheessa aikaansaatuja ideoita tarkastellaan kriittisesti ja arvioidaan, jonka jälkeen valitaan hyvät toteuttamiskelpoiset ideat. (Helsingin yliopisto 2006).

## 9 MENETELMIEN, OSIEN JA KOMPONENTTIEN VALINTA

Opinnäytetyössä suunniteltavan laitteen toiminnan toteuttamista ideoitiin aivoriihikokouksissa. Kokouksia pidettiin laitteen suunnittelun aikana noin 1-2 kertaa viikossa.

Aivoriihissä käsiteltiin järjestelmällisesti ja ajankohtaisina aikoina asiat perustoiminnasta automaation toimintaan asti. Aivoriihikokouksien välissä jalostettiin aina edellisen kokouksen ideoita toimiviksi ratkaisuksi. Kokouksissa tarkasteltiin sekä arvioitiin edellisistä kokouksista kehitettyjä ideoita ja suunnitelmia sekä tuotettiin niiden perusteella seuraavia ideoita.

Laitteeseen kuuluvien osien ja komponenttien valinnassa käytettiin yrityksen vakio toimittajien tuotteita. Toimilaitteiden ja komponenttien tyyppien valintoja pohdittiin myös aivoriihikokouksissa. Valintojen perusteella tässä työssä tarkastellaan osien ja komponenttien vaatimuksia, joiden mukaan valitaan toimittajien tuotteista parhaiten soveltuvat komponentit.

Automaation suunnitteluvaiheessa aivoriihikokouksiin osallistui myös yritykselle automaatiotöitä tekevän yrityksen edustaja. Automaatiota koskevissa aivoriihikokouksissa ideoitiin ja pohdittiin automaation eri mahdollisuuksia laitteen toiminnan toteuttamiseksi.

Aivoriihikokouksissa pohdittiin paljon erilaisia vaihtoehtoja laitteen toiminnasta ja siihen liittyvistä osista ja komponenteista. Vaihtoehtoja yhdistelemällä saavutettiin opinnäytetyössä esiteltävät ratkaisut, joihin aivoriihikokousten perusteella päädyttiin.



## 10 LUMIESTEPUTKEN SUPISTUSKONE

Automaattinen putkensupistuksen syöttö- ja purkulaite sekä lavojen vaihto suunnitellaan nykyisen puristuskoneen ympärille. Suunnitteluun kuuluu perustoiminnan, mekaniikan ja layoutin suunnittelu, komponenttien valinta, automaation suunnittelu perustasolla sekä kapasiteetti- ja investointilaskelmat.

Laitteen suunnittelussa huomioidaan se, että putkien liikkumista ja käyttäytymistä eri tilanteissa on erittäin vaikea arvioida. Tämän vuoksi osien ja laitteiden paikoituksia ei voida määrittää tarkasti. Suunnittelussa huomioidaan, että tiettyjen osien ja laitteiden asemaa voidaan muuttaa ja säätää vielä asennuksenkin jälkeen. Tähän käytetään apuna paljon ovaalinmuotoisia reikiä käytettäessä pulttiliitoksia.

### 10.1 Perustoiminta

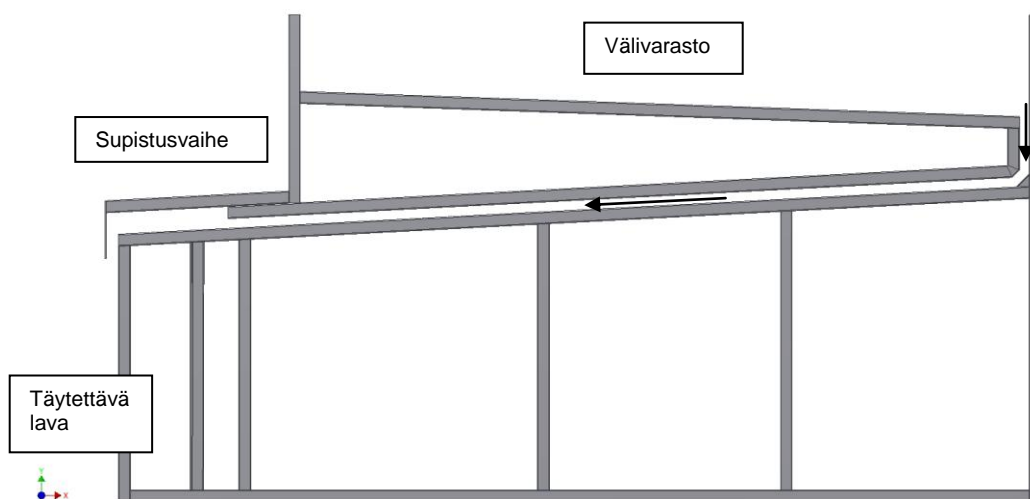
Perustoiminnassa käsitellään materiaalin liikkumista välivaraston ja lavan välillä, supistusvaiheen toimintaa sekä materiaalin latausta ja purkua. Perustoiminta on suunniteltu aivoriihikokousten perusteella.

#### 10.1.1 Materiaalin liikkuminen

Putkien liikkuminen toteutetaan painovoimaa hyväksikäyttäen. Tällöin supistusvaihe on täytettävää lavaa korkeammalla sekä välivarasto supistusvaihetta korkeammalla. Välivarastossa olevista putkista aiheutuu suuri paine, jonka vuoksi putkia ei voida suoraan ohjata välivarastosta supistusvaiheeseen. Välivaraston ja supistusvaiheen väliin tehdään mutka (kuvio 1), joka pienentää putkista aiheutuvaa painetta supistusvaiheeseen. Pienempi paine mahdollistaa pienempien ja edullisempien laitteiden käytön putkien siirtämisessä supistusvaiheessa.

Välivaraston rungon kaltevuus on pois päin supistusvaiheesta. Takareunassa olevasta pystysuorasta raosta putket siirtyvät rungon keskellä olevaan välitilaan, jossa kaltevuus on supistusvaihetta kohti (kuvio 1). Takareunassa ja rungon välisessä tilassa putket vierivät jonossa. Supistusvaiheen jälkeen supistettu putki vapautetaan ja päästetään putoamaan lavalle.

Tyhjät lavat liikkuvat välivaraston ja supistusvaiheen alapuolella vetävällä kuljettimella. Kuljetin siirtää lavat järjestyksessä kuviossa 1 näkyvään täytettävän lavan kohtaan. Täydet lavat kuljetin työntää vetävän kuljettimen jatkona olevalle vapaalle kuljettimelle ja samalla siirtää uuden tyhjän lavan täyttöpaikalle.

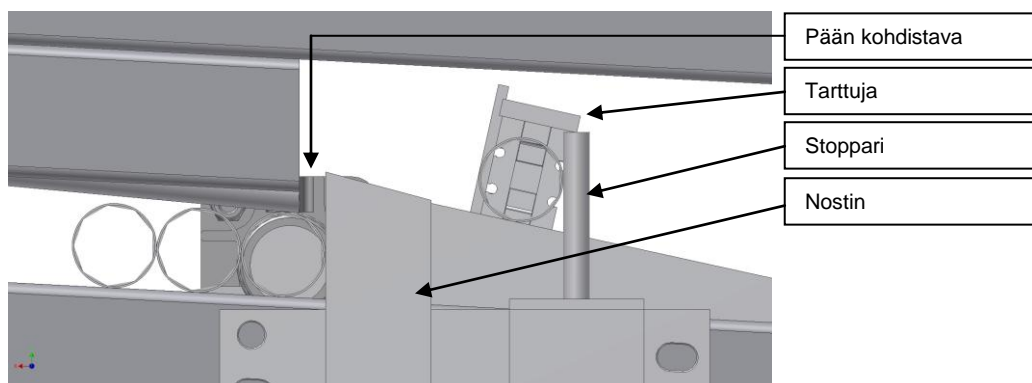


KUVIO 1. Supistettavien putkien liikkuminen

### 10.1.2 Supistusvaihe

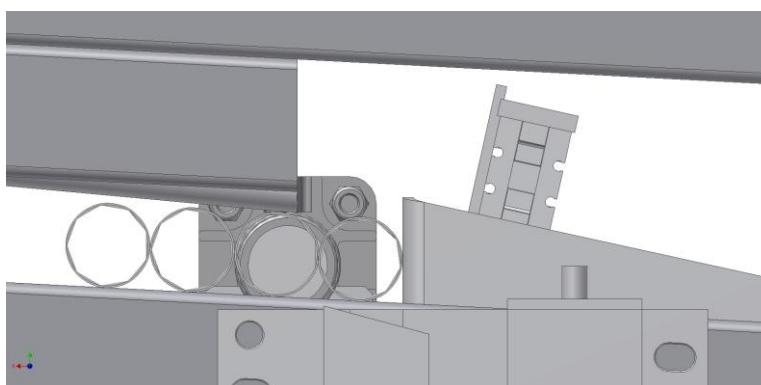
Supistusvaiheessa putken pää kohdistetaan pituussuunnassa, putki nostetaan supistimen eteen ja putken pää käytetään supistimessa supistettavana. Supistusvaiheessa käytettävät toimilaitteet ja osat on esitetty tarkemmin mekaniikan suunnittelussa.

Putket vierivät supistusvaiheeseen jonossa ja pysähtyvät ensiksi nostimia vasten (kuvio 2). Tällöin jonon ensimmäisen putken pää kohdistetaan pituussuunnassa aina samaan kohtaan, jolloin noston jälkeen putken pää asettuu suoraan tarttujan kynsien väliin (kuvio 2).



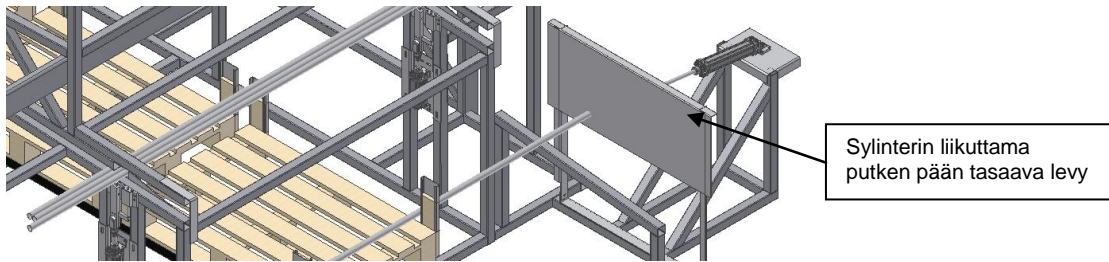
KUVIO 2. Nostin ja stoppari ovat ylhäällä

Pään kohdistuksen jälkeen nostin ja stoppari, jotka saavat liikkeensä samalta sylinteriltä, laskevat alas. Tällöin putkijono vierii painovoiman ansiosta vajaan putken halkaisijan mitan eteenpäin runkoon kiinnitettyä ohutlevykappaletta vasten (kuvio 3). Nostin ja stoppari nousevat pienen viiveen jälkeen ylös, jolloin yläasennosta putki liikkuu kaltevilla pinnalla stoppareita vasten tarttujan kynsien väliin (kuvio 2). Tämän jälkeen tarttuja ottaa kiinni putken päästä kiinni ja työntää putken toisen pään supistimeen. Supistuksen jälkeen putki vedetään takaisin ja nostin sekä stoppari laskevat alas, jolloin supistettu putki jatkaa liikkumista painovoiman ansiosta lavalle ja nostin nostaa viiveen jälkeen taas uuden putken supistimen eteen (kuvio 3).



KUVIO 3. Nostin ja stoppari ovat alhaalla

Supistusvaiheen jälkeen supistettu putki putoaa täytettävälle lavalle (kuvio 4). Lavan täyttöpäikassa putken toisessa päässä on kiinteä levy ja toisessa päässä on levy, joka liikkuu sylinterin avulla. Supistettu putki putoaa vapaasti noin 400 millimetrin matkan, jonka vuoksi putkien päät eivät ole samassa tasossa. Liikkuva levy tasaava jokaisen supistuksen jälkeen lavalle pudonneen putken pään kiinteää levyä vasten. Tällöin lavalla olevien putkien päät saadaan kaikki samaan kohtaan.



KUVIO 4. Putken pään tasaus lavalla

### 10.1.3 Materiaalin lataus ja purku

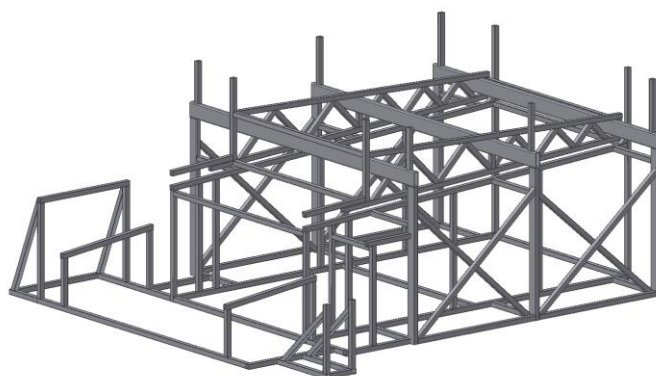
Supistamattomat putket ja tyhjät lavat ladataan laitteen rungon takaosasta, kuvioista 1 katsottuna oikealta. Putket nostetaan välivarastoon trukilla ja tyhjät lavat nostetaan vetävälle kuljettimelle käsin. Täydet lavat siirtyvät vetävältä kuljettimelta vapaalle kuljettimelle, jossa lavat sidotaan ja nostetaan pois laitteesta.

### 10.2 Mekaniikka

Mekaniikassa käsitellään runkoa ja sen mitoitusta sekä putkea ohjaavien ja liikuttavien osien rakenteita sekä vaadittavia ominaisuuksia. Mekaniikka on perustoiminnan tavoin suunniteltu aivoriihikokousten perusteella.

### 10.2.1 Runko ja rungon mitoitus

Runko muodostuu kahdesta kuvion 1 mukaisesta sivurungosta, jotka ovat kahden metrin etäisyydellä toisistaan. Sivurungot tuetaan toisiinsa ja välivarastoa kantaviin rakenteisiin. Lisäksi runkoon lisätään rakenneputkea ohjaavien levyjen, sylinterien ja muiden osien kiinnittämiseksi. Runkorakenne on esitetty kokonaisuudessa kuviossa 5.



KUVIO 5. Runkorakenne

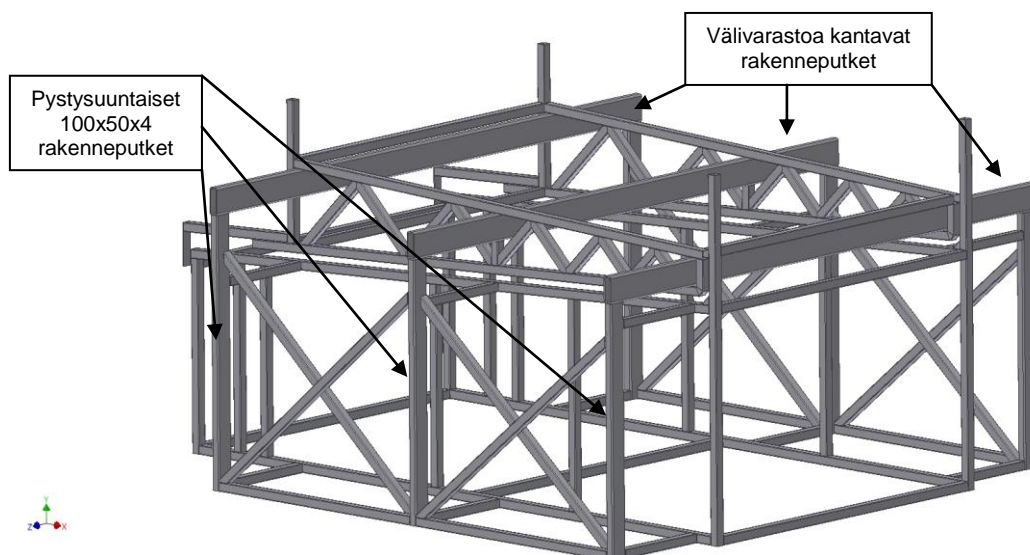
Välivaraston pituus määräytyy tarvittavien tyhjien lavojen määrästä automaattiajossa. Tyhjät lavat kulkevat rungon alaosassa, jonne tulee mahtua kolme tyhjää lavaa. Tällöin välivaraston pituudeksi tulee kolme metriä. Leveyssuunta määräytyy supistettavien putkien mukaan, jotka ovat pituudeltaan kolme metriä. Välivaraston korkeus määräytyy miehittämättömään ajoon tarvittavan kapasiteetin mukaan. Jotta laitteeseen saadaan mahtumaan vähintään miehittämättömässä ajossa tarvittava putkien määrä, välivaraston korkeus vasemmassa reunassa on noin 300 millimetriä ja oikeassa reunassa noin 400 millimetriä. Rungon korkeus lattiatasosta välivaraston yläreunaan on kaksi metriä.

Väleissä, rungon keskellä ja pystysuoralla osuudella takareunassa, putket liikkuvat jonossa. Rungon keskellä väli on 40 millimetriä, jolloin 32 millimetriä halkaisijoiltaan olevat putket mahtuvat hyvin liikkumaan eivätkä putket mahdu kiillautumaan päällekkäin. Takareunassa oleva rakenneputkien väli on 60 millimetriä. Putkien käyttäytymistä on kokeiltu käytännössä ja tulokset osoittivat, että pystysuoriin rakenneputkiin on asennettava särmätyt ohutlevyt, joiden

avulla pystytään säätämään takareunan välit sopiviksi ja tarkasti yhtä suuriksi, jolloin putket liikkuvat suunnitellusti välivarastosta supistusvaihetta kohti.

Runko valmistetaan rakenneteräsputkista. Rakenneputket on valittu niiden ominaisuuksien perusteella toimittajan kuvastosta (Ruukki 2009). Suurimmaksi osaksi runko tehdään 50x50x3 rakenneputkesta, mutta välivarastoa kantavat rakenneputket mitoitetaan välivaraston painosta aiheutuvien taipumisten perusteella. Kantavat rakenneputket tulevat samansuuntaisesti supistettavien putkien kanssa. Kantavat rakenneputket asennetaan molemmista päistä pystysuunnassa olevien 100x50x4 rakenneputkien päälle (kuvio 6). Pystysuuntaisten rakenneputkien sisäreunojen etäisyydet toisistaan on 3,1 metriä. Tällöin kolme metriä pituudeltaan olevalle supistettavalle putkelle jää tilaa mahdolliselle pituussuuntaiselle liikkumiselle 50 millimetriä molempiin päihin, liikkeessaan rungon keskellä olevassa välissä.

Välivaraston alapinnassa olevan ja rungon keskellä olevan välin yläpuolisen rakenneputken välissä on ristikkorakenne jäykistämässä välivaraston rakennetta (kuvio 6). Pystysuuntaiset 100x50x4 rakenneputket tuetaan toisiinsa kuvion 6 mukaisesti jäykistämään rakennetta. Lisäksi välivaraston kantavat rakenteet yhdistetään rungon alaosaan vaakasuuntaisilla rakenneputkilla.



KUVIO 6. Laitteen runko

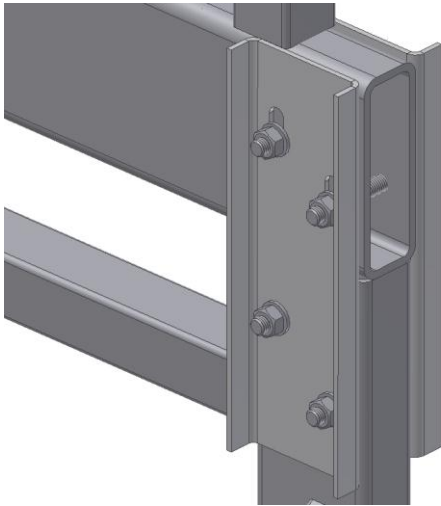
Suurin teoreettinen supistettavien putkien määrä välivarastossa on noin 900 putkea, jolloin enimmillään kantavien rakenneputkien päälle tulee 2700 kilogramman kuorma. Rakenneputkien lujuuslaskennassa käytetään 1,5 kerrointa, jolloin lasketaan rakenneputkien taipuminen 4050 kilogramman kuormalla. Kuorma jakautuu rakenneputkelle kahteen pisteeseen, välivaraston alapinnassa kulkevien kahden metrin etäisyydellä toisistaan olevien 50x50x3 rakenneputkien kohtiin.

Lujuuslaskut on laskettu MITCalc -ohjelmalla. Tulokseksi saatiin, että kolme 150x50x6 rakenneputkea, tasaisin välein asennettuna, täyttää vaadittavat vaatimukset. Taipuma rakenneputken keskikohdassa on 3,7 millimetriä ja rungon keskellä kulkevien välien kohdassa noin kaksi millimetriä. Kahden millimetrin taipuma sallitaan, jolloin väliksi jää 38 millimetriä ja putket mahtuvat vielä hyvin liikkumaan. Laskujen tulokset on esitetty liitteessä 1.

#### 10.2.2 Runkoon kiinnitetyt ohjaavat osat

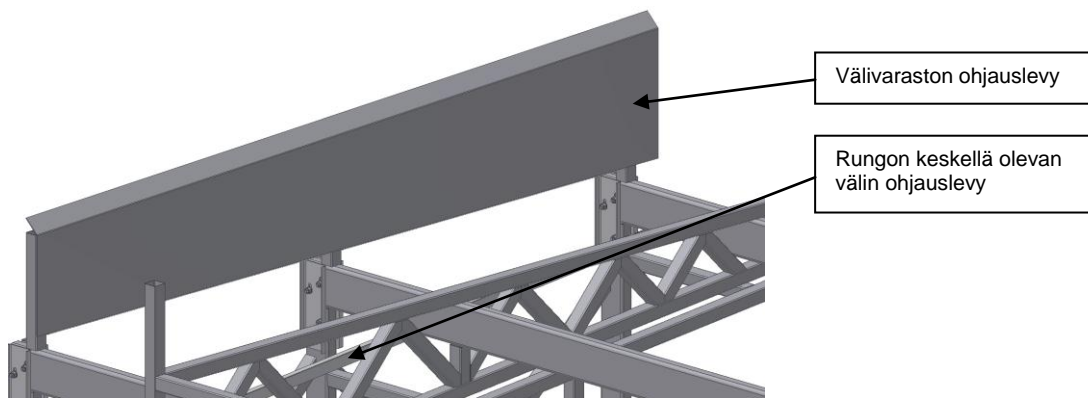
Runkoon kiinnitetään ohutlevyistä tehtyjä osia ohjaamaan putkien liikkumista välivarastosta aina lavalle asti. Osat kiinnitetään runkoon hitsaamalla tai pulttiliitoksien avulla. Kiinnitystapa on riippuvainen kiinnitettävän osan säätötarpeesta. Pulteilla kiinnitettäessä ovaalin muotoisten reikien käyttäminen antaa mahdollisuuden osien paikan muuttamiseen ja säätämiseen myös myöhemmässä vaiheessa.

Välivarastoa kantavat 150x50x6 ja niitä kannattelevat 100x50x4 rakenneputket kiinnitetään toisiinsa kuvion 7 mukaisten kiinnityslevyjen avulla. Kiinnityslevyn kaksi ylintä reikää ovat ovaaleja. Tällöin tarpeen vaatiessa välivarastoa kantavien rakenneputkien korkeutta voidaan säätää lisäämällä tarvittavan paksuiset korokepalat rakenneputkien väliin.



KUVIO 7. Kantavien rakenneputkien kiinnityslevy

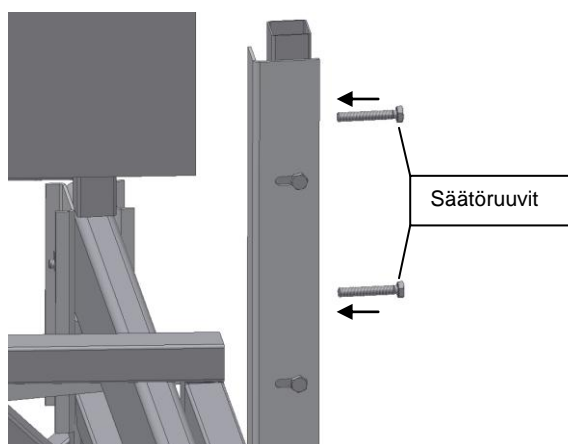
Välivarastossa olevien ja rungon keskellä olevassa raossa liikkuvien supistamattomien putkien liiallinen pituussuuntainen liikkuminen rajoitetaan ohjauslevyillä. Ohjauslevyt kiinnitetään kiinteästi runkoon molemmille sivuille (kuvio 8). Ohjauslevyjen etäisyys vastapuolen levystä on noin 3100 millimetriä. Tällöin putkelle jää pituussuunnassa tilaa molempiin päihin noin 50 millimetriä.



KUVIO 8. Välivaraston ja rungon keskellä olevan raon ohjauslevyt

Rungon mitoituksissa mainittu takareunan välin suuruuden säätäminen tehdään kuvion 9 mukaisella ohjauslevyllä. Osa on särmätty L-muotoiseksi, jonka sivu, jossa ovat ovaalireiät, on kiinni takareunan pystysuuntaisessa rakenneputkessa. Koska takareunaan kohdistuu välivarastossa olevista putkista suuri paine, pelkät ovaalireikien läpi menevät pultit eivät pidä ohjauslevyä paikallaan. Pystysuuntaisen rakenneputken läpi asennetaan pultit, jotka ovat kohtisuorassa ovaalireikien läpi menevien pulttien kanssa ja joita kiertämällä voidaan säätää takareunan väli tarkasti.



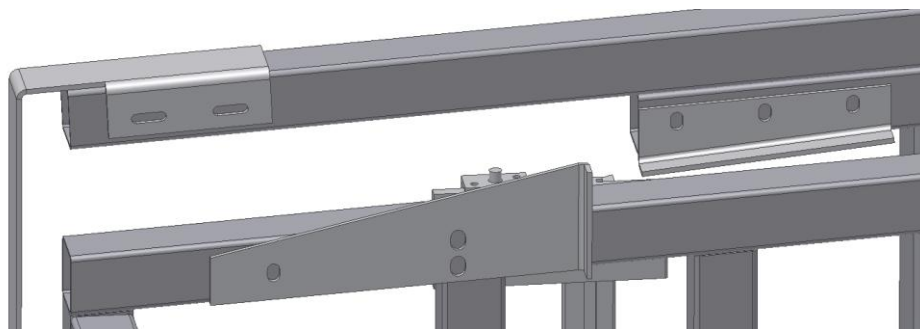


KUVIO 9. Takareunan ohjauslevy

Supistusvaiheessa on kolme ohjauslevyä, jotka ohjaavat putkien liikkumista (kuvio 10). Ensimmäinen ohjauslevy on supistusvaiheen alussa, jonka tarkoituksena on ohjata putkea 40 millimetrin välistä alaspäin niin, että levyn etureunan kohdalla välin suuruus on lähes sama kuin putken halkaisija. Tällöin putket asettuvat aina samaan kohtaan siirtyessä nostimen yläpuolelle. Ovaalireikien avulla levyn korkeutta voidaan säätää.

Toinen ohjauslevy pysäyttää putkijonon nostimen laskettua alas (kuvio 10). Nostimen nostettua putken ylös, putki asettuu ohjauslevyn päälle. Levyssä on myös ovaalireiät, joiden avulla levyn korkeutta voidaan säätää. Säätömahdollisuus on tärkeä, koska liitettäessä supistuskone ja runko yhteen, on helpompi muuttaa vähän pienen levyosan korkeutta kuin suuren supistuskoneen asemaa.

Viimeinen ohjauslevy on heti supistusvaiheen jälkeen (kuvio 10). Levyn tarkoituksena on hidastaa putken vauhtia ja ohjata putki putoamaan oikeaan kohtaan lavalle. Ohjauslevyssä on vaakasuuntaiset ovaalireiät, joilla voidaan säätää raon suuruutta, josta putki putoaa. Käytännön testaukset osoittivat, että on tarpeellista asentaa pystysuuntaiseen osuuteen, johon putki osuu tullessaan supistusvaiheesta, ohut pehmusta, joka vaimentaa putken kimmoketta ja vauhtia pudotessaan lavalle.

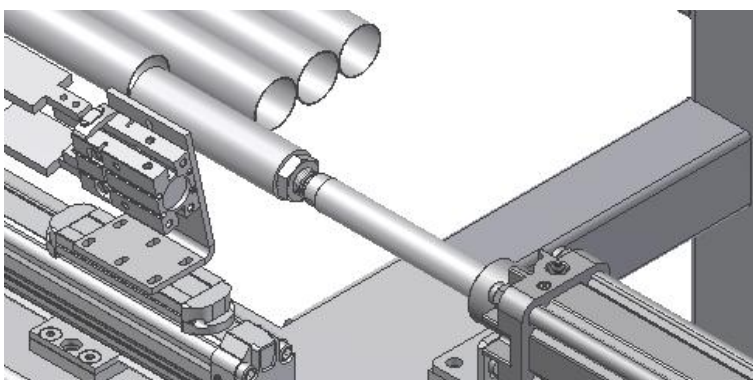


KUVIO 10. Supistusvaiheen ohjauslevyt

### 10.2.3 Putken pään kohdistus

Jokaisen supistamattoman putken pää kohdistetaan pituussuunnassa samaan tiettyyn kohtaan ennen supistusta. Tällöin putken paikka on oikea myöhemmässä vaiheessa tarttujalle. Pään kohdistus tehdään putkelle siinä vaiheessa, kun se on jonon ensimmäisenä nostimia vasten. Kohdistus tehdään samaan aikaan, kun edellinen putki työnnetään supistimeen supistettavaksi.

Pään kohdistuksessa käytetään sylinteriä, joka työntää putkea (kuvio 11). Sylinterin päähän kiinnitetään kierteellä lieriö, jonka halkaisija on 31 millimetriä. Halkaisija on supistettavan putken halkaisijaa pienempi, ettei lieriö kosketa seuraavaa putkea, vaan työntää yhtä putkea kerrallaan. Putken työntämiseen tarvittava voima määräytyy putken kohdistuvasta paineesta ja kitkakertoimesta.



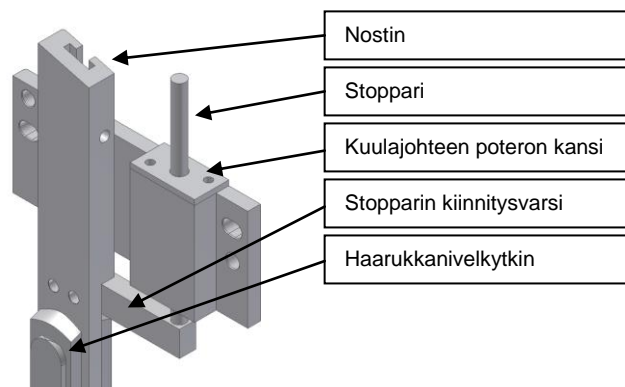
KUVIO 11. Putken pään kohdistus

Arvio aiheutuvasta paineesta on laskettu siten, että välivaraston suurin mahdollinen kuorma 1,5-varmuuskertoimella on jaettu putken kulkusuuntien mukaan. Lisäksi rungon keskellä ja takareunassa olevien putkien painosta aiheutuva paine on otettu huomioon. Tulokseksi saatiin, että viimeiseen putkeen kohdistuu noin 520 Newtonin voima. Tällöin kitkakerroin huomioon ottaen sylinterin työntövoima tulisi olla noin 400 Newtonia. Valittavalta sylinteriltä vaaditaan kuitenkin vähintään 600-700 Newtonin työntövoima, koska lasketut voimat ovat arvioita eikä sylinterin ylityöittämisestä koidu suuriakaan kustannuksia tai haittoja tässä tapauksessa.

#### 10.2.4 Putken nosto supistimen eteen

Putket nostetaan yksitellen nostimella supistimen eteen stoppareita vasten. Nostin kiinnitetään sylinterin päähän haarukkanivelkytkimellä. Stoppari kiinnitetään varteen, joka on kiinni nostimessa, kierteellä. Nostimia ja stoppareita on molempia kaksi, molemmissa rungon sivuissa on yksi molempia.

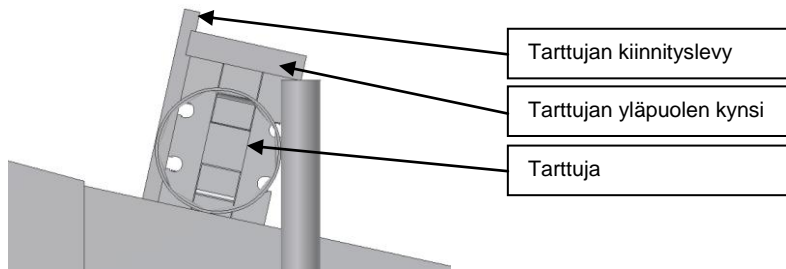
Nostimessa on T-ura, jonka mukaa se liikkuu johteella. Nostimeen on suunniteltu rasvanippa, jolla voidellaan liukupintoja. Nostin ja johde ovat molemmat koneistettuja ja karkaistuja kappaleita. Stoppari on 10 millimetriä paksua tankoa, joka liikkuu kuulajohteen läpi. Samaan kappaleeseen, joka toimii nostimen johteena, on koneistettu potero kuulajohteelle. Nostimen ja stopparin toimintaan liittyvät osat on esitetty kuviossa 12.



KUVIO 12. Nostin ja stoppari

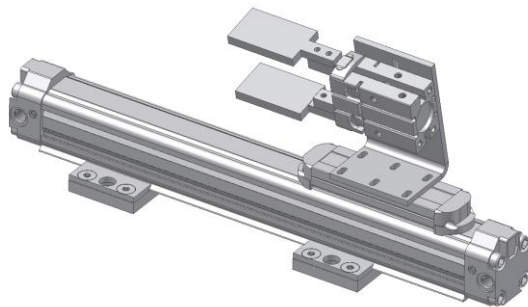
### 10.2.5 Putken siirto supistimeen

Kun supistamaton putki nostetaan supistimen eteen stoppareita vasten, se asettuu suoraan tarttujan kynsien väliin (kuvio 13). Tarttujan kynnet koneistetaan tasomaisiksi ja yhteensopiviksi keskittävän lineaaritarttujan kanssa. Tarttuja kiinnitetään kiinnityslevyyn, joka on särmätty siten, että tarttujan kynnet ovat samansuuntaisesti tason kanssa, jossa putket liikkuvat



KUVIO 13. Supistusvaiheessa putki asettuu tarttujan kynsien väliin

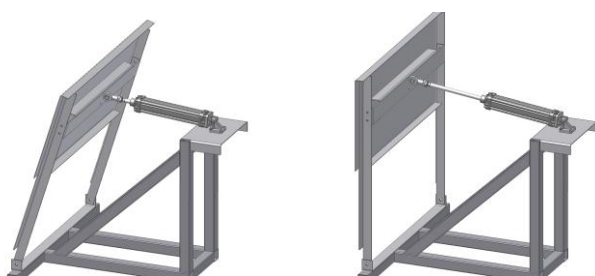
Tarttujan kiinnityslevy kiinnitetään männänvarrettoman sylinterin kelkkaan (kuvio 14). Supistamattoman putken asetuttua tarttujan kynsien väliin, tarttujan kynnet puristuvat toisiaan kohti ja ottavat otteen putkesta. Tarttujan liikkeen jälkeen männänvarreton sylinteri liikuttaa tarttujaa ja putkea niin pitkälle, että supistamattoman putken supistettava pää osuu supistimen sisällä olevaan tunnistimeen. Supistimen supistettua putken pään, männänvarreton sylinteri liikkuu takaisin ja vetää samalla putken pois supistimesta.



KUVIO 14. Tarttuja ja tarttujaa liikuttava sylinteri

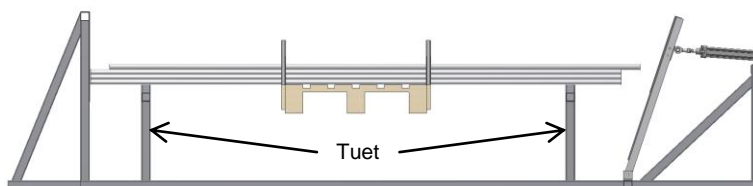
## 10.2.6 Putken pään tasaus lavalla

Lavalle putoavien putkien päät tulee tasata samalle tasolle, jolloin nipuista saadaan helposti pakattavia ja käsiteltäviä. Putken toisessa päässä on kiinteä pystysuora levy, jota vasten putken päät työnnetään. Työntävä levy on kiinni vain alareunasta. Putken pudotessa sylinterin varsi on sylinterin sisällä, jolloin levy on taka-asennossa (kuvio 15). Putken pudottua, sylinterin varsi työntyy ulos ja nostaa samalla työntävän levyn pystyyn (kuvio 15), jolloin se työntää putken pään tasan lavalla olevien muiden putkien kanssa.

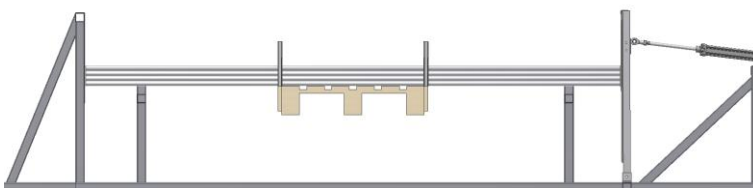


KUVIO 15. Lavalla olevan putken pään tasaaja

Putket vierivät ja putoavat lavalle siten, että ne ovat hieman sivussa (kuvio 16), muihin lavalla oleviin putkiin nähden. Tämän jälkeen toimilaite työntää tasaavan levyn pystyyn, jolloin kaikkien putkien päät ovat pitkittäissuunnassa samassa tasossa (kuvio 17).

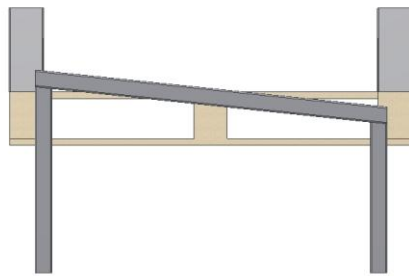


KUVIO 16. Putki pudonneena lavalle



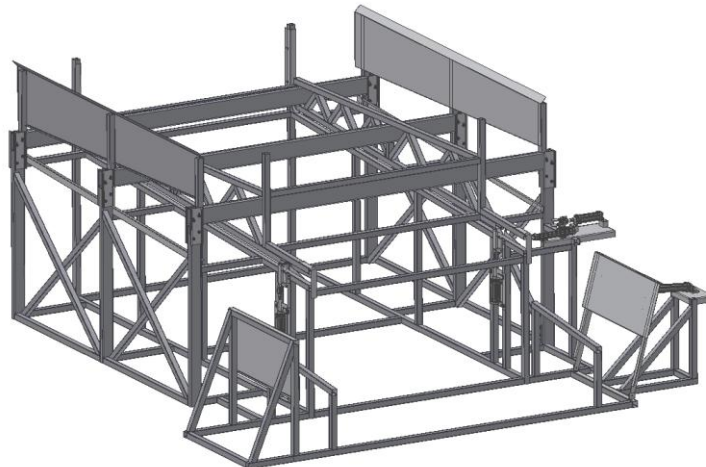
KUVIO 17. Putken pään tasaus

Putkien ristiin meneminen estetään kaltevien sivutukien avulla (kuvio 18). Sivutukien etäisyys toisistaan on noin kaksi metriä (kuvio 16). Tuet kallistavat lavan etureunaa kohti, jolloin putki vierii tasaisesti, eikä käänny sivuttaissuunnassa vinoon asentoon. Putkien putoamista lavalle ja putken asettumista lavalle on kokeiltu käytännössä. Käytännön kokeilujen perusteella tukien sopiva kallistuskulma on kuusi astetta. Tällöin lava täyttyy lähes järjestyksessä kerroksittain.



KUVIO 18. Sivutuki

Kuviossa 19 on esitetty laite, kun siihen on kiinnitetty mekaniikan suunnittelussa suunnitellut osat ja laitteet.

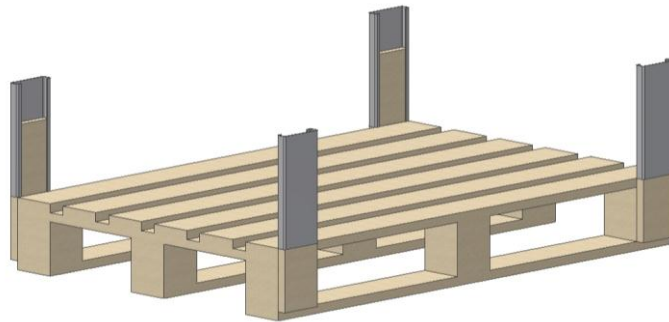


KUVIO 19. Suunnitellut osat ja laitteet kiinnitettynä runkoon

### 10.3 Toiminnassa käytettävät lavat

Supistetut putket lastataan EUR-lavalle, jonka mitat ovat 1000x800 millimetriä. Lavan jokaiseen kulmaan kiinnitetään noin 30 senttimeriä pitkät laudat, joiden väliin lastataan 200 supistettua putkea (kuva 4).

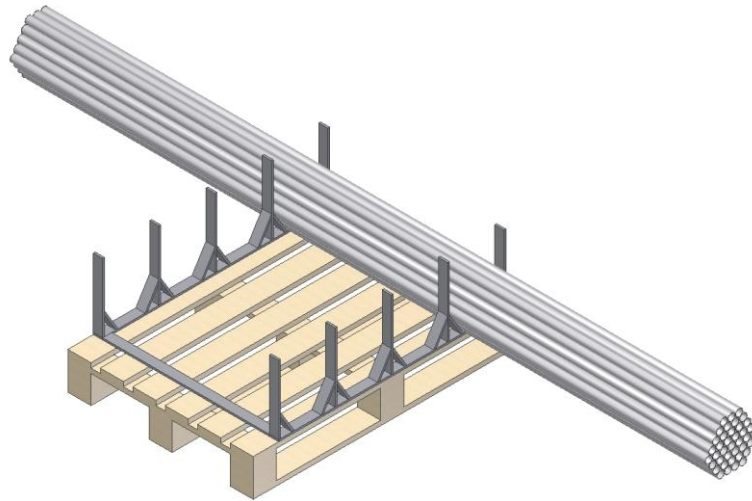
Täyttövaiheessa lavan ollessa lähes täynnä, käytännön kokeilut osoittivat, että putket pääsevät lautojen yli pois lavalta. Lautojen pituutta ei kuitenkaan voi lisätä, koska lavat kasataan varastossa päällekkäin. Tämän vuoksi lautoihin asennetaan ohutlevystä särmätyt jatkopalat lisäämään väliaikaisesti laudan pituutta (kuvio 20).



KUVIO 20. Lavan lautoihin asennetut jatkopalat

Jatkopala on helppo kiinnittää ja irrottaa lavasta. Se ei ole laudassa mitenkään kiinni, vaan pysyy paikalla oikeassa paikassa laudan profiilin mukaan särmätyjen taitosten avulla. Jatkopaloja valmistetaan yhteen lavaan neljä kappaletta. Yhteensä jatkokappaleita tarvitaan 24 kappaletta eli jokaiseen laitteeseen olevaan lavaan.

Laitteella valmistetaan 200 putkinipun lisäksi 40 putken nippuja. Nippujen tekemistä varten käytetään jigiiä, joka kiinnitetään EUR-lavaan (kuvio 21). Lavan reunimmaisten pystyrautojen väli on sama kuin 200 putken lavassa olevien lautojen väli. Valmistusmenetelmä on lähes sama kuin 200 putkinippuja tehdessä. Lavan jokaiseen väliin pudotetaan 40 supistettua putkea, jonka jälkeen kuljetin siirtää lavaa eteenpäin.



KUVIO 21. Jigi-lava 40 putken nipuille

#### 10.4 Automaatio

Tässä kappaleessa käsitellään tarvittavien komponenttien mitoitusta ja valintaa. Tarvittavina paineilmakomponentteina käytetään Univer Oy:n tuotteita. Komponentit valitaan ominaisuuksien perusteella Univer Oy:n vuoden 2011 tuoteluettelosta.

##### 10.4.1 Komponenttien mitoitus

Putken pään kohdistuksessa ennen supistusta käytetään kaksitoimista magneettimännällä varustettua sylinteriä. Putken tullessa pään kohdistuskohtaan, putken pään paikka voi vaihdella noin 100 millimetriä pituussuunnassa. Tällöin sylinterin iskunpituus tulee olla vähintään 100 millimetriä. Tarvittava työntövoima, joka on arvioitu kappaleessa 5.3.1, tulee olla vähintään 600-700 Newtonia.

Nostimia liikuttavia sylintereitä tarvitaan kaksi, molempien sivujen nostimelle ja stopparille yksi. Sylintereinä käytetään myös kaksitoimisia magneettimännällä varustettuja sylintereitä. Iskunpituuden vaatimuksena on, että sylinteri nostaa putken supistusvaiheessa olevan ohjauslevyn yläpuolelle, jonka korkeus on noin 45 millimetriä. Työntövoiman tulee olla riittävän suuri, jolloin sylintereiden



voima riittää nostamaan nostimia ylöspäin, muiden putkien kohdistaessa niihin noin 520 Newtonin voiman.

Tarttujaa liikuttavana sylinterinä käytetään männänvarretonta sylinteriä. Iskunpituus määräytyy tarvittavan putken siirtomatkan mukaan. Vaadittava siirtomatka ja iskunpituuden vähimmäismitta on noin 150 millimetriä. Työntövoiman tulee olla sen suuruinen, että se riittää siirtämään neljän kilogramman kuorman. Tarttujan vaatimuksena ovat leukojen noin viiden millimetrin iskunpituudet, jolloin tarttujan leuat aukeavat riittävän suurelle putken vieressä niiden väliin.

Lavalla olevien putkien päiden tasauksessa käytetään kaksitoimista magneettimännällä varustettua sylinteriä. Sylinterin iskunpituus tulee olla riittävä, jotta pään tasaava levy kallistuu riittävän etäälle, putken pudotessa lavalle. Sopiva iskunpituus on noin 250 millimetriä, jolloin tasaava levy kallistuu tarpeeksi. Sylinterin voiman tulee olla niin suuri, että se liikuttaa noin 20 kilogramman levyä ja työntää yhtä putkea sen pituussuunnassa lavalla.

#### 10.4.2 Komponenttien valinta

Putken pään kohdistukseen valitaan sylinteri, jonka iskunpituus on 125 millimetriä ja halkaisija 50 millimetriä. Sylinterin teoreettinen työntövoima on 1178 Newtonia 6 bar:n toimintapaineella (Univer 2011, 13).

Nostimia liikuttavia sylintereitä tarvitaan kaksi, molemmille rungon sivuille yksi. Sylinteriksi valitaan halkaisijaltaan ja työntövoimaltaan sama sylinteri, kuin putken pään kohdistuksessa ennen supistusta, mutta iskunpituudeksi valitaan 60 millimetriä.

Männänvarrettomaksi sylinteriksi valitaan 175 millimetriä iskunpituudeltaan ja 25 millimetriä halkaisijaltaan oleva sylinteri. Sen teoreettinen työntö- ja vetovoima on 250 Newtonia 6 bar:n toimintapaineella (Univer 2011, 88). Tarttujaksi valitaan keskittävä lineaaritarttuja, jonka kynsien iskunpituudet ovat 5,2 millimetriä ja voima 106 Newtonia (Univer 2011, 299).

Lavalla olevien putkien päiden tasauksessa käytettäväksi sylinteriksi valintaan sylinteri, jonka iskunpituus on 250 millimetriä ja halkaisija 50 millimetriä. Sylinterin teoreettinen työntövoima on sama kuin muilla 50 millimetriä halkaisijaltaan oleville sylintereillä eli 1178 Newtonia. Taulukkoon 2 on kerätty kaikki valitut toimilaitteet.

TAULUKKO 1. Valitut toimilaitteet

	Iskunpituus (mm)	Halkaisija (mm)	Voima (N)
Kohdistava sylinteri	125	20	1178
Nostimen sylinterit	60	50	1178
Männänvarreton sylinteri	175	25	250
Tarttuja	2x5,2		106
Tasaava sylinteri	250	50	1178

Alussa putken pään kohdistavan sylinterin ja nostimien sylintereiden kiinnityksissä käytetään kulmakiinnikkeitä sylintereiden runkojen molemmissa päissä. Kaikkien sylintereiden varren päässä käytetään lukitusmutteria. Nostimien sylintereiden varsien päissä käytetään haarukkanivelkytkintä sylinterin ja nostimen välisessä kiinnityksessä.

Lopussa putken pään tasaava sylinteri kiinnitetään takaosasta nivelkorvakkeella ja sen vastakiinnikkeellä. Sylinterin varren päähän asennetaan lukitusmutteri, pallonivelkytkin sekä sen vastakiinnike. Männänvarrettoman sylinterin kiinnityksessä käytetään kahta asennuslaattaa. Taulukkoon 3 on kerätty toimilaitteiden kiinnittämisessä käytettävät kiinnikkeet.

TAULUKKO 2. Toimilaitteiden kiinnitykset

	Nimike	Määrä
Männänvarreton sylinteri	Asennuslaatta	2
Kohdistava sylinteri ja nostimen sylinterit	Kulmakiinnike	6
Nostimen sylinterit	Haarukkanivelkytkin	2
Kaikki männänvarrelliset sylinterit	Lukitusmutteri	4
Tasaava sylinteri	Nivelkorvake takapäähän	1
Tasaava sylinteri	Vastakiinnike	1
Tasaava sylinteri	Pallonivelkytkin	1
Tasaava sylinteri	Vastakiinnike	1

Männänvarrettoman sylinterin ohjauksessa käytetään 5/3 suuntaventtiiliä, jossa on vapaa keskiasento. Keskiasento täytyy olla vapaa, koska supistimen supistaessa supistettava putki liikkuu hieman pituussuunnassa. Molempia nostimen sylintereitä ohjataan yhdellä 5/2 suuntaventtiilillä, jota ohjataan sähköisesti. Muissa sylintereissä käytetään 5/2 suuntaventtiileitä, joiden toisella puolella on sähköohjaus ja toisella jousiohjaus.

Nostimien sylintereillä käytetään vastusvastaventtiiliä. Sylintereiden liikettä ylöspäin tulee voida säätää, mutta alaspäin ei ole rajoituksia, joten vastusvastaventtiili sopii hyvin käytettäväksi. Muiden sylintereiden liikettä säätämään asennetaan vastaventtiilit, jotka rajoittavat liikettä molempiin suuntiin. Lisäksi jokaisen venttiilin poistokanaviin asennetaan äänenvaimentimet, jolloin laitteen melutasoa saadaan alennettua. Taulukkoon 4 on kerätty muut tarvittavat paineilmalaitteet ja -osat.

TAULUKKO 3. Muut tarvittavat paineilmalaitteet ja -osat

Suuntaventtiilit	Toiminta	Ohjaus	Määrä (kpl)
	5/3	avoin keskiasento, sähköohjaus	1
	5/2	sähköohjaus	1
	5/2	sähkö - jousi	3
Vasta- ja vastusvastaventtiilit	Tyyppi		Määrä (kpl)
	vastusvastaventtiili		1
	vastaventtiili		3
Liittimet ja äänenvaimentimet	Tyyppi		Määrä (kpl)
	suora perusliitin		35
	äänenvaimennin		10

Sylintereiden ja tarttujan ohjauksessa käytettävät venttiilit ja letkut tulee mitoittaa siten, etteivät ne rajoita liikaa toimilaitteiden toimintaa. Mitoituksessa lasketaan sylintereiden suurin ilmankulutus, jonka tulosten perusteella valitaan sopivat venttiilit ja letkut. Tulosten ja valintojen perusteella lasketaan suuntaventtiileiden painehäviö, joka ei saa olla yli 1 bar. Kuvaajan (Ellman ym. 2002, 148) perusteella mitoitetään paineilmaletkujen koko (liite 2). Taulukkoon 2 on kirjattu laskujen ja mitoitus tulokset.

TAULUKKO 4. Komponenttien mitoitukset

<b>Sylintereiden suurimmat ilmankulutukset</b>				
	Nostimen sylinteri	Männänvarreton sylinteri	Kohdistava sylinteri	Tasaava sylinteri lopussa
Sylinterin ilmankulutus	47,5	17,3	49,5	98,9
<b>Komponentit</b>				
Komponenttien NI/min (min)	240			
Suuntaventtiili NI/min	1080	890	1080	1080
Painehäviö venttiilin yli	0,002	0,0004	0,002	0,008
Vastusvastaventtiili NI/min	(140)/410	(140)/410	(140)/410	(140)/410
<b>Letkut</b>				
Kuvaajan perusteella valittu	8/6			

Tuloksista havaitaan, että laskuissa käytetyt komponentit eivät rajoita toimilaitteiden toimintaa liikaa. Laskuissa käytetyt suuntaventtiilit ovat huomattavasti suurempia, mitä vaaditaan. Liian suuri venttiili voi olla hidas ja kallis, jos se johtaa letkun ylityöittämiseen (Ellman ym. 2002, 144). Letkujen mitoituksessa tämä on otettu huomioon, joten suuret venttiilit eivät haittaa toimintaa.

#### 10.4.3 Automaation toiminta

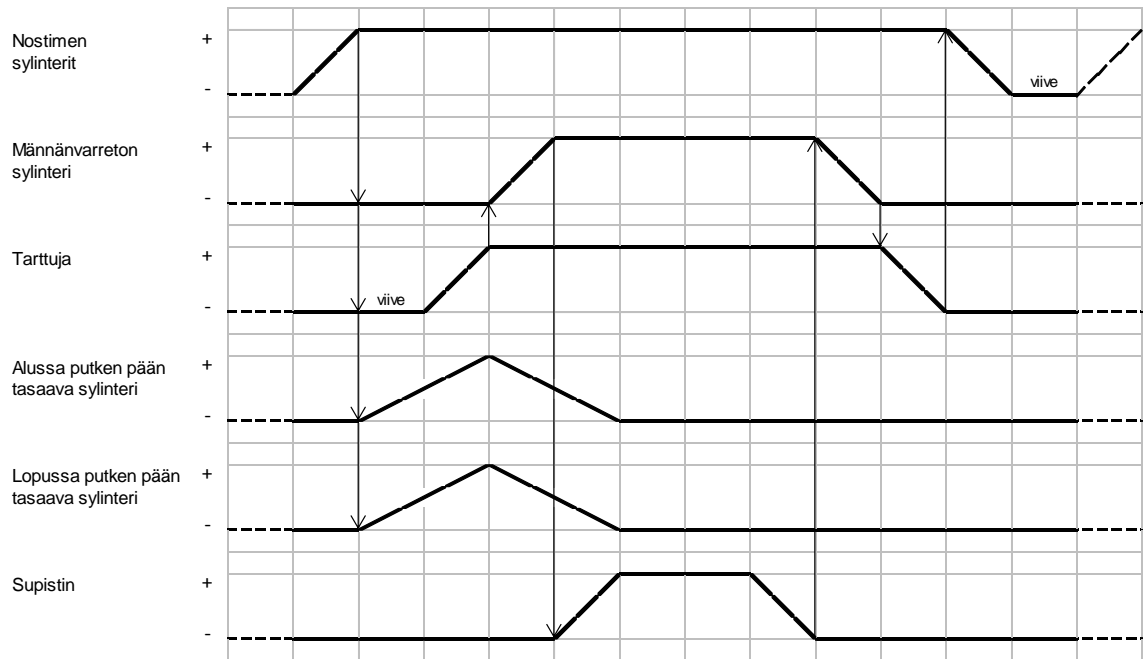
Alkutilanteessa, ennen laitteen toiminnan kytkemistä päälle, kaikki sylinterit ovat miinus tilassa eli sylinterinvarret ovat sylintereiden sisällä. Männänvarrettoman sylinterin kelkka on takana eli kauempana supistimesta olevassa sylinterin päässä ja tarttujan kynnet ovat tällöin auki. Tämä on normaali lepotila eli tila silloin, kun laite on normaalisti pysäytetty tai pois päältä.

Sylintereihin asennetaan anturit, joilla säädetään sylintereiden iskunpituuksia sekä saadaan tietoa sylintereiden tiloista ja tehdyistä liikkeistä. Pääsääntöisesti laitteet tekevät liikkeensä heti edellisen laitteen suoritettua liikkeensä loppuun. Joidenkin liikkeiden välissä on viive, jonka tarkoituksena on odottaa putken siirtyminen seuraavaan vaiheeseen, ennen seuraavan laitteen liikkeen aloittamista.

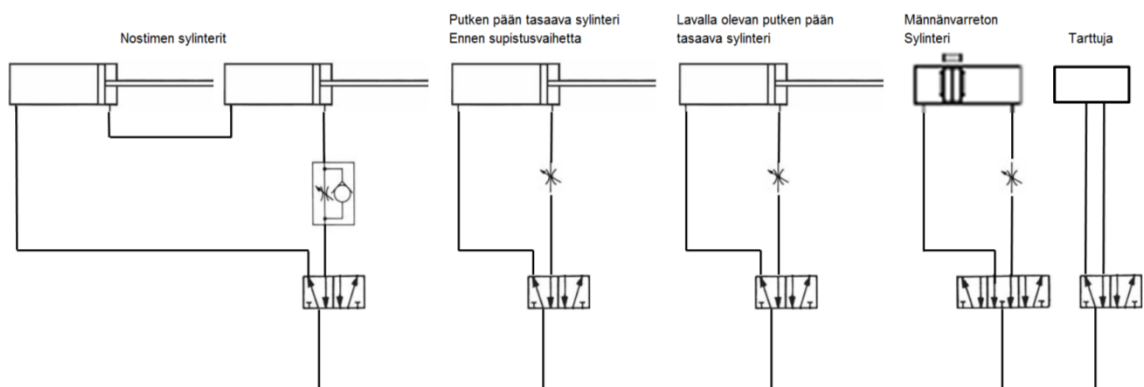
Työkierto vaiheittain:

1. Kytettäessä laitteen toiminta päälle alkaa työkierto nostimien sylintereiden plus-liikkeellä, jolloin muut laitteet pysyvät paikallaan.
2. Kun nostavat sylinterit ovat plus-tilassa, anturi antaa luvan putken kohdistavalle ja putken pään tasaavalle sylintereille tehdä plus-liikkeensä sekä käynnistää viiveen tarttujan plus-liikettä varten. Putkien päitä kohdistava ja tasaava sylinteri tekevät plus- ja miinus-liikkeensä omaan tahtiin.
3. Viiveen jälkeen tarttuja tekee plus-liikkeen eli sulkee kynnet.
4. Kun tarttuja on tehnyt plus-liikkeen, tarttujaa liikuttava männänvarreton sylinteri tekee plus-liikkeen, kunnes supistimessa oleva tunnistin pysäyttää liikkeen.
5. Supistimessa oleva tunnistin antaa käskyn supistimelle tehdä supistusliike.
6. Supistimen tehtyä supistusliike, tarttujaa liikuttava sylinteri tekee miinus-liikkeen.
7. Tarttujaa liikuttavan sylinterin suoritettua miinus-liike, anturi antaa tarttujalle luvan tehdä miinus-liikkeen eli avata leuat.
8. Kun tarttuja on tehnyt miinus-liikkeen, nostimien sylinterit tekevät miinus-liikkeen. Nostimien sylintereiden aloittaessa miinus-liikkeet, päitä kohdistava ja tasaava sylinteri täytyvät olla miinus-tilassa.
9. Kun nostavat sylinterit ovat miinus-tilassa, anturi käynnistää viiveen uuden työkierron aloittamiseksi eli nostimien sylintereiden plus-liikkeelle.

Kuviossa 22 on esitetty toimilaitteiden liikkeet ja riippuvuudet toisistaan sekvenssikaaviona. Kuviossa nuolilla kuvataan antureiden antamia käskyjä seuraavalle toimilaitteelle aloittaa liikkeensä. Kuviossa 23 on esitetty paineilmakaavio.



KUVIO 22. Paineilmalaitteiden ja supistimen sekvenssikaavio



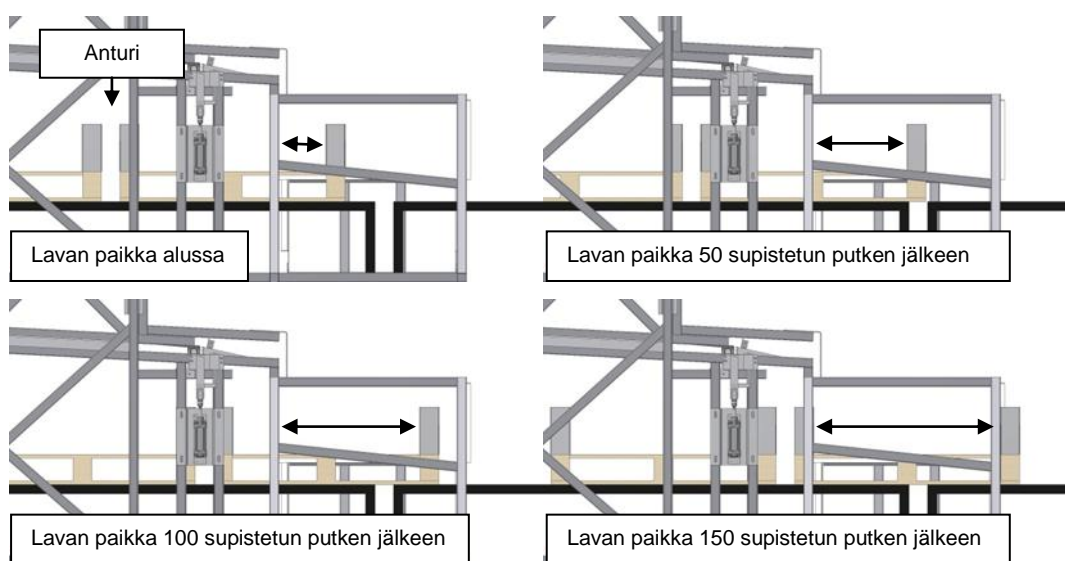
KUVIO 23. Paineilmakaavio

Työkierto toistuu 200 kertaa, jolloin on supistettu lavallinen putkia eli 200 putkea. Tämän jälkeen kuljetin siirtää täyden lavan eteenpäin ja tyhjän lavan täyden paikalle täytettäväksi. Kuljettimen tekemän siirron jälkeen kuljetin ilmoittaa antureiden avulla lavan olevan täyttöpaikalla ja antaa paineilmalaitteille luvan aloittaa toiminnan.

#### 10.4.4 Kuljettimen toiminta

Vetävä rullakuljetin siirtää tyhjiä lavoja laitteen rungon alapuolella ja täytettävää lavaa täyttöpaikassa. Täyden lavan kuljetin siirtää vetävän rullakuljettimen jatkona olevalle vapaalle rullakuljettimelle.

Vetävä rullakuljetin siirtää täytettävää lavaa kolme kertaa yhden lavan täytön aikana. Lavan siirtojen avulla lava täyttyy supistetuista putkista tasaisemmin. Tyhjän lavan ollessa alkupaikassa, supistetuille putkille on tilaa 250 millimetriä lavan pituussuunnassa. Laitteen supistettua 50 putkea, kuljetin siirtää lavaa 250 millimetriä eteenpäin. 250 millimetrin siirto tehdään aina 50 supistetun putken välein, kunnes 200 putkea on supistettu. Kuljettimen tekemät siirrot lavan täytyessä eivät pysäytä muiden laitteiden toimintaa. Lavan paikasta eri vaiheissa on kuvasarja kuviossa 24.

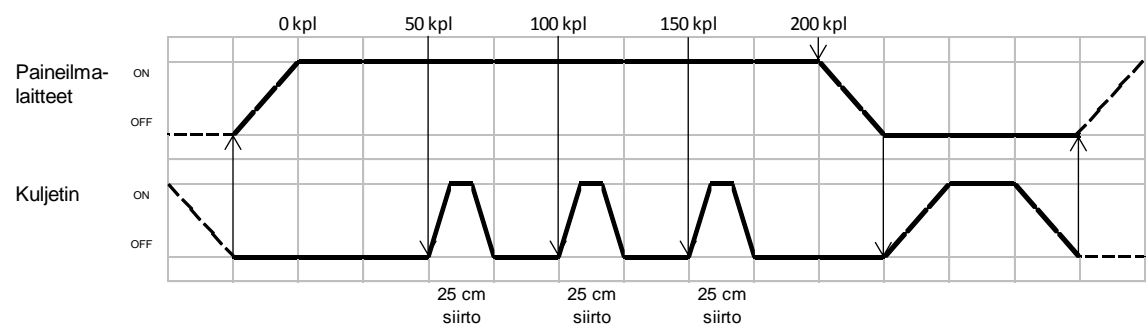


KUVIO 24. Täytettävän lavan paikka eri vaiheissa

Lavan alkupaikan määrittämisessä käytetään anturia. Tyhjä lavat ladataan vetävälle rullakuljettimelle siten, että lavojen väliin jää noin 100 millimetriä väliä. Aloituspaiikka määräytyy täytettävän lavan takareunan perusteella eli kun lavan takareuna ohittaa anturin ja anturi ei tunnista enää kohdetta. Kuvion 24 kuvasarjan ensimmäiseen kuvaan on merkattu lavan paikan määrittämiseen käytettävän valosilmän paikka.

Kuvasarjan viimeisestä kuvasta nähdään, kun lava on täytetty ja kuljetin alkaa siirtää uutta lavaa täyttöpaikalle, anturin tunnistaa lavan. Kuljetin siirtää lavoja niin kauan kunnes täyttöpaikalle siirrettävän lavan takareuna ohittaa anturin kohdan (kuvasarjan ensimmäinen kuva). Lavan asetuttua alkupaikalle, paineilmalaitteet aloittavat toimintansa.

Kuviossa 25 on esitetty supistuslaitteiden ja vetävän rullakuljettimen välinen toimintakaavio. Kaavioon on merkitty laitteiden toimintajaksot ja riippuvuudet toisiinsa.



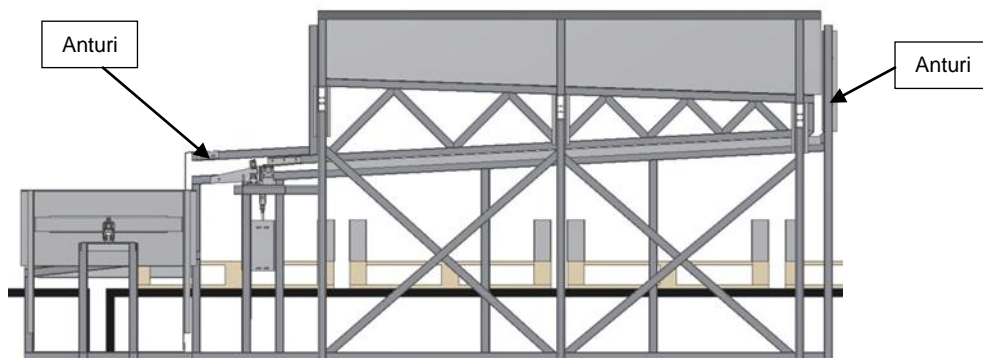
KUVIO 25. Supistuslaitteiden ja kuljettimen välinen toimintakaavio

Valmistettaessa 40 supistetun putken nippuja, supistetaan 40 putkea, jonka jälkeen kuljetin siirtää lavaa eteenpäin. Pienempien nippujen tekemiseen suunniteltu jigilava on suunniteltu siten, että siirtomatka 250 millimetriä pysyy samana.



### 10.4.5 Valvonta

Putkien liikkumista laitteessa valvotaan kahdessa eri paikassa antureiden avulla. Ensimmäinen valvontapaikka on rungon takaosassa olevassa välissä. Valvonta pysäyttää laitteen toiminnan, jos putket loppuvat välivarastosta. Toinen valvontapaikka on heti supistusvaiheen jälkeen. Valvonnalla seurataan, että putkia liikkuu tahtiajan välein supistusvaiheen ja lavan välillä. Kolmas valvontapaikka on vapaan rullakuljettimen päässä. Valvonta pysäyttää laitteen, jos vapaa rullakuljetin tulee täyteen. Jokaisessa valvontapaikassa on käytössä anturi seuraamaan tuotantoa. Kuviossa 26 on esitetty kahden ensiksi mainittua valvontapaikkaa.

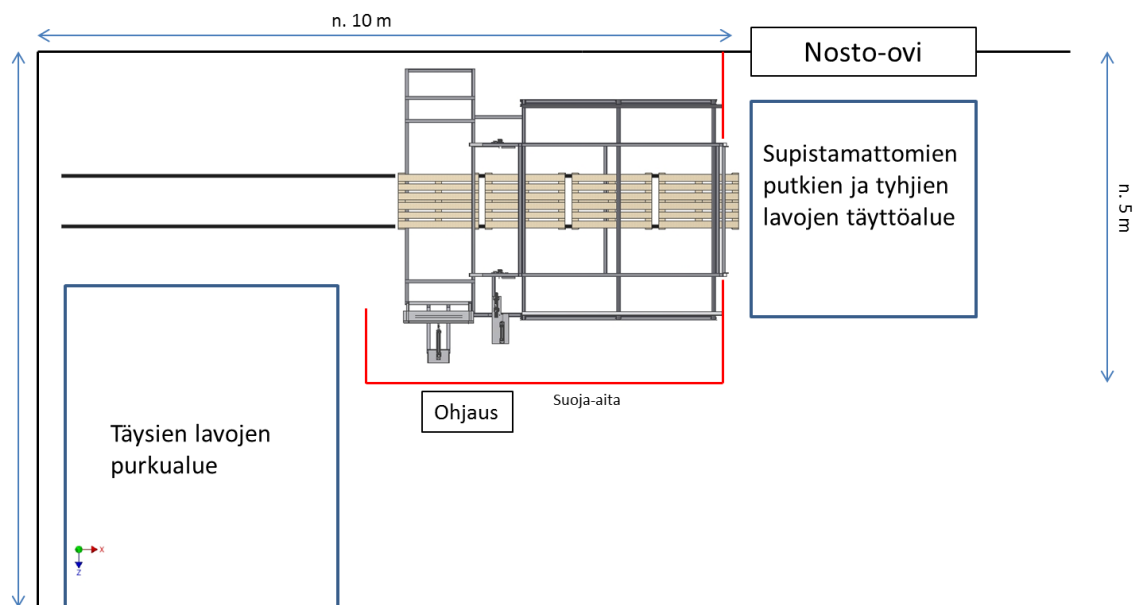


KUVIO 26. Valvontapaikat

## 10.5 Layout

Konedirektiivin turvallisuusvaatimukset vaativat vaaravyöhykkeiden erottamisen muista työtiloista. Suunnitellun laitteen vaaravyöhykkeiden erottamisessa käytetään kaksi metriä korkeaa suoja-aitaa. Suoja-aita kiertää laitteen kuvion 27 mukaisesti. Se estää laitteen käyttäjää ja ympärillä työskenteleviä joutumasta ja pääsemästä vaaravyöhykkeelle.

Laitteen pituus on noin 10 metriä, leveys noin viisi metriä ja korkeus noin kaksi metriä. Kokonaispaino ilman kuormaa on noin 1 000 kilogrammaa. Laitteen layout on esitetty kuviossa 27. Kuviossa laite on sovitettu tilaan, jossa nykyisin supistetaan nykyisellä toimintatavalla lumiesteputkia. Laitteen tilantarve on lähes sama kuin nykyisellä toimintatavalla ja laite sopii hyvin, ilman hallin nykyisen layoutin muuttamista, nykyisen toimintapaikan paikalle.



KUVIO 27. Laitteen layout

## 11 KAPASITEETTI- JA INVESTOINTILASKELMAT

Kapasiteetilaskelmissa lasketaan päivän valmistuskapasiteetti ja miestyötarve työpäivän aikana. Investointilaskelmissa käytetään takaisinmaksuajan menetelmää, jolla selvitetään missä ajassa investoinnin nettotuotot ylittävät perushankintahinnan.

### 11.1 Kapasiteetilaskelmat

Nykyinen supistettujen putkien päivän valmistuskapasiteetti on noin 2000 putkea, sisältäen lavojen tekemisen ja pakkaamisen. Päivän työaika on kahdeksan tuntia, joka kuluu 2000 putken supistamiseen. Suunnitellun laitteen teoreettinen valmistuskapasiteetti on 3800 supistettua putkea päivässä. Kapasiteetti on arvioitu automaatiolaitteiden toimintanopeuksien perusteella. Lisäksi valmistuskapasiteettiin on laskettu laitteen miehittämätön ajo työpäivän jälkeen, jolloin laite tekee kolme lavallista supistettuja putkia.

Koneenkäyttäjän tehtäviin kuuluvat tyhjien lavojen tekeminen eli lautojen kiinnittäminen lavojen jokaiseen kulmaan, supistamattomien putkien ja tyhjien lavojen lataaminen laitteeseen sekä täysien lavojen sitominen ja siirtäminen varastoon. Laskelmissa arvioidaan koneenkäyttäjälle kuusi täyttö, purku ja valmistelukertaa työpäivän aikana. Teoreettinen miestyötarve laitteen toiminnan ylläpitämiseen on noin puolet työpäivästä. Taulukossa 6 on esitetty kapasiteetilaskelmat.

## TAULUKKO 5. Kapasiteetilaskelmat

<b>Teoreettinen uusi kapasiteetti</b>	
3 lavallisen supistamiseen kuluva aika	95 min
Päivän valmistuskapasiteetti	3800 kpl
<b>Teoreettinen uusi miestyötarve</b>	
Täyttö 3 lavalle (putket + lavat)	15 min
3 lavan teko	10 min
3 lavan sitominen ja varastointi	10 min
Täyttö ja valmistelukertoja	6 kertaa
Miestyötarve yhteensä	210 min
<b>Kapasiteettien ja miestyötarpeen vertailu</b>	
Nykyinen valmistuskapasiteetti	2000 kpl/päivä
Nykyinen miestyötarve	8 h/päivä
Valmistuskapasiteetti paranee	1800 kpl/päivä
Miestyötarve pienenee	4,5 h/päivä

## 11.2 Investointilaskelmat

Laitteelle lasketaan takaisinmaksuaika hankinta- ja valmistuskustannusten perusteella. Hankintakustannuksissa huomioidaan työkustannukset, ainekustannukset sekä laitteen valmistuksen ja kokoonpanoaikana menetettyjen töiden tuotot. Valmistuskustannukset lasketaan valmistuskapasiteetin sekä miestyötarpeen määrän ja hinnan perusteella yhdelle putkelle.

Työkustannuksissa huomioidaan kokoonpano ja testaus, joihin on laskettu kuluvaksi kahdelta työntekijältä aikaa kaksi viikkoa, sekä ulkopuolisen yrityksen tekemät sähkötyöt ja hankkimat laitteet. Ainekustannuksiin lasketaan paineilmalaitteet ja niihin tarvittavat osat, koneistettavat ja särmättävät osat, runkomateriaali, kuljettimet, suojaverkko sekä muut hankittavat komponentit. Menetettyihin töihin lasketaan kokoonpanijoiden menetettyjen töiden tuotot kokoonpano ja testaus ajalta. Hankintakustannusten arvio yhteensä on noin 18 000 euroa.

Valmistuskustannuksen pienenemisestä saatu hyöty lasketaan seuraavasti:

$$\text{Valmistuskustannus/kpl} = \frac{\text{Päivän kapasiteetti}}{\text{Miestyötarve}} \times \text{Tuntihinta}$$

$$\text{Valm. kust. erotus} = \text{Nyk. valm. kust.} - \text{Uusi valm. kust.}$$

Nykyisen toimintatavan valmistuskustannus yhdelle putkelle on 0,08 euroa ja suunnitellulla toimintatavalla 0,02 euroa. Laskutulosten perusteella yhden putken valmistuskustannukset vähenevät 0,06 euroa.

Takaisinmaksuaika lasketaan seuraavasti:

$$\text{Takaisinmaksu supistettujen putkien määränä} = \frac{\text{Hankintakustannukset}}{\text{Valm. kust. erotus}}$$

$$\text{Takaisinmaksuaika} = \frac{\text{Takaisinmaksu putkien määränä}}{\text{Vuosimenekki}}$$

Laitteen hankintakustannusten arvio yhteensä on noin 18 000 euroa ja lumiesteputkien vuosimenekki on noin 166 000 putkea. Takaisinmaksu supistettujen putkien määränä on noin 300 000 putkea. Putkien määrää verrattaessa vuosimenekkiin, saadaan takaisinmaksuajaksi 1,8 vuotta.

Suunniteltu toimintatapa lisää kuitenkin muita tuottoa lisääviä töitä nykyiseen toimintatapaan verrattuna. Vuosimenekin valmistamiseen nykyisellä toimintatavalla kuluu aikaa noin 83 päivää ja suunnitellulla laitteella menekin valmistamiseen kuluu aikaa noin 44 päivää. Tällöin laitteen investoinnilla vuoteen saadaan lisää 39 miestyöpäivää. Lisäksi työntekijä ehtii tehdä noin puolet työpäivästä muita töitä, joita menekin valmistuksen aikana kertyy noin 22 miestyöpäivää. Huomioitaessa työajan lisäys takaisinmaksu aikaan, vähentämällä lisääntyneet tuottoa lisäävät työt hankintakustannuksista, laskee takaisinmaksuaika vuosimenekkiin verrattuna noin yhteen vuoteen.

## 12 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tarkoituksena oli suunnitella automaattinen syöttö- ja purkulaite lumiesteputken supistukseen sekä automaattinen lavan vaihto. Laitteen tarkoituksena on lisätä valmistuskapasiteettiä ja pienentää valmistuskustannuksia sekä poistaa hidas ja yksitoikkoinen työvaihe.

Suunnittelu alkoi perustoiminnan suunnittelulla. Perustoiminnan perusteella aloitettiin mekaniikan suunnittelu. Mekaniikan suunnittelun jälkeen mitoitettiin ja valittiin toimilaitteet materiaalin liikuttamiseen. Laitteen automaation toiminta suunniteltiin perustasolla toimilaitteiden valinnan jälkeen. Hankintakustannusten ja valmistuskapasiteetin perusteella laitteelle laskettiin takaisinmaksuaika.

Työn tuloksena saatiin suunniteltua ja mallinnettua automatisoitu laite lumiesteputken supistukseen. Laite pystyy supistamaan kolme lavallista eli 600 putkea miehittämättömänä. Suunnitellun laitteen teoreettinen valmistuskapasiteetti on 3800 putkea päivässä, joka on 1800 putkea enemmän kuin nykyisellä toimintatavalla, samalla miestyötarve puoliintuu suunnitellussa menetelmässä nykyiseen verrattuna. Yhdelle putkelle laskettu valmistuskustannus laskee 0,08 eurosta 0,02 euroon ja laitteen takaisinmaksuajaksi laskettiin 1,8 vuotta.

Opinnäytetyössä saadut tulokset täyttivät työn alussa asetetut tavoitteet ja vaatimukset. Työ pysyi myös kiitettävästi alussa laaditussa aikataulusuunnitelmassa. Työn tulosten perusteella yritys aikoo investoida tässä opinnäytetyössä suunnitellun automaattisen laitteen lumiesteputken supistukseen.

## LÄHTEET

Ellman Asko, Hautanen Juha, Järvinen Kari, Simputa Antti. 2002. Pneumatiikka. Helsinki: Edita.

Finder yritystieto. 2010. Luettu 16.1.2011.  
<http://www.finder.fi/Kattoturvaluustuotteita/Lapuan%20Piristeel%20Oy%20/LA LAP/taloustiedot/152309>

Helsingin yliopisto. 2006. Luovan ongelmanratkaisun työtavat. Luettu 10.5.2011. <http://www.edu.helsinki.fi/malu/kirjasto/lor/>

Lapuan Piristeel Oy. 2005. Luettu 16.1.2011.  
<http://www.piristeel.fi/Piristeel/web.nsf/start>

Lapuan Piristeel Oy. 2005. Pisko tikas- ja kattoturvaluotteiden asennus- käyttö- ja huolto-ohje. Luettu 9.3.2011.  
[http://www.piristeel.fi/Piristeel/web.nsf/images/Pisko\\_tikkaat\\_kattoturvaluotteet\\_asennusohje\\_010309\\_web.pdf/\\$FILE/Pisko\\_tikkaat\\_kattoturvaluotteet\\_asennusohje\\_010309\\_web.pdf](http://www.piristeel.fi/Piristeel/web.nsf/images/Pisko_tikkaat_kattoturvaluotteet_asennusohje_010309_web.pdf/$FILE/Pisko_tikkaat_kattoturvaluotteet_asennusohje_010309_web.pdf)

Lapuan Piristeel Oy. 2005. Kattoturvaluotteet. Luettu 9.3.2011.  
<http://www.piristeel.fi/Piristeel/web.nsf/sp?open&cid=kattoturvaluotteet>

Neilimo Kari, Uusi-Rauva Erkki. 2005. Johdon laskentatoimi. Helsinki: Edita

Ruukki. Varasto-ohjelma 07.2009

Univer Oy. Tuoteluettelo 2011

## LIITTEET

1. Kantavien rakenneputkien lujuuslaskut
2. Nomogrammi venttiilin, letkun ja vastusvastaventtiilin valitsemiseksi



KANTAVIEN RAKENNEPUTKIEN LUJUUSLASKUT

**Straight beams with constant cross-section**

i Calculation without errors.  
 ii Project information

---

**Input section**

**1.0 Beam type, dimensions and loading**

Calculation units: SI Units (N, mm, kW...)

Left beam end: B...Support

Number of supports between: 0

Right beam end: B...Support

Beam field no: L1

Length of beam field	L	3100,0	5080,000	2540,0	2540,0	25,4	25,4	[mm]
Continuous loading	Q	0,000	17,513	0,000	0,175	0,000	0,000	[N/mm]
Field beginning co-ordinates		3100,0	8180,0	10720,0	13260,0	13285,4		[mm]

**Beam loading**

	a [mm]	F [N]	b [mm]	M [Nm]
Force F1 / Moment M1	550,0	19865,3	0,0	0,0
Force F2 / Moment M2	2550,0	19865,3	0,0	0,0
Force F3 / Moment M3	0,0	0,0	0,0	0,0
Force F4 / Moment M4	0,0	0,0	0,0	0,0
Force F5 / Moment M5	0,0	0,0	0,0	0,0
Force F6 / Moment M6	0,0	0,0	0,0	0,0
Force F7 / Moment M7	0,0	0,0	0,0	0,0
Force F8 / Moment M8	0,0	0,0	0,0	0,0
Force F9 / Moment M9	0,0	0,0	0,0	0,0
Force F10 / Moment M10	0,0	0,0	0,0	0,0
Force F11 / Moment M11	0,0	0,0	0,0	0,0
Force F12 / Moment M12	0,0	0,0	0,0	0,0

Dead weight load:  Yes  
 Other input field for force:

---

**2.0 Static values of the profile and material values of the beam**

Beam profile: 04...Rectangle B (Calculated)

User properties of the profile: No

Number of beams abreast: 3

Area	A	6768	[mm <sup>2</sup> ]
Quadratic moment to the axi	I <sub>x</sub>	17220816	[mm <sup>4</sup> ]
Cross-section bending modulu	S <sub>x</sub>	229610,88	[mm <sup>3</sup> ]

A	50,00	[mm]
a	38,00	[mm]
B	150,00	[mm]
b	138,00	[mm]

Beam material: Structural steel EC 3, EN 10025; Fe 360 (210000)

Density	γ	7850,0	[kg/m <sup>3</sup> ]
Modulus of elasticity in tension	E	210000	[MPa]
Permissible bending stress	σ <sub>b</sub>	141	[MPa]

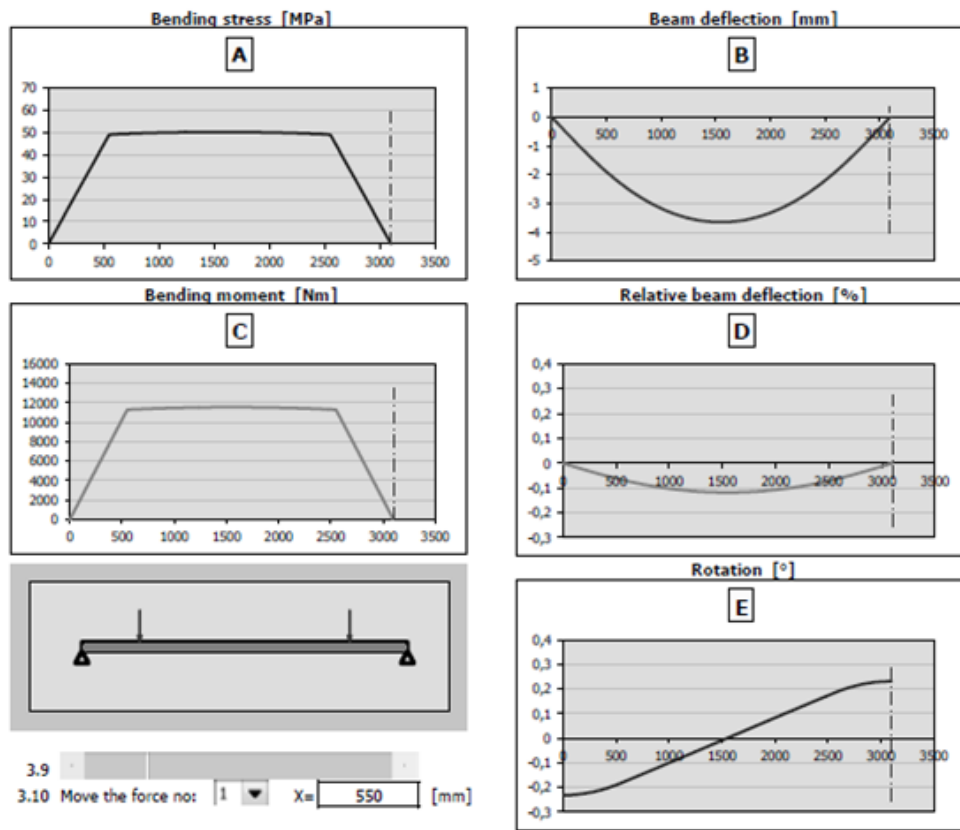
---

**Results section**

**3.0 Calculation results**

3.1 Support number from left	R1	R2		
3.2 Reaction in supports	20688,80	20688,80		[N]

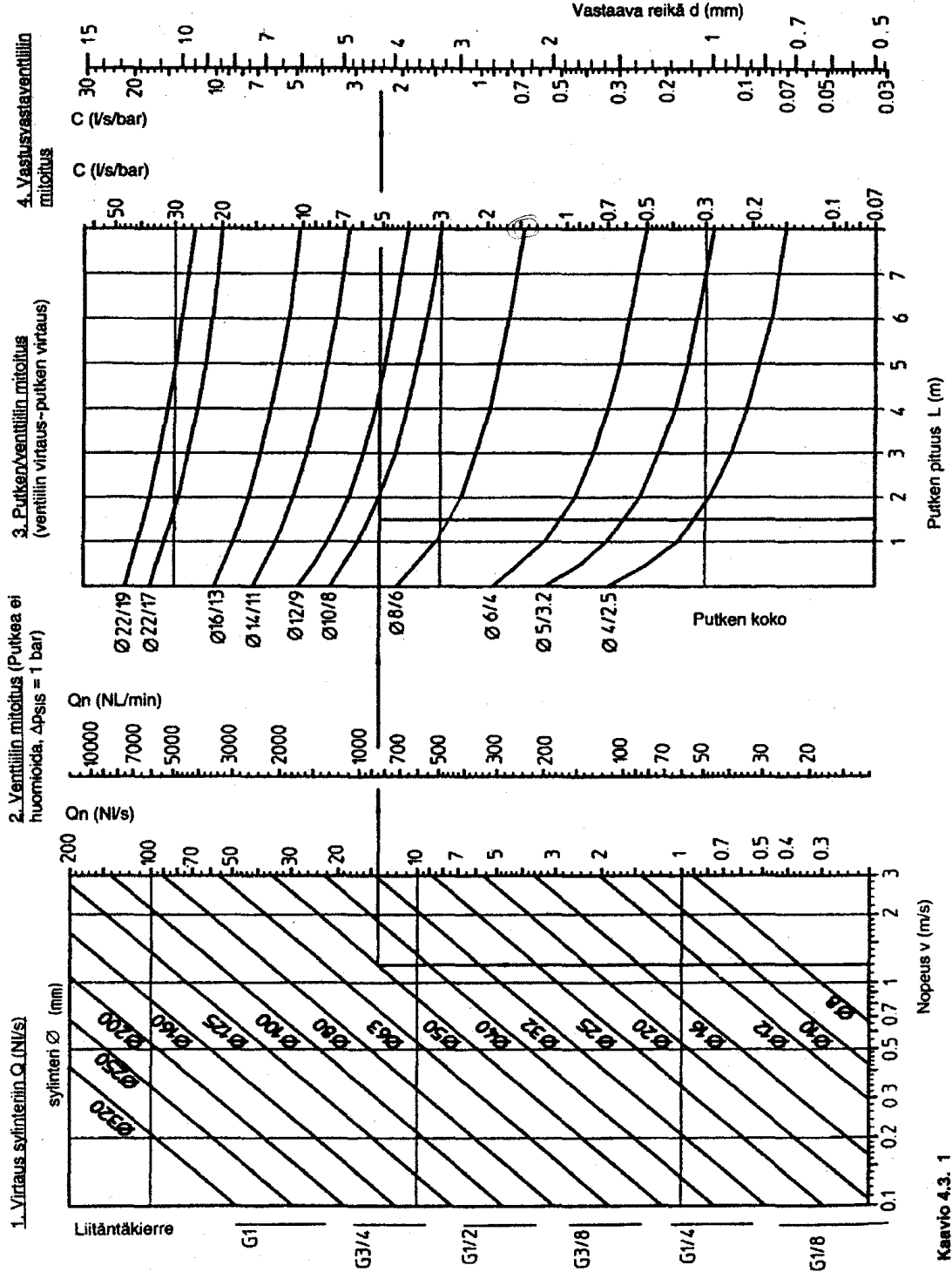
3.3 Bending moment Min. / Max.	M <sub>0</sub>	0,00	11564,12	[Nm]
3.4 Beam deflection Min. / Max.	y	-3,654	0,000	[mm]
3.5 Bending stress Min. / Max.	σ <sub>b</sub>	0	50,4	[MPa]
3.6 Weight of the beam			164,7	[kg]
3.7 Max. length of the free end (buckling).			0,0	[mm]
3.8 Relative beam deflection Max.			0,118	[%]



4.0 Detailed results

NOMOGRAMMI VENTTIILIN, LETKUN JA VASTUSVASTAVENTTIILIN VALITSEMISEKSI

Pikavalintakaavio



Kaavio 4.3. 1