



Janne Aro

JOUSENSYÖTTÖLINJASTON SUUNNITTELU

JOUSENSYÖTTÖLINJASTON SUUNNITTELU

Janne Aro
Opinnäytetyö
Kevät 2013
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
Oulun seudun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun seudun ammattikorkeakoulu
Kone- ja tuotantotekniikka, koneautomaatio

Tekijä: Janne Aro

Opinnäytetyön nimi: Jousensyöttölinjaston suunnittelu

Työn ohjaajat: Eero Korhonen, Mika Palomäki

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: kevät 2013 Sivumäärä: 48 + 5 liitettä

Opinnäytetyönä suunniteltiin Unico Finlandille jousensyöttölinjasto joustinpatjalinjalle. Työn tavoitteena oli lisätä tuotannon tehokkuutta, automatisoida jousimaton kuljetus joustinpatjalinjalle ja samalla vähentää työntekijöiden fyysistä kuormitusta. Työssä pohdittiin erilaisia toteutustapoja toimivalle ratkaisulle sekä lopulta mitoitettiin sille sopivat komponentit.

Aluksi perehdyttiin joustinpatjalinjan rakenteeseen sekä sen ympäristön toimintaan, jotta pystyttiin havainnollistamaan mahdolliset ratkaisuvaihtoehdot. Jousimatto kuljetettiin kasauspöydälle, jota edeltävä työpiste oli liimausautomaatti. Kasauspöydän jälkeinen työpiste oli puristin. Jousimaton kantamiseen kasauspöydälle tarvittiin kahta työntekijää. Ennen varsinaista suunnittelua listattiin vaatimukset linjastolle, jotta saatiin rajattua toteutukseltaan mahdottomat ratkaisut pois. Vaatimuksia laitteelle olivat esimerkiksi soveltuminen muun linjaston toimintaan, turvallisuus, kaikkien jousimallien ja kokojen soveltuminen nostolaitteeseen ja jousimaton kuljettaminen kasauspöydälle sen yläpuolelta.

Työssä esiteltiin useita erilaisia mahdollisia toimivia ratkaisuvaihtoehtoja, joista myös piirrettiin SolidWorksilla havainnollistavia malleja. Vaihtoehdoista karsittiin yhteisesti toimeksiantajan edustajan kanssa huonoimmat ratkaisut pois ja keskityttiin parhaan ratkaisun jatkokehittämiseen muun linjan toimintaan sopivaksi. Kun sopivin ratkaisumalli löytyi, tehtiin kokonaisuudesta kokoonpanomalli. Nostolaitteen pystyliike toteutettiin hammastankojen avulla. Tarttumiseen käytettiin paineilmatarttuvia. Sivuttaissuuntainen liike tapahtui hammashihnojen ja niihin kiinnitettyjen vaunujen avulla. Jousimaton kuljetus kasauspöydälle tapahtui tason avulla, jota liikuteltiin teleskooppijohteita pitkin hammastangon avulla. Lopuksi tehtiin linjaston toimilaitteiden suuntaa antava valinta ja mitoitus. Mootto-reiksi valittiin oikosulkumoottorit ja vaihteina käytettiin hammasvaihteita.

Asiasanat: pussijousimatto, bonnell-jousimatto, joustinpatjalinja, kasauspöytä

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
SISÄLLYS	4
1 JOHDANTO	6
2 JOUSTINPATJAN RAKENNE	7
2.1 Jousimatot	7
2.2 Bonnell-jousimatto	8
2.3 Pussijousimatto	9
2.4 Kierrejousi	10
3 SUUNNITTELUN LÄHTÖTILANNE	11
3.1 Turvallisuusnäkökulma	11
3.2 Vaatimuslista	12
3.3 Suunnittelun välineet	14
4 OSATOIMINTOIHIN JAKO JA YLEISET MENETELMÄT	15
4.1 Kappaleeseen tarttuminen	15
4.1.1 Alipainetarttujat	15
4.1.2 Magneetit	16
4.1.3 Neulat	17
4.1.4 Paineilmatarttujat	18
4.2 Nostaminen ja laskeminen	19
4.3 Kuljetus linjastolla	23
5 RATKAISUVAIHTOEHTOJEN VERTAILU	25
5.1 Jousimattoon tarttuminen	25
5.2 Jousimaton nostaminen ja laskeminen	27
5.3 Jousimaton kuljetus	28
6 OSATOIMINTOJEN RATKAISUT	33
6.1 Tarttuminen	33
6.2 Pystysuuntainen liike	33
6.3 Sivuttaisliike	35
6.4 Kuljetus kasauspöydälle	36
6.5 Tukirakenteet	38

6.6 Turvalaitteet	38
6.7 Toimilaitteet	40
6.8 Muut komponentit	44
7 YHTEENVETO	46
LÄHTEET	47
LIITTEET	
Liite 1 Destacon kulmatarttujan tekniset tiedot	
Liite 2 Aluflexin teleskooppijohteen tekniset tiedot	
Liite 3 Erikkilan alumiiniprofiilin tekniset tiedot	
Liite 4 Drivematicin alumiiniprofiilin tekniset tiedot	
Liite 5 Suuntaa-antavat päämitat linjastolle	

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön on tehty Kauhavalla toimivalle Unico Finlandille, joka on yksi Suomen johtavista sänkyjen ja sohvien valmistajista. Unicon tuotteita ovat mm. joustinpatjat, runko-, jenkki- ja moottorisängyt sekä sohvut. Unico toimittaa tuotteitaan Suomen suurimmille huonekaluketjuille, kuten mm. Asko, Masku ja Sotka. (1.)

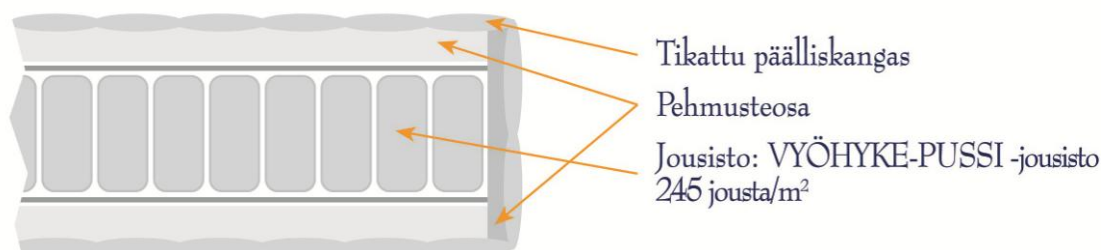
Työn suunnitellaan joustinpatjalinjalle erikokoisten jousimattojen syöttölinjasto. Aiemmin jousimatot on kannettu lihasvoimin linjalle. Linjastolla pyritään automatisoimaan jousimattojen kulku joustinpatjalinjastolle, lisäämään tuotannon tehokkuutta sekä vähentämään työntekijöiden fyysistä rasitusta. Joustinpatjalinjalla olevat työpisteet ovat liimausautomaatti, kasauspöytä ja puristinautomaatti, joista kasauspöydälle syötetään jousimatot.

Ongelmat jaetaan useisiin osiin, joihin pyritään kehittämään kokonaisuuden kannalta paras mahdollinen ratkaisu. Ratkaisuvaihtoehtoja vertaillaan keskenään ja parhaan ratkaisun jatkokehityksen tuloksena saadaan toimiva linjasto. Opinnäytetyö on rajattu tekovaiheessa joustinpatjalinjaan sopivan linjaston suunnitteluun, mitoittamiseen sekä pääkomponenttien valintaan.

2 JOUSTINPATJAN RAKENNE

Joustinpatjoja käytetään sängyissä tuottamaan mukavuutta ja vaimennusta alustaan nähden. Joustinpatja sisältää aina tietynlaisen jousimatton, jonka tarkoituksena on jättää jousien väliin lämpöä eristävää ilmaa ihmisen ja sängyn rungon väliin. Joustinpatjaa myydään usein joko yksittäisenä patjana tai jenkisängyissä sängyn runko-osan päällä. Joustinpatjat jaotellaan pääsääntöisesti niiden koon ja jäykkyyden perusteella. Unicolla joustinpatjat jaotellaan niiden jousien jäykkyyden perusteella kolmeen luokkaan: medium, hard ja x-hard.

Joustinpatjan rakenne koostuu pääasiassa vaahtomuovista sekä jousimatosta. Pohjalevynä käytetään vaahtomuovipehmustetta. Tämän päälle asetellaan vaahtomuovista pehmustekehikko, jonka sisään asetellaan joko Bonnell-jousimatto tai yleisemmin pussijousimatto. Patjan yläpintaan asetellaan pohjalevyn kaltainen vaahtomuovipehmuste. Joustinpatja pysyy koossa patjan ylä- ja alapintoihin levitettävän teollisuusliiman avulla. Lopuksi joustinpatjaan vedetään kangashuppu päälle. (Kuva 1.)



KUVA 1. Joustinpatjan rakenne

2.1 Jousimatot

Jousimatto koostuu pienistä lieriömäisistä kierrejousista, jotka asetellaan rinnakkain matoksi. Jousen korkeus vaihtelee eri patjamallien välillä. Jousien korkeus vaihtelee 13 cm:n ja 20 cm:n välillä. Maton pituus on pääsääntöisesti 189 cm ja leveys riippuu joustinpatjan leveydestä. Kapeimmat patjat sisältävät 67 cm jousimatton, kun taas leveimmät jousimatot ovat 147 cm.

2.2 Bonnell-jousimatto

Bonnell-jousimatto koostuu useista kierrejousista, jotka asetellaan rinnakkain (kuva 2). Yksittäisen jousen halkaisija on mallista riippuen 7 - 8 cm. Jousimateriaalin paksuus vaihtelee 1,8 mm:n ja 2,0 mm:n välillä. Jousimattojen koko vaihtelee tilausten mukaan.



KUVA 2. Bonnell-jousimatto

Bonnell-jousimaton yksittäiset jouset kiinnitetään toisiinsa jousilangalla (kuva 3). Bonnell-jousimattoja ei voi muokata erikoiskokojen mukaan, vaan matot on tilattava valmistajalta vakiokokoina.



KUVA 3. Jousilangalla toisiinsa kierretyt kierrejouset

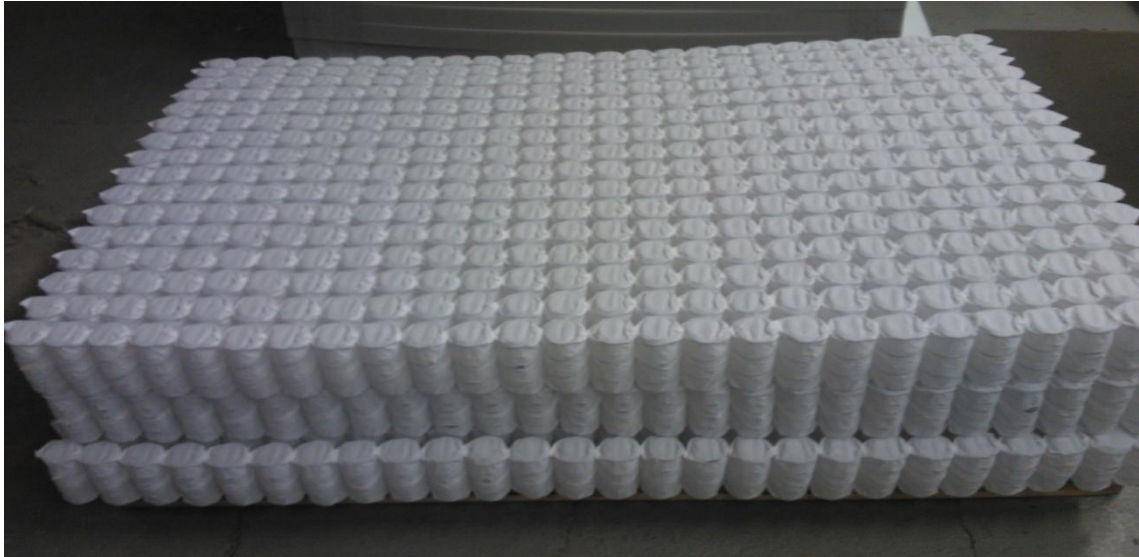
2.3 Pussijousimatto

Pussijousimatto poikkeaa bonnell-jousesta rakenteellisesti hieman. Pussijousimatossa ei ole metallikehikkoa jousimaton ympärillä, kuten bonnell-jousimatoissa. Lisäksi pussijousimatossa on, nimensä mukaisesti, suljettu vahva kangaspussi jokaisen yksittäisen kierrejousen ympärillä (kuva 4).



KUVA 4. Kangaspussin sisällä oleva kierrejousi

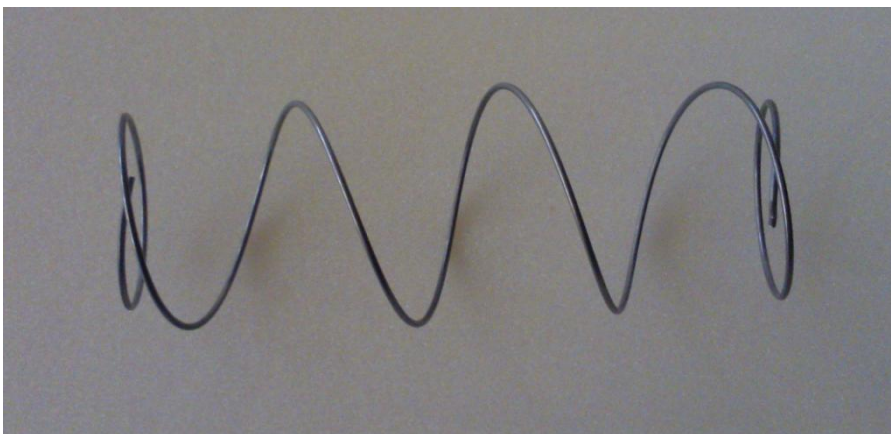
Kankaan avulla saadaan joustinpatjan vaahtomuoviosat kestämään kulutusta ja jousen pitkäaikaista liikkumista vaahtomuovia vasten. Pussit neulotaan toisiinsa kiinni pituussuunnassa. Pussijousimaton leveyssuunnassa pussit liimataan toisiinsa kiinni, jolloin pussijousimattoja voidaan muokata esimerkiksi erikoiskokojen mukaan repäisemällä pituussuuntaisesti matosta yksi jousirivistö pois. Esimerkiksi $120\text{cm} \times 200\text{cm}$ joustinpatja sisältää $16 \times 26 = 416$ yksittäistä joustia rinnakkain aseteltuna. (Kuva 5.)



KUVA 5. Pussijousimatto

2.4 Kierrejousi

Kierrejousella saadaan erittäin hyvin hyödynnettyä ohuen langan kimmainen muodonmuutoskyky. Kierrejousen toiminta on samankaltainen vääntäjousen kanssa, joten se on leikkausrasituksen alainen, sekä sen liike on rajoitettu leikkauksjännityksen raja-arvolla. Kierrejousia voidaan valmistaa suorakaiteen muotoisista tai pyöreistä langoista (kuva 6). Kierrejousia voidaan käyttää myös veto- ja puristusjousina. (2, s. 207.)



KUVA 6. Joustinpatjan lieriömäinen kierrejousi

3 SUUNNITTELUN LÄHTÖTILANNE

Yrityksessä joustinpatjoja valmistetaan linjastolla, johon jousimaton syöttö halutaan liittää automaattiseksi. Tähän saakka jousimatto on kannettu linjaston läheisyydestä käsivoimin linjastolle. Jousimaton kantaminen linjastolle hidastaa patjojen tuotantoa, mutta pääasiallinen syy kantamisen automatisoinnille on toistuvan jousimattojen kantamisen fyysinen rasitus.

Jousimatot on pakattuna pahvirullan sisälle puristuksiin. Yksi pahvirulla sisältää 5 - 10 jousimattoa. Jousimatot puretaan jousenpurkuautomaatissa, jossa pahvirulla avataan akselille. Jousimatot purkautuvat pahvirullalta pöydälle yksi kerrallaan, josta ne käsivoimin nostellaan lavalle. Lavalle kasataan koko pahvirullallinen jousimattoja, joten lavan korkeudeksi voi tulla jopa kaksi metriä.

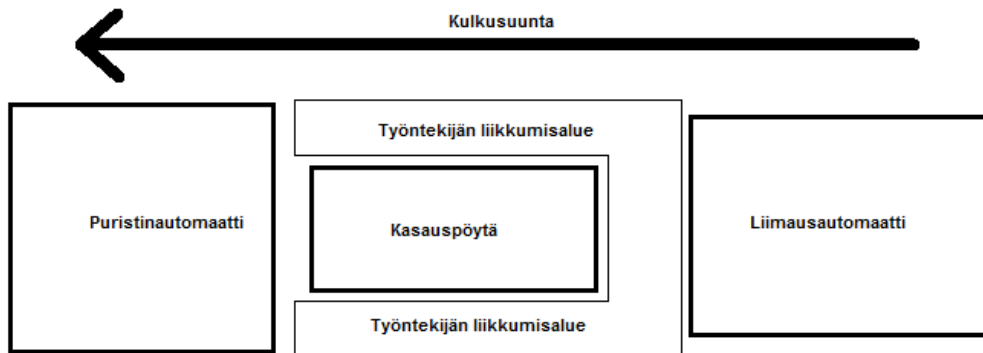
Ihanteellinen ratkaisu olisi kuljettaa jousimatto suoraan jousenpurkuautomaatista joustinpatjalinjalle, jolloin jousimattojen käsityönä suoritettava nostaminen lavalle saataisiin kokonaan pois työvaiheista. Jousimattojen pakkausten laatu on kuitenkin erittäin vaihtelevaa, koska jousimatot ovat ajoittain takertuneet toisiinsa pakkauksessa. Tämän vuoksi jousimaton kuljettaminen suoraan purkuautomaatista olisi hankalaa, sillä laitteen olisi oltava erittäin varmatoiminen.

3.1 Turvallisuusnäkökulma

Joustinpatjalinjalla työskentelee kiireellisyyden mukaan 3 - 5 henkilöä. Linjan ympäristössä kulkee jatkuvasti myös trukkeja korkeiden hyllyvarastojen sijainnin vuoksi, joten suunniteltavan linjaston on oltava ehdottoman turvallinen eikä se ahtaiden tilojen vuoksi saa viedä paljoa tilaa.

Joustinpatjan kasauspöydän ympärillä työskentelee jatkuvasti vähintään kaksi henkilöä, joten linjaston suunnittelussa on otettava huomioon työntekijöiden turvallisuus. Jousimattojen syöttö on suoritettava kasauspöydän yläpuolelta, koska sivusuunnassa jousimaton syötölle ei ole tilaa. Näin saadaan vältettyä puristumisvaarat sekä pöydän ympärillä oleva tila pystytään pitämään vapaana liikkumista varten. Kasauspöydän yläpuolella oleva ilmatila saadaan samalla hyöty-

käyttöön, joskin turvalaitteen tarve säilyy, jotta työntekijät eivät jäisi pystysuunnassa liikkuvan syöttölaitteen tai jousimaton alle. (Kuva 7.)



KUVA 7. Joustinpatjalinja havainnollistettuna

Liimausautomaatti on kasauspöytää edeltävä automaatti, jonka yläpuolelta on mahdollista kuljettaa jousimatto kasauspöydälle. Kasauspöydän jälkeinen automaatti on puristin, jonka yläpuolelta myös on mahdollista kuljettaa jousimattoja. Puristimen vieressä on kuitenkin korkea hylly, joka saattaisi vaikeuttaa suunnittelua. Teoriassa kasauspöydälle voitaisiin sivusuunnassakin kuljettaa jousimattoja, mutta tällöin jousimatot kuljetettaisiin työntekijöiden yläpuolelta, mikä taas olisi turvallisuusriski. Tällöin turvalaitteet olisi suunniteltava huomattavasti kattavammiksi ja ne veisivät myös liikaa tilaa.

Lähtökohtaisesti jouset siis puretaan pahvirullilta puulavoille, josta ne nostetaan suunniteltavalla linjastolla joustinpatjalinjalle. Syöttö tapahtuu yläpuolelta liimausautomaatin tai puristimen yläpuolelta kuljetettuna.

3.2 Vaatimuslista

Suunniteltavaan laitteistoon on aluksi selvitettävä vaatimukset eri toiminnoille ja turvallisuudelle. Vaatimukset jaotellaan niiden tärkeyden mukaan kolmeen kategoriaan: kiinteisiin vaatimuksiin, vähimmäisvaatimuksiin sekä toiveisiin. Vaatimuslistassa (taulukko 1) on otettava kaikki näkökulmat huomioon, jolloin voidaan karsia iso osa toimimattomista ratkaisuksista pois. (3, s. 18.)

Kiinteät vaatimukset on kriittisin kategoria, joka on aina saavutettava. Tällaisia esimerkkejä ovat määräykset, turvallisuuskohdat ja laatuvaatimukset. Vähimmäisvaatimuksien minimiarvon ylittäminen on aina toteuduttava. Myös minimiarvoa parempi tulos on sallittua ja myös suotavaa. Hyviä esimerkkejä vähimmäisvaatimuksista ovat mm. hyötysuhde ja linjaston nopeus. Toiveet on tilanteesta riippuen toteutettavissa. Toiveet eivät ole oleellisimpia vaatimuksia laitteen suunnittelussa, koska ne eivät vaikuta kriittisesti laitteen turvallisuuteen ja toimintaan. Hyviä esimerkkejä toiveista ovat mm. yksinkertainen rakenne ja ulkoasu. (3, s. 18.)

TAULUKKO 1. Jousimaton kuljettimen vaatimuslista

KV/VV/T	VAATIMUSLISTA
VV	Jousimaton kuljetusajan on oltava pieni, ettei muun linjaston toiminta hidastu.
KV	Kaikkien normaali- ja erikoisjousimattokokojen on sovittava linjastolle.
VV	Linjaston toiminnan on oltava automaattinen/puoliautomaattinen
KV	Laitteen on kyettävä nostamaan jousimatto lavalta.
KV	Sovelluttava sekä Bonnell-jousimattojen että pussijousimattojen kuljetukseen.
VV	Bonnell-jousimatto ei saa takertua laitteen komponentteihin.
KV	Laitteen on oltava täysin turvallinen sisältäen hätä-seis -kytkimen.
KV	Jousimatto syötetään joustinpatjalinjastolle yläpuolelta.
T	Laitteen on oltava taloudellinen.
VV	Laitteen on sovellettava yrityksen tuotantokapasiteetin rajaamaan työmäärään.
T	Laitteen rakenteen on oltava mahdollisimman yksinkertainen.
T	Laitte ei saa olla massiivinen.
T	Laitteen komponentit tulisi olla yhteistyökumppaneilta saatavissa.
T	Laitteen on oltava mahdollisimman halpa.
T	Laitetta olisi oltava mahdollista muokata tarpeen mukaan.
KV	Laitteessa on oltava sekä käsiajon että peruutusajon mahdollisuus.
KV	Sekä täyden että vajaan jousimattolavan on sovittava laitteeseen.
T	Laitteeseen on voitava asettaa useampi jousimattolava valmiiksi.
KV	Laitteen toimittava sisälämpötilan 10 °C-40 °C välillä.
KV	Laitteen suunnittelussa otetaan standardit huomioon.
KV= Kiinteä vaatimus VV= Vähimmäisvaatimus T= Toive	

3.3 Suunnittelun välineet

Linjaston eri toimintojen ja vaihtoehtojen hahmottelemiseksi käytän mallintamiseen SolidWorks 2012 -ohjelmaa. Tarvittaessa SolidWorksilla voidaan myös luoda 2D-piirustukset mallinnettavista kappaleista. (4)

4 OSATOIMINTOIHIN JAKO JA YLEISET MENETELMÄT

Linjaston suunnittelun helpottamiseksi täytyy kokonaisuus jakaa osatoimintoihin, joihin etsitään erilaisia ratkaisuja kokonaisuuden ehdoilla. Ensimmäinen vaihe on kappaleeseen tarttuminen. Seuraava vaihe on kappaleen nostaminen ilmaan. Kappaleen kuljettaminen sivuttaissuunnassa ja laskeminen halutulle tasolle on kolmas vaihe. Aluksi on tutkittava joka osatoiminnolle olemassa olevia ratkaisuvaihtoehtoja ja niiden hyödyt ja haitat.

4.1 Kappaleeseen tarttuminen

Kappaleeseen voidaan tarttua kiinni erilaisin menetelmin. Teollisuudessa vaaditaan suoritusvarmoja tapoja liikutella erilaisia kappaleita. Menetelmän valinnassa on otettava huomioon mm. kappaleen koko, paino, muoto ja materiaali. On myös huomioitava se, että tarttuvan laitteen on kuljettava kappaleen mukana joissain tapauksissa.

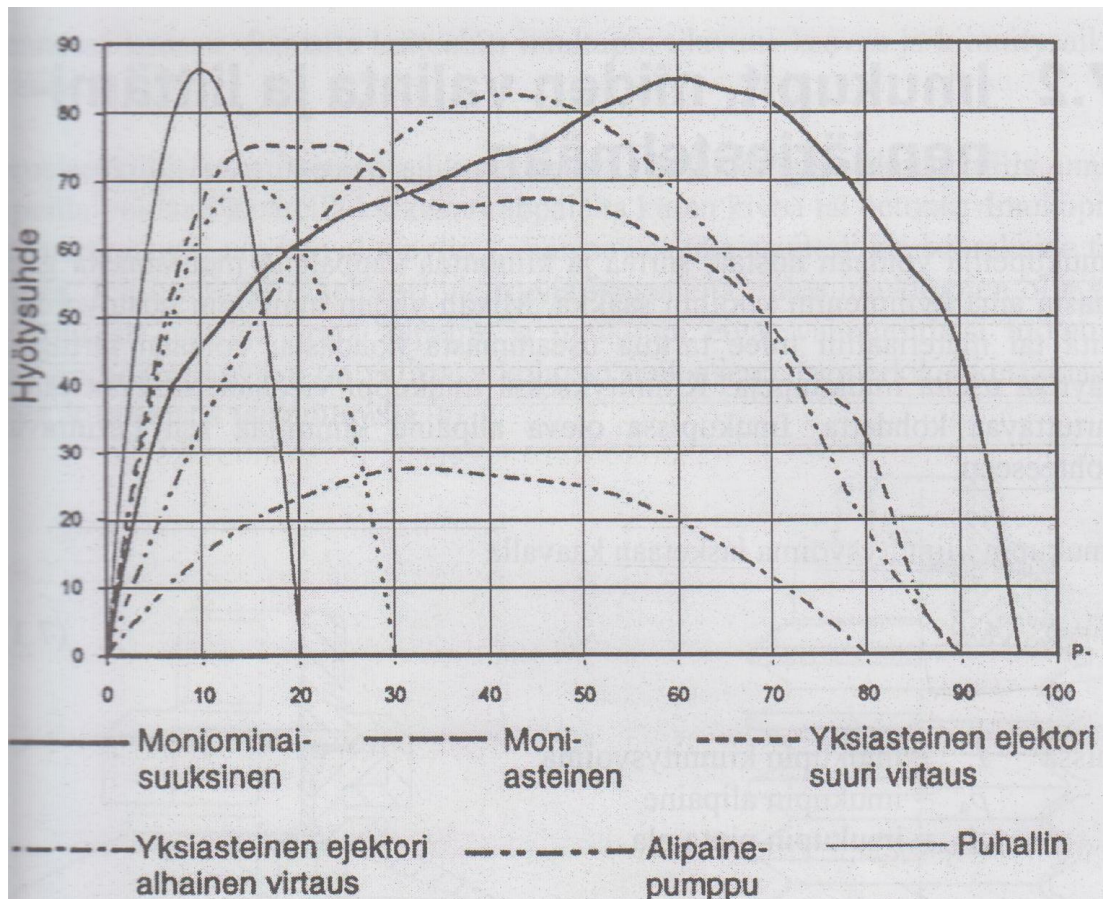
4.1.1 Alipainetarttujat

Alipainetekniikkaa käytetään teollisuudessa kappaleen kiinnittämiseen ja sen siirtämiseen. Yksi yleisimmistä alipainekiinnittimistä on imukuppi. Alipainetekniikan toiminta on yksinkertainen: paine alennetaan suljetusta tilasta ilmanpainetta pienemmäksi, jolloin syntyy voima, jota voidaan käyttää kappaleiden liikutteluun. (5, s. 155.)

Imukuppien avulla voidaan kiinnittää tai siirtää kappaleita, joiden massa voi olla jopa kymmeniä kiloja. Mikäli kappaleen massa on suurempi, voidaan kiinnitys suorittaa useammalla imukupilla. Imukupin materiaali on tavallisesti silikonikumi. Imukuppien materiaalia valitessa on otettava huomioon sen toimintaympäristö. Esimerkiksi öljyn, kuumuuden ja kulumisen kestävyys voivat olla imukuppien kestävyysvaatimuksina. (5, s. 158 - 159.)

Alipaineen tuotto toteutetaan mekaanisilla alipainepumpuilla tai ejektoreilla. Pumpuilla imetään suljetun tilan ilma ulos. Pumpuina käytetään pääsääntöi-

sesti mäntä-, kalvo- tai lamellipumppuja. Ejektoreita käytetään, mikäli halutaan satunnaisesti tai katkonaisesti käyttää alipainetta. Ejektorit ovat laitteina selvästi alipainepumppuja halvempia, mutta niiden tuottaman alipaineen energiakustannukset ovat suuremmat kuin alipainepumppuilla. Ominaiskäyrien (kuva 8) avulla nähdään eri menetelmin saatuja alipaineita hyötysuhteeseen nähden. (5, s. 156.)

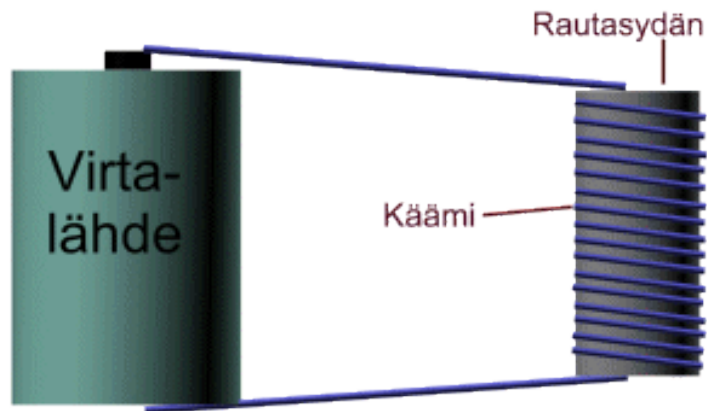


KUVA 8. Ominaiskäyriä erilaisille alipainetta tuottaville laitteille (5, s. 157.)

4.1.2 Magneetit

Teollisuudessa magneetteja käytetään metallikappaleiden nostamiseen. Magneetilla voidaan tarttua ainoastaan magnetoituviin kappaleisiin. Pääasiassa nostettavat kappaleet ovat painavia tai suurikokoisia, mutta myös pienien kappaleiden nostaminen magneettivoimalla onnistuu. Pääsääntöisesti magneetit jaetaan sähkömagneetteihin ja kestopagneetteihin.

Sähkömagneetissa olevan terässydämen ympärillä on käämi (kuva 9), johon johdettaessa sähköä tapahtuu magnetoituminen. Tällöin magneetin päihin muodostuu magneettinen voima, jonka avulla voidaan tarttua teräskappaleisiin. Kun virran syöttö magneettiin lakkaa, magneettikenttä häviää ja kappale irtoaa magneetista. (6, s. 76.)



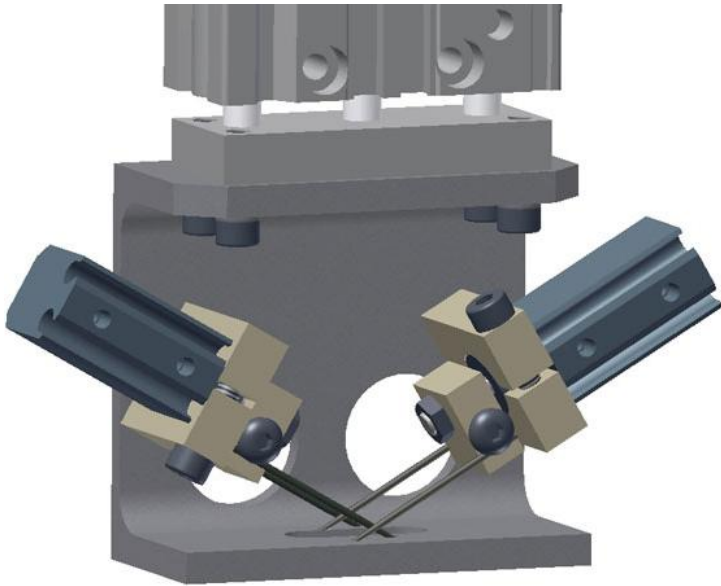
KUVA 9. Sähkömagneetin toimintaperiaate (7)

Kestomagneetin etuna sähkömagneettiin on sen kyky ylläpitää magneettikenttäänsä. Kestomagneetteja voidaan valmistaa ainoastaan ferromagneettisista materiaaleista, kuten raudasta, nikkelistä ja harvinaisista maametalleista valmistetuista seoksista. (8)

Kestomagneetteja käytetään kappaleiden nostamiseen teollisuudessa. Kestomagneetin etuina nostamisessa ovat sen monipuolisuus, helppokäyttöisyys ja turvallisuus. Ne ovat kevytrakenteisia ja vaativat vähän huoltoa. (9)

4.1.3 Neulat

Teollisuudessa kappaleisiin tartutaan eräänlaisilla neuloilla, jotka työntyvät kappaleisiin joko pystysuunnassa tai viistossa (kuva 10). Neulat ovat ohuita ja lujia, jotta ne kestävät jatkuvaa kappaleeseen iskeytymistä. Menetelmä on erittäin varmatoiminen. Pääasiassa neuloilla tartutaan kankaisiin ja muihin pehmeisiin kappaleisiin.



KUVA 10. Viistoneulainen tarttuja (10)

4.1.4 Paineilmatarttuajat

Paineilmatarttuja on yleinen menetelmä tarttua kappaleeseen. Teollisuudessa, varsinkin robottien toiminnassa, on usein käytössä tarttuja, jotka toimivat paineilman avulla. Näin robotit ovat vuorovaikutuksessa linjastolla muihin työpisteisiin siirtämällä tuotteita paikasta toiseen. Paineilmatarttujissa käytetään 2 - 4 ns. sormeja, jotka puristuvat kappaleeseen kiinni. Puristusvoima voidaan määrittellä paineilman avulla. Tarttujien leuat voivat olla joko aukeavia tai sulkeutuvia. Samanlaisia tarttuja voidaan käyttää myös sähköisellä toteutuksella paineilman sijaan, jolloin voima tuotetaan sähkömoottorin avulla. (Kuva 11.)



KUVA 11. Paineilmatarttuja (11)

4.2 Nostaminen ja laskeminen

Kappaleita joudutaan usein nostamaan ja laskemaan niitä siirrettäessä paikasta toiseen. Teollisuudessa pyritään toteuttamaan nämä liikkeet usein erilaisilla korojeilla, jotta työn tehokkuus saataisiin maksimoitua ja ruumiillinen työ minimoitua. Nostolaitteen valintaan vaikuttaa siirrettävän kappaleen massa, muoto, koko, sekä nostokorkeus ja siirtomatka. Nostolaitteella pystytään tavallisesti myös laskemaan kappale.

Kappale voidaan myös nostaa joko kappaleen yläpuolelta tai alapuolelta. Kappaleen nostaminen alapuolelta toteutetaan usein paineilmanostimella tai hydraulinosstimella. Saksinosturi (kuva 12) on tavanomainen nostomenetelmä mm. autoteollisuudessa ja erilaisissa huoltotöissä. Saksinostinta voidaan käyttää myös ylhäältäpäin.



KUVA 12. Saksinosturi (12)

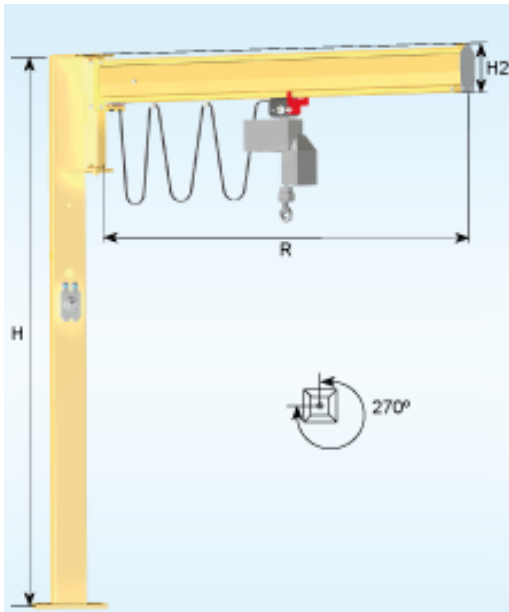
Kattosaksinostin (kuva 13) on erittäin vakaa ja käytännöllinen nostin, jolla voidaan nostaa kappaleita pitkiäkin matkoja.



KUVA 13. Kattosaksinostin (13)

Kappaletta nostettaessa ja siirrettäessä yläpuolelta käytetään usein rakennustyömaanosturin kaltaista kääntöpuominostinta (kuva 14). Nostimen etuna on sen vähäinen tilan tarve. Nostin voidaan asentaa myös usealla eri tavalla. Tuki voidaan ottaa lattiasta, seinästä tai jopa katosta. Nostimella voidaan nostaa ja

siirtää painaviakin kappaleita tukirakenteista riippuen. Itse nostaminen voidaan suorittaa esimerkiksi vinssaamalla.



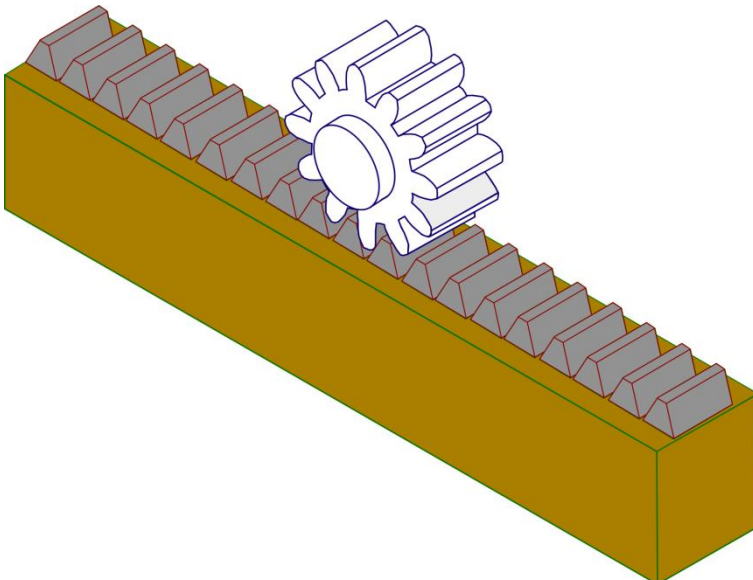
KUVA 14. Kääntöpuominostin (14)

Konttinosturi on tukeva ja toimiva ratkaisu moniin nostosovelluksiin. Konttinosturin kaltaista ratkaisua käytetään mm. satamissa ja junien lastauksessa. Menetelmää voidaan käyttää sekä raskaan kaluston siirtämiseen että pienemmässä mittakaavassa myös kevyiden kappaleiden siirtämiseen. (Kuva 15.)



KUVA 15. Konttinosturi (15)

Nostotoiminto voidaan toteuttaa myös hammastangon ja pyörän avulla (kuva 16). Pyörää pyöritetään moottorin avulla, jolloin ratas kiipeää hammastanko pitkin eteenpäin. Rattaita valmistetaan monista materiaaleista, joten kuormituksesta riippuen jopa muovirattaan käyttäminen on mahdollista. Hammastangon ja rattaan valinnassa on otettava huomioon kuorman lisäksi liikuteltava matka ja nopeus. Hammaspyöriä käytetään usein erilaisissa vaihteistoissa.



KUVA 16. Hammastanko ja ratas (16)

4.3 Kuljetus linjastolla

Kappaleiden kuljetus paikasta toiseen voidaan suorittaa monella tavalla. Laitteiston valintaan vaikuttavat kuljetettavan kappaleen massa, muoto, koko, kuljetettava matka sekä ympäröivän tilan määrä. Kappaleita voidaan kuljettaa myös viistossa ja pystysuunnassa.

Hihnakuljettimen toiminta perustuu kahteen pyörivään rullaan, joiden välille asetetaan hihna. Toiseen rullista asetetaan moottori, jolloin rullasta tehdään vetävä. Jotta hihna on tuettuna tarpeeksi, voidaan hihnan alle asettaa vapaasti pyöriviä rullia tai tasainen ja liukas taso. Hihnakuljetin on varmatoiminen, ja sitä voidaan käyttää useissa siirtotilanteissa. Hihnakuljettimien haittoina ovat niiden suuri tilantarve ja korkea hinta.

Rullakuljetin on yleisin kuljetintyyppi. Rullakuljettimen toiminta on samankaltainen hihnakuljettimen kanssa. Rullakuljettimessa rullaradan päähän asennetaan ketju, joka pyörittää rullia. Ainoastaan vetävät rullat asennetaan ketjukäyttöön. Rullarataa voidaan käyttää myös viistossa, jolloin laskevassa liikkeessä ei välttämättä tarvita vetäviä rullia ollenkaan. Rullakuljettimia käytetään erityisesti tuotantolinjastoilla, joissa kappaleita kuljetetaan työpisteeltä toiselle.

Ruuvikuljettimella kuljetetaan materiaalia teräsruuvien pyörimisen avulla. Ruuvien ympärillä oleva putki tai kouru pitää materiaalin tiiviisti kierteen sisällä, ja ruuvien pyöriessä materiaali kulkee kierrettä pitkin eteenpäin. Pääasiassa ruuvikuljetinta käytetään erilaisten jauhemaisten aineiden kuljetuksiin.

Riippukuljettimessa kappaleet kulkevat paikasta toiseen ilmassa roikkuen esimerkiksi koukuista. Kuljetin on tyypiltään ketjukuljetin, jossa ketju on sijoitettu palkin sisään niin, että sen alaosassa olevasta urasta koukut roikkuvat. Tämä kuljetintyyppi on käytännöllinen mm. maalauslinjoilla. Kuljettimen etuna on sen vähäinen tilantarve.

Tärykuljettimen toiminta perustuu epäsymmetriseen tärinään, jolla kappaleet saadaan liikkumaan. Tärykuljettimella voidaan myös lajitella kappaleet eri omi-

naisuuksien mukaan. Tärykuljetinta käytetään mm. kaivosteollisuudessa ja hakkeen kuljetuksessa.

Muita kuljetinkäyttöjä ovat mm. ketjukuljetin, lamellikuljetin, palettikuljetin, kiekkokuljetin ja erilaiset hissikuljettimet pystyliikkeille. Erilaiset kuljettimet ovat yleisiä teollisuudenalasta riippumatta.

5 RATKAISUVAIHTOEHTOJEN VERTAILU

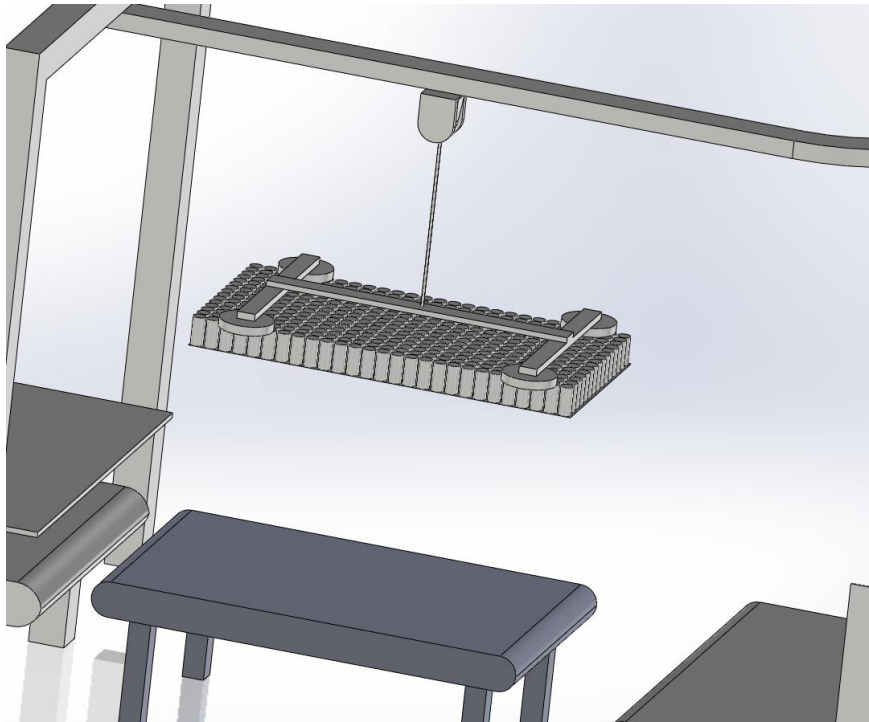
Suunnittelutyön paloitleminen osiin helpotti ratkaisuvaihtoehtojen vertailua. Joka osatoiminnolle pyrittiin löytämään vähintään kaksi vaihtoehtoa, joiden avulla saatiin erilaisia vaihtoehtoja linjastokokonaisuudeksi. Näistä vaihtoehdoista valitaan paras kokonaisuutta ajatellen.

5.1 Jousimattoon tarttuminen

Jousimaton massa on sen verran pieni, että tarttumisvoima olisi suhteellisen pieni. Jousimattoon on hankalaa tarttua muotonsa ja ominaisuuksiensa vuoksi, joten sen nostamiseen soveltuu melko harvat menetelmät. Jousilangan halkaisija on alle 2 mm ja sen materiaali on terästä. Suurimmaksi osaksi jousimatoissa on kangaspusseja suojaamassa joustaa, joten kankaaseen tarttuminen luo oman haasteensa tarttumiseen.

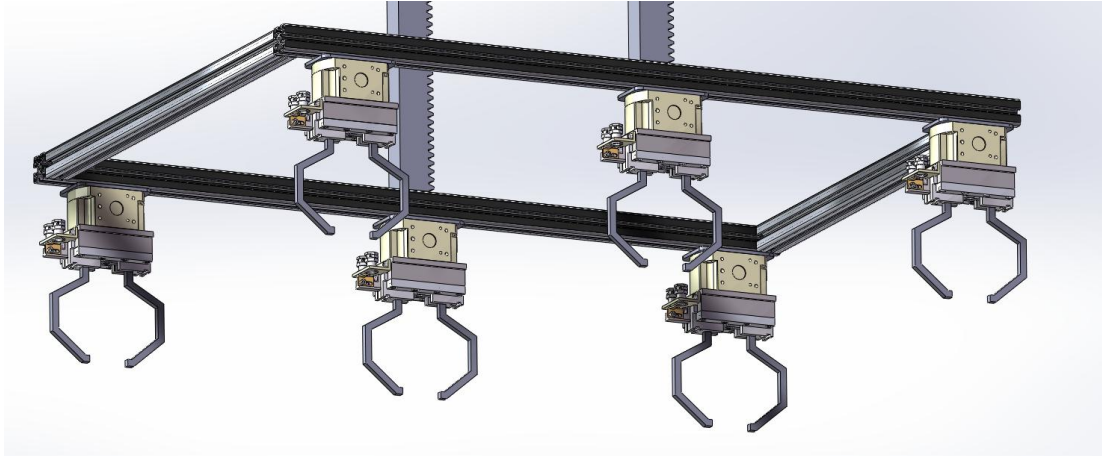
Alipainetekniikan käyttäminen tarttumisessa ei onnistu, koska jousimaton tartuntapinta-ala on minimaalinen. Lisäksi alipaineen kohdistaminen jousilangan yläpintaan on lähes mahdotonta erikokoisten jousimattojen vuoksi. Neulojen käyttö jousimattoon tarttumisessa on myös liian epävarma menetelmä. Lisäksi neulat puhkaisisivat pussijousimaton kankaaseen reikiä. Bonnell-jousimatto liikkuisi liikaa neulojen tarttumisesta huolimatta.

Magneettien käyttäminen tarttumisessa on varma menetelmä, sillä jousimaton massan ja muodon vuoksi tartuntapinta-alan suuruuden ei tarvitse olla suuri. Magneetein saadaan tarttuminen toteutettua sähkön avulla eikä mm. paineilmaa tarvittaisi laisinkaan. Magneettien käyttäminen osoittautuu kuitenkin liian kalliiksi ratkaisuksi. Lisäksi sähkömagneetit ovat painavia. (Kuva 17.)



KUVA 17. Jousimattoon tarttuminen magneetein

Paineilmatarttujen käyttäminen jousimattoon tarttumisessa on käyttökelpoinen menetelmä. Jotta ratkaisu olisi tarpeeksi varmatoiminen, on paineilmatarttuja painettava hieman jousimattoa vasten, jolloin tarttuja varmasti saa kiinni jousimatosta. Tarttujen leukojen välin on oltava aukiolo-asennossa ainakin 8 cm, jotta jousi on halkaisijansa mitalta mahdollista ottaa tarttujan leukojen väliin. Tarttuja tarvitaan isojen jousimattojen vuoksi 4 - 6 kappaletta käyttövarmuuden takaamiseksi. Tarttumat kiinnitetäisiin kevyeen alumiiniprofiiliin, jolloin niiden paikoitusta voidaan muuttaa helposti. (Kuva 18.)



KUVA 18. Alumiiniprofiiliin asennetut paineilmatarttajat

5.2 Jousimaton nostaminen ja laskeminen

Laskun tuottavan laitteen on tuotettava jäykkä pystyliike, jotta jousimattoa vasten pystytään tuottamaan kasaanpainava voima. Nostamiseen voitaisiin käyttää periaatteena pelkkää vaijerilla vinssaamista, mutta laskemiseen vaadittava jäykkä liike ei onnistuisi tällä tavalla. Täten myöskään muut ketju- ja vinssinostimet eivät käy ratkaisuksi.

Männänvarreton paineilmasyylinteri soveltuu nosto- ja laskuliikkeisiin erinomaisesti. Nostettava matka on melko pitkä, sillä pelkästään lavalla olevan jousimattokuorman koko vaihtelee yhden ja kymmenen kappaleen välillä, jolloin nostomatkana on noin 0,2 m-1,8 m. Mikäli pituus sylintereillä ei riitä, voidaan niitä asentaa toisiinsa kaksi tai jopa kolme kiinni, jolloin pituus riittäisi nostamiseen ja laskemiseen. Lisäksi nostotoiminnon liikenopeutta voidaan kasvattaa tällä menetelmällä.

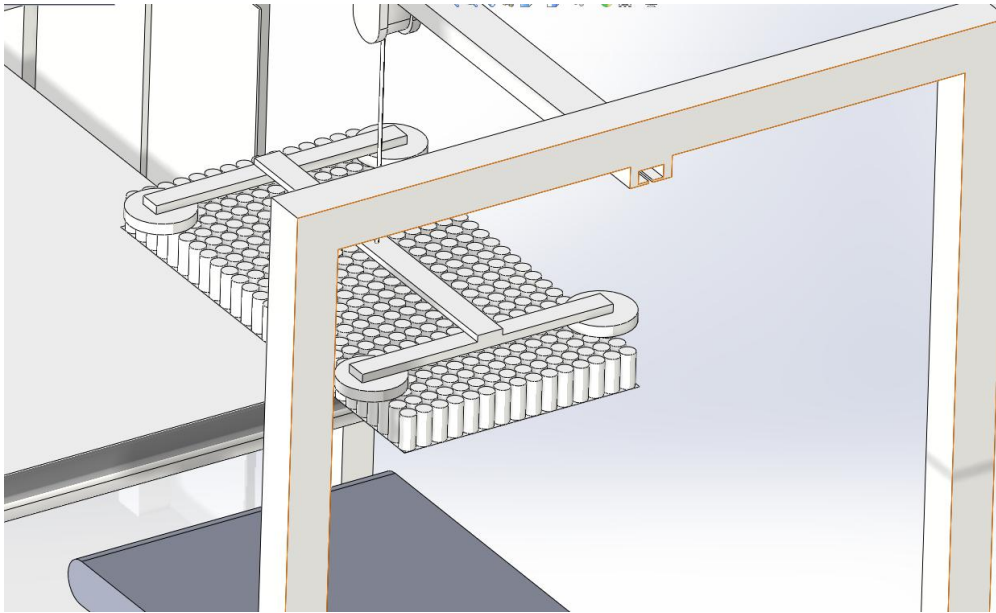
Toisena toimivana ratkaisuna voitaisiin käyttää kattosaksinostinta (kuva 13 sivulla 20), jolla saataisiin jäykkä ja tukeva pystysuuntainen liike toteutettua. Saksinostimen toiminta tapahtuu sähkömoottorin avulla. Alumiiniprofiili kiinnitettäisiin kattosaksinostimeen, jolloin saksimekanismin avulla luodaan pystysuuntainen jousi kasaanpainava voima. Saksinostin on kuitenkin liian kallis, joten sitä ei toiminnallisuudesta huolimatta voida käyttää.

Kiinteä liike voidaan toteuttaa myös hammastangon ja rattaan avulla. Koska nostettava kuorma on 30 - 60kg toimilaitteineen, nostaminen ja laskeminen eivät vaadi massiivisia välineitä. Hammasrattaat sijaitsevat nostolaitteen yläpuolella yhdessä rattaita pyörittävän moottorin kanssa. Rattaat yhdistetään akselin avulla, jolloin ne pyörivät ja liikuttavat samalla nostettavaa kuormaa tasaisesti. Hammastangot asetetaan molemmille puolille alumiiniprofiilia ja ne kiinnitetään profiiliin. Nostolaitteen ollessa yläasennossa hammastangot kulkeutuvat nostolaitteen yläpuolelle.

5.3 Jousimaton kuljetus

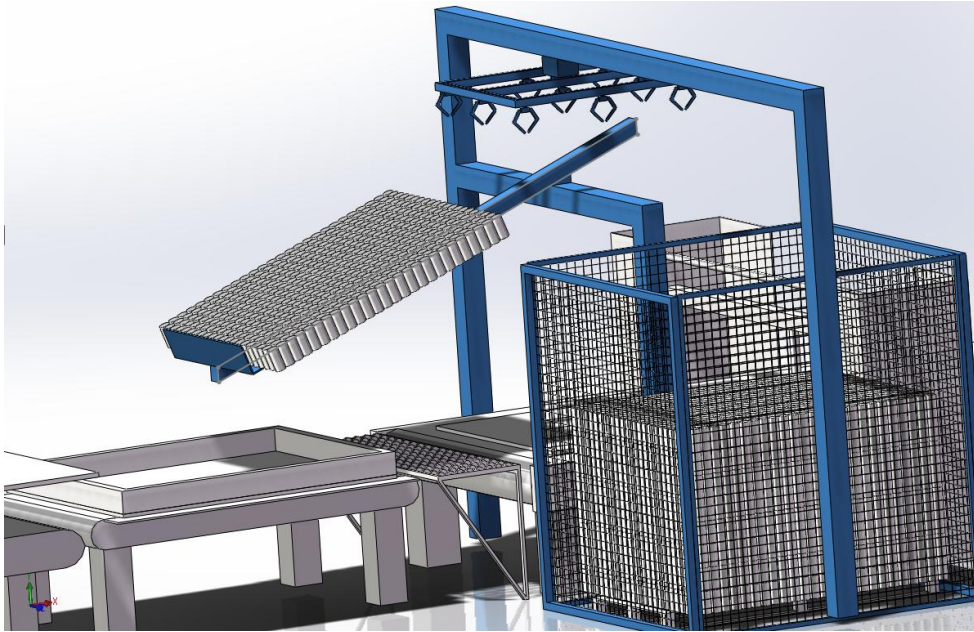
Jousimaton kuljettaminen ensin liimausautomaatin yläpuolelle ja siitä kasauspöydälle on suoritettava tukirakenteiden avulla. Kääntöpuominosturin avulla liike olisi tasainen ja veisi vähän tilaa. Kääntöpuominosturi olisi sijoitettava siten, että jousimatto kulkeutuu jatkuvasti liimausautomaatin ja kasauspöydän päällä, jotta erillisiä turvalaitteita ei tarvittaisi. Kääntöpuomin sijoittaminen on kuitenkin melko hankalaa ahtaaseen ympäristöön turvallisesti, ja siihen olisi liian vaikeaa yhdistää jäykän liikkeen toteuttavaa laitetta.

Toimiva vaihtoehto olisi tukirakenteen sisään tehtävä riippukuljetin, joka toimisi joko ketjulla tai hihnalla. Tukipalkkina käytettäisiin c-palkkia, jonka avoin sivu olisi alaspäin, jolloin esimerkiksi koukut voitaisiin kiinnittää kuljettimeen. Ongelmaksi muodostuu kuitenkin jousimaton kuljetusaika. Koska jousimatto halutaan mahdollisten työpisteen viivästysten vuoksi kutsulla eli nappia painamalla tuotavan kasauspöydälle, täytyisi kuljetusajan olla minimaalinen ja samalla turvallinen. Riippukuljettimen vaakasuuntainen liike saadaan toteutettua tarpeeksi nopeasti, mutta jousimaton laskeminen kasauspöydälle kestäisi liian kauan. Laite ei olisi turvallinen, jos jousimatto tuotaisiin 2–3 m:n korkeudella kasauspöydän päälle. (Kuva 19.)



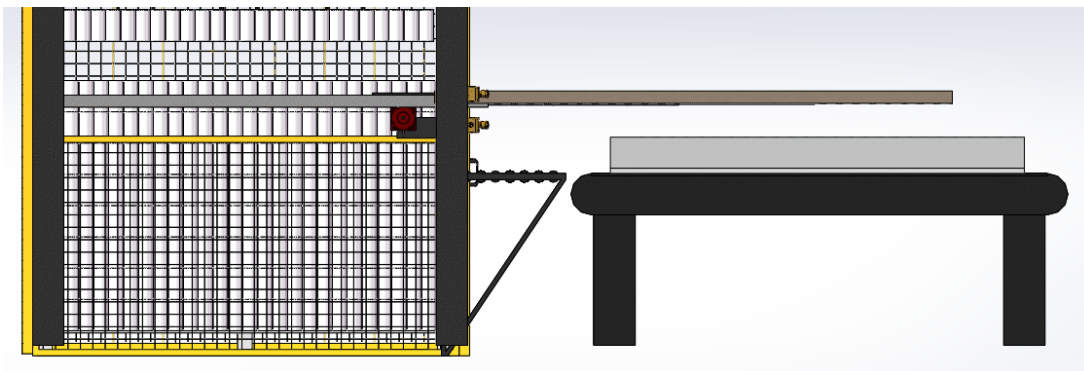
KUVA 19. Riippukuljetin c-palkilla

Varmin ja turvallisoin tapa kuljettaa jousimatto on taso, joka liikkuu liimauspöydän yläpuolelta kasauspöydän päälle. Mikäli tasosta tehtäisiin kalteva (kuva 20), ei tuonti vaatisi moottoria, vaan painovoiman avulla voitaisiin kuljettaa jousimatto kasauspöydälle. Tason kuljettaminen takaisin yläasentoon sen sijaan vaatisi voimaa tuottavan kojeen. Tason sijaan voitaisiin käyttää myös vapaita rullia muodostamalla rullarata. Liikenopeuksien olisi oltava suhteellisen hitaita, jotta työntekijöiden turvallisuus olisi taattu liikkuvasta komponentista huolimatta.



KUVA 20. Jousimatto kaltevalla tasolla

Jousimaton kuljettaminen kasauspöydän päälle vaakasuoralla tasolla (kuva 21) toimisi varmemmin, koska laite olisi tällöin yksinkertaisempi ja varmatoimisempi. Tason tulisi olla 1,2 - 1,3 m:n korkeudessa, jolloin se olisi sopivalla korkeudella kasauspöydän yläpuolella. Lisäksi tason olisi kuljettava kasauspöydän päälle kiskoa pitkin, joka liikkuisi myös pöydän mukana pois kasauspöydän yläpuolelta. Taso sijoitettaisiin kasauspöydän vieressä olevan liimausautomaatin yläpuolelle. Koska tilaa on rajallisesti, tulisi tason ja sen toimilaitteiden olla mahdollisimman pieniä.



KUVA 21. Vaakasuora taso

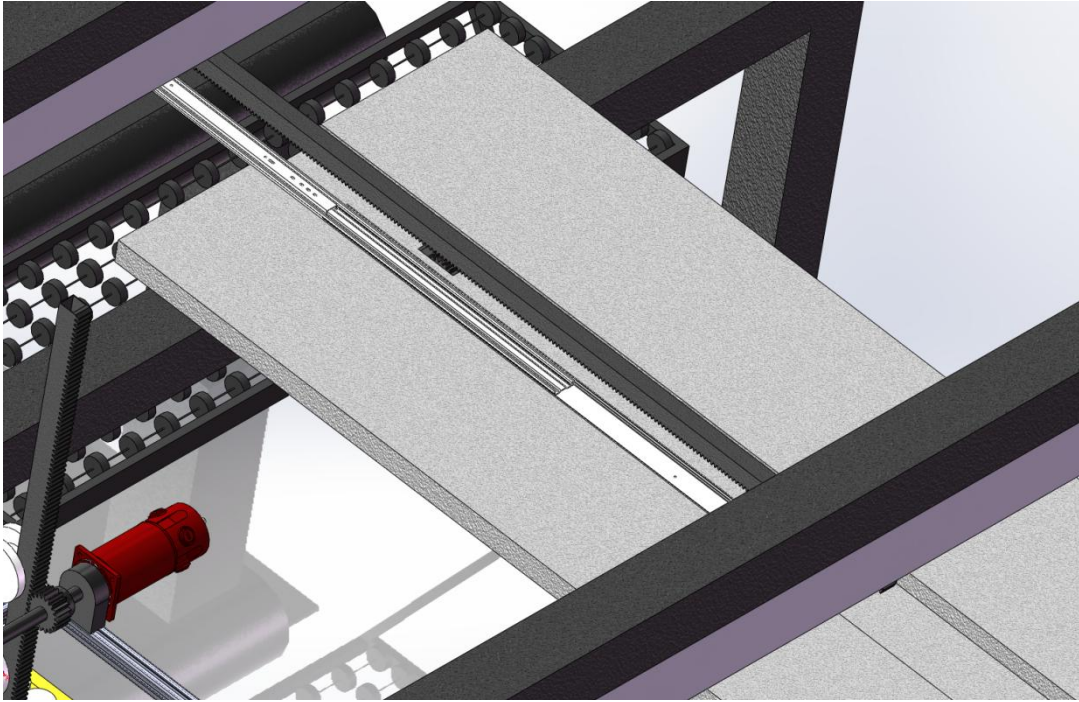
Tason ohjaaminen oikeaan suuntaan on toteutettava johteiden avulla. Kuulajohdeet ovat käytännöllisiä ja laadukkaita. Koska tason on kuljettava ns. tyhjän tilaan, jossa ei ole kiinteästi asennettuja johteita, on kuulajohteiden käyttäminen tason ohjaukseen liian monimutkaista. Tason alle voidaan asentaa teleskooppijohde, jota pitkin taso ja sen kuorma ohjautuu oikeaan kohtaan kasauspöydälle (kuva 22). Teleskooppijohdeet kestävät hyvin kuormitusta ja ovat erittäin käyttökelpoisia monipuolisuutensa ja kokonsa vuoksi.



KUVA 22. Mekanexin teleskooppijohdeita (17)

Tason liikuttaminen voidaan toteuttaa usealla eri menetelmällä. Paineilmasylinlerin avulla liikkeestä saadaan varma, mutta koska tilaa tason ympärillä on vähän, on viisaampaa käyttää muuta ratkaisua.

Hammastanko ja ratas soveltuvat myös tähän liikkeeseen erinomaisesti. Koska kuorma on pieni, ei tason kuljetus vaadi suurta moottoria. Hammastanko kiinnitetäisiin tason alapintaan kiinni. Hammasratas asennetaan tason alle etureunaan moottorin kanssa. Tason alle asetetaan toinen taso, joka pitää kuormitettavan tason tuettuna. Tasojen väliin voidaan asentaa esimerkiksi polyamidista (nailon) pinta, jota pitkin taso liukuu. (Kuva 23.)



KUVA 23. Hammastanko ja ratas tason liikuttelemisessä

6 OSATOIMINTOJEN RATKAISUT

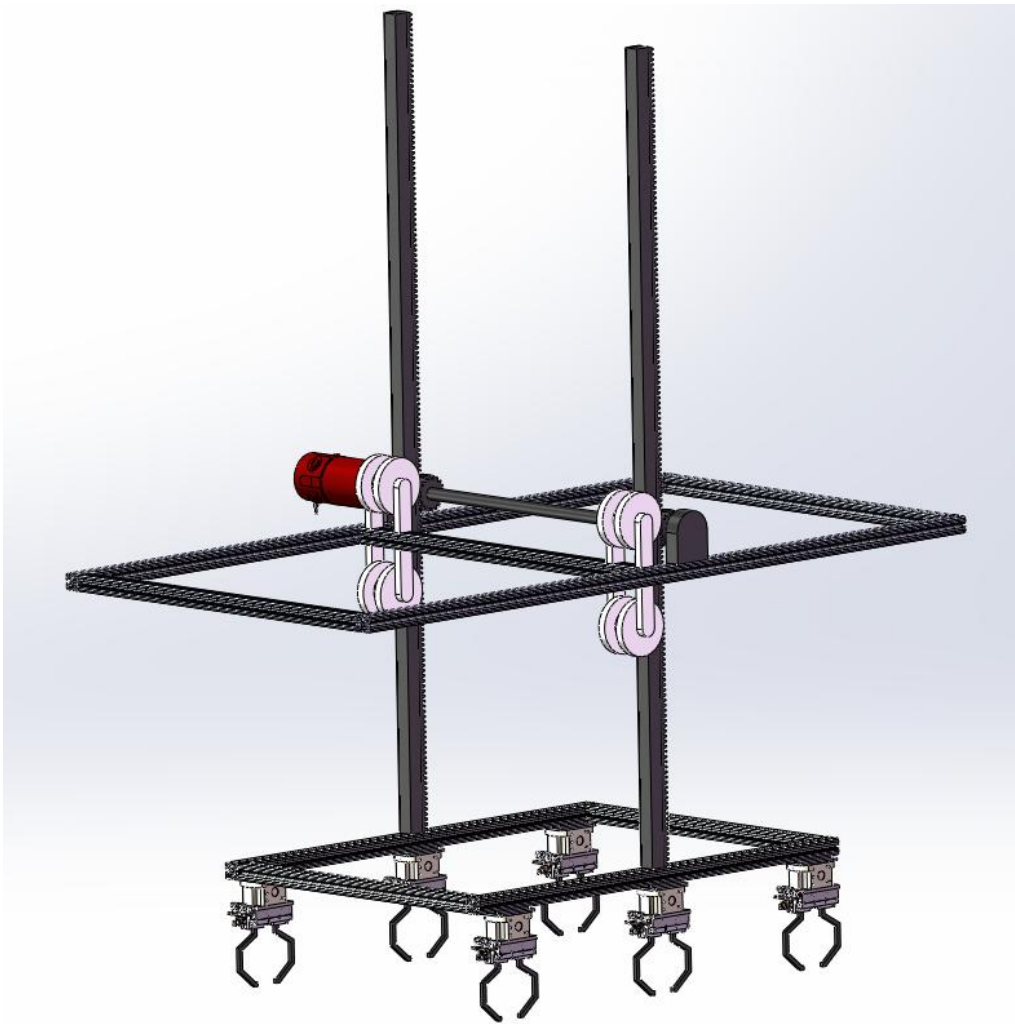
Suunniteltavan linjaston lopullisten komponenttien valintaan vaikuttivat eri vaihtoehtojen sopivuus, turvallisuus ja hinta. Mallinsin SolidWorksilla lopullisesta linjaston kokoonpanosta havainnollistavan mallin, jonka avulla saadaan suurpiirteinen kuva kokonaisuudesta.

6.1 Tarttuminen

Jousimattoon tarttumisen helpoin ja toimivin ratkaisu on paineilmalla toimiva tarttuja. Tarttuvia asennetaan kahteen rinnakkain olevaan alumiiniprofiiliin tasaisin välein kuusi kappaletta, jolloin suurimmat jousimatot käyttävät jokaista paineilmatarttujaa. Pienimmissä jousimatoissa riittää kolmen tarttujan käyttäminen. Koska jousimaton massa on suurimmillaankin vain noin 15 kg, tarttujen tartuntavoimaksi leuassa riittää 3 - 4 kiloa eli alle 40 N. Tarttujaksi valitaan kulmatarttuja, jonka leuan kulman suuruus on 45°. Näin saadaan varmemmin ja helpommin kiinni jousimatosta kahdella noin 5 cm:n sormella. (Liite 1.)

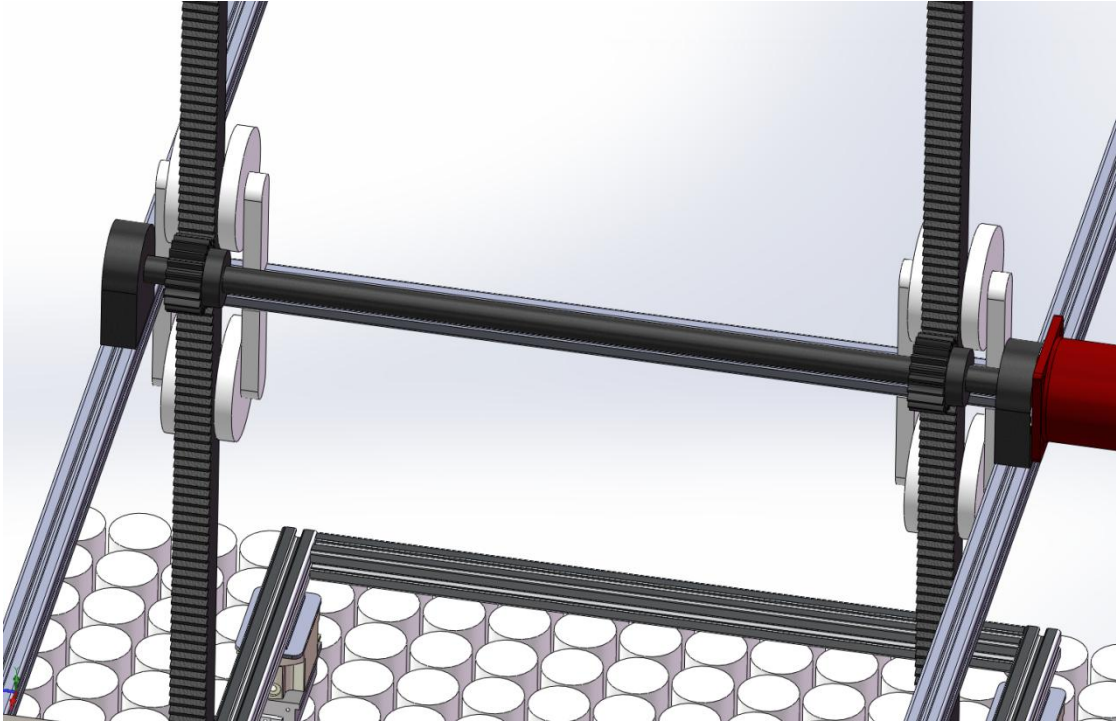
6.2 Pystysuuntainen liike

Nostolaitteeksi valitaan hammastanko ja ratas. Kaksi hammastankoa asennetaan alumiiniprofiilin pitkien sivujen keskikohtiin. Hammastankojen pituus on noin 2 m. Nostolaitteen ollessa yläasennossa hammastangot nousevat muun laitteen yläpuolelle. Joustinpatjalinjan yläpuolella on ilmatilaa 4 m:iin asti, joten hammastangot sopivat yläasennossakin liikkumaan vapaasti osumatta mihinkään. Hammastangon paksuuden on oltava minimissään, koska se hitsataan teräksiseen profiiliputkeen, jotta hammastangon rakenteesta saadaan kevyempi. Näin ollen hammastanko joudutaan muokkaamaan itse sopivan mittaiseksi sekä pintakäsittelymään hitsauksen jälkeen. (Kuva 24.)



KUVA 24. Nostolaite kokonaisuudessaan

Hammasrattaat kiinnitetään laakereilla toiseen alumiiniprofiiliin, joka liikkuu vaakasuunnassa sivuttain liimauspöydän yläpuolella. Rattaiden välille asetetaan akseli, jonka avulla mahdollistetaan tasainen pystyliike. Rattaiden pyöriessä ne kohdistavat sivuttaissuuntaisen voiman hammastankoja kohtaan. Tämän voiman eliminoimiseksi asennetaan hammastankojen selkäpuolelle pyörivät polyamidirullat, jotka pitävät hammastangon rullan urassa ja näin oikeassa asennossa rattaita kohtaan. (Kuva 25.)

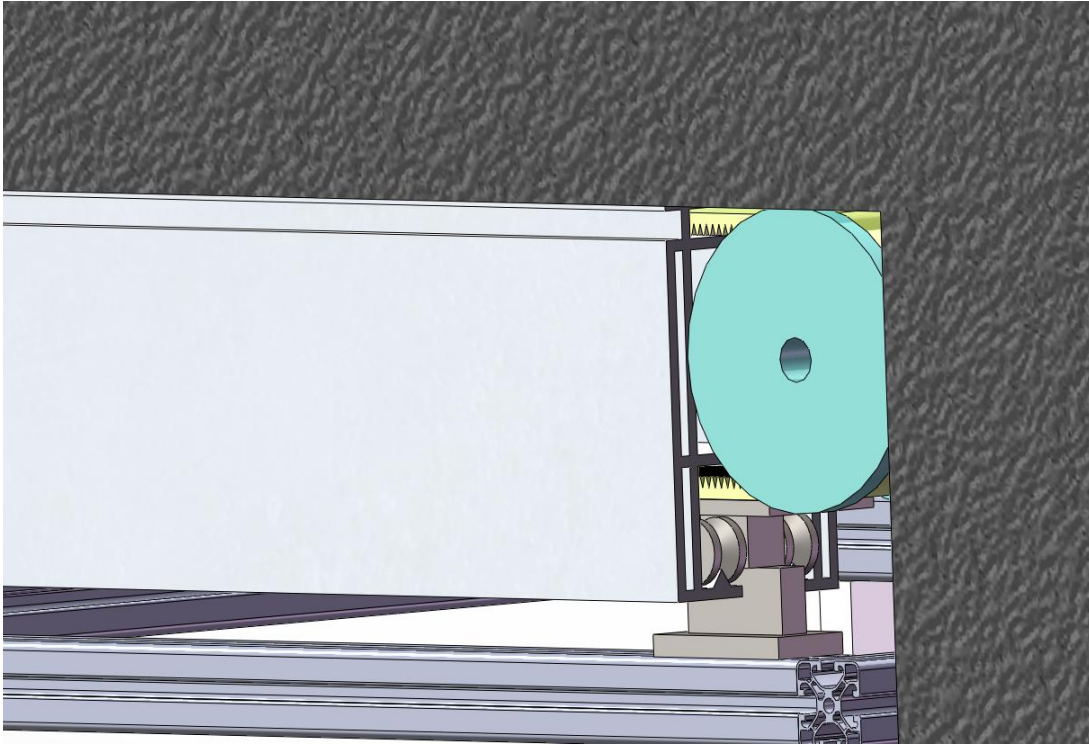


KUVA 25. Nailonrullien tukemat hammastangot

6.3 Sivuttaisliike

Tukirakenteiden välissä olevan alumiiniprofiilin liikuttaminen toteutetaan hammashihnakäytöllä. Liikkeen matka on noin 3,5 m, mutta alumiiniprofiilista tehtävän kiskojohteen mitta on noin 4,8 m. Näin ollen hihnan pituudeksi tulee hieman vajaa 10 m. Hihnan molempiin päihin asennetaan hammashihnoihin sopivat hammaspyörät.

Alumiiniprofiilin sisään asennetaan kaksi vaunua, jotka kulkevat profiilin sisällä olevalla kiskolla edestakaisin. Vaunut kiinnitetään hihnaan, joka kulkeutuu kuvan 26 mukaisesti profiilin sisällä. Näin saadaan suojattua sekä hihna että vaunu lialta. Vaunujen liikkuminen profiilissa toteutetaan rullajohteiden avulla. Vaunuihin kiinnitetään profiilin alapinnassa olevan avonaisen uran kautta nostolaitteen alumiiniprofiili, joka sijaitsee tukipalkkien välissä.



KUVA 26. Hihnäkäyttö alumiiniprofiilissa

Alumiiniprofiilit sijoitetaan molempien varsinaisten tukirakenteiden poikkipalkkien alapintaan, jolloin ne ovat suojassa ja samalla tukevat rakennetta. Profiilit sijaitsevat noin 2,1 m korkeudessa, joten ne ovat suhteellisen hyvin suojassa ympäröiviltä vaaroilta.

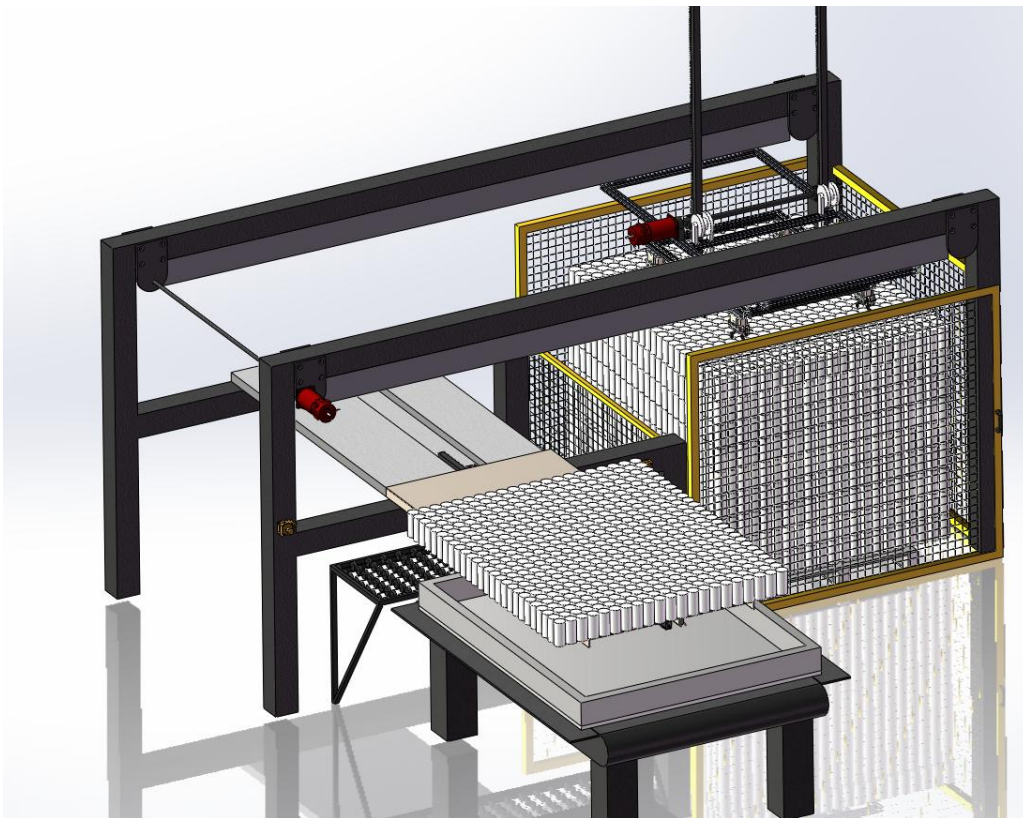
6.4 Kuljetus kasauspöydälle

Tukirakenteiden väliin suunnitellaan vaakasuora taso, jolle asennetaan liukuva, jousimattoa kuljettava taso. Tason liikkuminen toteutetaan myös hammastangon avulla. Lisäksi tason ohjaamiseen käytetään teleskooppijohdetta.

Runkotason pituus on 2,1 m. Leveys tasolla on ainoastaan 0,8 m. Tason päälle asennetaan nailonista liukutaso, joka samalla tukee kuljetustasoa. Runkotason etureunassa on pieni aukko, josta tason alla pyörivä hammaspyörä työntyy muutaman sentin esiin. Hammastangon ja pyörän materiaalina voidaan käyttää alumiinia tai jopa muovia, sillä kuormitus on vain noin 20 kg.

Teleskooppijohde (liite 2) asennetaan runkotason etuosaan siten, että se jaksaa kannatella kokonaan ulos työntynyttä kuljetustasoa kuormineen. Hammastanko asennetaan kiinteästi kuljetustason pohjaan, jolloin hampaat ovat ratasta vasten. Rataan pyöriessä hammastanko liikkuu liukutason tukemana vakaasti edestakaisin.

Kuljetustason materiaalina käytetään kevyttä muovia tai alumiinia. Tason leveys on 1,1 m, joten jousimatosta jää molemmilta puolilta ylitse tason reunojen noin 0,2 m, kun suurimman jousimaton leveys on noin 1,5 m. Jousimatto pysyy alustallaan hyvin, vaikka osa matosta roikkuukin reunojen ylitse. Kuljetustason pituus on noin 2,4 m. Jousimatto lasketaan tason etureunaan, jotta kuljetusmatka olisi mahdollisimman lyhyt. Kuljetettava matka on hieman yli 2 m. Kuljetustaso on 1,3 m korkeudella. Korkeus on juuri optimaalinen kasauspöydän työntekijöiden työn helpottamiseksi. (Kuva 27.)



KUVA 27. Kuljetustaso toiminnassa

Linjaston työjärjestys toteutetaan seuraavasti: Nostolaitteen toiminta on oma kokonaisuutensa eli se hakee jousimattolavalta yhden jousen aina, kun se on edellisen laskenut kuljetustasolle. Kun työntekijän napilla kutsuma jousimatto on kuljetettu kasauspöydälle, laskee nostolaite heti uuden jousimaton kuljetustasolle. Näin ollen linjaston nopeuden määrää ensisijaisesti kuljetustaso ja työntekijöiden riipeys.

6.5 Tukirakenteet

Hammashihnakäyttöön tarvitaan suurikokoista alumiiniprofiilia. Lisäksi profiiliin lävitse täytyy kulkea hihnaa varten soveltuvat reiät sekä vaunuja varten riittävän iso tila. Valitaan profiiliksi Erikkilan alumiinijärjestelmiin soveltuvaa profiilia, jonka kokoluokka on M. Sen poikkileikkauksen korkeus on 140 mm ja leveys 99 mm. (Liite 3.)

Nostolaitteen runko koostuu alumiiniprofiilista. Myös sitä ympäröivän tukirungon materiaalina kannattaa käyttää kevyttä alumiinia. Yhteensä näissä rakenteissa käytetään alumiinia noin 10 m. Nostolaitteessa tarvittaviksi alumiiniprofiileiksi valitaan 45 x 45 mm. (Liite 4.)

6.6 Turvalaitteet

Linjaston suunnittelun kannalta tärkeimpiä kriteereitä ovat turvallisuuden vaikuttavat tekijät. Turvallisuus voidaan ottaa huomioon monella eri tavalla. Koska jousimattoja nostetaan ja kuljetetaan hieman alle 2 m:n korkeudessa, on turvettava ympärillä liikkuvien työntekijöiden työskentely.

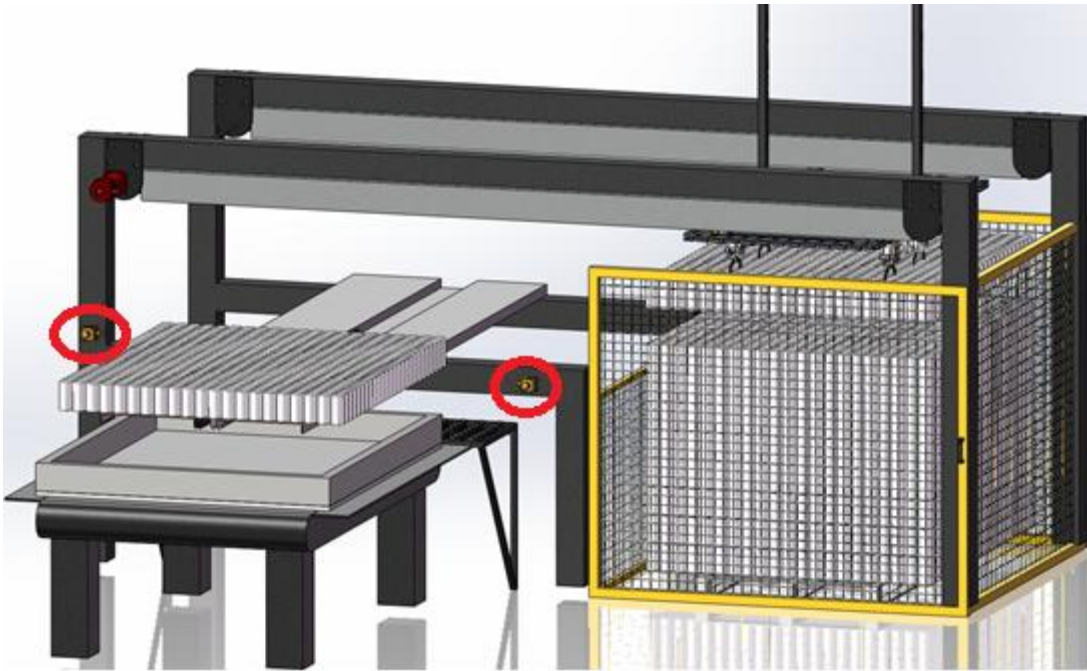
Jousilava asetetaan häkkiin, joka suojaa ympäristöä liikkuvilta laitteelta. Häkin oven on pysyttävä kiinni laitteen ollessa käynnissä. Anturin avulla saadaan linjaston toiminta pysähtymään, mikäli ovi aukaistaan nostolaitteen liikkeen aikana. Lisäksi liikkuvan laitteen lähelle pääsemistä vaikeuttaa liimausautomaatti, jonka yläpuolella nostolaite liikkuu. Mikäli turvallisuutta halutaan vielä parantaa, voidaan häkki kasata koko tukipalkkien ulkopuolelle, jolloin sekä nostaminen

että sivuttaisliike sisällytetään häkkiin. Tämä ei kuitenkaan ole tarpeellista, vaan ainoastaan nostolaitteen ympärille tarvitaan suojaava häkki.

Liimausautomaatin ja kasauspöydän välissä oleva kääntötaso ohjelmoidaan uudestaan siten, että se pysyy yläasennossa aina muun linjaston ollessa toiminnassa. Näin liimausautomaatin editse ei pysty kävelemään linjaston ollessa käynnissä.

Kuljetustason liikkuminen työntekijöiden editse on potentiaalinen riski. Tämän ehkäisemiseksi täytyy tason liikenopeus pysyä mahdollisimman pienenä. Koska kuljetustaso liikkuu ainoastaan työntekijän painaessa nappia, on riskin suuruus selkeästi pienempi kuin silloin, jos linjasto automaattisesti liikuttaisi tasoa.

Linjastolle asennetaan hätä-seis-kytkimet, jotta vaaratilanteessa työntekijät voivat pysäyttää linjaston toiminnan. Kytkimet sijoitetaan molemmille puolille kasauspöytää liimausautomaatin etureunaan. Lisäksi voidaan kytkimet asentaa myös kasauspöydän toiseen reunaan tarpeen vaatiessa. Hätä-seis-kytkintä painaessa linjaston toiminta pysähtyy kokonaan. Kuljetustason moottori vapautuu, jotta taso on käsin työnnettävissä mahdollisen puristumisen vuoksi. Myös sivuttaissuunnan liike vapautuu samasta syystä. Ainoastaan nostoliikkeen moottori pysähtyy ja lukittuu, jotta kuorma ei tippuisi alas. Nostolaitteen lukittuminen toteutetaan jarrullisella moottorilla. Myös paineilma säilyy tarttujissa jousimaton kiinnittämisen vuoksi. (Kuva 28.)



KUVA 28. Häätä-seis-kytkinten sijainnit

6.7 Toimilaitteet

Linjaston toiminta vaatii yhteensä kolme moottoria sekä jokaiselle moottorille oman taajuusmuuttajan ja vaihteen, jotta liikenopeudet saadaan säädettyä sopiviksi. Paineilmatarttujen letkut, magneettiventtiilit ym. voidaan asentaa tarttujen yläpuolella olevaan alumiiniprofiiliin.

Moottoreiden taajuusmuuttajina voidaan käyttää esimerkiksi Vaconin taajuusmuuttajia. Vaihteina käytetään hammasvaihteita, jolloin häätä-seis-kytkintä painaessa kuljetustaso ja sivuttaisliikerakenne liikkuvat vapaasti.

Moottoreiden vaatima teho lasketaan etenemisliikkeen kaavalla 1 (18, s. 92).

$$P = \frac{Fv}{\eta}$$

KAAVA 1

P = teho (W)

F = voima (N)

v = nopeus (m/s)

η = hyötysuhde

Nostoliikkeessä vaadittava voima on suhteellisen pieni. Nostettavan kuorman massa on noin 40 kg, joten kahden hammasrattaan pyörittämiseen riittää pieni oikosulkumoottori. Nostettava matka on noin 2 m (liite 5), joten riittävät liikenopeudet saadaan toteutettua pienellä moottorilla. Jotta linjasto olisi tarpeeksi nopea muun joustinpatjalinjan toimintaan nähden, on nostoliikkeen nopeuden oltava vähintään $0,5 \frac{m}{s}$. Kaavassa 1 hyötysuhteena käytetään arvioitua hyötysuhdetta, joka kattaa hammasvaihteen ja kitkan hyötysuhteet.

$$P = \frac{F \times v}{\eta} = \frac{m \times g \times v}{\eta} = \frac{40kg \times 9,81 \frac{m}{s^2} \times 0,5 \frac{m}{s}}{0,9} = 218 W$$

Nostoliikkeen moottoriksi valitaan jarrullinen 0,7 kW:n oikosulkumoottori, jolloin kuorman suuruutta voidaan kasvattaa esimerkiksi tukirakenteita lisäämällä. Myös mahdollinen kuorman kasvu on otettu moottorin valinnassa huomioon.

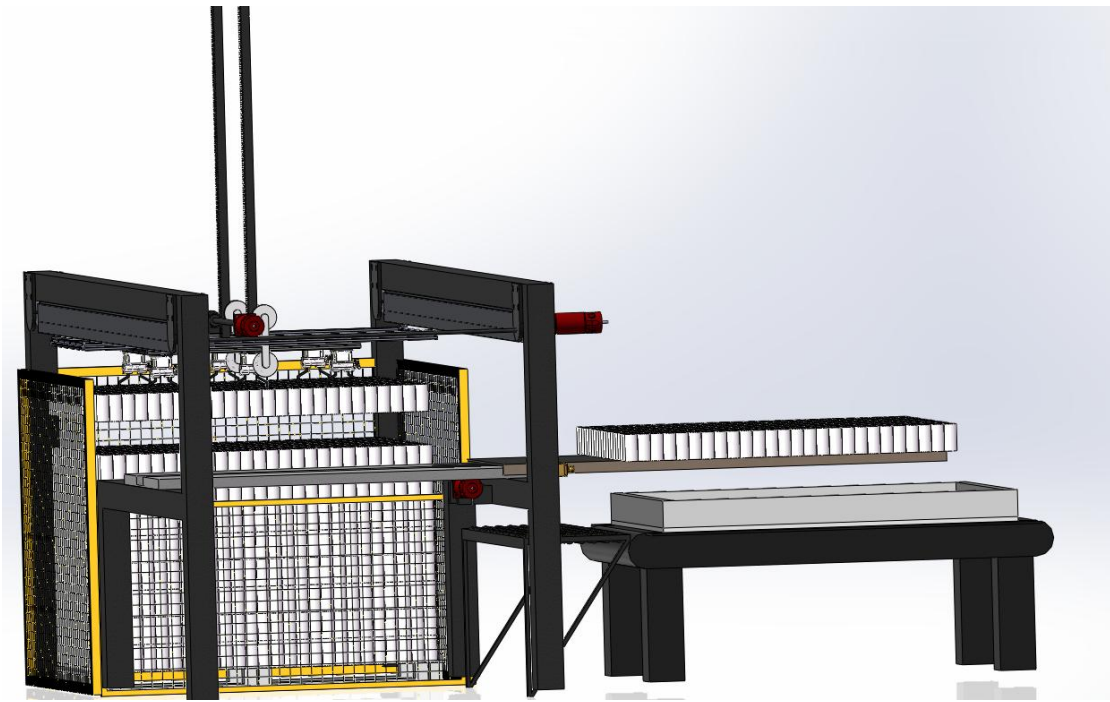
Hammaspyörän halkaisijaksi arvioidaan 50 mm. Pystyliikkeen nopeus on $0,5 \frac{m}{s}$. Moottorin pyörimisnopeus minuutissa voidaan laskea hammaspyörän kehän avulla.

$$n = \frac{s}{p} = \frac{vt}{\pi d} = \frac{0,5 \frac{m}{s} \times 60s}{\pi \times 0,05m} = 190,77 \text{ rpm}$$

Nostomoottorin vääntömomentti lasketaan voiman ja hammaspyörän säteen avulla.

$$M = Fr = 40kg \times 9,81 \frac{m}{s^2} \times 0,025m = 9,81 Nm$$

Moottorin pyörimisnopeus on näin ollen noin 200 rpm ja vääntömomentti noin 10 Nm. Jarrun avulla nostolaitteesta saadaan turvallinen hätä-seis-kytkintä painettaessa. Moottori sijoitetaan nostolaitteen runkoon pyöritettävään akseliin kytkettynä. (Kuva 29.)



KUVA 29. Moottoreiden sijainti linjastolla

Liikkeen vaatima voima lasketaan voiman liikeyhtälön kaavalla 2 (18, s. 91).

$$F = ma + mg\mu$$

KAAVA 2

F = voima (N)

m = massa (kg)

a = kiihtyvyys (m/s^2)

g = gravitaatiovakio (m/s^2)

μ = kitkakerroin

Sivuttaissuuntainen liike toteutetaan hammashihnakäytöllä, joka vaatii myös oikosulkumoottorin. Myös sivuttaisliikkeen nopeuden on oltava vähintään $0,5 \frac{m}{s}$. Liikutettava matka on noin 3,3 m (liite 5), joten liikenopeudet riittävät pienilläkin moottoreilla. Koska kuorman suuruus on vain noin 60 kg ja kiihdytys tapahtuu noin sekunnissa, voidaan sivuttaisliikkeessä käyttää samankokoista moottoria kuin nostoliikkeessäkin. Kitkakertoimeksi arvioidaan 0,1.

$$F = ma + mg\mu = 60kg \times 0,5 \frac{m}{s^2} + 60kg \times 9,81 \frac{m}{s^2} \times 0,1 = 88,86 N$$

Kaavan 1 avulla lasketaan moottorin vaatima tehon määrä, kun nopeuden arvona käytetään samaa arvoa kuin muissa liikkeissä. Kokonaishyötysuhteeksi arvioidaan 0,9.

$$P = \frac{F \times v}{\eta} = \frac{88,86 \text{ N} \times 0,5 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{0,9} = 49,36 \text{ W}$$

Koska sivuttaisliikkeen moottoriksi valitaan samanlainen 0,7 kW:n oikosulku-moottori kuin nostolaitteessa, varaosien tarve voidaan minimoida ja kustannuksen pienenevät. Moottoria voidaan kuormittaa laskettua enemmän tarpeen tullen, sillä se on selkeästi ylimitoitettu.

Hammaspyörän halkaisijaksi arvioidaan 50 mm. Sivuttaisliikkeen nopeus on $0,5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$. Moottorin pyörimisnopeus on sama kuin nostoliikkeessä, koska hammaspyörän halkaisija on arvioitu samankokoiseksi. Nostomoottorin vääntömomentti lasketaan voiman ja hammaspyörän säteen avulla.

$$M = Fr = 88,86 \text{ N} \times 0,025 \text{ m} = 2,22 \text{ Nm}$$

Moottorin pyörimisnopeus on näin ollen noin 200 rpm ja vääntömomentti 2,2 Nm. Moottori sijoitetaan tukirakenteen tason puoleiseen päähän pyöritettävän akselin juureen. (Kuva 29.)

Myös kuljetustason liikuttaminen toteutetaan hammaspyörän avulla. Kuljetettava kuorma tasoinen painaa enimmillään noin 30 kg. Taso liikkuu 2 m matkan (liite 5). Liikenopeus tasolle saa olla enintään $0,5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ turvallisuuden takaamiseksi. Kitkakertoimeksi arvioin 0,1, joka on normaalia suurempi. Kiihtyvyydeksi arvioin $0,5 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$, jolloin kaavan 2 avulla saadaan tason työntövoima selville.

$$F = 30 \text{ kg} \times 0,5 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} + 30 \text{ kg} \times 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times 0,1 = 44,43 \text{ N}$$

Kaavan 1 avulla lasketaan moottorin vaatima tehon määrä, kun nopeuden arvona käytetään samaa arvoa kuin muissa liikkeissä. Kokonaishyötysuhteeksi arvioidaan 0,9.

$$P = \frac{F \times v}{\eta} = \frac{44,43N \times 0,5 \frac{m}{s}}{0,9} = 24,68 W$$

Moottoriksi valitaan 0,1 kW:n oikosulkumoottori. Koska kuljetustason liike tapahtuu ilman turvalaitteita, on moottorin tehon oltava mahdollisimman pieni.

Hammaspyörän halkaisijaksi arvioidaan 50 mm. Tason nopeus on $0,5 \frac{m}{s}$. Moottorin pyörimisnopeus on sama kuin nostoliikkeessä, koska hammaspyörän halkaisija on arvioitu samankokoiseksi. Nostomoottorin vääntömomentti lasketaan voiman ja hammaspyörän säteen avulla.

$$M = Fr = 44,43N \times 0,025m = 1,11 Nm$$

Moottorin pyörimisnopeus on näin ollen noin 200 rpm ja vääntömomentti 1,1 Nm. Moottori sijoitetaan alemman runkotason alle, jossa hammaspyörää pyöritetään. (Kuva 29.)

6.8 Muut komponentit

Paineilmatarttijat tarvitsevat anturin, joka havaitsee tarttujen olevan jousimaton pinnalla. Tällöin nostolaite painaa tarttuvia muutaman sentin alaspäin, jolloin paineilmatarttijat puristavat leuat yhteen. Koska jousimatto on suhteellisen hankala kappale muodoiltaan, käytetään mekaanista rajakytkintä havaitsemaan lähestyvä jousimatto.

Lisäksi tarvitaan jokaiseen liikesuuntaan omat anturit liikkuvan elimen sijainnin selvittämiseksi. Käytetään optisia lähestymiskytkimiä, jolloin elimien liikkeiden nopeuksia pystytään säätelemään kytkinten sijaintien mukaan. Lisäksi voidaan käyttää mekaanisia rajakytkimiä liikkeen pysäyttämiseksi ääri rajoilla.

Jokaisen liikesuunnan ääripäihin asennetaan jousi- tai kumipysäyttimet, jotta laitteiden vaurioituminen saadaan ehkäistyä virhetilanteiden varalta. Pysäyttimet voidaan sijoittaa esimerkiksi johteiden päihin.

Linjaston ohjaamisen toteutus tapahtuu logiikan avulla. Logiikan valinta riippuu automatisoinnin toteuttajasta.

7 YHTEENVETO

Työnä suunniteltiin joustinpatjalinjalle automaattinen jousimaton syöttölinjasto, jolla saataisiin kasvatettua tuotantokapasiteettia sekä rajoitettua työntekijöiden fyysistä kuormitusta. Aluksi laadittiin vaatimuslista, jolla saatiin hahmoteltua ja rajattua erilaisia ratkaisuja.

Seuraavaksi suunniteltiin osaratkaisuiksi kokonaisuutta ajatellen erilaisia vaihtoehtoja, joista potentiaalisinta alettiin jatkossa kehittää paremmaksi. Jokainen valinta tehtiin yhdessä tilaajan edustajan kanssa, jolloin tilaaja pystyi vaikuttamaan linjaston rakenteeseen.

Ratkaisuvaihtoehdoista mallinnettiin Solidworksilla havainnollistavat mallit, joiden perusteella tilaaja pystyi hahmottamaan suunniteltavan linjaston vaiheita. Kun lopulliset osatoimintojen ratkaisut saatiin tilaajan kanssa sovittua, luotiin kokonaisuudesta havainnollistava malli sekä tehtiin suuntaa-antava komponenttien valinta ja mitoitus.

Alustavassa suunnitelmassa oli tarkoitus mitoittaa komponentit ja linjasto tarkasti, mutta työn laajuus arvioitiin hieman väärin. Työmäärä olisi lähes kaksinkertaistunut tarkkojen komponenttien mitoituksessa, joten suunnittelu kohdistettiin vain suurpiirteiseen mitoitukseen.

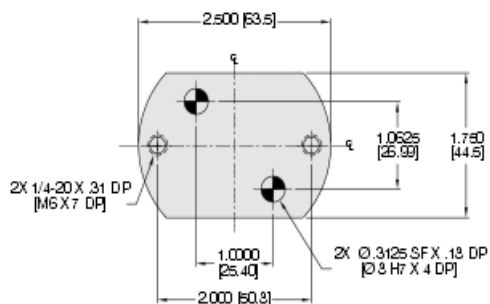
Työ oli erittäin mielekäs ja sopiva opinnäytetyöksi. Työssä opin hahmottelemaan suunnittelun eri vaiheet ja niiden vaatiman työmäärän. Aikataulullisesti työn valmistui ajallaan. Tasaisen työtahdin ansiosta kiirettä ei tullut missään vaiheessa ja ongelmienkin ratkaiseminen sopi hyvin aikatauluun pienellä työtahdin kiristämällä.

LÄHTEET

1. Unico Finland Oy. 2012. Saatavissa: <http://www.unicofinland.fi/>. Hakupäivä 8.2.2013.
2. Blom, Seppo – Lahtinen, Pekka – Nuutio, Erkki – Pekkola, Kari – Pyy, Seppo – Rautiainen, Hannu – Sampo, Arto – Seppänen, Pekka - Suosara, Eero 2001. Koneenelimet ja mekanismit. Helsinki: Edita.
3. Kleimola, Matti – Niemi, Erkki – Ranta, Aarno 1985. Koneenosien suunnittelu 1: Perusteet. Porvoo: WSOY.
4. SolidWorksin kotisivut. Saatavissa: <http://www.solidworks.com/>. Hakupäivä 8.4.2013.
5. Ellman, Asko – Hautanen, Juha – Järvinen, Kari – Simpura, Antti 2002. Pneumatiikka. Helsinki: Edita.
6. Torkkola, Erkki 1977. Tekninen sähköoppi 1: Elektroniikka. Helsinki: Tammi.
7. Toivonen, Vesa – Vainionpää, Jorma 1998. Sähkömagneetin toiminnan havainnollistus. Opintomateriaali. Tampereen yliopisto. Saatavissa: <http://people.uta.fi/~jv46809/magne/sahkomag.htm>. Hakupäivä 12.2.2013.
8. Jessa, Tega 2011. Artikkelit kestopagneetista. Universe Today. Saatavissa: <http://www.universetoday.com/85002/permanent-magnet/>. Hakupäivä 8.3.2013.
9. Certexin nostomagneetit. Saatavissa: http://www.certex.fi/fi/nostomagneetit/nostomagneetticertex__12008. Hakupäivä 8.3.2013.
10. Vogel Technologyn neulatarttuja. Saatavissa: <http://www.vogeltechnology.com/grippers.htm>. Hakupäivä 13.3.2013.

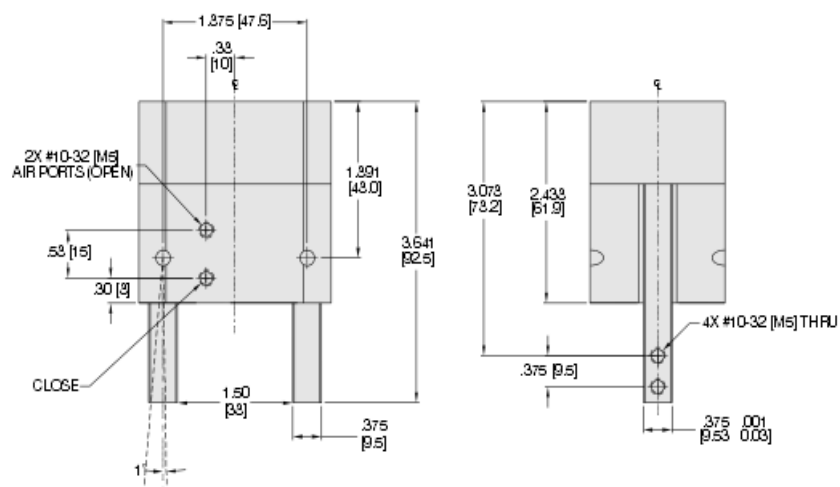
11. Schunkin paineilmatarttuja. Saatavissa: http://www.eunited.net/robotics/upload/products/SCHUNK_JGP_small.jpg. Hakupäivä 13.3.2013.
12. Kiinalaisen verkkokaupan saksinosturi. 2013. Saatavissa: <http://sinolifter.en.made-in-china.com/productimage/FeUnzRGxJKpC-2f0j00EvGtIsunYZrk/China-Stationary-Hydraulic-Scissor-Lift-Table-Truck-SSL1-5-3-8-.html>. Hakupäivä 13.3.2013.
13. Erikkilan saksiportaalirobotit. 2012. Saatavissa: <http://www.erikkila.fi/fi/tuotteet/erikkila-robotinosturi/integrator-saksiportaalirobotit>. Hakupäivä 21.3.2013.
14. Erikkilan kääntöpuominosturit. 2012. Saatavissa: <http://www.erikkila.com/fi/tuotteet/prosystem-kaantopuominosturit/pikku-jussi-matalarakenteinen-kaantopuominosturi>. Hakupäivä 13.3.2013.
15. Ukkonen, Arja 2008. Konttinosturi. Vuosaari ei pelota Kotkan satamaa - uutinen. Saatavissa: <http://www.tekniikkatalous.fi/uutiset/vuosaari+ei+pelota+kotkan+satamaa/a146007>. Hakupäivä 9.5.2013.
16. Vaihteistojen laskentatavat. 2010. Saatavissa: <http://www.daerospace.com/MechanicalSystems/GearsGen.php>. Hakupäivä 8.4.2013.
17. Mekanexin teleskooppi kuulajohteet. 2013. Saatavissa: <http://www.mekanex.se/produkter/sken/fi-hts.shtml>. Hakupäivä 8.4.2013
18. Mäkelä, Mikko – Soinen, Lauri – Tuomola, Seppo – Öistämö, Juhani 2005. Tekniikan kaavasto. Tampere: Tammertekniikka.

Saatavissa: <http://www.destaco.com/assets/docs/en/ds/RA-Lock.pdf>. Hakupäivä 23.3.2013.

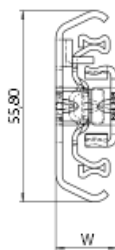
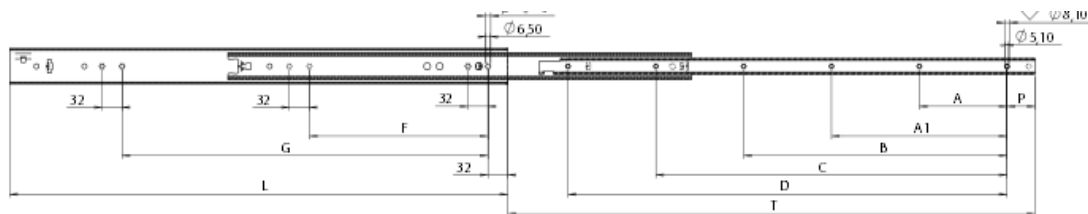


Specifications

	RA-25	RA-25M
Total Rated Grip Force F @ 100 psi, 7 bar	250 lbs.	1112 N
Stroke.....	6° of stroke for each finger	
Weight	1.06 lbs.	0.48 Kg
Pressure Range	40-100 psi	3-7 bar
Cylinder Bore Ø	1.250 in.	31.8 mm
Displacement	0.046 in ³	0.8 cm ³
Temperature Range		
Standard Seals.....	-30° ~ 180° F	-35° ~ 80° C
Viton® Seals.....	-20° ~ 300° F	-30° ~ 150° C
Actuation	0.12 sec.	0.12 sec.
Accuracy	±0.003 in.	±0.08 mm
Repeatability.....	±0.001 in.	±0.03 mm
Valve required to actuate	4-way, 2-position	



Saatavissa: <http://www.testwebben.se/6668/Filer/PDF-Kataloger/PDF-Katalog%20LTR.pdf>. Hakupäivä 23.3.2013.



TECHNICAL PRODUCT SPECIFICATION

Deflection: Max 4 % of extension length

Max temp: 100° celsius

Material: Galvanised steel, blue-galvanised steel

Possible with Surface treatment: On customer request

Max.Recommended Load: Read in column below "Load per pair"
Calculated on 10 000 cycles.

TECHNICAL DIMENSIONS

Article number	Closed Length L	Extension Length T	W	F	G	D	C	B	A1	A	P	Locking Device	Safety Lock	Load per pair in Kg
LTR5619-300/285BN	300	285	18.5	160	-	192	-	-	-	96	45	B	No	94
LTR5619-350/350BN	350	350	18.5	160	-	256	-	-	-	128	45	B	No	96
LTR5619-400/400BN	400	400	18.5	192	-	288	-	-	-	128	45	B	No	97
LTR5619-450/450BN	450	450	18.5	256	-	352	-	-	-	160	45	B	No	110
LTR5619-500/500BN	500	500	18.5	288	-	416	-	-	-	192	45	B	No	119
LTR5619-550/550BN	550	550	18.5	320	-	448	-	-	-	224	45	B	No	118
LTR5619-600/600BN	600	600	18.5	384	-	512	-	256	-	128	45	B	No	123
LTR5619-700/700BN	700	700	18.5	416	-	608	-	288	-	128	45	B	No	129
LTR5619-800/800BN	800	800	18.5	352	640	704	-	352	-	160	45	B	No	121
LTR5619-900/950AN	900	950	17.2	384	736	854	-	569	-	285	20	A	No	105
LTR5619-1000/1050AN	1000	1050	17.2	448	832	954	715.5	477	-	238.5	20	A	No	81
LTR5619-1200/1250AN	1200	1250	17.2	544	1024	1 154	923	692	462	231	20	A	No	57

Saatavissa: <http://www.erikkila.com/fi/tuotteet/prosystem->

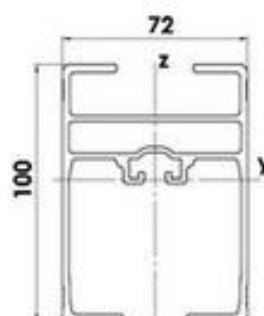
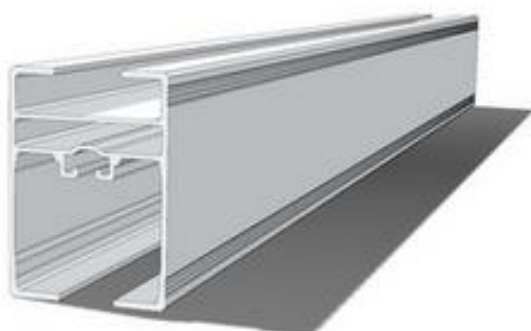
piennosturijarjestelma/alumiinijarjestelma/alumiiniprofiilit. Hakupäivä 23.3.2013.

Alumiiniprofiilit

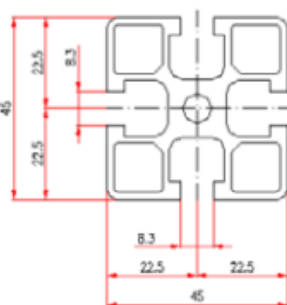


Tekniset tiedot				
Profiili	XS	S	M	L
Paino (kg/m)	3,00	5,00	7,00	8,50
Taivutusvastus (W_x) / cm^3	24,80	43,40	84,70	133,10
Alueen jäyhyysmomentti (I_x) / cm^4	112,40	233,40	598,00	1204,70
Poikkileikkaus / cm^2	11,42	18,49	25,73	31,68

XS



Saatavissa: <http://www.drivematic.fi/pdf/profiililuettelo.pdf>. Hakupäivä
23.3.2013.



Alumiiniprofiili 45x45

Tuotekoodi: P.4545.0

lx 13,24

ly 13,24

wx 5,88

wy 5,88

paino: 1,989 kg/m

