



Tuomas Rajalin

# Liikealustan suunnittelu robottisoluun

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Konetekniikka

Insinöörityö

23.04.2026

# Tiivistelmä

Tekijä:	Tuomas Rajalin
Otsikko:	Liikealustan suunnittelu robottisoluun
Sivumäärä:	22 sivua
Aika:	23.4.2026
Tutkinto:	Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma:	Konetekniikka
Ammatillinen pääaine:	Koneautomaatio
Ohjaajat:	Lehtori Tero Karttiala, Metropolia Ammattikorkeakoulu

---

Tässä insinööriyössä suunniteltiin liikealusta olemassa olevaan robottisoluun, tarkoituksena tehostaa robotin toimintaa. Työn tavoitteena oli suunnitella kokonaisuus, joka pystyy pyörittämään ja liikuttamaan lineaarisesti käsiteltävää putkea.

Työssä olennaiset osat olivat putken pyöritys sekä lineaariliike. Näihin suunniteltiin ja valittiin sopivat komponentit ja niiden alle putkirunko. Alikokoonpanot suunniteltiin ja mallinnettiin 3D:nä yksi kerrallaan, ja samalla kehitettiin ratkaisuja, joiden avulla liikealusta voidaan sovittaa erikokoisille putkille. Valmiista alikokoonpanoista kasattiin yhtenäinen kokonaisuus.

Insinööriyön lopputuloksena valmistui suunnitelma liikealustan toteutukselle sekä työpiirustukset valmistettavista osista.

Avainsanat: 3D-mallinnus, SolidWorks

## Abstract

Author: Tuomas Rajalin  
Title: Motion Platform Design for a Robotic Cell  
Number of Pages: 22 pages  
Date: 23 April 2026

Degree: Bachelor of Engineering  
Degree Programme: Machine Engineering  
Professional Major: Machine Automation  
Supervisor: Tero Karttiala, Senior Lecturer

---

This engineering thesis presents the design of a motion platform for an existing robotic cell, with the aim of improving the efficiency of the robot's operation. The objective was to develop a system capable of rotating and linearly moving the processed pipe.

The key functions of the system are pipe rotation and linear motion. Appropriate components were selected and designed for these functions, together with supporting pipe frames. The design process proceeded through individual subassemblies, which were modeled in 3D using SolidWorks, while developing solutions to enable the motion platform to accommodate pipes of varying sizes. The final system was formed by integrating these subassemblies into a unified assembly.

As a result of the thesis, a complete design for the implementation of a motion platform was produced, along with detailed technical drawings of the components to be manufactured.

Keywords: 3D-modeling, SolidWorks

# Sisällys

## Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Robottisolu ja teollisuusrobotti	1
2.1	Robottisolu	1
2.2	Teollisuusrobotti	2
2.3	Turvallisuus	3
3	Konsepti	4
3.1	Lähtötiedot ja vaatimukset	4
3.2	Liikealustan toimintaperiaate	4
3.3	Pyöritysliike	7
4	Liikealustan mallintaminen	7
4.1	Lineaarikiskon runko	8
4.2	Kelkka	13
4.3	Tukirullat	15
4.4	Ylärulla	17
4.5	Valmis liikealusta	20
5	Tulokset	21
6	Yhteenveto	21
	Lähteet	23

## **Lyhenteet**

CAD: *Computer-aided Design*. Tietokoneavusteinen suunnittelu.

## 1 Johdanto

Tässä insinööriyössä suunnitellaan liikealusta robottisoluun. Työn tavoitteena on suunnitella toimiva ja toteutuskelpoinen liikealusta, joka pystytään integroi-  
maan olemassa olevaan robottisoluun. Liikealustan tarkoituksena on tehostaa robotin toimintaa. Työ rajautuu suunnitteluun ja 3D-mallinnukseen, eikä sisällä fyysistä toteutusta.

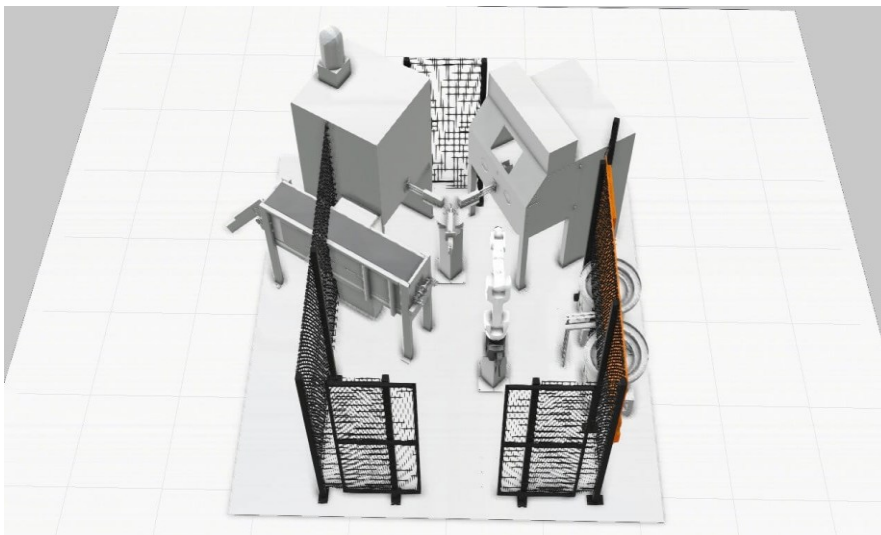
Työn alussa käsitellään robottisoluja ja niissä olennaisessa osassa olevaa teollisuusrobottia. Tämän jälkeen esitellään konsepti, joka on tehty lähtötietojen ja vaatimusten perusteella. Seuraavaksi käydään läpi työn suunnitteluprosessi ja esitetään liikealustan rakenne palasina. Lopussa käydään läpi työn tulokset ja arvioidaan suunnitelman toimivuutta, edellytyksiä suunnitelman toteuttamiselle ja mahdollisia jatkokehitysideoita.

## 2 Robottisolu ja teollisuusrobotti

Robottisolut ovat keskeinen osa nykyaikaista teollisuusautomaatiota, joiden avulla pystytään parantamaan tuotannon tehokkuutta, laatua ja turvallisuutta. Teollisuusrobotit ovat uudelleen ohjelmoitavia ja joustavat erilaisiin tuotantotehtäviin. Robottisolussa yhdistyvät mekaaninen rakenne, ohjausjärjestelmät ja turvallisuusratkaisut, jotka luovat toimivan kokonaisuuden.

### 2.1 Robottisolu

Robottisolu (Kuva 1) on automatisoitu kokonaisuus, jossa yksi tai useampi teollisuusrobotti suorittaa määrättyjä työtehtäviä rajatussa työtilassa. Yleensä työtila on rajattu esimerkiksi turva-aidoilla tai valoverhoilla muusta ympäristöstä, jotta robottisolun läheisyydessä työskentelevien turvallisuus on varmistettu.



Kuva 1. Robottisolu [1]

Robottisolun koostuu yleensä seuraavista osista:

- teollisuusrobotti
- robotin tarttuja tai työkalu
- työkappaleiden siirtelymekanismit (esim. kuljettimet)
- ohjausjärjestelmä (robotin ohjain ja mahdollinen PLC)
- turvalaitteet (esim. valoverhot)

Usein robottisolut suunnitellaan suorittamaan tiettyä työtehtävää, esimerkiksi kokoonpanoa, materiaalien käsittelyä tai hitsausta. Robottisolun suunnittelussa mietitään tilankäyttö, tuotannon sujuvuus ja tärkeimpänä turvallisuus.

## 2.2 Teollisuusrobotti

Teollisuusrobotti (Kuva 2) on olennaisin osa robottisolua. Se on mekaaninen laite, joka on ohjelmoitu suorittamaan haluttuja tehtäviä tuotantoympäristössä. Robotissa mekaanisen rakenteen lisäksi on ohjausjärjestelmä, joka vastaanottaa käskyjä ja ohjaa robotin liikkeitä ohjelmien mukaan. Robottiin saa erilaisia työkaluja ja tarttuja, joiden avulla robotti suorittaa halutut työtehtävät [2.] Robotin

ohjelmointiin on erilaisia tapoja, kuten opetusohjaus, offline-ohjelmointi ja integroitu ohjaus. Opetusohjauksessa ohjelmoija opettaa robotille liikeradat manuaalisesti. Offline-ohjelmoinnissa ohjelmat tehdään tietokoneella simulointiympäristössä. Integroidussa ohjauksessa robottia ohjataan PLC:llä.



Kuva 2. Teollisuusrobotti [3]

Tarttujat ovat yksi teollisuusrobotin yleisimpiä työkaluja. Tarttujia on mekaanisia, alipaineella toimivia imutarttuvia, magneettitarttuvia sekä neulatarttuvia. Muita työkaluja ovat muun muassa prosessityökalut ja koneistus- ja viimeistelytyökalut. Prosessityökalut ovat työkaluja, jotka ovat tarkoitettu tiettyyn työtehtävään, esimerkiksi hitsauspolttimet hitsaukseen. Koneistustyökaluja ovat porat ja jyrsimet ja viimeistelytyökaluihin kuuluu hionta- ja kiillotustyökalut.

### 2.3 Turvallisuus

Robottisolussa suojaus on yksi kriittisin osa. Oikeanlainen suojaus pyrkii estämään tapaturmat ja auttaa työntekijöitä työskentelemään turvallisesti robottisolun

läheisyydessä. Perusvaatimukset turvallisuudelle määrittelee konedirektiivi. Turvallisuusvaatimukset ovat standardoituja [4.] Yleensä suojaus toteutetaan fyysisillä suojarakenteilla ja aktiivisilla turvalaitteilla. Fyysisiin suojarakenteisiin kuuluu verkkoaidat ja moduulaidat, joilla eristetään robotti. Moduulaidat ovat yleensä läpinäkyvää polykarbonaattilevyä, joka suojaa mahdollisilta lentäviltä asioilta. Aktiiviset turvalaitteet valvovat rajattua aluetta ja pysäyttävät robotin ja mahdollisen tuotannon, jos jokin kuulumaton ilmestyy alueelle. Näitä turvalaitteita ovat esimerkiksi turvalaserskannerit ja valoverhot.

### 3 Konsepti

Insinööriytyö lähti liikkeelle konseptoinnilla. Mietitään mitä lähtötietoja ja vaatimuksia on ja millaiseen lopputulokseen halutaan päästä. Minkälaisia käsiteltävät kappaleet ovat, mitä laitteistoja ja minkälainen tila on käytössä.

#### 3.1 Lähtötiedot ja vaatimukset

Robottisolun oli rakennusvaiheessa jätetty noin 3 x 1,2 m tila putkirunkoiselle liikealustalle. Päävaatimuksina liikealustalle oli:

- putken pyöritys, nopeus säädettävissä
- putken lineaariliike, vähintään 500 mm, nopeus säädettävissä
- täytyy soveltua 1,6 m ja 3,1 m pitkille putkille
- täytyy soveltua 53–93 mm ulkohalkaisijaltaan oleville putkille.

#### 3.2 Liikealustan toimintaperiaate

Suunnitellussa konseptissa liikealusta koostuu lineaarikiskosta sekä pyöritysmekanismista, jotka integroidaan toimimaan jo olemassa olevan robottisolun

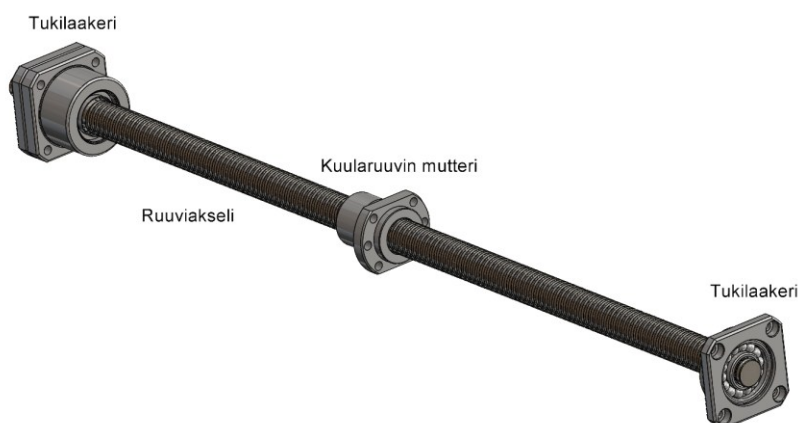
kanssa. Tavoitteena on kehittää ratkaisu, joka ei sido robottia prosessiin pitkäksi aikaa, vaan pystyy tekemään muitakin tehtäviä.

### Lineaariliike

Lähtötiedoissa ja kokonaisuuden suunnittelussa määriteltiin putken lineaariliik-  
keeksi vähintään 500 mm. Tämä pituus riittää siirtämään putkea riittävästi pro-  
sessia varten. Lineaariliikkeen toteutukseen vertailtiin pneumaattista sylinteriä ja  
kuularuuvikäyttöä, joista jatkettiin eteenpäin kuularuuvin kanssa. Kuularuuvi so-  
veltui paremmin sen tarkkuuden ja säädettävyyden takia. Kuularuuvin pyörittä-  
miseen valittiin askelmoottori, jossa on riittävä vääntömomentti. Vääntömoment-  
tiin vaikuttaa kuularuuvin nousu ja siirrettävän kuorman massa.

### Kuularuuvi

Kuularuuvi on tarkka ja tehokas lineaarinen voimansiirtokomponentti, joka  
muuntaa kuulia hyödyntämällä pyörivän liikkeen lineaariseksi. Kuularuuviin kuu-  
luu (Kuva 3) ruuviakseli, kuulamutteri ja kuulamutterin sisällä olevat teräskuulat,  
jotka vierivät ruuvin kierteiden urissa. Vierintäkitkan takia kuularuuvilla saavute-  
taan korkea hyötysuhde ja energiatehokkuus. Kuularuuvissa on yleensä myös  
tukilaakerit [5.]



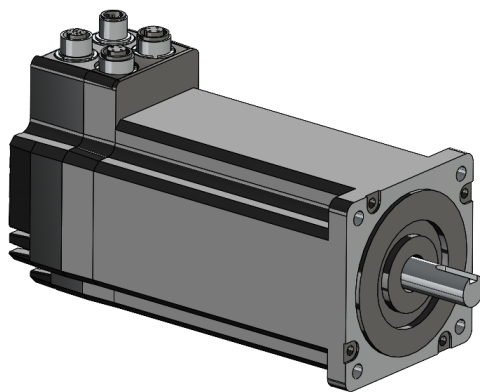
Kuva 3. Kuularuuvi

Kuularuuvimutteri liikkuu kuularuuvilla samanlailla kuin normaali mutteri. Sen sisällä on teräskuulia, jotka vierivät ruuviakselin uria pitkin. Kuularuuvimuttereissa on erilaisia kiinnitystapoja liikutettavaan kuormaan, näistä yleisin on laippa. Laitan lisäksi eri kiinnitystapoja on kierteitetty tai lieriömäinen mutteri [6.]

Kuularuuvin päädyissä olevilla tukilaakereilla saadaan kuularuuvi kiinnitettyä haluttuun paikkaan. Yleensä kuularuuvin pyöritys tapahtuu moottorilla, jota varten kiinteään tukilaakerin läpi tulee akseli, johon moottorin saa kiinnitettyä. Kun kuularuuvimutteri on kiinnitettyä liikutettavaan kuormaan, mutteri ei pääse pyörimään, vaan ruuviakseli pyörii aiheuttaen mutterille lineaariliikkeen.

### Askelmoottori

Askelmoottori (Kuva 4) koostuu staattorista ja roottorista. Roottori pyörii staattorin sisällä vääntömomentin ansiosta, jonka synnyttää staattorin ja roottorin eritavoin suunnatut magneettikentät. Askelmoottoreissa on todella suuri vääntömomentti alhaisilla pyörimisnopeuksilla, joka mahdollistaa nopean käynnistämisen ja helpon pysäyttämisen. Askelmoottorin pyörimissuuntaa voidaan myös vaihtaa. Moottori tarjoaa erinomaisen tarkkuuden käytön aikana ja helpon roottorin asennon valvonnan [7.]



Kuva 4. Askelmoottori

Askelmoottorit yleensä ovat 0,9 tai 1,8 asteen askelluksella, joka tarkoittaa 400 tai 200 askelta kierrosta kohden. Tämän takia askelmoottorit ovat tarkkoja. Askelmoottoreihin voidaan lisätä vaihde, jonka avulla vääntömomenttia ja liikeominaisuuksia pystytään muokkaamaan [8.]

### 3.3 Pyöritysliike

Pyöritysliike on tärkeä osa prosessia, jotta voidaan varmistaa haluttu lopputulos. Pyöritysliikkeeksi mietittiin aluksi kahta eri vaihtoehtoa, joko sorvin pakan tyylisistä ratkaisua tai rullia, joista yhteen laitetaan veto askelmoottorilla. Pyöritysliike on hidas ja tapahtuu vakionopeudella, mutta pyörimisnopeus on oltava säädettävä.

Sorvin pakan tyylisessä ratkaisussa ongelmaksi koitui putkien 1,5 m pituusero. Pidempää putkea käsitellessä joutuisi pakka väistymään 1,5 m, jotta robotti pystyy asettamaan putken lineaarikiskolle. Lisäksi pakka vaatisi liikkeen, joka tuo pakan putken ympärille tartuntaa varten. Positiivinen asia pakalla pyörittäessä on, että putki varmasti pyörii.

Ratkaisussa, jossa rullia käytetään pyörityksessä, mietitytti putken painon riittäminen luomaan tarvittavan kitkan. Jos kitkaa ei ole riittävästi, rulla pyörii tyhjä ja putki on paikallaan. Tämä asia ratkaistiin putkea päältä painavalla rullalla. Rullilla pyörittäessä putken pituudella ei ole väliä, koska rullat eivät vaadi putken päätä vaan voivat myös pyörittää putkea keskeltä.

Projektissa päädyttiin jatkamaan eteenpäin rulla ratkaisun kanssa, koska se soveltui paremmin tarkoitukseen ja oli yksinkertaisemmin toteutettavissa.

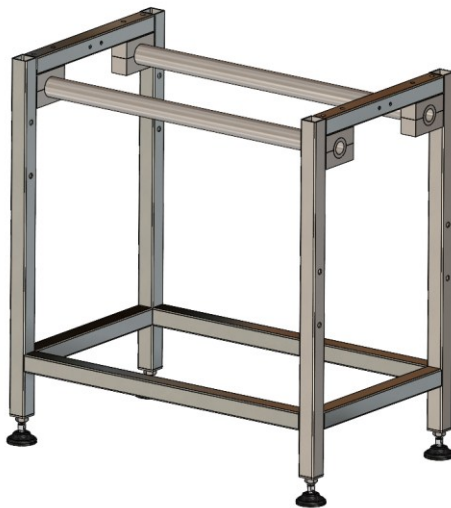
## 4 Liikealustan mallintaminen

Kun konsepti valmistui ja idea toteutukselle löytyi, alettiin mallintamaan valmista kokonaisuutta. 3D-mallit ja kokoonpanot luotiin SolidWorksillä. Askelmoottorien, sylinterin, kuularuuvin ja rullien valmiit CAD (Computer-aided Design) -tiedostot

saatiin toimittajilta. Liikealustan osat tehdään suurimmaksi osaksi yrityksen sisällä, joten osien muodot piti miettiä valmistettavuuden ja valmistusmenetelmien kannalta. Liikealusta on jaettu neljään osaan: lineaarikiskon runko, kelkka, tukirulla ja ylärulla.

#### 4.1 Lineaarikiskon runko

Lineaarikiskoa ja kelkkaa varten suunniteltiin (Kuva 5) putkirunko. Rungossa käytettiin 40 x 40 x 3 mm S335J2H/420MH-teräspalkkia. Pystyputket ovat pituudeltaan 800 mm, lyhyemmät vaakaputket 425 mm ja pidemmät vaakaputket 740 mm. Pystyputkissa rungon kuvasta katsottuna oikealla puolella on reiät huojuntatuille ja vastaavasti vasemmalla puolella on reiät tukirullaa varten, jota tarvitaan käsitellessä kolme metriä pitkiä putkia. Lineaariputket, joiden päällä kelkka liikkuu, ovat halkaisijaltaan 45 mm ja seinämän paksuus 8 mm, pituudeltaan 820 mm. Putket ovat kiinnitetty kaksiosaisilla holkeilla rungon ylempiin vaakaputkiin. Vaakaputkissa on myös reiät kuularuuvien kiinnitystä varten.



Kuva 5. Lineaarikiskon putkirunko

Kuularuuvi (Kuva 6) hoitaa kelkan lineaariliikkeen. Kuularuuvin halkaisija on 25 mm ja nousu 5 mm. Kuvasta katsottuna vasemmalla puolella on laakeroitu kiinteä tuki, jonka läpi tulevaan akseliin saa askelmoottorin yhdistettyä. Oikealla puolella on kelluva tuki, jota pystyy hieman säätämään pituussuunnassa, jotta kuularuuvin kiinnitys putkirunkoon on tiukka. Kuularuuvin mutteri on laipallinen versio, josta se saadaan helposti kiinnitettyä kelkkaan. Mutterin etuosassa on ohjauskaulus, jolla saadaan mutteri kohdistettua jäməkästi kelkkaan.



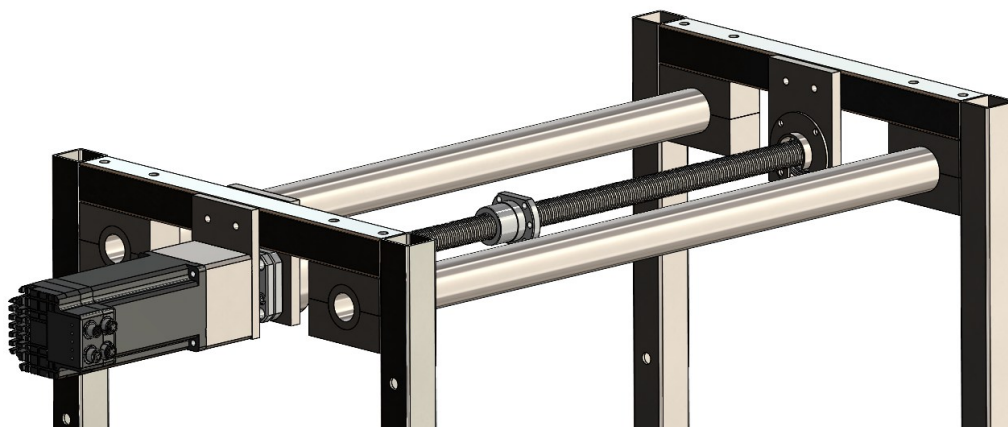
Kuva 6. Kuularuuvi

Kuularuuvi kiinnitetään putkirunkoon erillisellä levyosalla (Kuva 7), jossa on reikäkehä tukia varten ja kaksi reikää putkirungon vaakaputkeen pulttaamista varten.



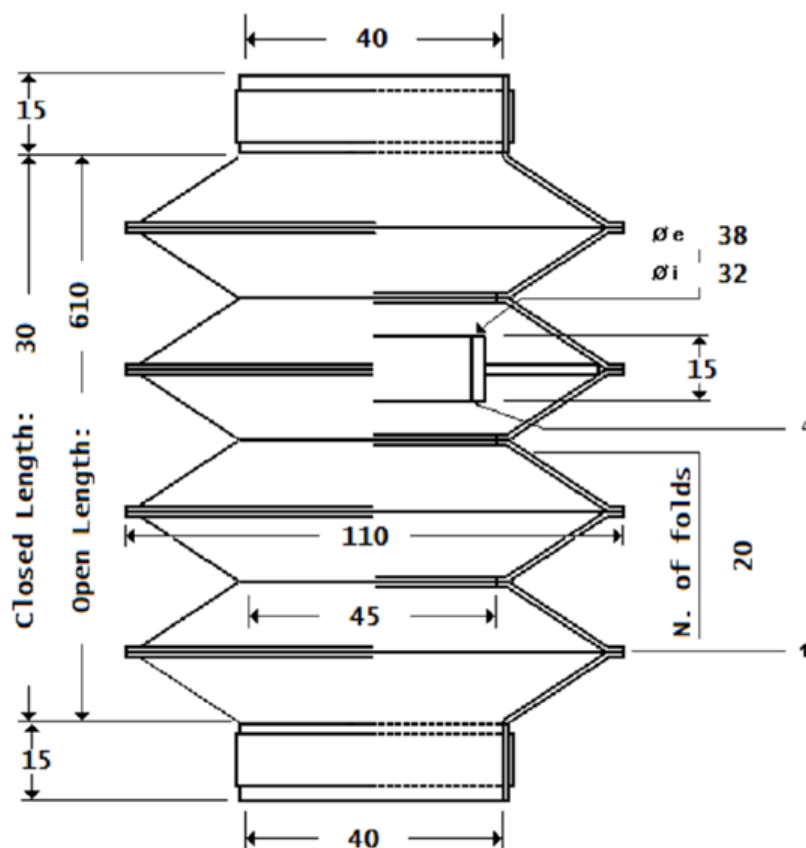
Kuva 7. Kuularuuvin kiinnitys runkoon

Kuularuuvi suojataan ruuvien päälle tulevalla paljesuojalla. Paljesuojaa varten kuularuuvien kiinnityslevyihin on pultattu laipat (Kuva 8), joihin paljesuoja voidaan letkunkiristimillä kiinnittää. Suojia tulee kaksi ja suojien toiset päät tulevat kiinni kelkassa oleviin vastaaviin laippoihin. Paljesuojan (Kuva 9) avoin pituus on 610 mm ja kasassa 30 mm. Suojien pituudet on laskettu sen mukaan, että kelkan liikerata säilyy halutun pituisena. Kuularuuvia pyörittävä askelmoottori on pultattu runkoon samantyyllisellä laipalla kuin kuularuuvi. Askelmoottorin ja laipan väliin täytyi lisätä 60 mm pitkä holkki, jotta saadaan askelmoottorin ja kuularuuvien akselit yhdistettyä.



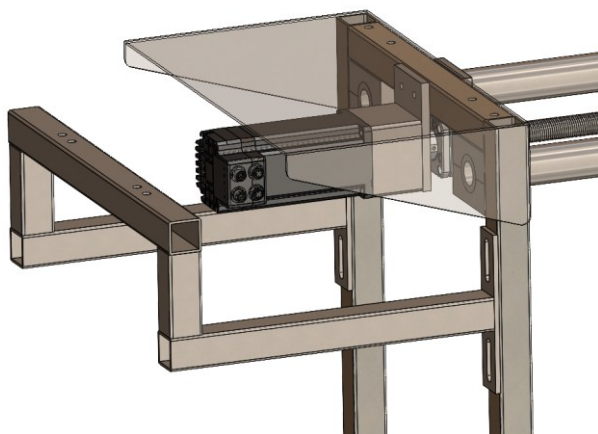
Kuva 8. Kuularuuvi ja askelmoottori

Paljesuojan materiaalina on polyesterin ja PVC muovien sekoitus ja suojan päädyt on nailonia. Palkeen paksuus on 0,5 mm ja päätyholkkien 3 mm.



Kuva 9. Paljesuojan piirustus

Askelmoottorin puolella runkoa on tukirullan vaatima rakenne samaisesta 40 x 40 x 3 putkesta (Kuva 10). Rakenteen vaakaputkessa on reiät tukirullan kiinnitystä varten. Tukirullan korkeussäätö on toteutettu laipoilla, joilla tukirakenne kiinnitetään runkoon. Säätövaraa on 40 mm. Korkeutta ei tarvitse säätää eri putkikokojen mukaan vaan säätövara on vain kokoonpanoa varten, jotta saadaan putki lepäämään suorana vaakatasossa tukien ja rullien päällä.



Kuva 10. Tukirullan tukirakenne ja askelmoottorin suoja

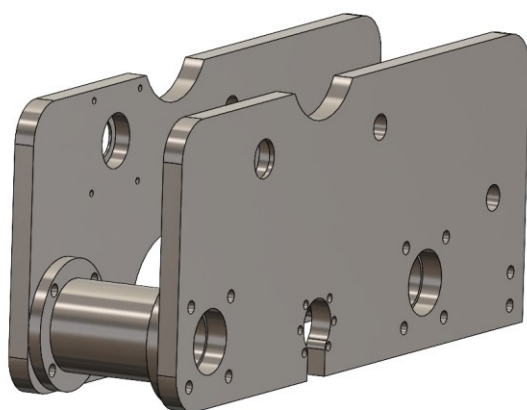
Askelmoottori ja sen johdotukset suojataan 3 mm levystä tehdyllä suojalla, joka pultataan putkirunkoon. Suoja estää mahdollisesta häiriöstä johtuvaa putken putoamista askelmoottorin päälle. Putkirunkoon asennetaan säätöjalat, joilla runko saadaan vaaittua (Kuva 11).



Kuva 11. Lineaarikiskon putkirunko kokonaisuudessaan

## 4.2 Kelkka

Kelkan runko pohjautuu kahteen 16 mm levyyn ja niiden välissä oleviin kahteen holkkiin, jotka liukuvat lineaarikiskoilla (Kuva 12). Levyihin on tehty paikat veto-  
pyörän laakereille ja aukot lineaarikiskoille ja kuularuuville. Holkit kiinnitetään levyihin M10-pulteilla. Lisäksi levyissä on kiinnitysreiät kuularuuvien mutterille sekä paikka ylärullan nivelelle ja sylinterin tason kiinnitykselle.



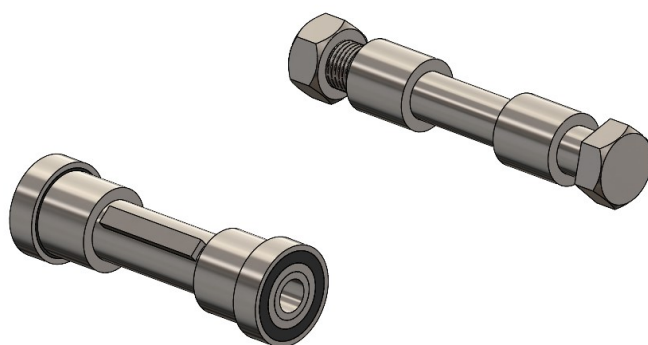
Kuva 12. Kelkan runko

Kelkkaan kiinnitetään kaksi pyörää (Kuva 13), toisessa pyörässä on veto ja toinen on vapaana. Molemmat pyörät ovat halkaisijaltaan 150 mm ja leveydeltään 50 mm. Vetopyörässä veto on toteutettu kiilauralla ja vapaassa pyörässä laakerointi kuulalaakerilla. Vetopyörän juoksupinta on polyuretaania ja vapaan pyörän materiaalina on fenolihartsia. Molemmat materiaalit ovat kovia ja sopivat putken pyörittämiseen hyvin ja kestää kulutusta.



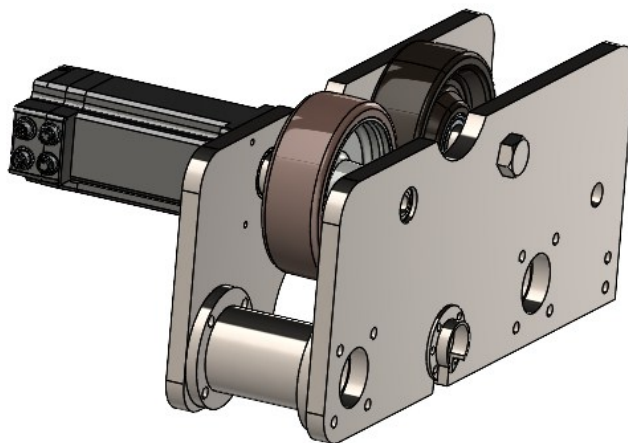
Kuva 13. Kelkan pyörät

Vetopyörän akseli pyörii pyörän mukana kiilaura laakeroinnin takia, kun taas vapaana olevan pyörän akseli on kiinteä (Kuva 14). Vetopyörän akseli on halkaisijaltaan 25 mm ja akselin päätyjä on 12 mm matkalta kavennettu halkaisijaan 20 mm, jotta se sopii 20 x 42 x 12 mm laakeriin. Akselissa on 8 mm leveä ja 50 mm pitkä kiila, joka välittää pyöriksen pyörälle. Vetopyörä on keskitetty akseliin tulevilla holkeilla. Vapaana olevan pyörän akseli on laakeroimaton M20-pultti, joka kiristetään paikalleen lukkomutterilla. Tämäkin pyörä on keskitetty holkeilla.



Kuva 14. Pyörien akselikokonaisuudet

Askelmoottori kiinnitetään kelkan levyyn M6-pulteilla. Askelmoottorin pyöritysakseli yhdistetään suoraan vetopyörän akseliin. Kelkan levyssä on laippa, johon paljesuojan pääty saadaan letkunkiristimellä kiinnitettyä (Kuva 15). Toisen paljesuojan pääty tulee levyssä kiinni olevan kuularuuvimutteriin kiinni.



Kuva 15. Kelkka kokonaisuudessaan

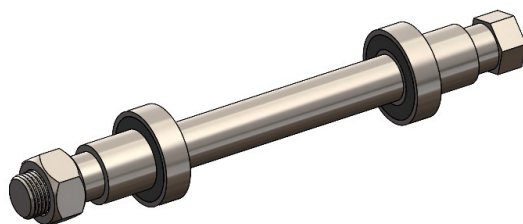
### 4.3 Tukirullat

Tukirulla koostuu rullasta, akselista, M16-mutterista, kahdesta kuulalaakerista, kahdesta pystytuesta ja levyosista, joilla rulla kiinnitetään putkirunkoon. Akselina rullassa käytetään itse tehtyä 17 mm halkaisijaltaan olevaa pulttia, jossa on M16-kierre ja AV19-kuusiokanta (Kuva 16).



Kuva 16. Tukirullan akselina toimiva pultti

Rullan kuulalaakerit ovat 17 x 35 x 10 mm. Kuulalaakereiden ja pystytukien välissä on 20 mm pitkät holkit, joilla rulla sivuttainen liike estetään (Kuva 17). Koko paketti kiristetään paikalleen M16-mutterilla.



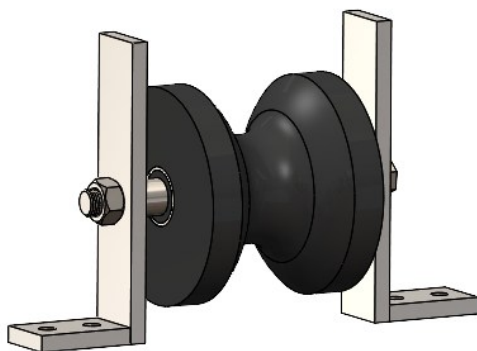
Kuva 17. Tukirullan akseli, holkit ja laakerit

Tukirullan rulla (Kuva 18) on suurimmalta halkaisijaltaan 130 mm ja leveydeltään 115 mm. Rullassa olevat muodot on suunniteltu kelkassa olevien rullien mukaan, jolloin käsiteltävän putken kosketuspinnat rullissa ovat samanlaiset jokaisella putkikoolla. Rullan sivuilla on aukot laakereita varten.



Kuva 18. Rulla

Rullan pystytuet tulevat huomattavasti rullan yli pystysuunnassa, joka estää putken putoamisen rullalta ja ohjaa oikealle paikalle, jos robotti jostain syystä asettaa putken rullille hieman vinossa. Pystytukiin hitsataan vaakatasossa olevat levyosat, joilla tukirulla pultataan putkirunkoon.

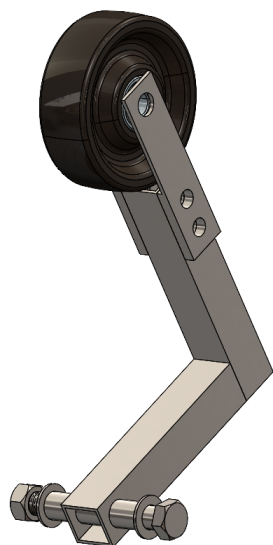


Kuva 19. Tukirulla

#### 4.4 Ylärulla

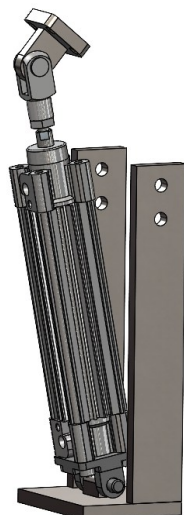
Ylärullassa käytetään samaa, halkaisijaltaan 150 mm olevaa kuulalaakerillista rullaa kuin kelkassa. Ylärullan saranana käytetään samalla periaatteella tehtyä

akselia kuin muissakin rullissa. Sarana koostuu M20-pultista, 104 mm pitkstä holkista, kahdesta 3 mm paksusta aluslevystä ja M20-mutterista. M20-pultti toimii saranassa akselina. Holkki hitsataan ylärullan tukirakenteeseen, jotta rulla saadaan pidettyä samassa linjassa kelkan rullien kanssa. Tukirakenne (Kuva 20) rullalle tehdään 40 x 40 x 3 mm putkesta ja rullan kiinnikkeet 10 mm levyästä. Rullan kiinnikkeet pultataan putkeen M16-pulteilla.



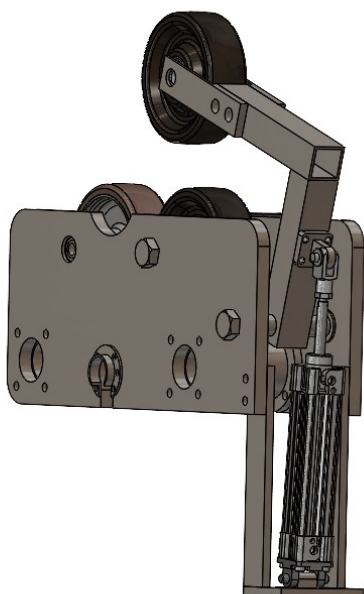
Kuva 20. Ylärullan tukirakenne

Ylärullan liike toteutetaan sylinterillä (Kuva 21), joka painaa rullalla tukirakenteen vipuvarren ansiosta putkea ylhäältä päin. Sylinterin alapää kiinnitetään 10 mm levyästä tehtyyn tasoon. Sylinterin tasoon hitsataan kaksi 10 mm levyästä tehtyä pystytukea, joilla sylinteri kiinnitetään kelkkaan.



Kuva 21. Sylinterin tukirakenne

Taso kiinnitetään kelkkaan M10-pulteilla. Sylinterin männänvarsi kiinnitetään haarukkakiinnikkeellä tukirakenteeseen (Kuva 22) hitsattuun levystä tehtyyn lenkkiin.

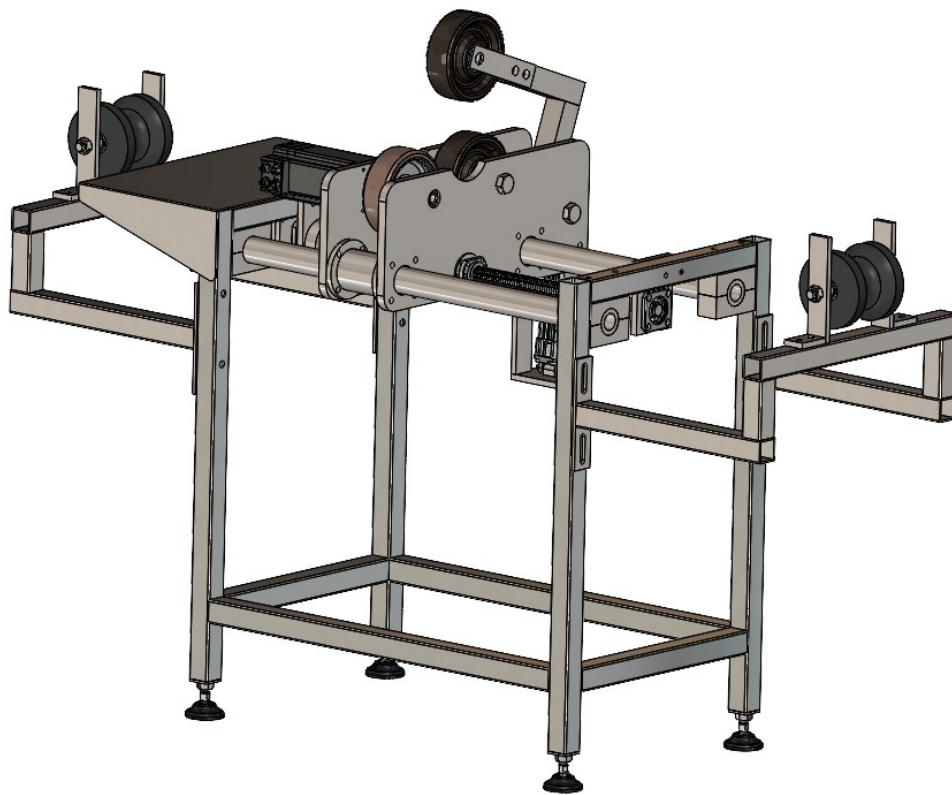


Kuva 22. Ylärullan ja sylinterin tukirakenteet kiinnitettynä kelkkaan

Ylärulla on vaihtoehtoinen ratkaisu ja se on suunniteltu kitkan lisäämistä varten. Jos putken paino riittää varmasti luomaan tarpeeksi suuren kitkan ja putki pyörii tasaisesti rullilla, ei ylärullaa tarvita.

#### 4.5 Valmis liikealusta

Lopullinen liikealusta (Kuva 23) koostuu neljästä erillisestä alikokoonpanosta ja niissä on yhteensä 55 uniikkia osaa, kiinnityspultit ja mutterit pois lukien.



Kuva 23. Liikealusta

Valmiiseen liikealustan runkoon on vielä lisätty myös toiselle puolelle tukirulla ja sen runkorakenteet, jotta käsiteltävä putki pysyy tasapainossa pituudesta riippumatta.

## 5 Tulokset

Insinööriyön tuloksena syntyi suunnitelma liikealustasta, joka voidaan integroida olemassa olevaan robottisoluun. Suunnitelmassa on liikealustan mekaaninen rakenne, lineaariliike ja putken pyörytys, jotka olivat työn olennaisimpia osia ja vaatimuksia.

Suunniteltu liikealusta täyttää asetetut lähtövaatimukset hyvin. Lineaariliike toteutettiin kuularuuvilla, jota ajetaan askelmootorilla. Kuularuuvi ja askelmoottori mahdollistaa 530 mm liikkeen kelkalle ja sen nopeuden tarkan säädön. Putken pyörytys toteutettiin rullilla, joista yhtä pyöritetään askelmootorilla. Suunnitteluvaiheessa heräsi kysymys, riittääkö putken paino pelkästään tuomaan tarvittavan kitkan, ettei rulla luista. Tämä asia ratkaistiin rullalla, joka painaa putkea ylhäältä päin kelkan rullia vasten. Kokonaisuus suunniteltiin toimivaksi 1,6 metrin ja 3,1 metrin pituisille putkille sekä halkaisijavälille 53–93 mm.

Lopullinen ratkaisu koostuu lineaarikiskosta, rullilla toteutetusta pyöryksestä ja putkea tukevista tukirullista. Liikealusta on jaettu neljään alikokoonpanoon, mikä helpottaa havainnollistamista, valmistusta, kokoonpanoa ja huollettavuutta. Rakenne liikealustalle suunniteltiin siten, että se voidaan suurimmalta osin valmistaa yrityksen resursseilla ja integroida robottisoluun ilman merkittäviä muutoksia. Liikealustan merkittävin hyöty on robotin saaminen muihin tehtäviin odotellessa putkien valmistumista.

Työssä suunniteltiin liikealusta siihen asti, että mekaniikka voitaisiin fyysisesti rakentaa. Liikealustan käyttöönotto vaatii vielä automaatio suunnittelua, kuten antureiden, rajakytkimien ja ohjauslogiikan lisäämistä sekä robotin ohjelmointia.

## 6 Yhteenveto

Insinööriyön tavoitteena oli suunnitella liikealusta olemassa olevaan robottisoluun parantamaan putkien valmistamiseen liittyvää prosessia. Liikealustan ansiosta robotti saadaan suorittamaan muita tehtäviä, eikä ole kiinni prosessissa.

Insinööryö alkoi keskustelulla yrityksen kanssa, jossa pohdittiin ja päätettiin liikealustan vaatimukset. Keskustelun pohjalta ruvettiin luomaan konseptia.

Konseptin pääkohdat olivat putken pyörytyys ja lineaariliike. Näiden kahden aiheen selvittämisellä lähdettiin liikkeelle. Molemmista aiheista kehiteltiin ratkaisuja, joista valittiin sopivimmat. Pyörytyys toteutettiin rullilla, joista yhtä pyöryttään askelmoottorilla. Lineaariliikkeen hoitaa kuularuuvi, joka liikuttaa lineaarikiskoilla kelkkaa, jossa putken pyörytyksen komponentit ovat. Pyörytyksen ja lineaariliikkeen komponenttien valinnan jälkeen suunniteltiin putkirunko lineaarikiskolle. Putkirunkojen materiaaliksi valikoitui 40 x 40 x 3 mm S335J2H/420MH-putkipalkki.

Liikealustan myötä robotti ei ole pelkästään kiinni putkien valmistuksessa, vaan se saadaan tekemään muita tehtäviä odotellessa, joka parantaa ja nopeuttaa tuotantoa.

## Lähteet

1. Robottisolu automaattiajoon ja kappaleen käsittelyyn. Verkkoaineisto. Probot. <<https://probot.fi/referenssit/robottisolut-2>>. Luettu 1.4.2026.
2. Mikä on teollisuusrobotti ja mihin sitä käytetään? Verkkoaineisto. Move-tec. <<https://movetec.fi/uutiset/mika-on-teollisuusrobotti-ja-mihin-sita-kaytetaan/>>. Luettu 18.3.2026.
3. Articulated Robots. Verkkoaineisto. Fanuc. <<https://www.fanuc.eu/en/en/product/robot/m-950ia500>>. Luettu 1.4.2026
4. Teollisuuden robotiikka. Verkkoaineisto. Suomen Robotiikkayhdistys. <<https://roboyhd.fi/teollisuuden-robotiikka/#luku4>>. Luettu 18.3.2026.
5. Kuularuuvi. Verkkoaineisto. Camcut. <<https://www.camcut-group.com/fi-fi/tuki/konepajasanasto/kuularuuvi/>>. Luettu 26.2.2026.
6. Lineaaristen kuularuuvikäyttöjen määrittely, valinta ja käyttö. 2020. Verkkoaineisto. FUYU Motion. <<https://www.fuyumotion.com/fi/news/how-to-specify-select-and-apply-linear-ball-screw-drives/>>. Luettu 25.2.2026.
7. Stepper motors. Verkkoaineisto. Festo. <[https://www.festo.com/fi/en/c/products/motors-and-servo-drives/stepper-motors-id\\_pim102/?page=0](https://www.festo.com/fi/en/c/products/motors-and-servo-drives/stepper-motors-id_pim102/?page=0)>. Luettu 20.2.2026.
8. Askelmoottorit. Verkkoaineisto. OEM. <[https://www.oem.fi/tuotteet/moottori/sahkomoottorit/askelmoottorit-\\_C30400](https://www.oem.fi/tuotteet/moottori/sahkomoottorit/askelmoottorit-_C30400)>. Luettu 18.2.2026.