



Karelia-ammattikorkeakoulu  
Insinööri (AMK)

Paavo Parkkima

# Sauvasensorin valuprosessin kehittäminen

Opinnäytetyö  
toukokuu 2022

[www.karelia.fi](http://www.karelia.fi)



**OPINNÄYTETYÖ**  
**Toukokuu 2022**  
**Konetekniikan koulutus**

Tikkarinne 9  
80200 JOENSUU  
+358 13 260 600

Tekijä(t)  
Paavo Parkkima

Nimeke  
Sauvasensorin valuprosessin kehittäminen

Toimeksiantaja  
Anonyymi toimeksiantaja

**Tiivistelmä**

Opinnäytetyö suoritettiin toimeksiantajalle, joka haluaa pysyä nimettömänä. Tekstissä toimeksiantajaan viitataan ilmaisulla toimeksiantaja. Toimeksiantajan toimiala on öljy- ja kaasuteollisuudessa.

Tämän opinnäytetyön aiheena oli sauvasensorin valuprosessin kehittäminen. Pääkehityskohteina oli uuden valuvälineistön löytäminen, valutelineen suunnittelu sekä prosessin standardointi. Täten halutut tulokset olisivat samanlaisia jokaisessa valussa. Tavoitteena oli luoda selkeä toimintamalli seuraaville projekteille, jonka perusteella epoksivalu tullaan suorittamaan jatkossa.

Opinnäytetyön alkuvaiheessa tavoitteena oli perehtyä aineiden ominaisuuksiin ja kyseiseen toimintatapaan, jota yrityksessä on käytetty. Epoksivaluprosessi dokumentoitiin yhden projektin yhteydessä, jolloin toimintamallista havaittiin puutteet ja kehityskohteet.

Opinnäytetyön tuloksena saatiin toimiva konsepti uudesta valutelineestä sekä tietoa vaa- ditusta laitteistosta. Tulokset saatiin kattavasti esitettyä, ja niiden perusteella jatkojalostus ja toimeksiantajan hankintaehdotukset ovat helppo toteuttaa.

Kieli  
suomi

Sivuja 41  
Liitteet 0  
Liitesivumäärä 0

Asiasanat  
epoksi, tuotekehitys, prosessi, sauvasensori



**THESIS**  
**May 2022**  
**Degree Programme in Mechanical Engineering**

Tikkarinne 9  
80200 JOENSUU  
FINLAND  
+ 358 13 260 600

Author (s)  
Paavo Parkkima

Title  
Development of the casting process of a probe

Commissioned by  
Not public

Abstract

The topic of this thesis was development of the casting process of a probe. The main areas of development were to find new suitable casting equipment, design new casting stand and to standardize the process so that the results would be similar in each casting. The aim was to create a clear operating model for the following projects, as the basis of which epoxy casting will be carried out in the future.

At the beginning of the thesis, the aim was to get acquainted with the properties of the materials and the methods that has been used in the process. The current method was documented in connection with one project in which case the problems and improvement points were found.

The result of the thesis was a working concept of the casting rack and information about the required equipment. The results were presented comprehensively, and based on them, further processing and employer procurement proposals are easy to implement.

Language  
Finnish

Pages 41  
Appendices 0  
Pages of Appendices 0

Keywords  
epoxy, product development, process, probe

# Sisältö

1	Johdanto .....	5
1.1	Opinnäytetyön tavoitteet .....	5
1.2	Rakenne .....	6
1.3	Rajaukset.....	6
1.4	Sauvasensorin yleiskuvaus.....	7
2	Opinnäytetyön tietoperusta .....	8
2.1	Epoksi.....	8
2.2	Nykyinen tilanne epoksivalun suhteen.....	8
2.3	Valutelineen käyttötarkoitus .....	10
2.4	Valuprosessi .....	10
2.5	Nykyinen valuteline.....	14
2.6	Ajan säästäminen .....	15
2.7	Parannuskohteet ja havaitut ongelmat.....	16
2.8	Wettability - Kostuvuus .....	18
3	Laitteiston etsintä .....	19
3.1	Valulaite .....	19
3.1.1	Nipema PR70 .....	20
3.2	Valutelineen etsiminen.....	20
3.3	Oheislaitteet.....	22
3.3.1	Lämpöpeitto .....	22
3.3.2	Painepesuri.....	24
4	Toiminnallinen vaihe .....	24
4.1	Suunnittelun perusteet.....	24
4.2	Sauvasensorin valuteline .....	24
4.2.1	Alarunko .....	25
4.2.2	Ylärunko .....	27
4.3	Valmiina saatavat komponentit .....	31
4.3.1	Runko .....	31
4.3.2	Hydraulikoneikko .....	32
4.4	Maalaus .....	33
5	Valmiit tulokset.....	34
5.1	Valmis valulaitteisto .....	34
5.2	Valmis sauvasensorin teline .....	35
5.3	Hydraulikoneikko .....	36
5.4	Turvallisuus.....	37
6	Tulokset ja pohdinta.....	40
	Lähteet.....	41

# 1 Johdanto

## 1.1 Opinnäytetyön tavoitteet

Opinnäytetyön tavoitteena on parantaa epoksivaluprosessia toimeksiantajan valmistamalle sauvasensorille ja tehdä siitä standardisoitu toimenpide kaikille eri tuoteversioille. Sauvasensori on laite, jolla pystyy mittaamaan erilaisia nestepinnan tasoja ja analysoimaan niissä tapahtuvia muutoksia.

Tavoitteena on suunnitella toimiva valuteline, johon sauvasensori laitetaan valun ja kovettumisen ajaksi. Tarkastelua on tehtävä suunnittelusta muodostuvan mallin suhteen, jotta tuotos toimii eri pituisille sauvasensoreille. Toisena kohteena on löytää epoksivalulle sopiva laitteisto, jonka avulla sauvasensorit vaelataan. Laitteiston on tarkoitus olla puoliautomatisoitu, jonka avulla tuotannon virtaustehokkuus paranee eikä pullonkauloja synny alkuvalmisteluissa.

Opinnäytetyössä keskitytään laitteisiin, jotka ovat tarkoitettu ammattimaiseen käyttöön. Ongelmana nykytilanteessa on laitteet, jotka soveltuvat ainoastaan hyvin pienille tuotantomäärille. Opinnäytetyö tarjoaa konseptimallin sauvasensorin valutelineelle ja hankintaehdotukset epoksivalulaitteistolle, jotka soveltuvat suuremmille tuotantomäärille.

## 1.2 Rakenne

Työn rakenteen voi jakaa kolmeen osaan: teoriaosuuteen, toiminnalliseen vaiheeseen sekä tuloksiin ja pohdintaan. Teoriaosuudessa käsitellään ensin epoksia. Tämän jälkeen valuprosessi kerrotaan vaiheiltaan läpi ja tarkastellaan epoksivalussa havaittuja parannuskohteita. Teoriaosuutta seuraa toiminnallinen vaihe, jossa keskitytään tärkeimpiin kehityskohteisiin ja pyritään suunnittelun kautta toteuttamaan toimiva versio lopputuotteesta toimeksiantajalle. Lopuksi tarkastellaan saadut tulokset läpi ja opinnäytetyön eteneminen sekä pohditaan valitun laitteiston sekä suunnittelun toimivuutta toimeksiantajan käyttötarkoituksiin.

## 1.3 Rajaukset

Parannuskohteiden laajuuden vuoksi opinnäytetyössä on keskitytty sauvasensorin valutelineeseen sekä valulaitteistoon. Valutelineellä tarkoitetaan rakennelmaa, jonka varaan sauvasensori voidaan asettaa roikkumaan. Valulaitteistolla epoksi saadaan siirrettyä ulkoisesta astiasta sauvasensorin sisälle. Opinnäytetyössä sivuutetaan myös oheislaitteita, mutta niihin ei panosteta tässä työssä. Rajaus aiheeseen tehtiin sovitusti toimeksiantajan kanssa, jotta opinnäytetyöstä tulisi selkeä kokonaisuus, jossa keskitytään eniten kriittisiin parannuskohteisiin. Nämä kohteet ovat merkittävimmissä roolissa epoksivalun onnistumisen suhteen, joten ne koettiin tärkeimmiksi kohteiksi kyseiseen opinnäytetyöhön. Toimeksiantajaa opinnäytetyössä ei nimellä mainita vaan kutsutaan nimellä ”toimeksiantaja”, koska yritys haluaa pysyä nimettömänä.

#### 1.4 Sauvasensorin yleiskuvaus

Opinnäytetyössä keskitytään suomalaiseen yritykseen, joka valmistaa yhtenä tuotteenaan sauvasensoria (kuva 1), jonka perusteella mitataan erilaisia neste- ja kaasupintojen tasoja asiakasyrityksille öljy- ja kemianteollisuuteen. Tämä opinnäytetyö keskittyy kyseisen sauvasensorin valuprosessiin ja valmistusmenetelmien kehittämiseen. Standardi sauvasensori, johon tässä opinnäytetyössä keskitytään, on noin metristä neljään metriin oleva ontto sauva, johon epoksi valetaan. Halkaisija vaihtelee 30–80 mm välillä.



Kuva 1. Sauvasensori (Kuva: Paavo Parkkima)

## 2 Opinnäytetyön tietoperusta

### 2.1 Epoksi

Epoksi on kaksikomponenttinen aine, jossa on sekoitettu hartsia ja kovetetta. Epoksilla saadaan lisää lujuutta toimeksiantajan tuotteiden rakenteeseen, ja tämän takia se on merkittävässä roolissa valmistusprosessissa. Tässä opinnäytetyössä puhutaan käytetyistä aineista yleisnimellä epoksi toimeksiantajan tuotesalaisuuksien säilymiseksi.

Epoksin etuina ovat pieni kutistuma, hyvä tarttuvuus, korkea murtovenymä ja kimmomoduli ja lähes olematon vedenimeytyminen. Tämän takia se yleinen käyttökohde monissa tuotannon tuotteissa.

### 2.2 Nykyinen tilanne epoksivalun suhteen

Valulaitteisto on soveltunut tähän asti suhteellisen hyvin, mutta ei ole riittävä volyymeihin, joihin tämä opinnäytetyö keskittyy. Nykyiseen valulaitteistoon kuuluu paineilmakompressori (kuva 2), paineilmaletku (kuva 3), paineastia sekä valuletku (kuva 4).

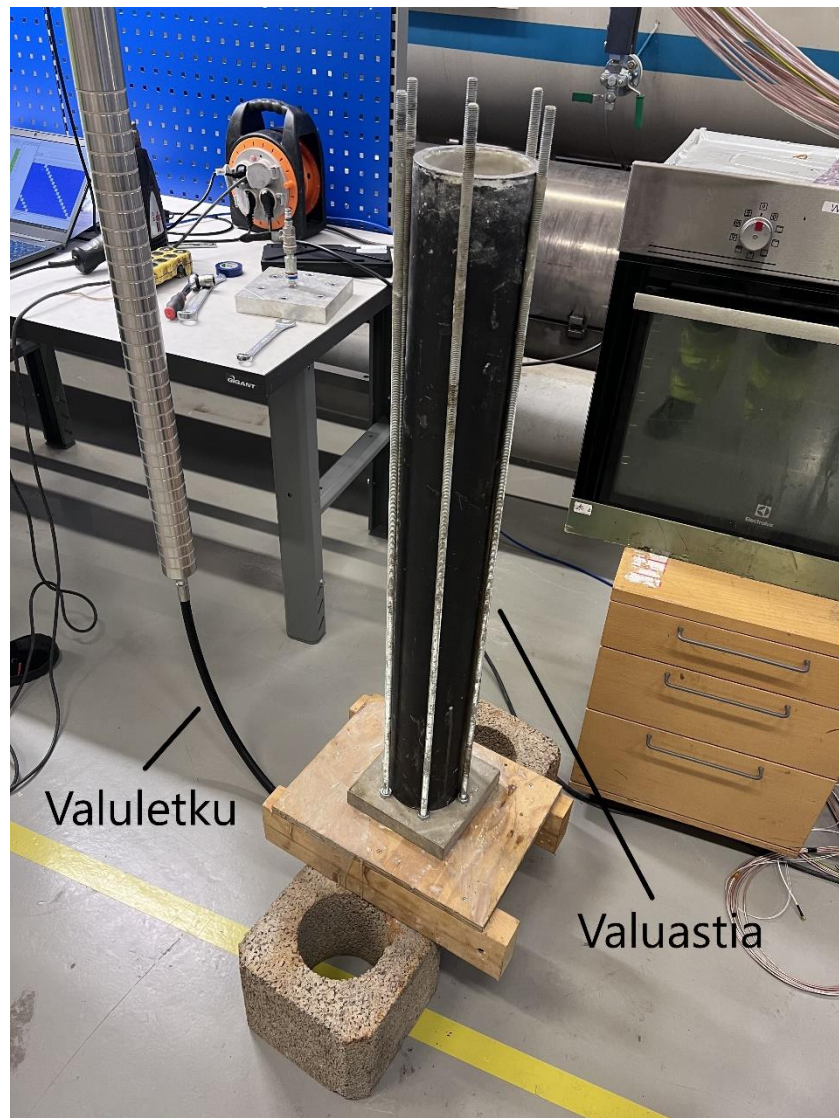


Kuva 2. Paineilmakompressori (Kuva: Koneboss Oy)





Kuva 3. Paineilmaletku (Kuva: IKH Oy)



Kuva 4. Paineastia sekä valuletku epoksivalua varten (Kuva: Paavo Parkkima)

Kuvassa 4 näkyy ylhäältä avonainen paineputki, johon epoksi kaadetaan ja paineistetaan. Valuletkun kautta epoksi siirtyy sauvasensorin sisälle.

### **2.3 Valutelineen käyttötarkoitus**

Valutelineen tarkoitus on pitää sauvasensoria paikallaan epoksivalun ajan. Sauvasensori on kiinni valutelineessä ja telineen vieressä on valulaitteisto. Valu suoritetaan laitteiston avulla, jonka jälkeen sauvasensori tulpataan ja jätetään valutelineeseen kovettumaan.

Suunniteltavan valutelineen on tarkoitus helpottaa sauvasensorin epoksivalun suorittamista. Telineen halutaan olevan mahdollisimman käyttäjäystävällinen ja yksinkertainen, jolloin siihen ei tarvita erillisiä käyttökoulutuksia, vaan sitä voi käyttää myös henkilö, joka ei ole aikaisemmin perehtynyt kyseiseen laitteeseen. Valutelineen toimivuus on merkittävä osa epoksivaluprosessia, ja hyvin suunniteltu valuteline säästää merkittävästi aikaa kokonaisprosessissa.

Valutelinettä on tarkoitus käyttää kaikissa toimeksiantajan epoksivaluissa, jotka ovat standardi sauvasensorin mitoissa eli metristä neljään metriin.

### **2.4 Valuprosessi**

Valuprosessiin kuuluu kolme eri vaihetta: esivalmistelut, epoksivalu sekä jälkivaihe.

Esivalmisteluihin kuuluu tarvikkeiden kokoaminen valualueelle. Valuastialle tarvitaan teline, koska kuvassa 4 näkyvä valuletku tulee astian pohjasta, joten valuastia ei voi olla lattian tasossa. Nykytilanteessa alla on käytetty esimerkiksi betoniharkkoja, mutta tulevan valulaitteen on tarkoitus seistä omilla jaloillaan ja valuletkun sijainti on korkeammalla. Paineilmakompressori kytketään verkkovirtaan ja säiliön paine säädetään noin 2 bar:iin, jolla epoksi työnnetään valuastiasta sauvasensoriin. Muitten laitteiden ja valuastian valmisteluiden jälkeen itse epoksi lämmitetään haluttuun lämpötilaan ja sekoitetaan kovetteen kanssa. Epoksi on laitettu muoviseen astiaan ja lämmitykseen on käytetty

kiertoilmauunia (kuva 6). Epoksin lämpötilaa on mitattu kuvassa 5 näkyvällä yleismittarilla, johon on kiinnitetty lämpötila-anturi.



Kuva 5. Yleismittari (Kuva: IKH Oy)

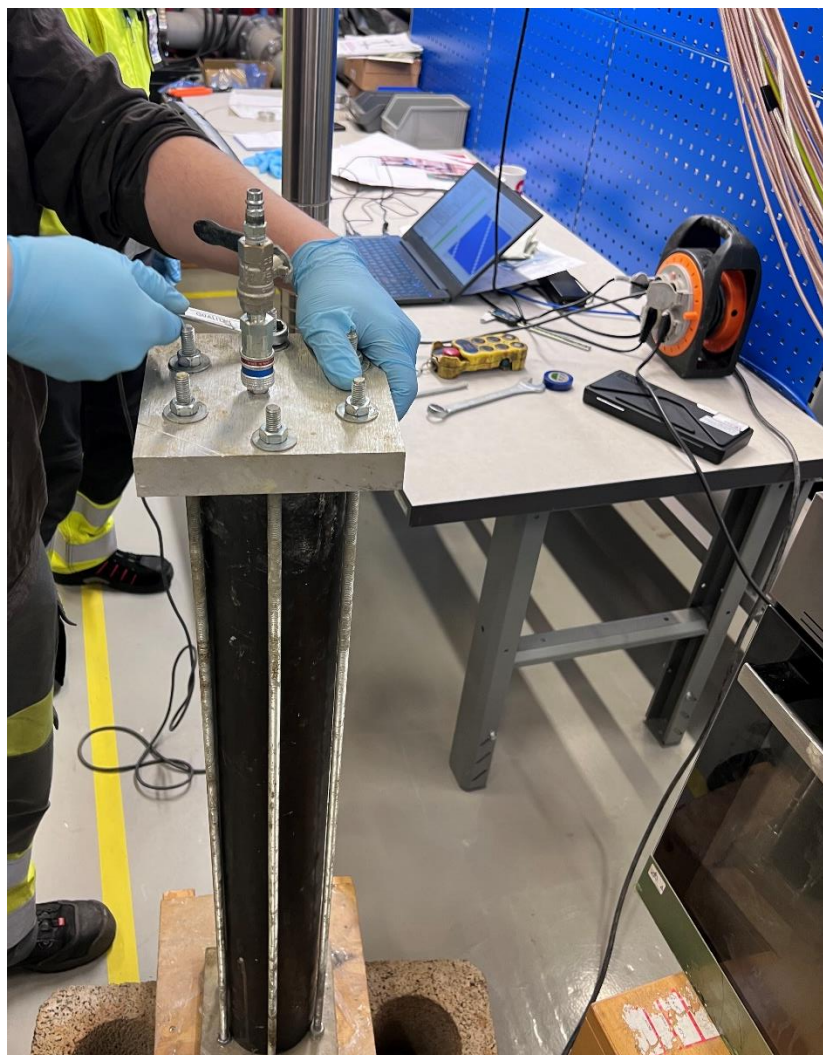
Kiertoilmauunilla lämpö saadaan leviämään tasaisesti astian jokaiseen laitaan. Lämpötila-anturin avulla lämpötila saadaan tarkasti mitattua, jotta epoksimassa on halutun lämpöistä jokaisessa kohdassa astiassa. Jos lämpötilaeroja on huomattu olevan astian laidoilla verrattuna keskialueeseen, on epoksia sekoitettu ja lämmitetty lisää, kunnes massa on tasaisesti lämmennyt astian jokaisesta kohdasta. Epoksimassan lämmitettyä epoksi kaadetaan valuastiaan, ja tämän jälkeen valuastia on valmis sulkemista ja paineistusta varten.



Kuva 6. Epoksin kaataminen paineastiaan. (Kuva: Paavo Parkkima)

Kun epoksi on kaadettu valuastiaan, astian kansi kiristetään vetotankojen avulla, jonka jälkeen valuastian voi paineistaa (kuva 7). Vetotangot ovat kuvassa 7 näkyviä kierretankoja, jotka ovat lukittuina astian alapäästä ja epoksin lisäyksen jälkeen kiristetään myös ylhäältä muttereilla. Tämän jälkeen hanaan liitetään paineilmaletku, joka tulee paineilmakompressorilta. Paineilmakompressorin tuottaman paineen avulla valuastiassa oleva epoksi saadaan työnnettyä sauvasensorin sisälle.





Kuva 7. Paineastia, vetotangot ja sulkuventtiili. (Kuva: Paavo Parkkima)

Kun sauvasensori on täytynyt kokonaan epoksimassasta, voidaan paine katkaista sulkemalla hana. Tämän jälkeen kuvassa 7 näkyvä valuletku irrotetaan ja sauvasensori tulpataan pohjasta. Tämän jälkeen sauvasensori jätetään valuteleeseen, jotta epoksi voi kovettua sauvan sisälle.

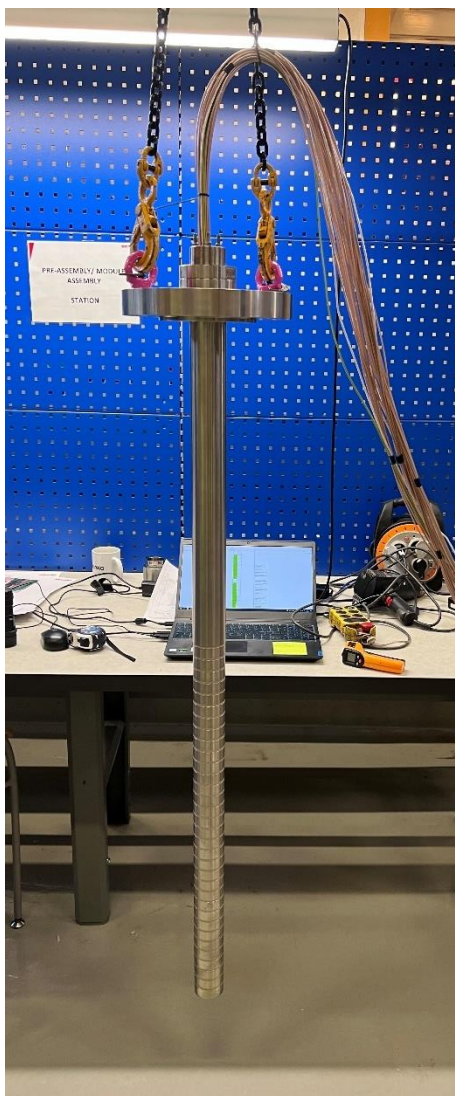
Jälkivaiheessa sauvasensori on tulpattu ja on valmiina epoksin kovettumisprosessiin. Kovettumisprosessi kestää noin vuorokauden riippuen sauvasensorin pituudesta. Valuprosessin jälkeen valuastia avataan käänteisessä järjestyksessä. Valuastia puhdistetaan ylijäämäepoksista, jota jää astian pohjalle sekä seinämiin. Muut tarvikkeet kuten paineilmakompressori ja letkut laitetaan omille paikoilleen. Valuprosessissa syntyneet muut mahdolliset liat puhdistetaan. Samalla tarkistetaan muiden tarvikkeiden kuten astioiden riittävyys seuraavaa epoksivalua varten.

## 2.5 Nykyinen valuteline

Toimeksiantajalla ei tällä hetkellä ole standardisoitua valutelinettä, joka toimisi jokaiseen standardimittaiseen sauvasensoriin. Telineitä sauvasensorin valua varten on joutunut rakentelemaan kuvan 8 tapaisesti ja muokkaamaan projektikohtaisesti jokaiselle valukerralle aina saatavista tarvikkeista. Ongelmana on ollut, että sauvasensorille ei ole suunniteltu alun perin minkäänlaista valutelinettä. Tämän takia myös valuprosessi on ollut hieman erilainen joka kerta, ja joissakin toimenpiteissä on jouduttu improvisoimaan.



Kuva 8. Nykyinen rakennettu valuteline, (Kuva: Paavo Parkkima).



Kuva 9. Sauvasensori roikkumassa ennen epoksivalua (Kuva: Paavo Parkkima)

Sauvasensoreita on myös jouduttu roikottamaan siltanosturista pituutensa ja soveltuvan telineen puuttumisen vuoksi (kuva 9)

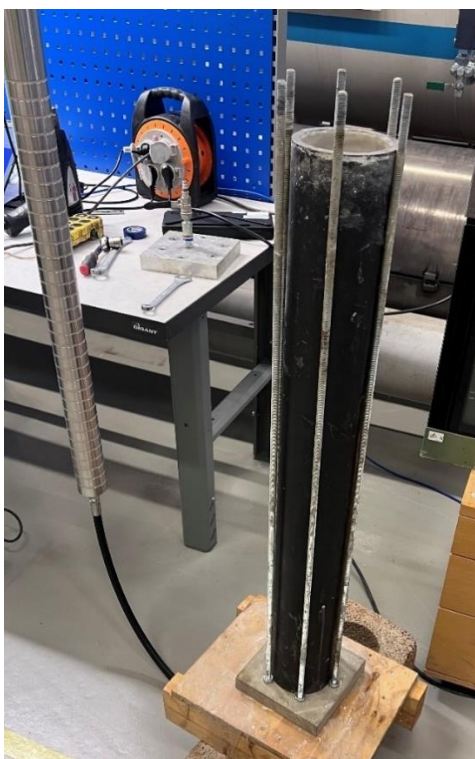
## 2.6 Ajan säästäminen

Epoksivalu itsessään ei ole pitkäkestoinen prosessi. Toimeksiantajan tuotteille valuastian paineistaminen ja epoksin siirtäminen sauvan sisälle kestää vain noin 15 minuuttia per sauvasensori. Suurin osa ajasta menee alkuvalmisteluihin, joista puhuttiin kappaleessa 2.4. Oheistarvikkeet ovat olleet hieman puutteellisia ja eniten aikaa on mennyt epoksin lämmittämiseen haluttuun

lämpötilaan. Oikeanlaisella laitteistolla, joka esimerkiksi sekoittaa ja esilämittää epoksin, säästää huomattavasti aikaa koko prosessin kannalta.

## 2.7 Parannuskohteet ja havaitut ongelmat

Nykyisen paineastian vetotangoista (kuva 9) halutaan eroon, koska ne ovat käsiteltävyydeltään hankalat ja haittaavat tiivistepintojen puhdistusta ja niihin käsiksi pääsyä. Paineastiassa kiinni oleva valuletku sijaitsee myös huonosti astian alaosassa, jolloin paineastia ei voi olla lattiatasossa, vaan alle on saatava aina jotain koroketta.



Kuva 9. Nykyinen valu/paineastia, jossa vetotangot kiinni. (Kuva: Paavo Parkkima)

Toinen aikaa vievä asia on valuastian pohja. Pohja on rakennettu puusta, johon vetotangot on kiinnitetty. Pohja on liian kapea ja tästä johtuen se on kiikkerä. Muttereihin, joilla vetotangot ovat kiinni, on vaikea myös päästä käsiksi avaimella, kuten kuvasta 10 näkyy.





Kuva 10. Valuastian pohja, johon vetotangot on kiinnitetty (Kuva: Paavo Parkkima)

Valuastiasta suunnitellaan paranneltu väliversio yrityksen sisäisenä kehitystyönä, jossa korjataan kyseisessä mallissa havaitut ongelmat. Tässä opinnäytetyössä keskitytään isompiin tuotannon volyymeihin, johon vaaditaan ammattimaisempia välineistöjä. Tämä on kuitenkin kriittinen osa sauvasensorin epoksivalua ja kyseisestä versiosta huomioidaan parannuskohteet tulevaa laitehankintaa ajatellen.

Itse sauvan asentoon valussa on tavoitteena rakentaa sellainen teline, jonka kallistuskulmaa pystyy säätämään haluttuun kohtaan. Telineen pitää myös soveltua eri mittaisille sauvoille. Nykyiset telineet ovat olleet kiinteitä, eikä niitä ole voinut kallistaa tai nostaa pystyyn halutulla tavalla.

Ajallisesti tavoite on sujuvoittaa epoksivalun prosessia, jolloin yhden tuotteen valmistusaika pienenee. Samalla kustannukset pienenevät säästettyjen tuntien verran. Tämänhetkinen ongelma on ollut yksinkertaiset laitteet, jotka eivät kunnolla ole soveltuneet kyseiseen epoksivaluun. Valua on haitannut oikeiden

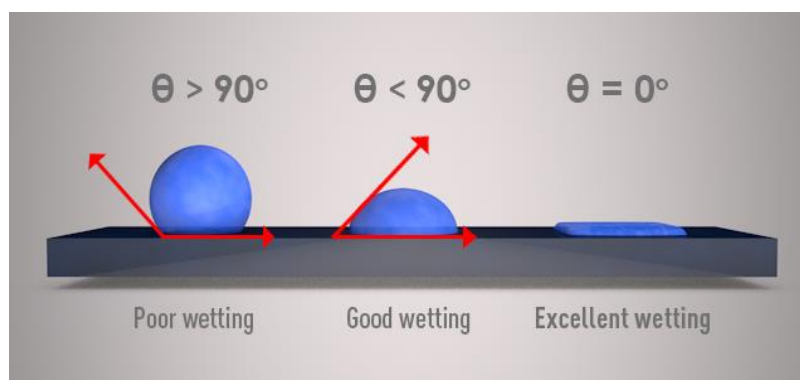
työkalujen ja apuvälineiden puute, jolloin valuprosessi on kokonaisuudessaan venynyt ajallisesti.

## 2.8 Wettability - Kostuvuus

Wettability:llä eli kostuvuudella tarkoitetaan nesteiden kykyä olla kosketuksissa toisen pinnan kanssa. Kostuvuudella (wettability, *engl.*) mitataan kiinteän ja nestemäisen aineen kostutustasoa (wetting) toisiinsa nähden. Kostuvuus mitataan kosketuskulman avulla. Mitä pienempi kosketuskulma, sitä parempi kostuvuus (kuva 11). (K Mittal 2009. Contact angle. Wettability and adhesion).

Sauvasensorin valaminen halutussa kulmassa on todettu tuloksiltaan paremmaksi kuin pystyasennossa valettu sensori. Tämän takia sauvasensorin teelineen halutaan olevan malliltaan säädettävä, jossa sauvasensori voidaan säätää epoksivalun ajaksi haluttuun kulmaan paremman tarttuvuuden takia. Valun jälkeen sauva voidaan nostaa pystyasentoon kovettumaan.

Yleisesti hyvälle tarttuvuudelle tärkeintä on, että kohteen kriittinen pintaenergia on korkeampi kuin liiman sidosaineen eli tässä tapauksessa epoksin. Metalleilla on korkeampi kriittinen pintaenergia ja ne kostuvat helpommin kuin esimerkiksi muovit. Pintaenergiaa mitataan megajouleina neliometriä kohden ( $mJ/m^2$ ). Epokseilla pintaenergia on yleensä 40-50  $mJ/m^2$  välillä. (Masterbond, Surface wetting)



Kuva 11. Wettability – kostuvuus (Kuva: Masterbond Inc)

## 3 Laitteiston etsintä

### 3.1 Valulaite

Kyseiselle epoksityypille on olemassa useita laitevalmistajia. Laitteiston rajaus riippuu esimerkiksi annoskoosta, lämmitysvaatimuksista, manuaalisesta vai automaattisesta laitteesta. Automaattisella tarkoitetaan laitetta, joka sekoittaa epoksin ja kovetteen halutun seossuhteen mukaan. Useilla laitteilla voi määrittää myös halutun annoskoon, jolloin epoksia ei tule liikaa suuttimesta, vaan laite sulkeutuu halutulla hetkellä.

Laitteeseen haluttiin säädely epoksin lämmitys sekä automaattinen sekoitus epoksille sekä kovetteelle. Näiden ominaisuuksien avulla sauvasensorin epoksivalun valmisteluprosessi helpottuu huomattavasti sekä epoksin ja kovetteen seossuhde on jokaisella kerralla haluttu, kun sauvasensori valetaan.

Laitteista suurin osa rajautui pois annosmäärien takia. Monet laitteista on tarkoitettu pienten komponenttien valamiseen elektroniikkateollisuudessa, joten ne eivät soveltuneet kyseiseen käyttökohteeseen. Toinen rajoittava tekijä oli laitteiden kova hinta. Isommat epoksivaluun tarkoitetut teolliset laitteet ovat erittäin hintavia ja vaativat tuotannolta isompaa menekkiä.

Laitteen hankintahinta täytyi suhteuttaa odotettuun tuotantomäärään.

### 3.1.1 Nipema PR70

Eri valmistajien laitteistoista suoritettiin kyselyjä toimittajilta ja erilaisia vaihtoehtoja katselmoitiin. Hankintaehdotukseksi valikoitui Nipema Oy:n PR70 2-komponentti annostelulaite (kuva 12), joka soveltuu manuaali- sekä automaatiokäyttöön.



Kuva 12. PR70-annostelulaite (Kuva: Nipema Oy)

Tähän päädyttiin laitteiston monipuolisten ominaisuuksien takia. Nipeman PR70 mahdollistaa annosmäärien esiohjelmoinnin sekä epoksin esilämmityksen. Laitteeseen on mahdollista valita myös paljon lisävarusteita eli laite on hyvin kustomoitavissa omaan käyttötärpeeseen. Laitteesta on saatavilla erilaisia konfiguraatioita ja se valikoitui ohjelmitavuuden sekä lämmitysmahdollisuuksien johdosta.

### 3.2 Valutelineen etsiminen

Etsinnän alkaessa toimeksiantajan tarpeet kerättiin ylös ja sen perusteella lähdettiin etsimään soveltuvaa valutelinettä. Telineeksi etsinnässä oli valmis kaupallinen teline. Telineen pitäisi jaksaa kannatella sauvasensorin massa, joka on noin 20–50 kg riippuen sensorin pituudesta. Huomioitavaa oli myös sensorin pituus. Telineen täytyy olla tarpeeksi tukeva, jotta esimerkiksi neljämetrinen sauvasensori ei lähde kallistumaan itsekseen ja kaada koko telinettä. Ajatuksena oli, että jos teline ei aivan täysin soveltuisi, niin se olisi mahdollista muokata

sopivaksi. Teline pitäisi olla malliltaan sellainen, jossa sauvasensorin molemmat päät olisivat vapaasti käsiteltävissä. Sauvasensorin alapää ei myöskään saisi olla ihan lattian tasossa epoksivaluprosessin takia, jotta valuletku saadaan kiinnitettyä sauvasensoriin. Pohjatulpan kiinnittäminen on myös huomattavasti helpompaa, jos sauvasensorin alaosa ei ole aivan kiinni lattiassa tai jossain muussa rakenteessa.

Ideointia haettiin erilaisista kipattavista monikäyttötelineistä (kuva 13), hydraulisista kääntöpöydistä sekä urheilulaitteiden puolelta, mutta muokkaus tuntui haastavalta juuri kyseiseen käyttökohteeseen. Suurimmaksi esteeksi tuli sauvasensorin pituus.



Kuva 13. Monikäyttöteline (Kuva: Storen Väri Oy)

Mahdollisena valmistuotteena tarkasteltiin kuvassa 14 näkyvää Verti Liftin valmistamaa hydraulista kääntöpöytää. Käyttötarkoituksiltaan ja malliltaan Verti Liftin tuotteet olisivat soveltuneet parhaiten toimexiantajan tarpeisiin, mutta näissäkin pituus oli rajoittava tekijä. Toinen merkittävä asia oli sauvasensorin kiinnitys. Verti Liftin tuotteesta olisi joutunut muokkaamaan kokonaan kääntyvän

osan eli kääntöpöydän. Tästä olisi tullut sen verran valmistuskustannuksia toimeksiantajille, että laitteen hinta ja muokkauskustannukset huomioon ottaen oli kannattavampaa hylätä tämä vaihtoehto.



Kuva 14. Hydraulinen kääntöpöytä (Kuva: Verti Lift Oy)

Näiden haasteiden takia ajattelutapa muuttui enemmän komponenttien tarkasteluun ja mitkä soveltuisivat parhaiten kyseiseen telineeseen. Komponenteissa keskityttiin yksinkertaisuuteen ja muokattavuuteen. Komponenttivalinnoissa keskityttiin myös tuotteisiin, jossa oli hyvä saatavuus. Tällä ajatuksella valmistuskustannukset pyrittiin pitämään matalina ja jälkijalostus valmiille tuotteelle olisi helpompaa.

### **3.3 Oheislaitteet**

Oheislaitteiksi tässä opinnäytetyössä luetellaan sellaisia laitteita, jotka hyödyttävät merkittävästi alku- tai jälkiprosesseja. Oheislaitteisiin ei kuitenkaan kuulu pieniä tavaroita kuten erilaisia astioita tai muita vastaavia tavaroita.

#### **3.3.1 Lämpöpeitto**

Oheislaitteena sauvasensorin lämmitykseen vaihtoehdoksi valikoitui lämpöpeitto (kuva 15). Tällä menetelmällä sauva saadaan lämmitettyä tasaisesti ja

tehokkaasti. Aiemmin lämmitykseen on käytetty kuumailmapuhallinta, jolla lämmittäminen kohdistuu vain yhdelle alueelle kerrallaan ja lämmitys kestää myös kauemmin. Lämpöpeiton saa käärittä sauvasensorin ympärille ja kiinnitettyä tarranauhalla, jolloin lämpöenergia siirtyy sauvaan mahdollisimman tasaisesti.

Teollisissa lämpöpeitoissa lämpötilan pystyy säätämään asteen tarkkuudella. Esimerkiksi Sareskoski Oy:n valmistamissa lämpöpeitoissa lämpötila alue on 0–90°C, joka soveltuu hyvin toimeksiantajan käyttöön. Lämpöpeiton kokoluokan tulisi olla 4 metriä ja leveyden vähintään 20 senttimetriä. Tällöin lämpöpeiton saa käärittä sauvasensorin koko pituudelle, jolloin lämmitys on mahdollisimman tasaista.



Kuva 15. Lämpöpeitto sauvan lämmitykseen (Kuva: Sareskoski Oy)

### **3.3.2 Painepesuri**

Painepesuri auttaisi nykyisen valuputken sekä muiden oheisvälineiden pesua. Painepesuriksi riittää hyvin jokin versio valmistajien kokoluokan pienimmästä päästä. Pesurille on myös muuta käyttöä toimeksiantajalla, joten hankinta on järkevä ja sitä voidaan tarkastella yrityksen sisäisesti.

## **4 Toiminnallinen vaihe**

### **4.1 Suunnittelun perusteet**

Ennen suunnittelun aloittamista kaikki tavoitteet ja toivomukset toimeksiantajan puolelta kerättiin sekä tuotannon tilojen rajoitukset selvitettiin. Valuteline on suunniteltu 4 metriä pitkille sauvasensoreille. Rajoittavana tekijänä telineen korkeudelle tuotannossa on tuotantotilojen korkeus, joka on noin 5 metriä. Valutelineen täytyy mahtua suorittamaan kallistusliike osumatta kattorakenteisiin. Mahdollinen liikuttelu toiseen paikkaan tuotantotiloissa on myös otettava huomioon.

### **4.2 Sauvasensorin valuteline**

Kaupallisen telineen etsinnän tuloksettomuuden jälkeen päädyttiin suunnittelemaan omasuunnitteinen valuteline. Sauvasensorin valuteline lähti hahmottumaan muutamien kriteerien perusteella. Telineen oli oltava kallistettava ja se täytyi saada lukittua pystyasentoon sauvasensorin epoksivalun kovettumisvaihetta varten. Myös lepoasentoon eli vaakasentoon saaminen oli ominaisuus, joka koettiin hyödylliseksi, koska sauvasensorit ovat jopa neljämetrisiä, jolloin käsittely ja kiinnittäminen telineeseen on merkittävästi helpompaa vaakatasossa.

Valutelineen täytyi kestää noin 50-60kilon massa. Varmuuskertoimen kanssa telineen täytyisi kestää 100 kilon massa. Rasituksista ei tehty rasituslaskelmia



vähäisen painon vuoksi vaan valmiskomponenttien valinnassa on otettu kyseinen vaatimus huomioon ja komponenttivalinnat on ylimitoitettu ainevahvuuksiltaan.

Valuteline toimii myös käsivoimin, mutta on raskas liikutella käsin. Tämän vuoksi teline suunniteltiin toimivaksi hydraulisynterinin ja hydraulikoneikon avulla käyttöpaneelista. Hydraulikoneikko on laite, joka tuottaa hydraulisynterinin avulla tarvittavan voiman ja liikkeen valutelineen liikuttamiseen.

Vaihtoehtoina hydraulikoneikolle oli akkukäyttöinen 12V versio tai 230V verkkovirta. Valutelineen on tarkoitus olla suurimman osan ajasta samassa kohdassa tuotantotiloissa, joten tämän takia vaihtoehtoista valittiin 230V verkkovirta. Hydraulisynterinin avulla valutelineen kallistuskulmaa voidaan säätää portaattomasti, jolloin erisuuruista kallistusta voi käyttää esimerkiksi eripituisille sauvasensoreille.

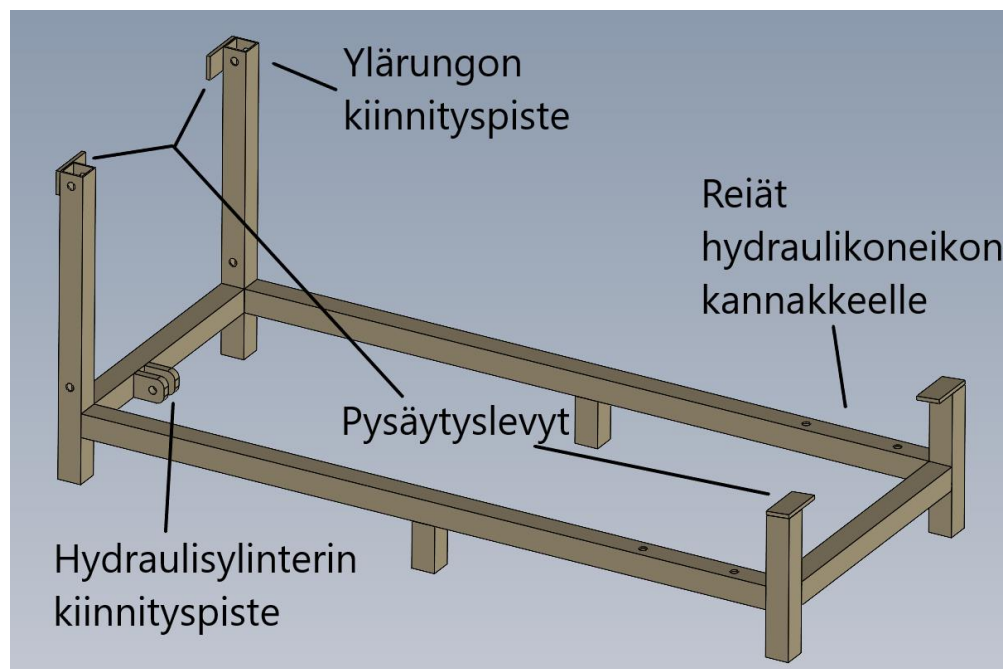
#### **4.2.1 Alarunko**

Valmiin valutelineen perusta muodostuu alarungosta (kuva16), joka toimii kaiken pohjana ja tukirakenteena. Rungon piti olla tarpeeksi tukeva, jotta teline ei kaadu telineen kulmaa säädettäessä ja painopisteen oli oltava tarpeeksi keskellä. Alarunko koostuu neliöputkista, jotka on hitsattu yhteen kehikoksi ja pystytolpista, joihin ylärunko kiinnittyy. Jalkoina toimivat samanlaiset neliöputket, jotka ovat hitsattu kehikkoon kiinni.

Ylärungon kiinnityksen päässä on kiinnityspiste myös hydraulisynterinille, jonka avulla telinettä ajetaan edestakaisin. Toisessa päässä on reiät valmiina kannakelevyä varten, jonka päälle hydraulikoneikko sijoitetaan. Molemmissä päissä on pysäytyslevyt putkien päässä, johon teline lepää päätyasennoissa. Nämä ovat kumipäällystettyjä rungon ehjyyden takaamiseksi. Pysäytyslevyt on suunniteltu varmistamaan, jotta liike varmasti pysähtyy haluttuun maksimi- ja minimikohtaan. Nämä ominaisuudet näkyvät kuvassa 16.

Valuteline on tässä opinnäytetyössä suunniteltu ja mallinnettu tukijalkojen päälle. Tukijalat on sijoitettu siten, että niihin on mahdollista kiinnittää teollisuuspyörät alle jälkiasennuksena jos valutelineen käytössä huomataan, että telineen liikuttelu on tarpeen.

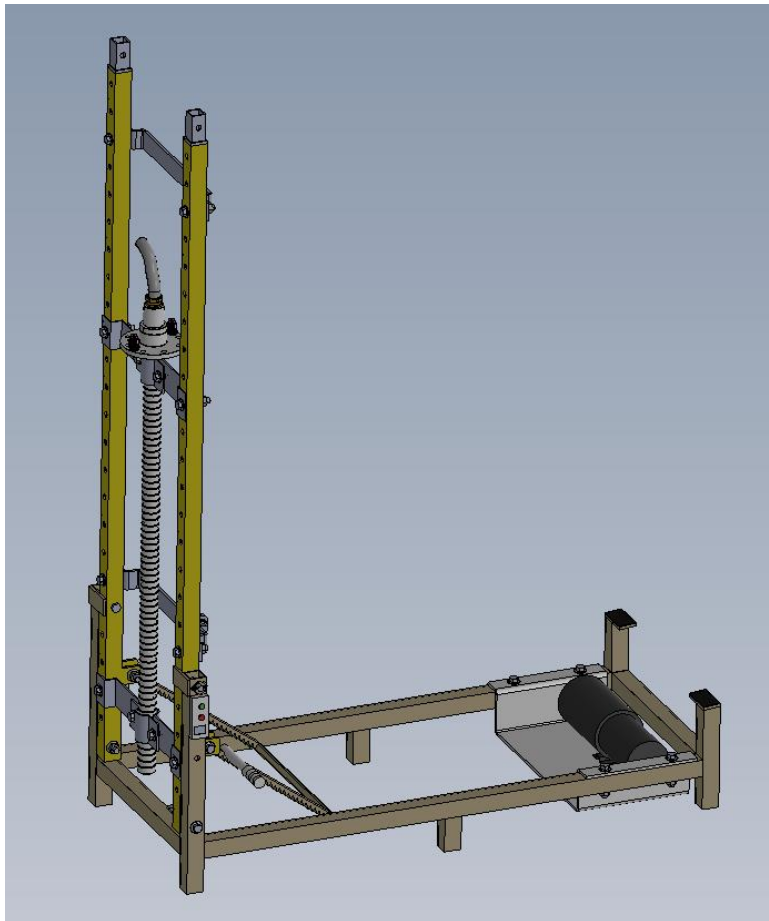
Kyseiseen suorakaiteen muotoon päädyttiin sauvasensorin pituuden takia. Pidempi muoto tuo lisää tukevuutta kyseiseen suuntaan, jossa nostoliike tapahtuu. Sivuttaissuunnassa telineeseen ei kohdistu telinettä heiluttavia voimia, mutta tukevuuden kannalta teline suunniteltiin tarvittua leveämmäksi. Valuteline on ulkoisilta mitoiltaan 4m x 1m x 4m (pituus x leveys x korkeus) Vapaa tila pystyputkien välissä auttaa myös käyttäjää sauvasensorin asentamisessa valmiiseen valutelineeseen.



Kuva 16. Alarunko (Kuva: Paavo Parkkima)

#### 4.2.2 Ylärunko

Kuvassa 17 näkyvä ylärunko koostuu kahdesta neliöputkesta, jotka ovat kiinni alarungon pystyputkissa sijaitsevilla kiinnityspisteillä, jotka näkyvät kuvassa 16.



Kuva 17. Sauvasensorin epoksivaluteline (Kuva: Paavo Parkkima)

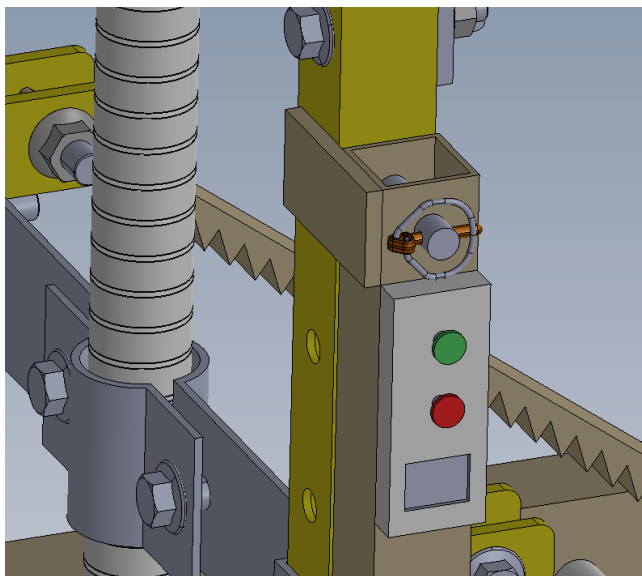
Neliöputkien kiinnitys on liukulaakeroitu (kuva 18), jolloin liike on tasaista ja pehmeää. Liukulaakerit valittiin yksinkertaisuutensa vuoksi.



Kuva 18. Liukulaakeri (Kuva: IKH Oy)

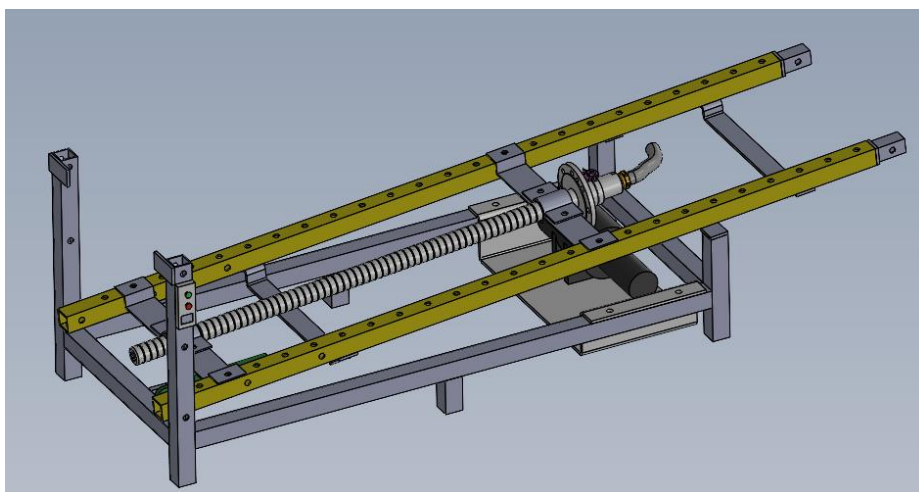
Kuulalaakeroinnilla olisi saatu vielä tasaisempi liike, mutta se ei ole tarpeen valutelineessä. Neliöputket on tuettu poikittaistuilla sivuttaisliikkeen rajoittamiseksi. Tuet ovat irroitettavissa ja niitä voi lisätä tarpeen mukaan.

Pystyasennossa telineen saa lukittua lukkotapilla ja rengassokalla tukiputkiin, jolloin se lukittuu mekaanisesti eikä ole pelkästään hydraulisynterin varassa. Lukituksen näkee kuvasta 19. Ylärunko tukeutuu alarungossa oleviin päätylevyihin. Mekaaninen lukitus on tärkeä ominaisuus turvallisuuden kannalta, jotta teline ei lepää pelkästään hydraulikoneikon varassa.



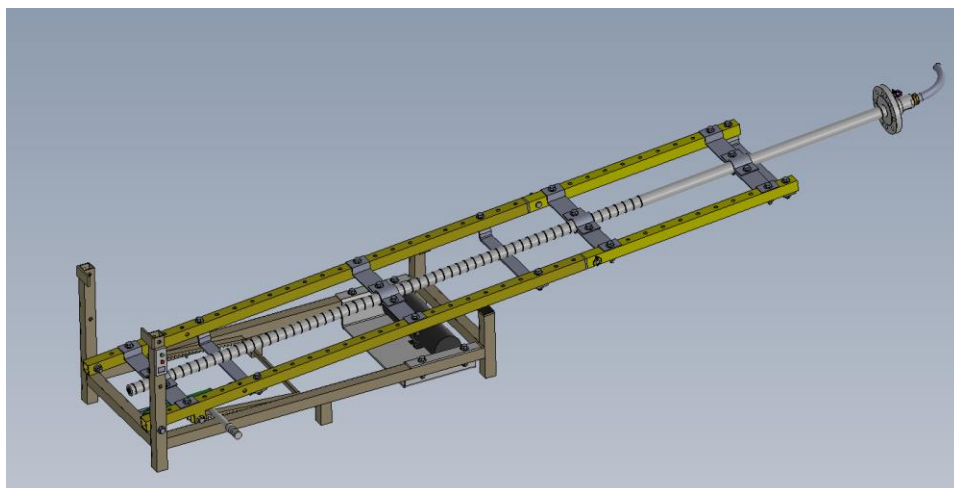
Kuva 19. Pystyasennon lukitus rengassokalla (Kuva: Paavo Parkkima)

Vaaka-asennossa ylärunko lepää alarungon toisessa päässä olevien päätylevyjen päällä, jotka näkyvät kuvassa 20. Tällöin pidempien sauvasensorien asennus valutelineeseen on huomattavasti helpompaa ja turvallisempaa, koska käyttäjä voi työskennellä lattian tasolla. Tämä käy ilmi kuvassa 21.



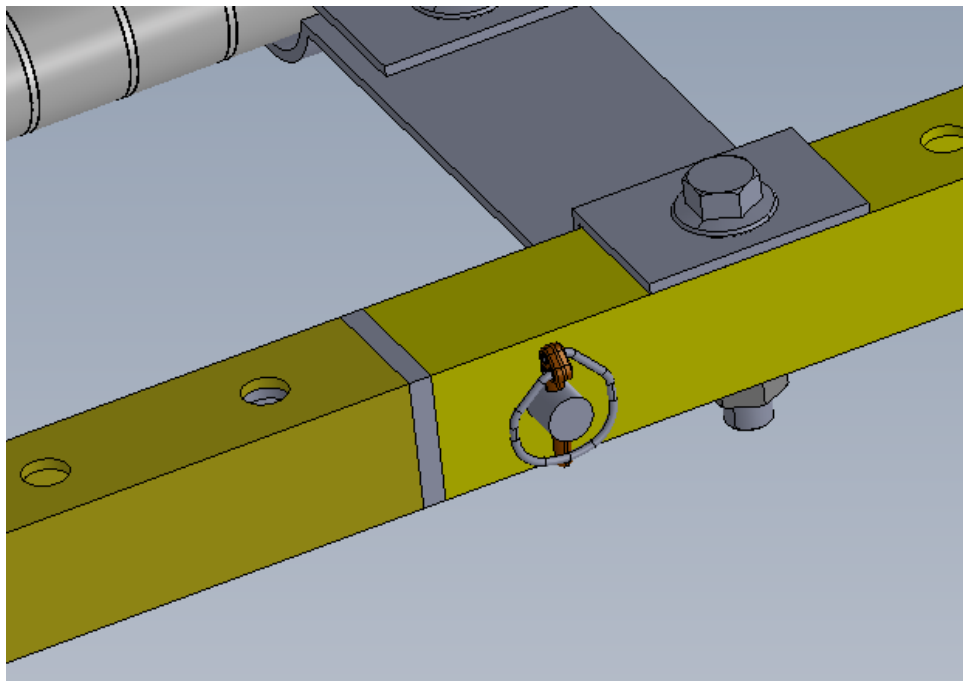
Kuva 20. Sauvasensorin valuteline (lyhyt) vaaka-asennossa (Kuva: Paavo Parkkima)

Pidemmille sauvasensoreille valutelineeseen kiinnitetään 1,5 metrin jatkopalat. Normaalisti valutelineen korkeus on 2,5 metriä. Valuteline valittiin kaksiosaiseksi käyttäjäystävällisyyden vuoksi. Laite vie vähemmän tilaa vaaka-asennossa silloin, kun jatkopalat eivät ole kiinnitettyinä. Täysimittaisena (kuva 21) valuteline on 4 metriä korkea.



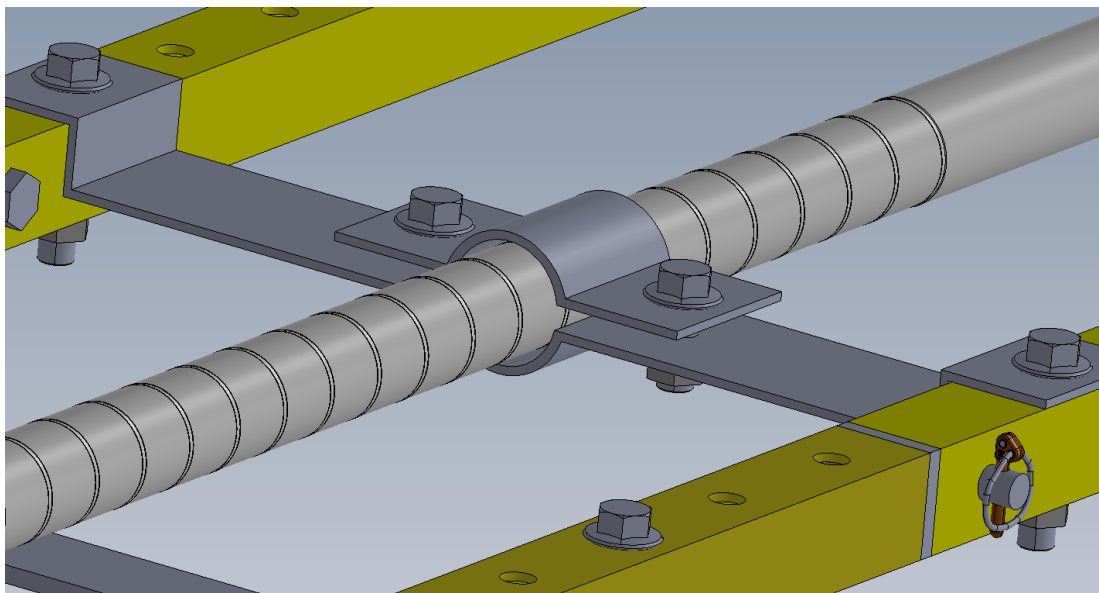
Kuva 21. Sauvasensorin valuteline (pitkä) vaaka-asennossa (Kuva: Paavo Parkkima)

Jatkopalat kiinnitetään ylärungon putkien päissä olevaan liitosadapteriin. Adapteri on hitsattu ylärungon putkiin kiinni. Jatkopala mahtuu liitosadapterin päälle ja se lukitaan kuvassa 22 näkyvällä lukkotapilla sekä rengassokalla.



Kuva 22. Jatkopalojen kiinnitys. (Kuva: Paavo Parkkima)

Sauvasensori kiinnitetään valutelineeseen ylärungon väliin tulevilla ohutlevykiinnikkeillä (kuva 23). Kiinnikkeiden kohdat ovat säädettävissä sauvasensorin pituuden mukaan. Sauvasensori puristetaan kiinni kahden levyn väliin, jolloin sauva pysyy telineessä. Levyissä on sauvasensorin puolella kumipehmusteet, jotta sauvasensoriin ei tule jälkiä kiinnityksestä. Kiinnikkeissä päädyttiin kaarevaan muotoon, jotta pitovoima olisi mahdollisimman hyvä. Sauvasensoriin ei voi aiheuttaa jälkiä ja siitä on vaikea ottaa kiinni muotonsa vuoksi joten kumipehmustettu kiinnike koettiin parhaaksi vaihtoehdoksi.



Kuva 23. Sauvasensorin kiinnitys (Kuva: Paavo Parkkima)

### 4.3 Valmiina saatavat komponentit

Laite on pyritty suunnittelemaan siten, että valmiskomponentteja pystyisi käyttämään mahdollisimman paljon. Valmiskomponenttien avulla omasuunnitteisia osia ei tarvita niin paljon, jolloin valutelineen valmistuskustannukset pysyvät alhaisempina sekä mahdollisten varaosien saatavuus olisi helppoa.

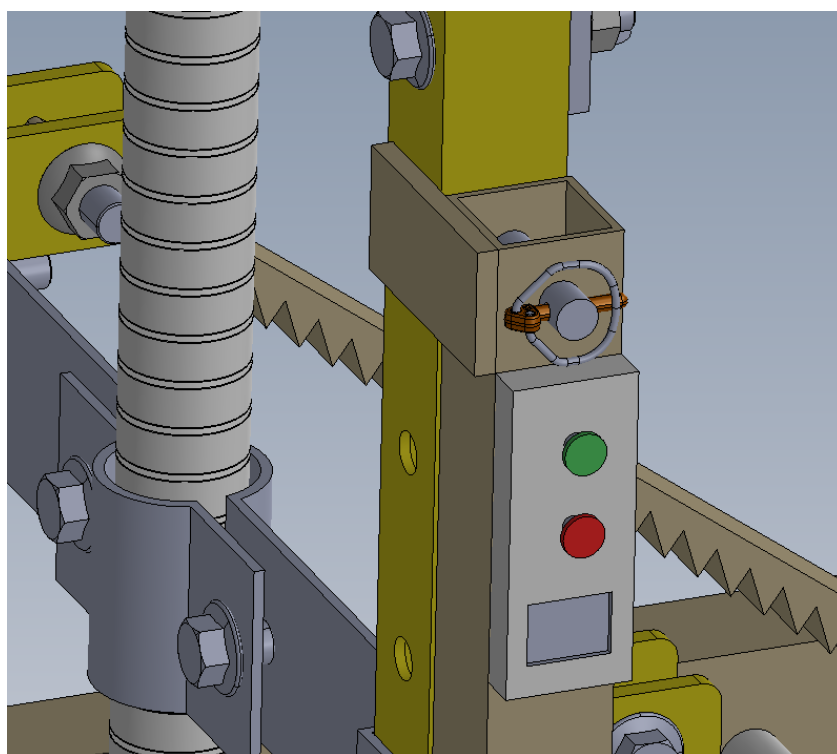
#### 4.3.1 Runko

Koko ala- sekä ylärunko on valmiina saatavaa 60x60x4mm RHS-neliöputkea. Saatavuus kyseiselle tuotteelle on hyvä. Neliöputket voidaan hankkia halutuissa pätkissä, jonka jälkeen vaadittavat muokkaukset ovat reikien poraus ohutlevykinneille sekä kiinnityskohtiin, jolla ala- ja ylärunko kiinnittyvät toisiinsa.

### 4.3.2 Hydraulikoneikko

Hydraulikoneikko (kuva 25) on 230V verkkovirralla toimiva minikoneikko. Koneikossa on paineenrajoitusventtiili, jonka avulla nesteen virtausta voidaan rajoittaa käyttäjäturvalliseksi ja turvallisiksi. Virtausnopeus tulisi rajoittaa 0,2l/min – 0,4l/min välille, jolloin nostoliike on tasainen ja hallittu.

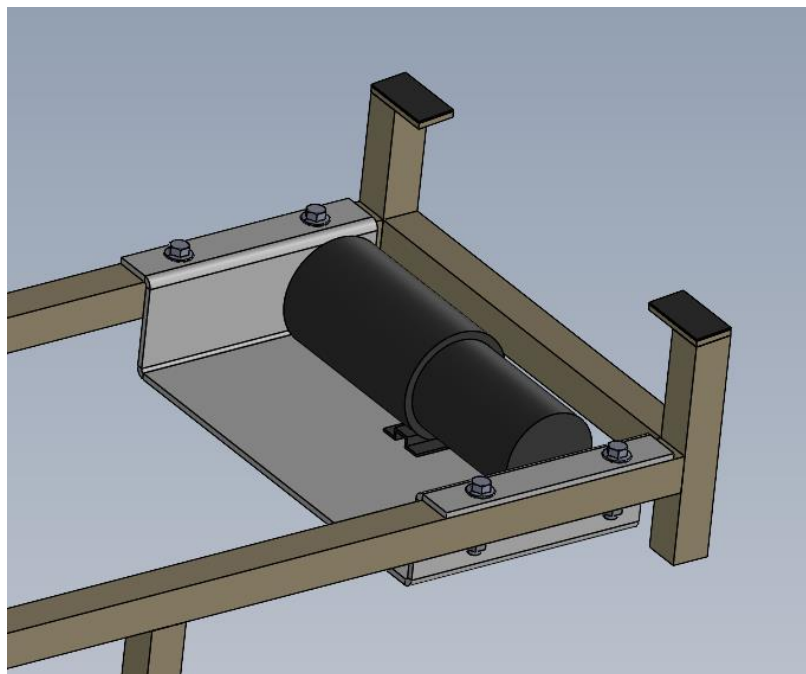
Hydraulisylinteriä ohjataan käyttöpaneelin kautta, jolloin käyttäjä on itse turvaetäisyydellä telineestä, eikä allejäämisvaaraa ole. Ohjauspaneelissa on painikkeet nostolle, laskulle sekä hätäseis-painike.



Kuva 24. Hydraulikoneikon käyttöpaneeli (Kuva: Paavo Parkkima)

Hydrauliikkakoneikko on sijoitettu sauvasensorin valutelineen toiseen päähän (kuva 25) vapaana olevan tilan takia sekä painopisteen hallinnan vuoksi. Kiinnitys tapahtuu koneikon omien kiinnityspisteitten avulla. Hydrauliikkakoneikko on alarungon keskellä ohutlevykourussa. Tämän avulla koneikko mahtuu olemaan telineen kyydissä ylärungon ollessa lepoasennossa.

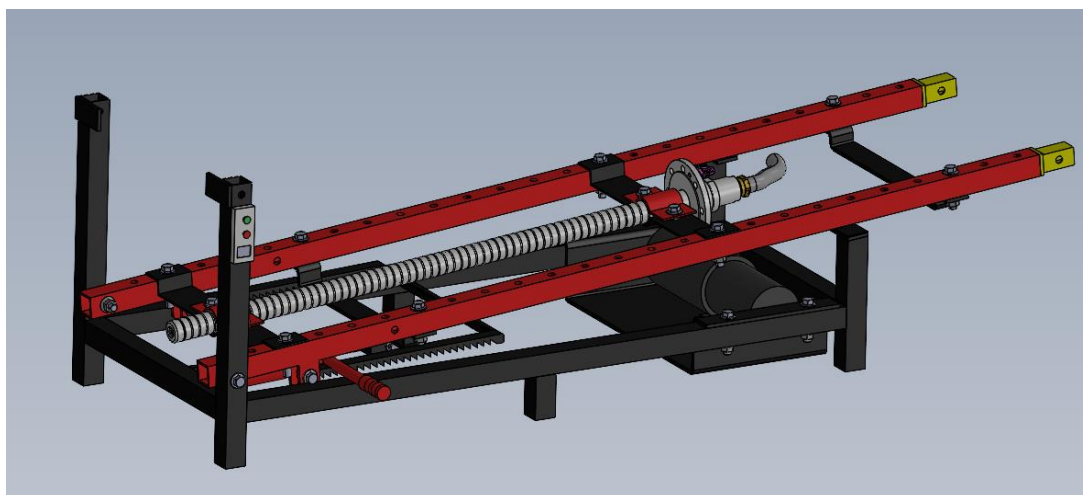




Kuva 25. Hydrauliikkakoneikko alarunkoon sijoitettuna (Kuva: Paavo Parkkima)

#### 4.4 Maalaus

Valmis valuteline on tarkoitus maalata, jolloin ulkoasusta tulee paljon tyylikkäämpi. Maalaus toimii myös korrosionsuojana valutelineen osille. Väri- vaihtoehtoja on monia, mutta ehdotuksena teline maalattaisiin toimeksiantajan käyttämällä väreillä, jotka ilmenevät kuvassa 26. Näitä värejä he käyttävät myös yrityksen logossa.



Kuva 26. Väriehdotus sauvasensorin valutelineelle (Kuva: Paavo Parkkima)

Väriä ei kuitenkaan ole lukittu konseptivaiheessa vaan päätetään toimeksiantajan kanssa vasta myöhemmin. Väriä valinta tuo kuitenkin yhdenmukaisuutta yrityksen muitten tuotteiden ja tavaroiden kanssa, joten kyseinen väritys olisi looginen valinta.

## 5 Valmiit tulokset

### 5.1 Valmis valulaitteisto

Hankintaehdotuksena valulaitteistoksi valikoitui Nipeman PR70F mallinen 2-komponenttiaineille suunniteltu annostelulaite (kuva 27). Laite on ominaisuuksiltaan monipuolinen ja tämän vuoksi soveltuu erinomaisesti käyttökohteeseen. Laitteessa on tarpeeksi isot säiliöt epoksille ja kovetteelle sekä vaaditut lisäominaisuudet kuten lämmitys sekä ohjelmoitavuus epoksin syötölle.



Kuva 27. Nipema PR70F annostelija (Kuva: Nipema Oy)

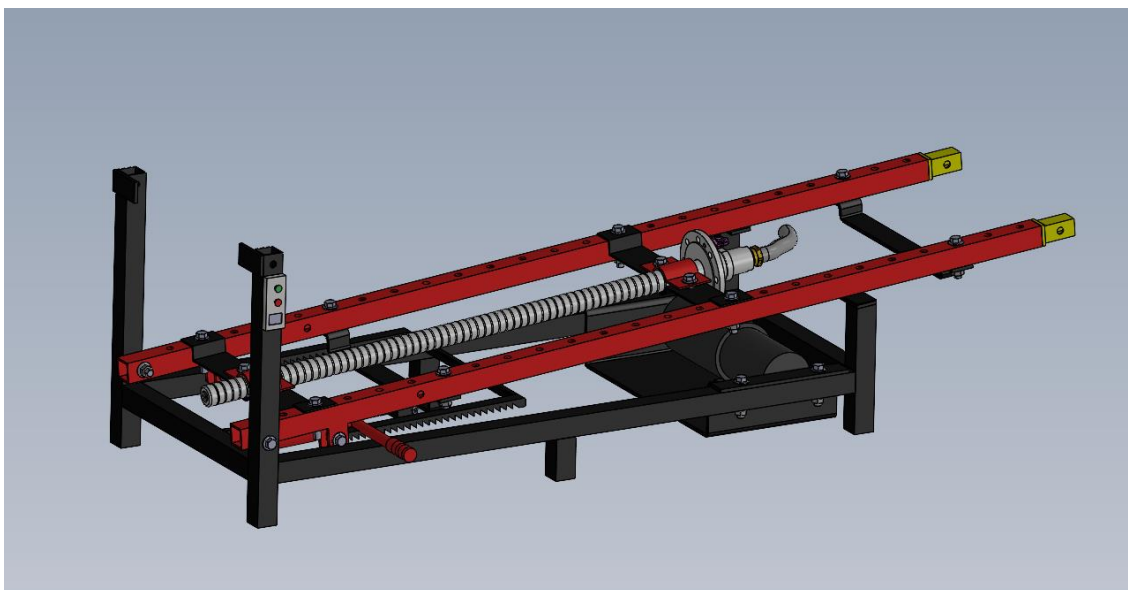
## 5.2 Valmis sauvasensorin teline

Suunniteltu sauvasensorin valuteline (kuva 28&29) on 2 metriä pitkä ja metrin leveä. Korkeutta telineellä on 2,5 metriä ja jatko-osan kanssa 4 metriä. Teline on hyvän kokoinen suunniteltuihin tuotannon tiloihin. Tiloissa korkeutta on noin 5 metriä, joten telinettä mahtuu käsittelemään hyvin. Teline soveltuu 1-4 metrin sauvasensoreille

Opinnäytetyössä suunniteltu valuteline on konseptitason malli. Jos konseptimalli todetaan toimivaksi toimeksiantajan kaikkien osapuolten toimesta, voidaan malli viedä lopulliseen versioon ja vapauttaa valmistukseen. Mallista täytyy tehdä valmistuspiirustukset, joita ei tähän opinnäytetyöhön tehty suunnittelutyön ja muiden laitteistojen laajuuden vuoksi. Valmistuspiirustusten lisäksi valutelineelle pitäisi tehdä käyttö- ja kunnossapito-ohjeet. Hydraulikoneikolle on olemassa ohjeet koneikon valmistajan puolelta, mutta kokonaisuudelle pitäisi tehdä omat ohjeet.



Kuva 28. Valmis sauvasensorin valuteline pystyasennossa (Kuva: Paavo Parkkima)



Kuva 29. Valmis sauvasensorin teline vaaka-asennossa (Kuva: Paavo Parkkima)

### 5.3 Hydraulikoneikko

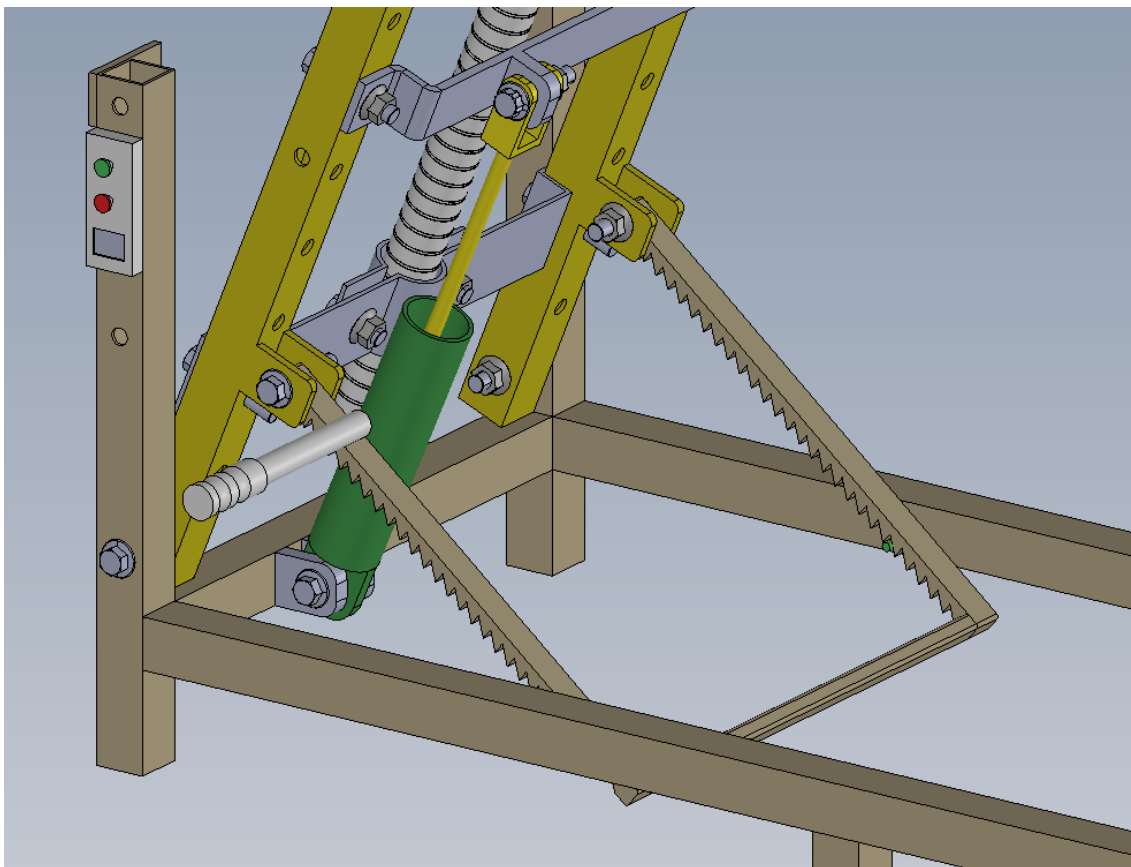
Hydraulikoneikoksi valikoitui 230V verkkovirralla toimiva minikoneikko (kuva 30). Koneikon malliksi valikoitui Hydraulikauppa.fi jälleenmyyvä 0,37kW 180bar minikoneikko laskuventtiilillä. Valinta perustui suomalaiseen jälleenmyyjään sekä asiakas- ja huoltopalveluun. Tehoiltaan koneikko riittää hyvin ja virtausta pitää säätää paineenrajoitusventtiilistä sopivaksi asentaessa. Koneikosta löytyy paine ja paluulinjan portit G 3/8” kierteillä ja tankin tilavuus on 1 litra.



Kuva 30. 0,37kW Hydraulikkakoneikko (Kuva: Hydraulikkakauppa.fi)

#### 5.4 Turvallisuus

Hydraulikkoneikossa itsessään on turvajärjestelmänä vastaventtiili, joka estää takaisinvirtauksen. Lasku tapahtuu sähköisellä laskuventtiilillä ja laskuventtiilissä on myös manuaalinen hätäruuvi. Turvallisuuden varmistamiseksi telineeseen suunniteltiin myös hammastanko, joka lukitsee telineen sen pysähtyessä, jolloin teline ei voi pudota takaisin alas, jos hydraulijärjestelmä pettäisi jostain syystä. Telineettä alas laskettaessa käyttäjä nostaa turvamekanismin pois lukituksesta hammastangossa kiinni olevasta kahvasta. Nämä ominaisuudet näkyvät kuvassa 31.



Kuva 31. Turvamekanismi (Kuva: Paavo Parkkima)

Hammastanko on jousikuormallinen, jonka avulla se painautuu lukitustappia vasten. Tällöin käyttäjä ei voi ohittaa turvajärjestelmän käyttöä. Telineeseen on tarkoitus kiinnittää myös varoituskylttejä ja -tarroja, joilla käyttäjää muistutetaan huomioitavista vaaroista ja käyttöohjeista.



Kuva 32. Valuteline lukittuna haluttuun kulmaan (Kuva: Paavo Parkkima)

Suunnitellusta valutelineestä tulee suorittaa riskiarviointi ennen suunnittelun hyväksymistä. Riskiarvioinnissa otetaan huomioon kaikenlaiset vaaratekijät koneen koko elinkaaren ajalta. Alle jäämisen vaara, hydraulikoneiston toimivuus ja siihen liittyvät turvamekanismit ovat tärkeimpinä asioita riskiarviossa. Toimivuus on tarkistettava, että valutelineellä ei ole mahdollisuutta tippua alas yläasennosta (kuva 32).

## 6 Tulokset ja pohdinta

Opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella toimiva kokonaisuus, joka sisältää epoksivalulaitteiston sekä sauvasensorin valutelineen. Tuloksina saatiin toimiva konseptimalli toimeksiantajan tarpeisiin sekä tietoa vaadittavasta laitteistosta. Opinnäytetyön jälkeen laitteisto ja valuteline on tarkoitus esitellä tarkemmin toimeksiantajan johtoryhmälle, joka päättää jatkotoimenpiteistä. Mahdollisen hyväksytyn päätöksen jälkeen suoritetaan toimeksiantajan sisäinen hankintaehdotus ja edetään protokollien mukaisesti kohti hankintoja.

Kokonaisuudessaan opinnäytetyössä suunnitellusta valutelineestä tuli kompakti kokonaisuus, jonka toiminta soveltuu hyvin käyttökohteeseen. Teline on yksinkertainen toteuttaa ja helposti muokattavissa. Säilytyksen ajaksi valutelineen saa taitettua kasaan lepoasentoon, jolloin valuteline ei vie niin paljon tilaa. Suunnittelussa ajateltiin käyttäjää, jotta työturvallisuus olisi hyvä. Turvallisuus huomioitiin suojalaitteiden suunnittelussa sekä käyttöpaneelin sijoittamisessa.

Opinnäytetyön keskeiseksi haasteeksi muodostui valutelineen suunnitteleminen puhtaalta pöydältä. Alkuperäistä telinettä ei voinut parantaa, koska sellaista ei käytännössä ollut.

Opinnäytetyö eteni loogisessa järjestyksessä aiheen valinnasta ja ideoinnista suunnittelun kautta tuotoksiin. Opinnäytetyön konseptimallin ja hankintaehdotusten avulla tarpeista on saatu tarpeeksi kattava kuva jatkojalostusta varten.



## Lähteet

- Biolin Scientific, Susanna Lauren. 2019. Contact angle – What is it and how do you measure it? Blogi. <https://www.biolinscientific.com/blog/what-is-wettability>. (15.04.2022)
- Esa Hietikko. 2020. Tietokoneavusteinen suunnittelu- Solidworks 2020  
Jorma Matilainen, Miikka Parviainen, Taru Havas, Erja Hiitelä, Sami Hultin. 2011. Ohutlevytuotteiden suunnittelijan käsikirja
- Hel-Tec Ab 230V Minikoneikot  
<https://www.hydrauliikkakauppa.fi/tuote/minikoneikko-230v-037kw-180bar-04l-min-2l-sailio/>
- Kash L. Mittal. 2009. Contact angle, Wettability and adhesion.
- Kevra Oy Epoksi eli epoksihartsit  
<https://kevra.fi/tuotteet/epoksihartsit/>, (20.04.2022)
- Masterbond. Understanding viscosity for epoxy adhesives, potting compounds and sealants.  
<https://www.masterbond.com/techtips/understanding-viscosity-epoxy-adhesives-potting-compounds-and-sealants>, (24.04.2022)
- Nipema Oy. Liimaus- ja annostelutekniikka. <https://nipema.fi/fi/tuotteet/liimaus-ja-annostelutekniikka> ,(29.04.2022)
- ScienseDirect 2019. Journal of materials research and technology, Volume 8, Issue 1. Study of the surface properties of the epoxy/quasicrystal composite
- SFS 12100 Yleiset suunnitteluperiaatteet, riskien arviointi ja riskin pienentäminen. 2010. Suomen standardisoimisliitto SFS