

Opinnäytetyö AMK

Kone- ja tuotantotekniikka

2022

Ismail Isse

# VALVONTAKAMERAN SUOJATELINEEN SUUNNITTELU

– Maanalaiset dumpperit TH663i



OPINNÄYTETYÖ | TIIVISTELMÄ

TURUN AMMATTIKORKEAKOULU

Kone ja tuotantotekniikka, insinööri AMK

2022 | 28 sivua.

Ohjaaja: Tommi Metso

Ismail Isse

# VALVONTAKAMERAN SUOJATELINEEN SUUNNITTELU

- Maanalaiset dumperit TH663i

Opinnäytetyön tarkoituksena oli suunnitella dumperikoneisiin valvontakameralle suojateline, joka olisi kustannustehokas, helppo valmistaa sekä asentaa. Opinnäytetyön toteutettiin Sandvikin Mining and Construction Oy:lle.

Suunnittelutyön tavoitteena oli integroida dumperikoneisiin lokasuojain kiinnitettävä teline, joka suojaisi valvontakameroita törmäykseltä koneen liikkua kaivoksen sisällä, ahtaassa tunnelissa. Kun telineeseen kohdistuu voima, teline painuu kaivoskoneen lokasuojaimen alle ja vapautuu, kun kaivoksessa on taas tilaa liikkua. Näin valvontakamerat pysyvät koneessa mukana koko lastauksen aikana, eivätkä törmäyksen seurauksena ole poissa käytöstä. Valvontakamerat tuovat kaivoskoneen kuljettajalle lisää näkyvyyttä ja turvallisuutta kaivoksen sisällä.

Suunnittelutyössä käytössä oli Turun Comatec Mobility Oy:n tilat ja tietokoneet. 3D-mallinnuksessa käytettiin Siemens NX-suunnitteluohjelmaa.

Opinnäytetyön toimeksiantajana toimi Sandvik Mining and Construction Oy. Opinnäytetyön toimeksiantaja oli tyytyväinen lopputulokseen ja halukas valmistamaan ensimmäisen prototyypin, johon toimeksiantaja sai piirustukset tuotteen valmistamista varten.

ASIASANAT:

suunnittelu, luonnostelu, tuotekehitys, 3D-mallinnus

BACHELOR'S | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Mechanical and Production Engineering

2022 | 28 pages

Instructor: Tommi Metso

Ismail Isse

# DESIGNING OF A PROTECTIVE STAND FOR CAMERAS

- TH663i underground dumpers

The purpose of the thesis was to design a protective stand for a surveillance camera, in dump trucks that would be cost-effective, easy to manufacture and install. The thesis was implemented for Sandvik Mining and Construction Oy.

The aim of the design work was to integrate a fender-mounted stand into the dump trucks, which would protect the surveillance cameras from collision when the machine moves inside the mine, in a narrow mining canal. When a force is applied to the stand, the stand presses under the mudguard of the mining machine and releases when there is space inside the mine. This keeps the surveillance cameras on the machine during loading and is not disabled due to a collision. Surveillance cameras bring more visibility and safety inside the mine to the operator of the mining machine.

Turku's Comatec mobility facilities and computers were used in the design work. Siemens NX program was used for 3D modeling.

The client of the thesis was satisfied with the 3D modeling of my design and the result client received all the necessary technical drawings related to the manufacture of the product and willing to make the first prototype.

KEYWORDS:

Design, sketching, product development, 3D modeling

# SISÄLTÖ

<b>JOHDANTO</b>	<b>7</b>
<b>ALOITUS</b>	<b>8</b>
2.1 Työn aloitus	8
2.2 Tamrock	8
<b>TAIVUTUS</b>	<b>9</b>
3.1 Takaisinjoustaminen	10
3.2 Neutraalitaso	11
3.3 Taivutussäde	12
3.4 Muoto	12
<b>LAATU</b>	<b>13</b>
4.1 Valmistuslaatu	13
4.2 Tuotelaatu	13
4.3 Laadunhallinta	14
4.4 Laadunjohtaminen	15
<b>TUOTEKEHITYS</b>	<b>16</b>
5.1 Tuotekehitystoiminta	16
5.2 Projektin käynnistäminen	17
<b>SUUNNITTELU</b>	<b>18</b>
6.1 Ideointivaihe	19
6.2 Konseptointivaihe	20
6.3 Valintavaihe	24
6.4 3D-mallinnusvaihe	25
<b>POHDINTA</b>	<b>27</b>
<b>LÄHTEET</b>	<b>28</b>

# LIITTEET

## KUVIOT

KUVIO 1 PAINOARVOTAULUKKO

**VIRHE. KIRJANMERKKIÄ EI OLE MÄÄRITETTY.**

## KUVAT

KUVA 1 TH663I KAIVOKSESSA (18).	7
KUVA 2 ELASTISEN JA PLASTISEN VYÖHYKKEIDEN SIJAINTI. (LEPOLA & YLIKANGAS 2016, 306).	9
KUVA 3 TAKAISINJOUSTOKULMAN MÄÄRITTELY. (LEPOLA & YLIKANGAS 2016, 307.)	10
KUVA 4 LEVYN TYSSÄÄMINEN SISÄPUOLELTA JA VENYMINEN ULKOPUOLELTA. (LEPOLA & YLIKANGAS 2016, 305).	11
KUVA 5 OHUTLEVYN LAIPPAKORKEUDEN MINIMI JA SUOSITELTAVIA ARVOJA. (LEPOLA & YLIKANGAS 2016, 249).	12
KUVA 6 KOKONAISSVALTAINEN LAADUNHALLINTA (LECKLIN 2006, 19 MUOKATTU).	15
KUVA 7 TUOTEKEHITYSTOIMINTA KULTTUURIN JA TEKNIIKAN VAIKUTUKSEN ALAISENA (HEITIKKO 2015, 10).	16
KUVA 8 TUOTEKEHITYSPROJEKTIN KÄYNNISTYMISEN EDELLYTYKSENÄ ON TARVE JA IDEA (JOKINEN 2020, 18).	17
KUVA 9 DUMPERI TH663I LOKASUOJA	19
KUVA 10 LUONNOSTELUVAIHTOEHTO 1	21
KUVA 11 LUONNOSTELUVAIHTOEHTO 2	21
KUVA 12 LUONNOSTELUVAIHTOEHTO 3	22
KUVA 13 LUONNOSTELUVAIHTOEHTO 4	23
KUVA 14 LUONNOSTELUVAIHTOEHTO 5	24

## KÄYTETYT LYHENTEET TAI SANASTO

3D -mallinnus	Kolmiulotteinen: (x, y, z tai vaaka, pysty, syvyys)
$\alpha$	Taivutuskulma
$b$	Laippakorkeus
$\beta$	Takaisinjoustokulma
CAD	Tietokoneavusteinen suunnittelu, Computer Aided Design.
DFX	Polttomallin tiedostotunniste
Dumpperi	Kuljetus- ja kuljetusajoneuvoja
F	Force (kilonewton, kN)
k	K-kerroin
QM	Quality Management
$r_s$	Sisätaivutussäde
s	Levyn paksuus
Siemens NX	Tietokoneavusteista suunnittelu ohjelma. Perustettu 1973.
Teamcenter	Tuote- ja suunnittelutiedon hallintajärjestelmä.
TQM	Total Quality Management

## JOHDANTO

Automaatio on lisääntynyt kaikkialla maailmalla ja Sandvik on ollut maanalaisissa kaivostyökaluissa maailman kärkisijoilla. Jotta tulevaisuudessakin pysyttäisiin huipulla, organisaation on vastattava haasteisiin, joita tulee vastaan päivittäisessä työssä, ja nopeasti reagoitava organisaation asiakkaiden palautteisiin. Tässä opinnäytetyössä tarkoituksena on vastata miten maanalaisen dumpperin valvontakamera pysyisi kiinni koneessa lastauksen aikana, kuva 1 käy ilmi miten ahdasta on kaivoksen sisällä. Kapeassa kaivostyökaluissa valvontakameran on pysyttävä dumpperikoneen sisäpuolella, jotta valvontakameran törmäykseltä välttyttäisiin, näihin haasteisiin oli keksittävä ratkaisu, jotta Sandvik olisi kilpailukykyinen ja vastaisi asiakkaiden ongelmiin.

Opinnäytetyön tavoitteena on kehittää Sandvikin dumpperikoneisiin asennetun valvontakameran suojateline, joka olisi mekaanisesti sekä käyttömukavuudeltaan toimiva kaivoksen sisällä ja ennen kaikkea turvallinen. Kaivoksen sisällä on äärimmäisen vaikea nähdä riittävästi pimeässä, ahtaassa ja kosteassa tilassa. Suojatelineen tarkoitus on suojata valvontakamerat, jotka on kiinnitetty dumpperin lokasuojaan, jotta koneen kuljettajan olisi helppo seurata koneen äärimittoja ja saada sitä kautta lisää näkyvyyttä ja kaivostyökalun hallittavuus olisi merkittävästi helpompaa.



Kuva 1 TH663i kaivoksessa (Sandvik 2021a).

# ALOITUS

## 2.1 Työn aloitus

Opinnäytetyön tilaajana oli Turun Sandvik Mining and Construction Oy. Suunnittelutyön oli mahdollistanut Turun Comtec Mobility Oy Turussa, ja käytössä oli firman tilat ja tietokoneet. Opinnäytetyön suunnittelussa käytössä oli Siemens NX -mallinnusohjelma. Turun ammattikorkeakoulun puolesta Tommi Metso oli ohjaajana, Turun Comatec Mobility Oy:n Jussi-Sami Hollo oli yhteyshenkilönä ja Sandvik Mining Construction Oy puolesta yhteyshenkilönä oli Pekka Tamminen.

## 2.2 Tamrock

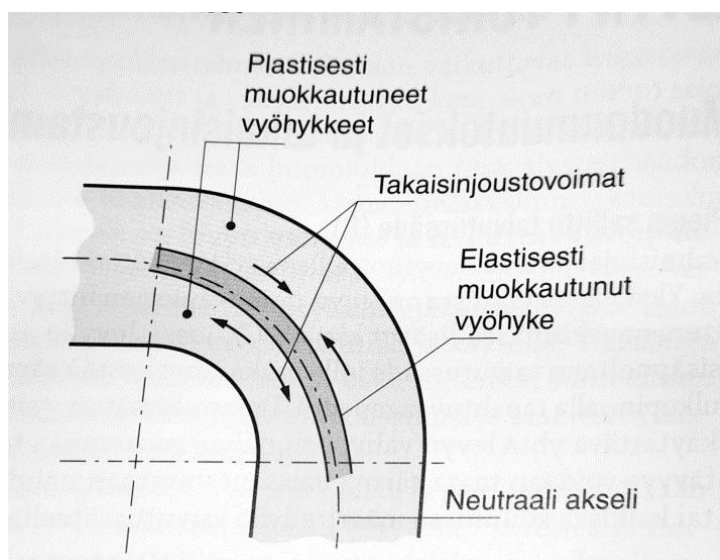
Vuonna 1993 Sandvik AB osti 25 prosenttia Tamrock- kaivosyhtiöstä, jolla oli laaja tunnettuus kansainvälisesti siihen aikaan. Tamrockilla oli menossa vesirakennushanke Kiinassa, jossa kaivettiin noin 30 miljoonaa metriä kiviä. Sandvik AB päätti neljä vuotta myöhemmin eli 1997 ostaa Tamrockin kokonaan. (Sandvik 2021b. s.71–72).



## TAIVUTUS

Taivutus on yksi yleisimmistä menetelmistä, joka tarvitaan useissa ohutlevytuotteissa. Jotta tuotesuunnittelussa päästäisiin oikeisiin lukemiin taivutuksessa, suunnittelijan on perehdyttävä taivutuksen peruseriaatteisiin (Lepola & Ylikangas 2016, 239). Taivutettavassa kohdassa tapahtuu suurin muodonmuutos ja sen suuruus voidaan määrittellä poikkileikkauksen eri kohdissa, koska taivutuksessa levyn aineen tilavuus pysyy samana eli vakiona. Särmän sisäsäteen ( $R$ ) ja levynpaksuuden ( $s$ ) suhteesta riippuu muodonmuutoksen suuruus.

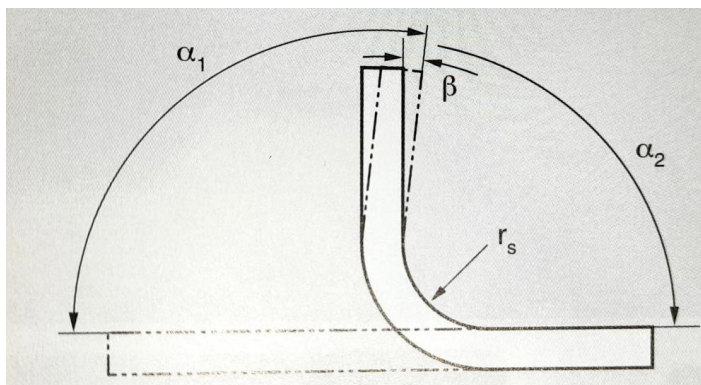
Taivutuksen suunnittelussa on otettava erityisesti huomioon ulkopuolinen murtuminen, sekä takaisinjoustaminen taivutettavasta kohdasta. Aihion murtuminen on todella vaarallista turvallisuusriskin kannalta. Jotta päästäisiin ihanteelliseen lopputulokseen, **takaisinjoustamisen** on pysyttävä toleransseissa. Kun aihiota lähdetään muokkaamaan ja taivuttamaan, sen sisäpinnalle syntyy puristus- ja ulkopinnalle vetojännitysvyöhykkeitä, ja vyöhykkeiden sisällä tapahtuu **plastista muokkautumista**, joka tarkoittaa pysyvää muodonmuutosta. Neutraaliakselin kohdalle syntyy kapea vyöhyke samanaikaisesti veto- ja puristusjännitysvyöhykkeiden väliin, jossa vain elastista muodonmuutosta tapahtuu. Kun on saavutettu haluttu muoto, aihio pyrkii joustamaan hiukan takaisin alkuperäiseen muotoon. (Lepola & Ylikangas 2016, 306.)



Kuva 2 Elastisen ja Plastisen vyöhykkeiden sijainti. (Lepola & Ylikangas 2016, 306).

### 3.1 Takaisinjoustaminen

Takaisinjousto on läsnä melkein kaikissa levymuovaustöissä, joko sitten muovataan tai taivutetaan. Levykeskikohdassa muodostuu veto- ja jännitysvyöhyke, joka tekee levystä elastisen, ja elastisen sisäiset jännitykset aiheuttavat sen, että aihio palautuu takaisin alkuperäiseen muotoonsa, mutta plastiset muodonmuutokset eivät mahdollista sitä ja estävät takaisinjoustoja, mutta takaisinjoustoja tapahtuu kuitenkin aina aihion geometriasta riippumatta (Lepola & Ylikangas 2016, 307). Yksittäisen vaikutuksen tekijä takaisinjoustamisessa on hankala arvioida, ilmiö on moneen asiaan summa (Matilainen 2011, 246). Takaisinjoustoja voidaan välttää tai ainakin minimoida, taivutussädeettä pienentämällä, koska plastinen muodonmuutos on suurempi kuin elastisella muodonmuutoksella, joka aina pyrkii joustamaan aihion takaisin alkuperäiseen muotoonsa, ja näin ollen takaisinjousto voiman suuruus ei riitä aihion palautumiseen. (Lepola & Ylikangas 2016, 307.)



Kuva 3 Takaisinjoustokulman määrittely. (Lepola & Ylikangas 2016, 307).

$r_s$  = sisätaivutussäde

$\alpha$  = taivutuskulma

$\beta$  = takaisinjoustokulma

$K = \frac{\alpha^2}{\alpha_1}$  → Jos kerroin K on lähellä yhtä, on takaisinjousto hyvin vähäistä.

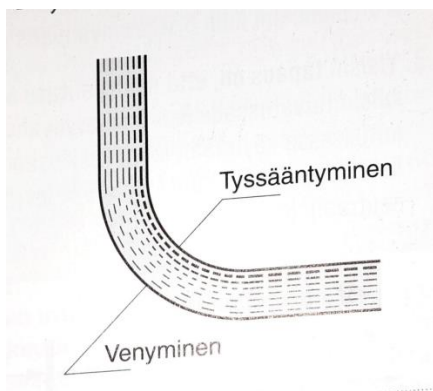
jossa

$\alpha_2$  = taivutuskulma ennen takaisinjousto.

$\alpha_1$  = taivutuskulma takaisinjouston jälkeen.

### 3.2 Neutraalitaso

Neutraalitasoksi sanotaan sitä pintaa, jonka on veto- ja puristusjännityksen välillä oleva kuvitteellinen taso, eikä aina sijaitse levyn geometrisella keskiviivalla. Yleensä se on enemmän levyn sisäpintaa kohti, joka painuu kasaan eli **tyssääntyy (kuva 4)**. Neutraalitason eli neutraaliakselin saavuttamiseen tarvitaan levyn materiaalin laatu ja sen paksuus ja taivutussäde on myös vaikuttava tekijä. Jos levyn taivutuksessa kohdistuu massiivinen voimakas venytys, voi olla, että neutraalitaso siirtyykin levyn ulkopuolelle (Lepola & Ylikangas 2016, 305.)



Kuva 4 Levyn tyssääminen sisäpuolelta ja venyminen ulkopuolelta. (Lepola & Ylikangas 2016, 305).

### 3.3 Taivutussäde

Pienin taivutussäde vaikuttavat levyn materiaalista, valmistus tavasta, sekä ohutlevyn tuotteista haluttu ominaisuuksien mukaan. Jos aihion ulkopinnassa tapahtuu venymä, se mahdollistaa murtorajan ylittämisen, ja aihion materiaalin murtuminen on siinä kohdassa todennäköisempää. Mitä pienempi taivutussäde, sitä suurempi on yleensä levyn ulkopinnan venymä ja samalla myös murtumisen vaara (Matilainen ym. 2011, 248.)

### 3.4 Muoto

Aihioin taivutussäde ja laippojen korkeus ovat tärkeässä roolissa taivutuksessa. Sen tulisi ottaa huomioon suunnitteluvaiheessa (Matilainen ym. 2011, 248). jokaisella levynpaksuudelle on annettu pieni reunan korkeus taivutuksessa. Levyn koneellisessa pienimmän laippakorkeuden likiarvo voidaan laskea tällä kaavalla:

$$b = r_s + 2 s$$

missä  $r_s$  on sisäsäde,  $s$  on levyn paksuus ja  $b$  on laippakorkeus.

Levyn paksuus $s$ [mm]	Laippakorkeus $b$ [mm]	
	Minimi	Suosittelava
0,50	1,50	2,80
0,75	2,30	4,70
1,00	3,00	5,60
1,25	3,80	6,80
1,50	4,50	9,40
2,00	6,00	10,60
2,50	7,50	14,00
3,00	9,00	17,00

Kuva 5 Ohutlevyn laippakorkeuden minimi ja suositeltavia arvoja. (Lepola & Ylikangas 2016, 249).

# LAATU

Laatu auttaa ymmärtämään asiakkaan tarpeet ja täyttämään niitä tehokkaalla ja kannattavalla tavalla yrityksen kannalta. Asiakas on lopullisen laadun arvioija. Asiakas päättää tuotteiden tai palvelujen laadusta, mutta se ei tarkoita, että asiakas on aina oikeassa. On pidettävä mielessä, että asiakas on yrityksen rahoittaja (Lecklin 2006, 26). Laatu on alusta lähtien säilytettävä, ettei tehtäisi virheitä. Tehdään ensimmäisellä kerralla kaikki oikein (Lecklin 2006, 18.)

## 4.1 Valmistuslaatu

Keskitytään enemmän valmistusprosessiin ja pitämään huolin siitä, että tuotteet valmistetaan tuotannossa määrityksen mukaan. Laadunvalvonta nojautuu tähän näkemykseen. Vältä virheitä ja ennakoidaan kehittämällä toimivaa prosessia, jonka mukaan tuote valmistetaan (Lecklin 2006, 20.)

## 4.2 Tuotelaatu

Tuotteiden laadun merkitys on keskittyä tuotteiden laadun arviointiin. Tuotelaatu on lupaus asiakkaalle, minkä hinnan asiakas on valmis maksamaan tuotteesta. Toisin sanoen laatu maksaa aina. Laatuvaatimuksen täyttävä ja hyvin tarkasti suunniteltu tuote täyttää standardin kriteerit (Lecklin 2006, 20). Määritelmä tuotelaadusta David A. Garvin (1988) nostaa kahdeksan eri dimensiota, jotka riippuvat tilanteesta ja asiakkaasta (Wikipedia 2021). Ne ovat:

### 1. Suorituskyky

- ❖ normaali suorituskyky, ylimääräinen suorituskyky

### 2. Lisäominaisuudet

- ❖ houkuttelevat ominaisuudet

### 3. Luotettavuus

- ❖ käyttövarmuus, toimivuus, turvallisuus ja ympäristövaikutukset

### 4. Yhdenmukaisuus

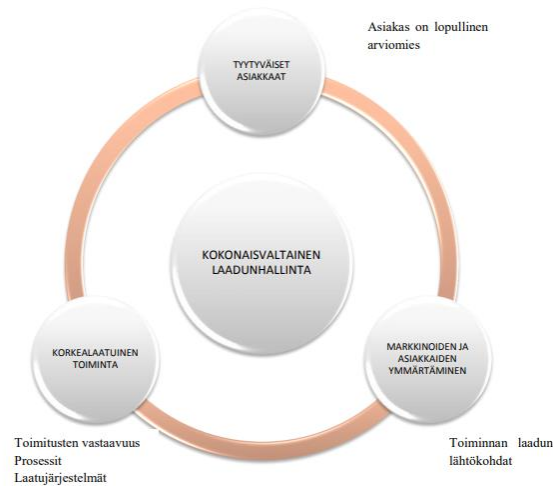
- ❖ samanlaisuus
- 5. Kestävyys**
  - ❖ käyttöikä
- 6. Huollettavuus**
  - ❖ varaosien saattavuus, huollon helppous
- 7. Esteettisyys**
  - ❖ muoto, värit, viimeistely
- 8. Mielikuva**
  - ❖ merkki, valmistusmaa, tuoteimago

#### 4.3 Laadunhallinta

Laadunhallinta (QM) on tuotteiden tai palvelujen vaatimuksen mukainen ylläpito ja laadunhallinta. Kuvassa 7, näkyy, kun yritykset alkavat investoida kokonaisvaltaisen laadunhallintaan (TQM), tuotteiden ja palveluiden laatu paranevat huomattavasti, ja sen kautta paranee myös markkinaosuus. Tehokkuus näkyy palveluissa, kun tuotteiden tuottavuus ja asiakaspalvelu taso nousee. Tarkasti suunniteltu ja huolellisesti toteutetun laadunhallinnan ansiosta voi saada taloudellisten etujen lisäksi myös muuta hyötyjä, kuten virheet tuotteissa ja varastot vähenevät. Joustavuus näkyy työntekijöissä, sekä mikä tärkeintä, asiakkaat ovat tyytyväisiä. On kuitenkin muistettava, että pelkkä oman organisaation laadun seuraaminen ei riitä, vaan on syytä pitää silmällä tavaratoimittajien laatua. Riskiä voidaan minimoida, kun käytetään entuudestaan tuttuja tavaratoimittajia ja asiakastyytyväisyyskyselyissä hyvään palautteen saaneita yrityksiä. (logistiikkamaailma 2021) Tavaratoimittajien laatua voidaan tarkastella näiden mittareiden avulla:

- Toimitusaika
- Varastokierto
- Reklamaatiot
- Paluutuotantoon
- Prosessitehokkuus
- Ennakointitarkkuus

Jos ei voida mitata, ei voida myös seurata. Yllä mainitut kohdat, seuraamalla ja mittaamalla voidaan saada tavaratoimittajilta hyvän ja oman yrityksen mukaista laatua (11).



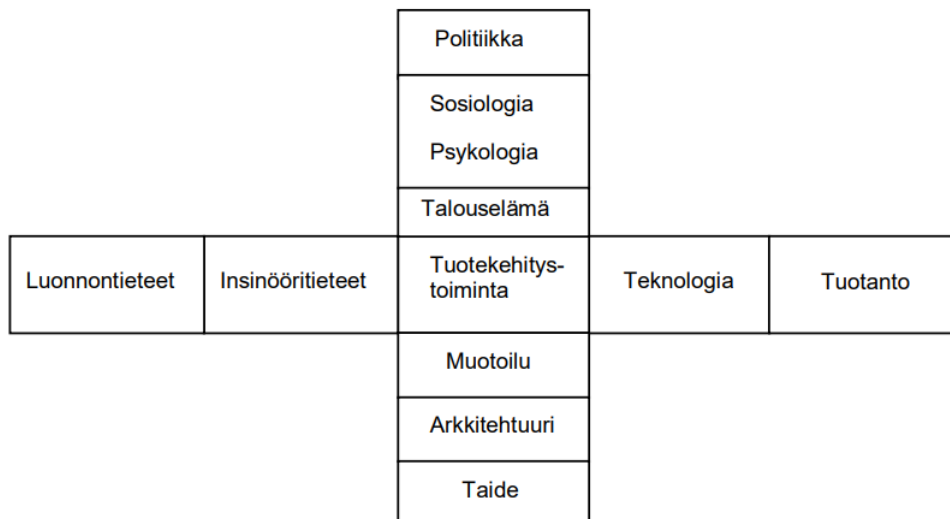
Kuva 6 Kokonaisvaltainen laadunhallinta (Lecklin 2006, 19 Muokattu).

#### 4.4 Laadunjohtaminen

Yrityksen johtaminen tarkoittaa myös laadun johtamista; johdolla on suuri vaikutus siihen, miten yrityksen laadunhallinnasta tulisi koko organisaation toimintatapa ja ykkösprioriteetti, ja sen tulisi kannustaa resurssien puutteessa ja antaa lisää näkyvyyttä laadunhallinnalle. Laatu on osa jokapäiväistä yrityksen toimintaa, sen jatkuvan kehittämisen tulisi olla yrityksen pääsääntönä (Lecklin 2006, 65). Ylensä yrityksen perusarvoja ei ole missään kirjattu ylös ja eikä ole selkeästi määritelty, ne ovat vain yrityksen johdon ja sen omistajien tiedossa. On suositeltava, että yrityksen arvot kirjataan erillisellä ohjeella ja tuodaan näkyville koko organisaatiolle, jotta henkilöstölle syntyisi selkeä käsitys yrityksen arvoista, jolloin syntyy myös käsitys siitä, mikä on yrityksessä tärkeää ja tuloksena voidaan saada yhdensuuntainen toiminta (Lecklin 2006, 36.)

## TUOTEKEHITYS

Tuotekehityksen tavoitteena on kehittää markkinoille täysin uusi tuote tai parantaa olemassa olevaa tuotetta, jotta tuotteesta tulisi teknisesti aikaisempaa parempi ja valmistuskustannukseltaan halvempi. Tuotekehityksessä ajatuksena on saavuttaa asetetut tavoitteet niin hyvin kuin se on mahdollista, pitäen kuitenkin mielessä sekä tekninen että taloudellinen kannattavuus. Tuotekehitys sisältää erilaisia prosesseja, kuten ideointi, kehitysnäkymä, markkinointi ym. Tuotekehityksen käynnistämiseksi on selvitettävä tuotteen tietoja, tuotteen luonnostelu, yksityiskohtainen suunnittelu, optimointi, työpiirustuksen tekemistä, käyttöohjeiden laatimista sekä tuotantomenetelmien kehittämistä (Heitikko 2015, 9–10.)



Kuva 7 Tuotekehitystoiminta kulttuurin ja tekniikan vaikutuksen alaisena (Heitikko 2015, 10).

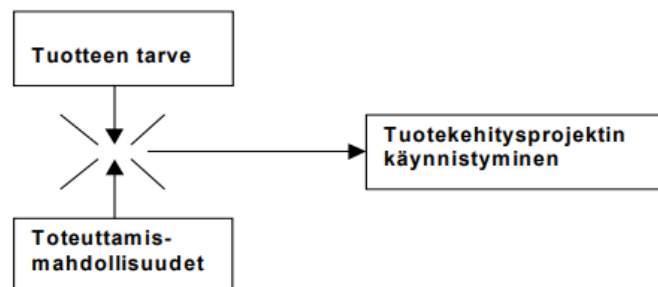
### 5.1 Tuotekehitystoiminta

Tuotekehitystoiminta on kulmakivi ja keskeinen tekijä yrityksen menestyksen kannalta, Yrityksen on pidettävä huolta jatkuvasta tuotekehityksestä. Voi olla, että tuotteet vanhenevat ja sitä kautta myös myynti vähenee ja lopulta tuote loppuu kokonaan. Tuotekehitystoiminnassa täytyy tulla toimeen erilaisten ihmiselämän alueiden kanssa (kuva 8), tarvitaan hyvää luonnontiedon tuntemusta ja kykyä tulla toimeen erilaisten ihmisten kanssa (Jokinen 2020, 16.)



## 5.2 Projektin käynnistäminen

Tuotekehitysprojektin käynnistämisen ajatuksena on tarve kehittää jotain täysin uutta tai kehittää olemassa olevaa tuotetta. Pelkkä tarve ajatuksen tasolla ei kuitenkaan riitä, vaan sen käynnistämiseen tarvitaan myös ajatus toteuttamismahdollisuudesta. Vaikka tarve olisi olemassa, ei tuotekehitysprosessia voidaan käynnistää ilman sen vaatimia resursseja (Jokinen 2020,18.)



Kuva 8 Tuotekehitysprojektin käynnistämisen edellytyksenä on tarve ja idea (Jokinen 2020, 18).

Yrityksen liiketoiminnan menestys perustuu sen kuluttajien tarpeiden havaitsemiseen sekä kykyyn luoda uusia tuotteita tai kehittää sekä olemassa olevia tuotteita, että palveluja, jotta saadaan näihin tarpeisiin vastaus kilpailukykyisin hinnoin. Tuotekehitysprojektissa käynnistämiseen alkuvaiheessa osallistuu eteenkin yrityksen johto, sekä muita yrityksen sidosryhmiä kuten tuotannon edustajat, tuotekehittäjät ja muotoilijat sekä markkinoinnin asiantuntijat. Yrityksen tarkoitus on pysyä huipulla kilpailutilanteessa, joten on pystyttävä muokkautumaan ja kehittämään kilpailun tahdissa. Kilpailutilanne muuttuu jatkuvasti, yrityksen on tuotettava jatkuvasti uusia tuoteideoita ja kehityskohteita (Kettunen 2001, 46.)

## SUUNNITTELU

Nykyään suunnittelijat ja valmistajat ovat eri tekijöitä. Joskus ennen työläinen valmisti tuotteet alusta loppuun itse, ja lopputulema oli usein, että valmistetut tuotteet eivät olleet yhteismallisia muiden tuotteiden kanssa, vaan tuotteet täyttivät vain siihen aikaan asetetut vaatimukset. Nykyään asiat ovat toisin, kaikki valmistussuunnitelmat esitetään teknisten piirustuksen muodossa. Yleensä piirustuksessa tarkastellaan neljän tyyppistä informaatiota:

1. Osat.
  - mitat ja muodot.
2. Materiaali.
  - ominaisuuden, valmistettavuuden ja hinnan.
3. Valmistusmenetelmät.
  - toleranssit ja pinnankäsittelyt.
4. Tuotteen kokoonpanoissa käytettävät menetelmät.

Piirustus ottaa leijonan osan tuotteiden suunnittelussa, mutta on pidettävä kuitenkin mielessä, että suunnitteluprosessi on paljon muutakin kuin pelkkää piirtämistä. Tärkein ja oleellisin asian on tavoitteellinen pohdinta, jonka tarkoitus on analysoida ongelmat, asettaa tavoitteet ja jos tarve vaati, muokata asetetut tavoitteet, etsiä ratkaisuvaihtoehtoja ja tarkastella niiden laatua. Tuote voidaan aloittaa suunnittelemaan vasta silloin kun on jonkinlainen osviittaa tuotteen loppukäyttäjistä, toimintaperiaatteista, valmistusmääristä ja hinnasta (Heitikko 2015, 133). Piirustuksen tarkoituksena on kuvata tuotteen geometrinen muoto, sekä toimia jonkinlaisena kielenä muiden suunnittelijoiden ja sidosryhmien välillä. On oltava äärimmäisen huolellinen suunnittelussa - eräs tutkimus osoittaa, että noin 60 % valmistetuista osista on valmistettu eri tavalla kuin alun perin suunnittelija on piirustuksessa esittänyt (Heitikko 2015, 142). Syinä olivat:

- Epätarkat piirustukset.
- Tuotetta ei voi valmistaa suunnittelun mukaan.
- Piirustus ei ole yhdenmukainen.
- Osat eivät sovi kohteeseen, jos ne valmistetaan piirustuksen mukaan.

## 6.1 Ideointivaihe

Ideointivaiheen tarkoitus on tuoda kaikki mahdolliset ideat näkyviin, tässä vaiheessa on hyvää pitää mielessä, että tässä vain taivas on rajana, ja niin paljon ideoita kannattaa esittää, kuin tulee mieleen. Mitä enemmän ideoita syntyy, sitä paremmin ja se helpottaa lopullisen ratkaisun tekemistä. Niitä ideoita kannattaa kirjoittaa paperille kuvaamaan ajatusta tai luonnostella pikaisesti hahmottamaan ajatusta. Ideoiden määrään kannattaa satsata, koska ideoiden joukosta voi löytyä yksi tai useampi hyvä ratkaisu, joita voidaan jalostaa eteenpäin. Kettunen (2001, s.70–71) korostaa, että on annettava aikaa ideoiden luomisessa, koska ihmismielessä yleensä juolahtavat tutut ideat heti ensimmäisenä ja ratkaisevat ideat syntyvät vasta pidemmän ideoinnin edetessä.

Tässä opinnäytetyössä tarkoitus oli ideoida erilaisia vaihtoehtoja maanalaiset dumperin valvontakameran suojatelineen ratkaisemiseksi. Koneessa oleva kamera ei pysy halutulla tavalla lastauksen aikana, kapeat kaivoskäytävien seurauksesta kamera törmää kaivoksen seiniin ja dumperin noustaessa ylös päivän lopussa valvonta kamera ei olekaan kaivoskoneessa kiinni. Ajatuksena tässä opinnäytetyössä oli ratkaista tämä ongelma. Lähdettiin ensin ideoimaan erilaisia vaihtoehtoja. Meillä oli kuitenkin tavoitteet ja visiot mitä piti saavuttaa. Suojatelineen piti sopia dumperin lokasuojaan, niin että kameran osuessa kaivoksen seiniin teline liikkuu mekaanisesti suojaan lokasuojaimen ja vapautuu sen mukaan, kun on vapaata tilaa liikkua.



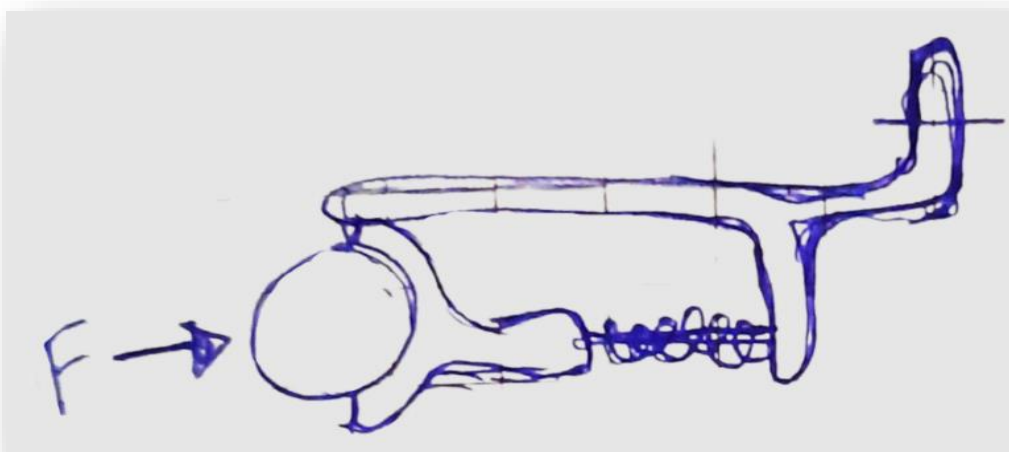
Kuva 9 Dumperi TH663i lokasuoja

## 6.2 Konseptointivaihe

Konseptoinnilla tarkoitetaan luonnosta, epäterävää kuvaa tai jopa hahmotelmaa. Tässä konseptoinnin vaiheessa kaikki ideoinnissa tulleet ajatukset piirretään paperille visuaalisen ajatuksen saamiseksi. On erittäin tärkeää vaihtaa kollegoiden kanssa ajatuksia ja mielipiteitä. Luonnostelun tekemiseen kannattaa antaa aikaa, sitä kautta saadaan tuotteen visuaalinen kokonaiskuva, muutoksien ja ideoiden muokkaaminen on tässä vaiheessa halvempaa ja nopeampaa verrattuna myöhempään suunnitteluvaiheeseen. Tässä vaiheessa voi karsia pois kaikki ongelmakohdat (Kettunen 2001, 59.)

Kettunen (2001, s.94) muistuttaa, että ensiaskel tuotteen valmistumisessa on nimenomaan visualisointi. Laaja luonnostelu antaa hyvän lähtökohdan suunnittelutyölle. Luonnosten runsas määrä on tässä alkuvaiheessa tärkeämpi kuin luonnostelujen laatu. Yleensä luonnokset piirretään käsin paperille, mutta suositellaan myös vaihtamaan erilaisia esitystapoja, jotta pystytään tarkastelemaan asiaa erilaisista näkökulmista.

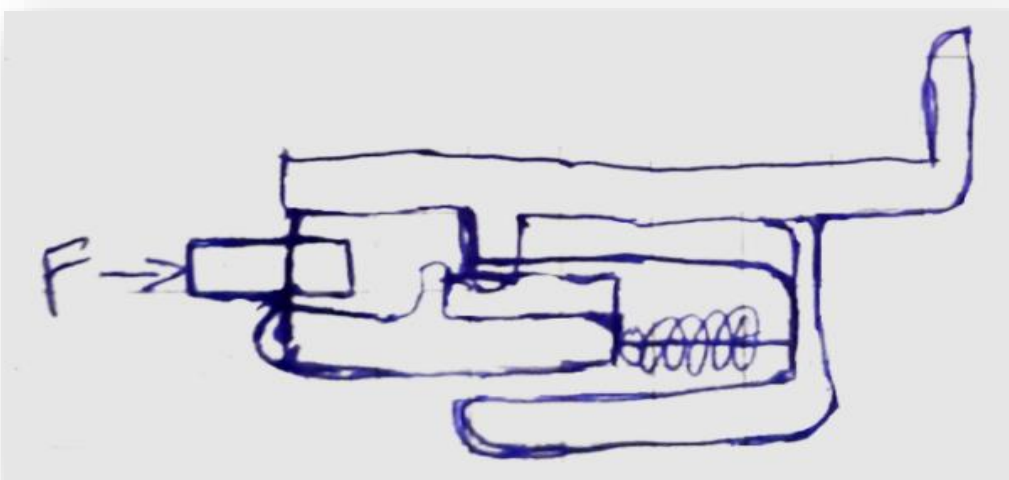
Tässä vaiheessa ei vielä tehdä mitään lopullisia mittakaavaan laadittuja piirustuksia, vaan luonnokset ovat suuntaa antavia lopullisen ratkaisemisen kannalta, paperille piirrettyjä luonnoksia. Luonnosteluissa käydään läpi samat periaatteet kuin loppuvalinnassa tai ongelman ratkaisemisessa käytetään. Lopullisen valinnan tekemiseen on laadittu useita menetelmiä, jotka eroavat lähinnä yksityiskohdissa. Ratkaisun saavuttaminen sisältää nämä vaiheet: ongelman toteaminen, sekä analysointi, vaatimusten ja tavoitteiden määrittäminen, erilaisten ideoiden etsiminen, sekä karsiminen, niiden arvostelu ja lopullisen valinnan tekeminen (Jokinen 2020, 95.)



Kuva 10 Luonnosteluvaihtoehto 1

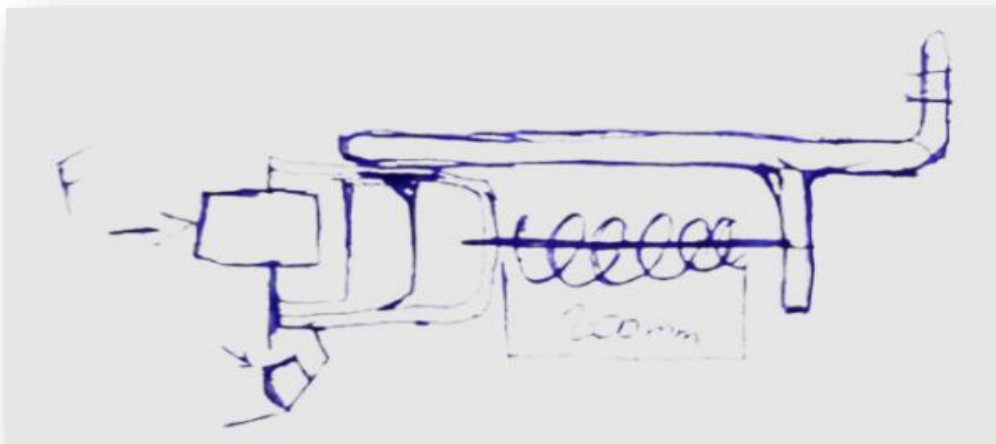
Ensimmäisen vaihtoehdon luonnostelussa ajatuksena oli, että suojatelineen päähän tulisi pallomainen nivel, jonka avulla suojateline liikkuu sisään jousen avulla ja vapautuu, kun on taas tilaa liikkua, ja se myös samalla suojaisi kamerat lokasuojaimen alle. F-suunnasta kohdistuva voima on arvioltaan noin 10kN, ja tarkoitus olisi, että jousesta tulisi niin jäykkä, ettei sen liikkuvuuteen vaikuttaisi pieni voima.

Tässä vaiheessa mietittiin myös valmistettavuus ja kustannustehokkuus, jotka olivat tässä tapauksessa osoittautuneet haastaviksi.



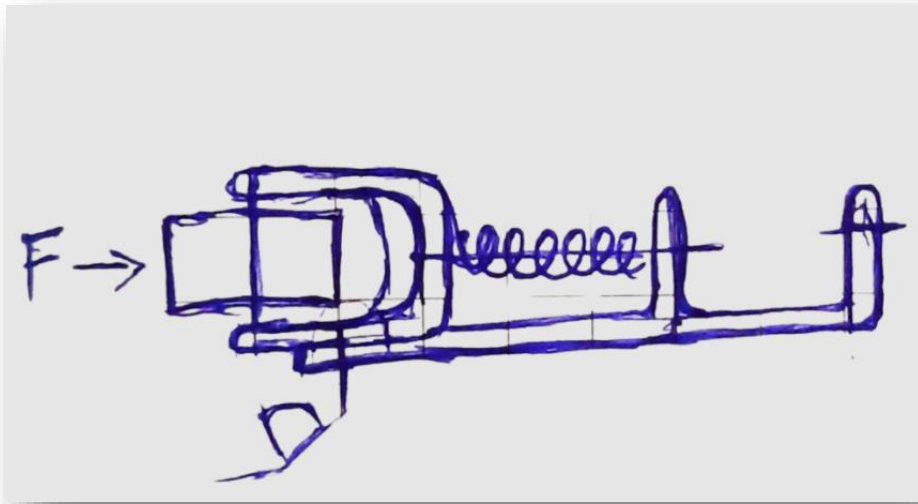
Kuva 11 Luonnosteluvaihtoehto 2

Toisena vaihtoehtona luonnosteluvaiheessa hahmottelin paperille, että suojatelineen päähän tulisi kumirulla, jonka tarkoitus olisi kiinnittää teline koneen ajosuuntaisesti niin, että se liikkuu koneen mukaan, ja kun F-suunnasta kohdistuu voima, jousi painuu sisään. Ongelmaksi muodostui jousen liikkuvuus, jousesta ei saatu koko mitta käyttöön vaan se jäi puolitiehen, eikä suojateline painuisi kokonaan sisään lokasuojaimen, vaan teline jäisi hiukan koneen ulkopuolelle. Tässä tapauksessa ei päästy haluttuun mittaan, vaan törmäyksen seurauksesta teline menisi menojaan kaivoksen sisällä.



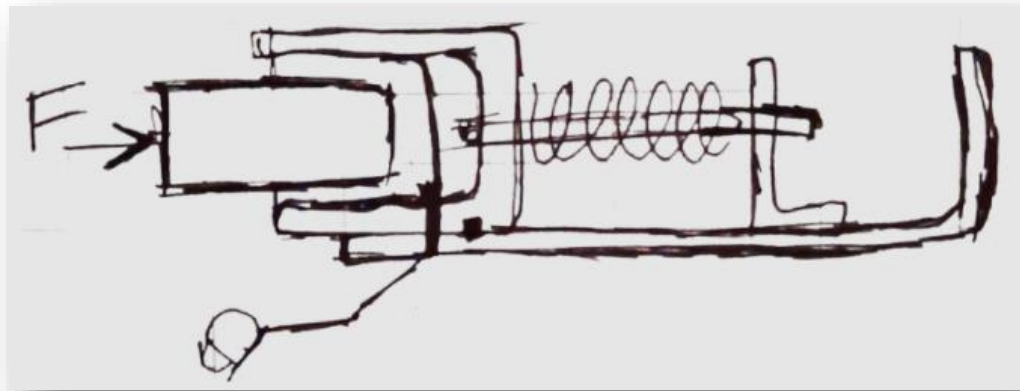
Kuva 12 Luonnosteluvaihtoehto 3

Tässä luonnosteluvaiheessa ajatuksena oli sama kuin edellisessä vaihtoehdossa, mutta ainoastaan muutettaisiin suunnittelurakenne ja paperille hahmotettiin erilaisia lähestymistapoja ongelman ratkaisemiseen. Piirustuksessa saatiin koko jousen mitta käyttöön, mikä olikin tässä tapauksessa ajatuksena. Ongelmaksi tuli tässä suojatelineen ja dumperin renkaan väliin jäävä tila, mikä oli äärimäisen kriittinen suhteessa haluttuun lopputulokseen. Suojatelineeseen kiinnitetty valvontakamera törmää dumperin renkaaseen pienen epätasaisen ajon seurauksesta, mikä on kaukana meidän tavoitteestamme. Ongelmaksi muodostui myös asennettavuus.



Kuva 13 Luonnosteluvaihtoehto 4

Neljännän luonnosteluvaiheen ajatuksena oli vaihtaa kiinnitysmenetelmät ja valmistettavuus ja nostaa suojatelinettä ylöspäin, niin että välttyttäisiin dumperin renkaaseen törmäykseltä. Suojatelineen rakenne olisi kuitenkin sama kuin edellisissä luonnosteluissa. Tässä tapauksessa hahmoteltiin myös valvontakameran paikan siirtämistä, jotta valvontakamera ei olisi suoraan dumperin renkaan yläpuolelle, ja kamera siirrettäisiin koneen lokasuojan sisäpuolelle. Näin välttyttäisiin dumperin renkaan törmäyksestä. Mutta tässäkin tapauksessa ongelmaksi muodostui kameran näkyvyys, valvontakamera oli liian syvällä lokasuojaimen alla, kameran näkyvyysaste ulottui vaan dumperin renkaaseen, eikä näyttänyt koneen äärimittoja, eikä myöskään tuonut mitään lisänäkyvyyttä dumperin kuljettajalle.



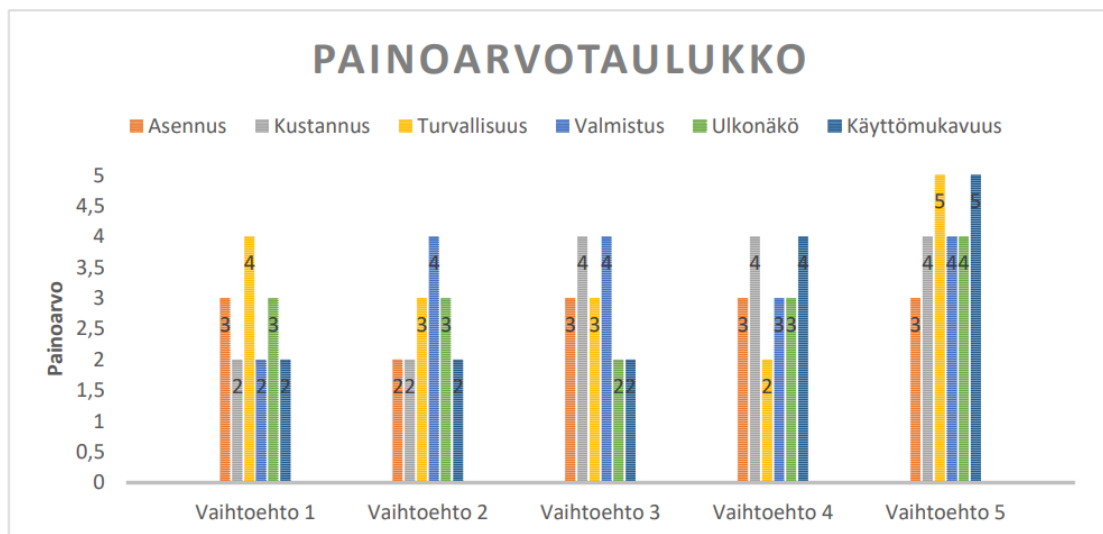
Kuva 14 Luonnosteluvaihtoehto 5

Viidennen luonnosteluvaiheen ajatuksena oli hahmotella paperille erilaisia lähestymistapoja ongelman ratkaisemiseksi pitäen kuitenkin mielessä edellisiä luonnoksia. Lopputuloksena päätimme siirtää valvontakameran dumpperin renkaan alta koneen ulkopuolelle kumirullan alle, jotta saavutettaisiin kameran maksimiaste, sekä saataisiin lisää näkyvyyttä, jotta kaivoskoneen kuljettajan olisi mukavampaa ja turvallisempaa hallita konetta kaivoksen sisällä. Tässä luonnosteluvaiheessa saavutettiin myös jousen maksimipituus, joka oli osoittautunut edellisissä luonnosteluissa haastavaksi ja monimutkaiseksi. Luonnostelu oli kaikin puolin ihanteellinen valmistuksen kannalta ja kokoonpano-osien määrä oli tässä myös huomattavasti pienempi kuin edellisissä luonnosteluvaiheissa.

### 6.3 Valintavaihe

Valintavaiheessa käytetään painoarvotaulukkoa (kaava 1), joka antaa suunnan huomioida helposti luonnoksien vahvuudet sekä heikkoudet, heikoimmat luonnokset voidaan karsia pois ja unohtaa kokonaan, jotta keskitytään parhaimmat pisteet saaneisiin luonnoksiin. Koska luonnoksia vertaillaan keskenään, näin saadaan ihanteellinen lopputulos (Kettunen 2001. s. 85). Jotta saadaan kaikin puolin hyvä ratkaisu haluttuun kohteeseen, luonnokset on pisteytettävä painoarvoataulukolla. Taulukko tarkastelee tulosta monesta eri kulmasta: asennuksesta, kustannuksesta, turvallisuudesta, valmistuksesta, ulkonäöstä ja käyttömukavuudesta. Jokaista piirtämäni luonnosta tarkastellaan näistä kuudesta näkökulmasta.





Kuvio 1 Painoarvotaulukko

Painoarvotaulukko on yksinkertainen ja helposti ymmärrettävissä, painoarvoasteikolla on 1–5 pistettä, jolloin 1 vastaa luonnoksen vaihtoehtoa huono tai välttävä, kun taas 5 vastaa mahdollisesti saavutettavaa.

#### 6.4 3D-mallinnusvaihe

Jos kuva kertoo tuhat sanaa, niin 3D –mallinnus kertoo kolmetuhatta sanaa. 3D-mallinnusohjelmalla käytetään lähes poikkeuksetta kaikissa suunnittelutilanteissa. 3D-mallintamisella tarkoitetaan kolmiulotteisten mallien luomista tietokoneohjelman avulla. Tässä vaiheessa suunnattiin koneen ääreen, ja seuraava askel oli luoda kokoonpanopiirustukset sekä niitä vastaavat osaluettelot. Aloitettiin piirustuksen tekeminen 3D-mallinuksen painoarvotaulukossa suurimman pisteytyksen saaneesta luonnoksesta Siemens NX -suunnitteluohjelmalla. Jotta piirustuksesta tulisi yhtenäinen, niin oikeaoppinen mallintaminen on suotavaa. Teknisiä piirustusohjelmia käyttävät monet suunnittelufirmat, kuitenkin on pidettävä mielessä, että vaikka jokaisella firmalla on tapana tehdä tietyt asiat tietyllä tavalla, on opittava heti alkuvaiheessa oikeaoppinen mallintaminen. 3D-suunnittelussa huomioidaan osien liittäminen toisiinsa siten, ettei kokoonpano hajoa osaa muutettaessa tai vaihdettaessa. Liittämällä ja mallintamisella on todella suuri painoarvo isommissa tuotekokoonpanoissa, suunnitellussa tuotteessa pienen osan muokkaaminen voi olla hankalaa, jos osat on mallinnettu huolimattomasti, ja osien muokkaamiseen voi kulua huomattavasti aikaa verrattuna uuden osan

mallintamiseen. Isoissa yrityksissä tämä voi viedä useita tunteja, etenkin jos suunnittelijoita on useampi. Jos perustavanoikeaoppimiseen mallintamiseen on hallussa, osien muuttaminen on helpompaa ja tehokkaampaa myös suurimmissa yrityksissä.

## POHDINTA

Opinnäytetyön päätavoitteena oli suunnitella toimiva suojateline, joka täyttäisi asiakkaan tarpeet ja vaatimukset. Tuotteen suunnittelun alkuvaiheessa pyrittiin ottamaan huomioon myös valmistus- ja kustannustehokkuus. Projektien laatuun on viime aikoina kiinnitetty paljon huomiota ja tässäkin opinnäytetyössä olemme huomioineet laadun heti suunnittelun alkuvaiheesta lähtien. Teknologiahankkeen laadun määritelmä voi olla vaikeaselkoinen; laatuun voidaan kuitenkin löytää ja määritellä. Luonnostelun alkuvaiheessa pyrittiin tuomaan esille kaikki vaihtoehdot, ongelman keskeiset seikat ja löytämään tuotteen valmistuksen näkökulmasta pienimmällä kynnyksellä saavutettava vaihtoehto. Lopputuloksena päädyttiin, kuten käy ilmi kuvio 1 painoarvotaulukossa, vertailun ja erilaisten vaihtoehtojen jälkeen kustannustehokkaaseen ja kilpailukykyiseen tuotteeseen, mitkä olivatkin asiakkaan tavoitteet. Asiakas voi alkaa jalostamaan tuotetta tulevien maanalaisten dumppereita varten, koska kaikki tarvittavat tuotteen valmistamisen liittyvät tekniset piirustukset toimitettiin asiakkaalle: DFX-polttomallit sekä kokoonpanopiirustukset, ja kaikista kokoonpanon osista on luotu omat työpiirustukset NX-ohjelmalla.

Jatkuvaa parantamista silmällä pitäen tuotteen voisi kehittää vielä paremmaksi. Suojatelineen päähän voisi vaihtaa kumirullan tilalle sensoritunnistimen, se toimisi lähestymistunnistimena. Sen avulla valvontakamerat liikkuisivat aina sisään, kun suojatelineen sensoritunnistin lähestyy kaivoksen seiniä ja vetää kamerat ulos lokasuojan alta, kun on taas tilaa liikkua. Ajatus on sama mikä tässä opinnäytetyössäkin oli, mutta kumirullan tilalle vaihdettaisiin sensoritunnistin. Suojatelineestä tulisi asennuksen kannalta helpompi, nopeampi ja tuotteen kokonaispainosta vielä kevyempi kuin tässä nykyisessä.

Mutta on kuitenkin muistettava, että sensoritunnistin on huono ratkaisu vaihtoehto tähän kohteeseen, koska kaivoskoneen lokasuoja kerää loskaa ja pölyä kaivoksesta, ja ennemmin tai myöhemmin sensoritunnistimen korjaus ja huolto tulisi olemaan kallis ratkaisu. Tästä johtuen päädyttiin luonnos 5:n vaihtoehtoon.

## LÄHTEET

- Hietikko, E. 2015. Tuotekehitystoiminta. kolmas painos. Helsinki: BoD – Books on Demand.
- Jokinen, T. 2010. Tuotekehitys. Aalto-yliopisto Teknillinen korkeakoulu. Viitattu 25.10.2021. <http://lib.tkk.fi/Reports/2010/isbn9789526033204.pdf>.
- Kettunen, I. 2001. Muodon palapeli. Porvoo: WSOY.
- Lecklin, O. 2006. Laatu yrityksen menestystekijänä. Hämeenlinna: talentum.
- Lepola, P & Ylikangas, R. 2016. Hitsaustekniikka ja teräsrakenteet. Helsinki: Sanoma Pro OY.
- Logistiikkamaailma  
2021. Viitattu 05.10.2021. <https://www.logistiikanmaailma.fi/logistiikka/laatu/laadunhallinta-laatujohtaminen-ja-jarjestelmat/>.
- Matilainen, J, Parviainen, M, Havas, T, Hiitelä, E, & Hultin, S. 2011. Ohutlevyntuotteiden suunnittelijan käsikirja. Tampere: Tammerprint Oy.
- Sandvik 2021a. Viitattu 1.12.202. [Sandvik-intelligent-trucks-brochure-english](#).
- Sandvik 2021b. Viitattu 27.9.2021. [Sandvik US History](#).
- Wikipedia 2021a. Wikipedia, Internet. Viitattu 23.9.2021 <https://fi.wikipedia.org/wiki/CAD>.
- Wikipedia 2021b. Wikipedia, Internet. Viitattu 6.10. 2021 <https://fi.wikipedia.org/wiki/Laatu>.