



**SAVONIA**

OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO  
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

# HEITTOKULJETTIMEN LUOTETTA- VUUDEN JA KÄYTETTÄVYYDEN KE- HITTÄMINEN SIVUTUOTEKIPSIN LÄJITYKSESSÄ FOSFORIHAPPO- TUOTANNOSSA

TEKIJÄ: Eemeli Hartikainen

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala			
Koulutusohjelma/Tutkinto-ohjelma Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma			
Työn tekijä Eemeli Hartikainen			
Työn nimi Heittokuljettimen luotettavuuden ja käytettävyyden kehittäminen sivutuotekipsin läjityksessä Fosforihappotuotannossa			
Päiväys	8.4.2020	Sivumäärä/Liitteet	53
Ohjaajat Mikko Nissinen & Simo Mäkinen			
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani Yara Suomi Oy, Siilinjärvi			
Tiivistelmä			
<p>Opinnäytetyön tavoitteena oli kehittää Yara Suomi Oy:n Siilinjärvellä sijaitsevan kipsimäen päällä olevaa Roxon-putkihihnakuljettimen heittokuljetinta. Nykyisellään heittokuljetin on ajoittain toiminnaltaan epävarma ja vikatilaan jouduttuaan, se hankaloittaa kipsin läjitystä merkittävästi. Kuljettimen ollessa pois käytöstä kipsiä joudutaan siirtämään koneellisesti.</p> <p>Kuljettimen toimimattomuus aiheuttaa Yaralle ylimääräisiä töitä ja kustannuksia, joita oli tarkoitus tämän opinnäytetyön avulla vähentää. Heittokuljettimesta oli tarkoitus saada varmatoiminen sekä helppohuoltoinen. Vikaantumisen tapahtuu useimmiten hihnan repeämisen tai paikaltaan pomppaamisen seurauksena. Hihnan kestävyys ja paikallaan pysymiseen suurin vaikuttava tekijä on sen puhtaana pysyminen. Tätä pyrittiin edistämään erilaisilla kaavaritkaisuilla ja hihnaa tiivistävien reunakumien muokkaamisella.</p> <p>Opinnäytetyön aikana perehdyttiin tarkemmin erilaisiin kumimateriaaleihin sekä hihnaa vuoleviin kaavareihin ja putsaaviin paluurulliin. Vaihtoehtoista valittiin sopivimmat niiden ominaisuuksien perusteella.</p> <p>Tämän insinöörityön tuloksena saatiin uusia ratkaisuehdotuksia heittokuljettimen käytettävyyden ja luotettavuuden parantamiseksi. Kuljettimen sisä- ja ulkopuolelle valittiin kaavarit, jotka asennetaan tulevien huoltojen yhteydessä. Tarkastelujen perusteella reunakumien materiaaliksi kokeillaan Hypalon-kumiseosta.</p>			
Avainsanat			
Kuljetin, tuotanto, fosforihappo, kipsi			

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Mechanical Engineering			
Author Eemeli Hartikainen			
Title of Thesis Developing the Reliability and Usability of a Throw Conveyor in the Piling up of Gypsum in the Production of Phosphoric acid			
Date	8 April 2020	Pages/Appendices	53
Supervisor(s) Mikko Nissinen & Simo Mäkinen			
Client Organisation /Partners Yara Suomi Ltd, Siilinjärvi			
<p>Abstract</p> <p>The aim of this thesis was to improve the throw conveyor of a Roxon-pipe-conveyor on Yara Suomi Oy's gypsum hill in Siilinjärvi. At present, the throwing conveyor is at times unreliable in operation and, when it enters a fault state, it significantly complicates dumping the gypsum. When the conveyor is off, the gypsum must be moved mechanically.</p> <p>The failure of the conveyor causes extra work and incurs expenses for Yara. The aim of this thesis was to reduce the extra costs. The throw conveyor should be reliable and easy to maintain. Breakage of the throwing conveyor is most often caused by a rupture or slipping of the belt. The biggest factor in the strap's durability and retention is its cleanliness. This is promoted by various gypsum pattern plate solutions and by modifying the belt deckle straps.</p> <p>During the thesis, various rubber materials as well as gypsum pattern plate and cleaning return rollers were studied in more detail. The most suitable options were selected based on their characteristics.</p> <p>As a result of this thesis, new solutions were proposed to improve the usability and reliability of the throw conveyor. Gypsum pattern plates were selected inside and outside of the conveyor to be installed during future maintenance. Based on the examination, Hypalon rubber compound is used as the material for the deckle straps.</p>			
Keywords			
Conveyor, production, phosphoric acid, gypsum			

## ESIPUHE

Haluan kiittää opinnäytetyön ohjaajiani Mikko Nissistä ja Simo Mäkistä sekä Yaran fosforihappotehaan henkilökuntaa, etenkin yrityksen puolelta tullutta ohjaajaani Tero Liimataista. Työ oli monipuolinen ja mielenkiintoinen, sillä pääsin itse suunnittelemaan uusia vaihtoehtoja ja ratkaisuja käytännön ongelmakohtiin.

Kuopiossa 8.4.2020

Eemeli Hartikainen

## SISÄLTÖ

1	TAUSTATIEDOT .....	7
1.1	Yara International ASA ja Yara Suomi Oy .....	7
1.2	Yhteistyökumppanit ja tekijänoikeuksien haltijat .....	7
1.3	Tausta- ja tutkimusaineistot .....	8
1.4	Lyhenteet ja määritelmät.....	8
2	JOHDANTO .....	9
2.1	Opinnäytetyön taustat.....	9
2.2	Tavoitteet.....	9
2.3	Rakenne.....	10
3	FOSFORIHAPPOTUOTANTO.....	11
3.1	Siilinjärven tehtaat .....	11
3.2	Prosessivaiheet .....	12
3.2.1	Sivuprosessit.....	13
3.3	Prosessissa syntyvän sivutuote kipsin hyötykäyttö.....	13
4	ROXON-KIPSIKULJETIN .....	15
4.1	Kuljettimen taustat ja historia .....	15
4.2	Tekniset tiedot.....	15
4.2.1	Heittokuljetin .....	17
4.3	Kuljettimen vahvuudet ja heikkoudet.....	17
5	KUNNOSSAPITO .....	19
5.1	Kunnonvalvonta.....	19
5.2	Kuljettimen huolto.....	22
5.3	Kuljettimen säätö.....	24
5.3.1	Vaikuttavat tekijät säädön tarpeeseen .....	24
5.3.2	Kehitysideat säädöissä pysymiseen.....	26
6	VAIHTOEHTOISTEN RATKAISUJEN SUUNNITTELU .....	27
6.1	Kuljettimen karkea mallinnus .....	27
6.1.1	Solidworksillä mallinnettu heittokuljetin .....	29
6.2	Ongelmanratkaisuehdotukset.....	30
7	VAIHTOEHTO RATKAISUT .....	31
7.1	Hihnan kuluminen.....	31

7.1.1	Reunakumit .....	32
7.2	Kaavarit .....	35
7.2.1	MAX6-hienopuhdistin.....	36
7.2.2	Rasmus kaavari.....	37
7.2.3	Maxi-aura 8800 .....	38
7.2.4	Hihna-aura MR-1.....	41
7.2.5	Kaavareiden valinnat ja asennusta vaativat toimenpiteet .....	44
7.3	Telarullat ja putsavat paluurullat .....	45
7.3.1	Paluurulla vaihtoehdot.....	46
8	TULOKSET .....	48
8.1	Opinnäytetyön aikana syntyneet kehitysideat.....	48
9	YHTEENVETO JA TULOSTEN TARKASTELU .....	50
	LÄHTEET .....	51

## 1 TAUSTATIEDOT

### 1.1 Yara International ASA ja Yara Suomi Oy

Yara Suomi Oy on osa globaalia kivennäislannoitteiden, ympäristönsuojelutuotteiden ja teollisuuskemikaalien tuottajaa Yara International ASA:ta. Yritys perustettiin alun perin Norjassa vuonna 1905 nimellä Norsk hydro. Yara International ASA irtautui Norsk Hydrosta maaliskuussa 2004 ja se osti Suomen valtion omistaman Kemira Growhow Oy:n vuonna 2007. Suomessa on valmistettu lannoitteita jo 1920-luvulta saakka. (YLE Uutiset, 2007)

Yaralla on maailmanlaajuisesti noin 16 000 työntekijää, joista Suomessa työskentelee noin 900. Toimipaikkoja löytyy yli 60 maasta ja myyntiä tehdään yli 160 maahan. Suomessa Yaralla on yhteensä kolme tuotantolaitosta, jotka löytyvät Siilinjärveltä (kuva 1), Kokkolasta ja Uudestakaupungista. Suomen suurin avolouhos, sekä Länsi-Euroopan ainoa fosfaattikaivos sijaitsee Siilinjärvellä. (Yara Suomi Oy, 2019)



Kuva 1, Yaran Siilinjärven tehdasalue. (Promaint lehti, 2019)

### 1.2 Yhteistyökumppanit ja tekijänoikeuksien haltijat

Yara Suomi Oy

Nilsiantie 501, 71801, Siilinjärvi, Fosforihappotehdas

Liimatainen Tero, Kunnossapitokoordinaattori (opinnäytetyön ohjaaja yrityksestä)

Girsén Tuomas, Tuotantopäällikkö

Katainen Kari, Työsuunnittelija

### 1.3 Tausta- ja tutkimusaineistot

Tausta-aineistona toimivat Roxon-putkihihnakuljettimen piirustukset ja tekniset tiedot, jotka löytyvät kansioista fosforihappotehtaan toimistosta sekä Yaran SAP-järjestelmästä. Fosforihapon tuotanto-kaaviot löytyvät Yaran yksityiseltä Sharepoint-sivustolta. Yleistä tietoa Yarasta löytyy sen omilta nettisivuilta. SAP-järjestelmästä löytyy myös heittokuljettimeen liittyvät vikailmoitukset, työmääräimet ja raportoinnit.

### 1.4 Lyhenteet ja määritelmät

Roxon	= Kipsikuljettimen valmistajan nimi. Tämän opinnäytetyön aiheena olevasta kipsikuljettimesta käytetään yleisesti nimeä Roxon.
Heittokuljetin	= Roxonin viimeinen osa, joka heittää kipsin kipsimäkeen.
FHT	= Fosforihappotehdas
Apatiitti	= Kivestä rikastamalla saatua ainesta, jota käytetään fosforihapon valmistuksessa.
Kipsi	= Fosforihappotuotannossa syntyvää sivutuotetta
FK51	= Heittokuljettimen laitepaikka
Aura	= Kipsin väliaikainen pudotuspaikka, kun Roxon on poissa käytöstä.
Kaavari	= Kuljettimen hihnaa puhdistava levy. Näitä on olemassa monenlaista tyyppiä erilaisiin kohteisiin tarkoitettuina.
Reunakumi	= Heittokuljettimen hihnaa vasten tiivistävä kumilevy, joka estää kipsin pääsyn kuljettimen rakenteisiin kuljettimen lastaus ja syöttö kohdissa.

## 2 JOHDANTO

### 2.1 Opinnäytetyön taustat

Fosforihappotehtaalta tuleva sivutuotekipsi kulkee kipsimäkeen hihnakuljettimia pitkin. Kuljettimia on monen pituisia ja peräkkäin asetettuna ne muodostavat noin 1,5 km mittaisen kuljetinkokonaisuuden. Tämän kokonaisuuden viimeinen osa on tela-alustainen Roxon-putkihihnakuljetin, jonka tehtävänä on jakaa kipsiä mäen laidalta.

Aika-ajoin Roxonin päässä oleva liikkuva heittokuljetin aiheuttaa ongelmia fosforihappotuotannossa. Ongelmat ilmenevät heittokuljettimen hinnan ajautumisena rullilta sivuun, jolloin on mahdollista, että hihna putoaa paikoiltaan tai kääntyy kaksinkerroin.

Roxonin mennessä vikatilaan, se joudutaan sammuttamaan, jolloin kipsin siirtäminen Roxonilla pysähtyy. Tätä varten kipsimäen päälle on rakennettu kuljetin, josta kipsiä voidaan laskea kuljettimen alle. Tapahtumaa nimitetään auralta alas laskuksi. Tämä kuljetin sijaitsee mäen päällä, sen keskeisimmällä kohdalla. Kipsin pudotuspaikka on rakennettu noin 30 metrin korkeuteen mäen pinnasta. Muulloin kuin auralta alas laskiessa, kuljetin toimii samalla periaatteella, kuten muut samassa jonossa olevat kipsikuljettimet. Kipsi putoaa edellisen kuljettimen loppupäästä seuraavan alkupäähän ja niin edelleen.

Auralta alas laskemisessa ongelmana ovat siitä koituvat suuret kustannukset. Fosforihappotuotannossa syntyy sivutuote kipsiä 220 t/h, joten auran alus täyttyy ja tukkeutuu noin 2–3 vuorokaudessa. Tätä varten kipsimäellä työskentelee maansiirtourakoitsija, joka ajaa kipsiä louhosautoilla auran alta mäen reunalle. Autoja on yleensä 1–2 kappaletta sekä kaivinkone, jolla kipsiä lastataan. Tämänhetkinen urakoitsija on Valtavirta, joka toimii lisäksi monissa muissa maansiirtoon ja logistiikkaan liittyvissä tehtävissä tehdas- ja kaivosalueella. (Logistiikka ValtaVirta Oy, 2018)

### 2.2 Tavoitteet

Opinnäytetyön tavoitteena on kehittää Roxonin heittokuljettimen käytettävyyttä ja luotettavuutta. Heittokuljettimen toimintavarmuutta halutaan parantaa, koska pysähtyttyään se pysäyttää Roxonin kokonaan. Heittokuljettimesta on tarkoitus saada varmatoiminen sekä helppohuoltoinen.

Heittokuljettimen kehittämisen lisäksi Roxoniin on suunnitteilla muitakin huolto- ja kunnostustoimenpiteitä, kuten esimerkiksi ajotelojen uusiminen vuonna 2020. Kuljettimen kehittäminen maksaa itsensä takaisin nopeasti, sillä sen toimimattomuus aiheuttaa suuria kustannuksia yritykselle.

## 2.3 Rakenne

Alussa käsitellään hieman fosforihappotuotantoa ja sitä, mistä kipsi syntyy. Seuraavaksi perehdytään itse kuljettimeen, joka on opinnäytetyön aiheena. Kuljettimesta havainnollistetaan sen toimintaperiaatteet, tekniset tiedot ja kuljetuskapasiteetti. Kuljettimen huollosta selvitetään nykytilanne ja perehdytään huollon toimivuuteen.

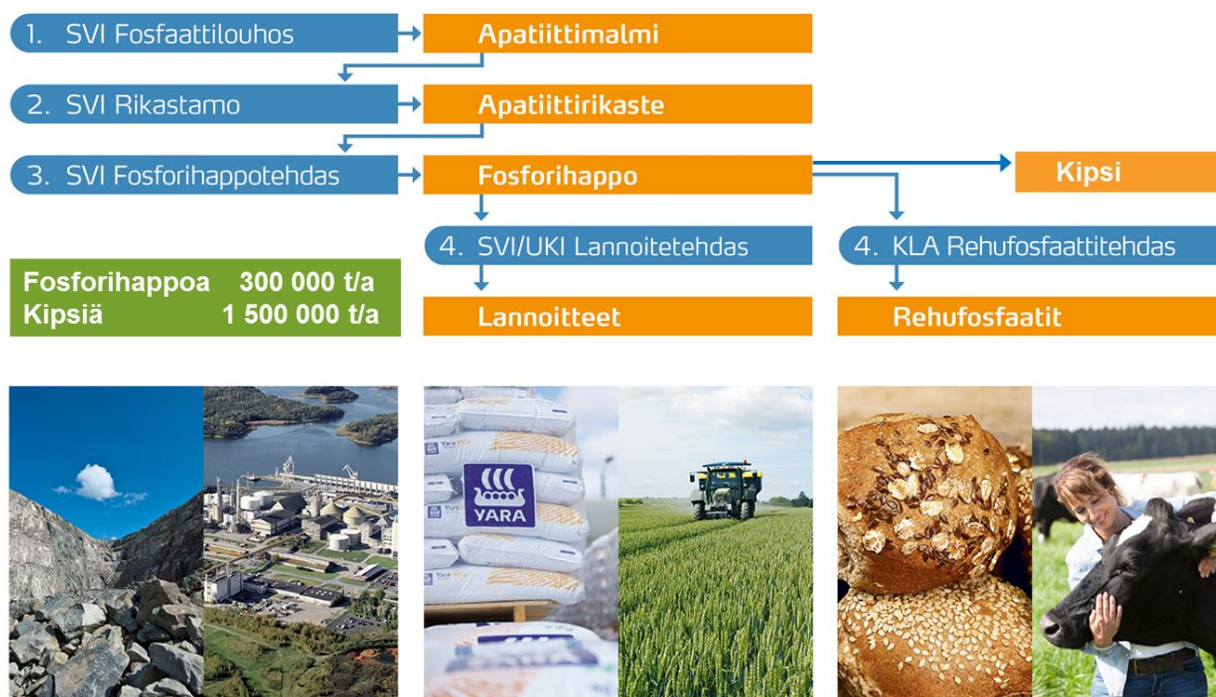
Kuljettimesta luodaan karkea malli, jonka avulla voidaan hahmotella uudenlaisia ratkaisuja hihnan paikallaan pysymiseksi. Solidworks-mallista voidaan tutkia, millaisia ratkaisuja on mahdollista käyttää kohteessa. Tulokset käydään läpi ja valitaan ratkaisut, joita voidaan käyttää kohteessa.

### 3 FOSFORIHAPPOTUOTANTO

#### 3.1 Siilinjärven tehtaat

Tehtaiden päätuotteet Siilinjärvellä ovat fosforihappo ja lannoitteet. Siilinjärveltä löytyy oma fosfaattikaivos, josta louhitaan apatiittimalmia. Apatiittimalmi käsitellään rikastamalla, jolloin siitä saadaan apatiittirikastetta. Apatiittirikastetta käytetään fosforihapon valmistamisessa, joka tapahtuu omalla fosforihappotehtaalla. Fosforihappoa käytetään esimerkiksi lannoitteiden ja rehufosfaatin valmistamiseen sekä teolliseen vesienkäsittelyyn. (Yara Suomi Oy, 2019)

Siilinjärven tehtaat aloittivat toimintansa vuonna 1969 ja samalla alkoi myös fosforihapon tuotanto. Nykyisellään vuotuinen tuotantokapasiteetti on noin 300 000 tonnia erilaisia fosforihappoja, jotka ovat ferti-, prefo- ja biohappo. Tästä määrästä suurin osa käytetään lannoitteiden ja rehufosfaatin valmistukseen Siilinjärven, Uudenkaupungin ja Kokkolan tehtailla. Osa fosforihaposta menee myyntiin ja sitä käytetään muissa teollisuuden prosesseissa. Kuvassa 2 esitetään Yaran fosforiketju. (Yara Suomi Oy, 2019)



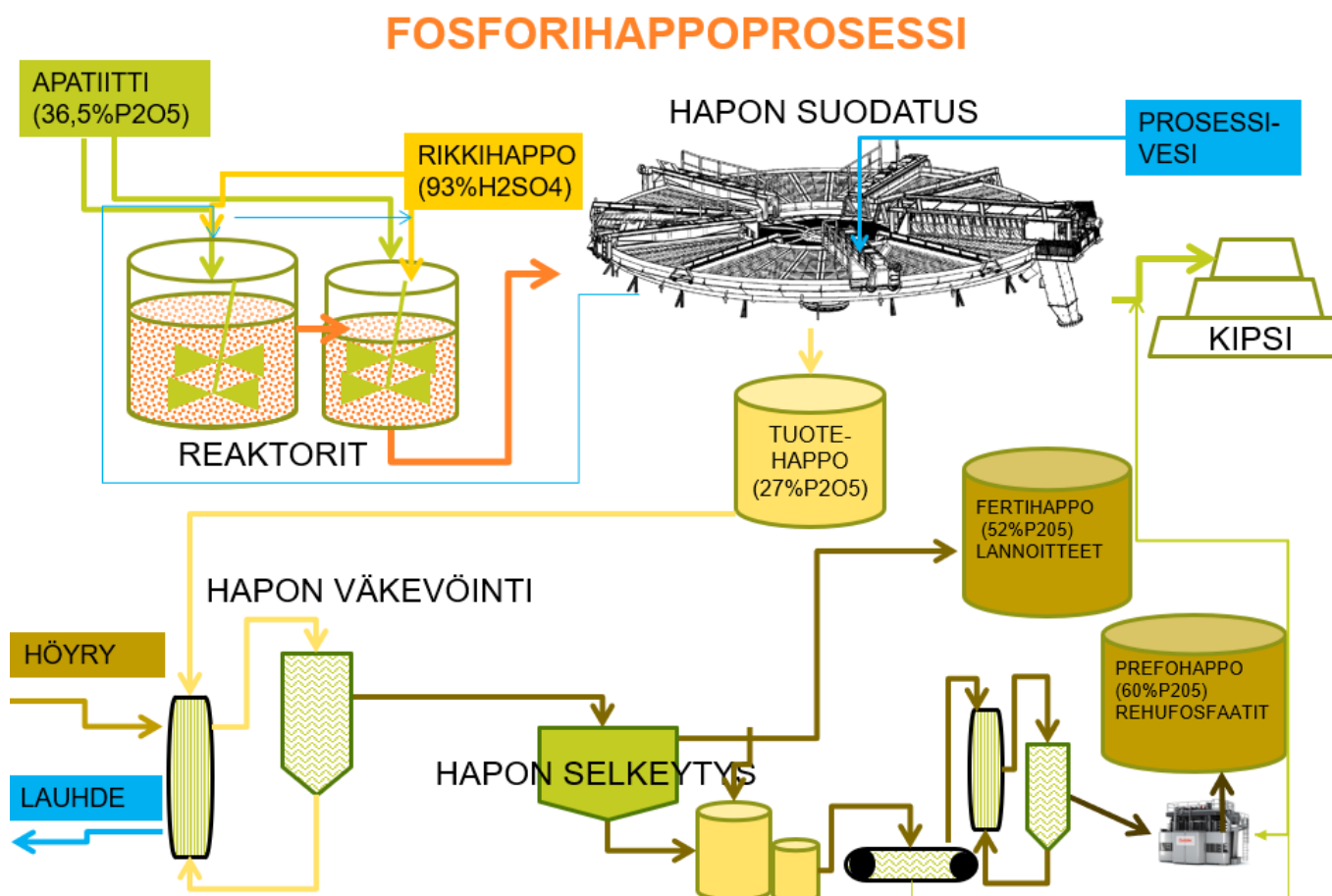
Kuva 2, Yara Suomen fosforiketju. (Girsen, 2014)

## 3.2 Prosessivaiheet

Siilinjärven fosfaattikaivoksella louhittu kivi murskataan monen rummun läpi, kunnes se on tarpeeksi hienojakoista rikastettavaksi. Kiviaineksesta saadaan rikastamalla apatiittirikastetta, joka ajetaan kaivokselta rekka-autoilla fosforihappotehtaalle. Apatiitti kipataan lastauspaikan siiloon, josta se kulkee kuljettimia pitkin joko välivarastoon tai suoraan päiväsiiloon tehtaan sisälle.

Päiväsiilosta apatiittia annostellaan reaktoreihin yhdessä rikkihapon kanssa. Rikkihappo valmistetaan Yaran Siilinjärven rikkihappotehtaalla ja se tulee FHT:lle putkilinjoja pitkin. Näiden aineiden reaktiossa syntyy slurryä, joka puolestaan syötetään erilaisille suotimille. Slurrystä imetään happo suodattimien läpi ja kankaan päälle jää jäljelle sivutuotteena syntyvä kipsi.

Suodattimilta saatu tuotehappo ohjataan seuraavaksi väkevöinnille, joissa haposta höyrystetään ylimääräinen vesi pois. Tuotehappo on ennen väkevöintiä noin 27 % fosforihappoa. Väkevöinnin jälkeen tapahtuu vielä hapon selkeytys, jonka seurauksena saadaan valmista Fertihappoa (52 %) lannoitteiden valmistuksen raaka-aineeksi. Kuvassa 3 havainnollistetaan fosforihappoprosessia tuotantokaaviolla. (Girsén, 2014)



Kuva 3, Fosforihappoprosessin tuotantokaavio. (Girsén, 2014)

### 3.2.1 Sivuprosessit

Fosforihappojen valmistuksen lisäksi FHT tuottaa myös fluoripiihappoa, joka otetaan talteen väkevöinnin yhteydessä. Tälle ei ole omaa käyttöä Siilinjärven tehtaalla, joten se myydään eteenpäin. Fluoripiihappoa käytetään alumiinifluoridin valmistukseen ja alumiinifluoridia taas käytetään pääsääntöisesti alumiinin elektrolyyttiseen valmistukseen. Fluoripiihappoa syntyy noin 17 000 tonnia vuodessa. (Norsk Hydro, 2020)

Fosforihapon tuotantoprosessissa syntyy myös ympäristölle haitallisia kaasuja. Näiden varalle on kehitetty poistokaasujen pesujärjestelmä, jonka tarkoituksena on minimoida päästöjä. Järjestelmän toimintatapa on kolmevaiheinen pesu, joka suoritetaan prosessikaasuille.

Tuotantoprosesseissa tarvitaan myös paljon vettä, jota pumpataan noin puolen kilometrin päästä järvestä. Prosessissa vesi muuttuu happamaksi, joten sitä ei voida laskea takaisin luontoon. Kipsimäen vierelle on kaivettu prosessivesialtaat, joihin vesi johdetaan. Näitä vesiä varten on rakennettu vesien neutralointilaitos, jotta prosessivedet voidaan käyttää uudelleen fosforihappotehtaalla. Lopuksi ylimääräinen puhdistettu vesi lasketaan takaisin järveen. (Girsén, 2014)

### 3.3 Prosessissa syntyvän sivutuote kipsin hyötykäyttö

Fosforihapon tuotannossa syntyy sivutuotteena kipsiä noin 1,5 miljoonaa tonnia vuodessa. Pääosin kipsi on kalsiumsulfaattia (noin 80 %) ja lisäksi se sisältää esimerkiksi kaliumia, natriumia ja magnesiumia. Kipsiä käytetään maanparannusaineeksi sekä osana lannoitteiden valmistusta. Nykyisessä SAVE-hankkeessa tutkitaan, millaisia kasvua parantavia vaikutuksia saadaan kipsin levittämisestä pelloille. Maanparannuskipsin on todettu vähentävän peltojen fosforikuormitusta noin 50 prosentilla vesistöön nähden. Lisäksi se vähentää eroosiota ja fosforin huuhtoutumista vesistöön. (SAVE, 2019)

Kipsille on yritetty löytää vuosien saatossa monenlaista hyötykäyttökohteita ja niitä etsitään jatkuvasti lisää. Kipsi kasataan noin kilometrin päässä tehtaalta sijaitsevaan kipsimäkeen. (kuva 4) Yara on aloittanut 2019 YVA ja ympäristölupamenettelyyn, jolla se hakee kipsin läjitysalueen laajennusta ja siten toiminnan jatkumista Siilinjärvellä 2035 loppuun asti". (Rambol Finland Oy, 2018)

Kipsin käyttöä maanparannusaineena on tutkittu esimerkiksi Trap-hankkeessa jo vuodesta 2008 saakka. Tässä mukana olleita tahoja ovat muun muassa Suomen ympäristökeskus, MTT, TTS-tutkimus, Luode Consulting sekä Vantaanjoen ja Helsingin seudun vesiensuojeluyhdistys ry. Kipsin käyttöä fosforin sitomistarkoitukseen on tutkittu laboratoriossa sekä pelloilla 20 maanviljelijän voimin. 10 vuotta hankkeen aloittamisen jälkeen maanviljelijät olivat edelleen sitä mieltä, että maan muokattavuus ja rakenne oli parantunut kipsinlevityksen jälkeen ja vaikutukset ovat näkyvissä tänäkin päivänä. (SAVE, 2018)



Kuva 4, Havainnekuva, jossa näkyvät kipsimäki, prosessivesialtaat, kipsikuljetin ja osa tehdasalueesta koillisen suunnasta kuvattuna. (Girsén, 2014)

## 4 ROXON-KIPSIKULJETIN

### 4.1 Kuljettimen taustat ja historia

Roxon-putkihihnakuljetin (kuva 5) on kipsimäen päällä oleva liikkuva kuljetin, joka jakaa kipsiä mäen eri puolille. Roxon on kuljettimen valmistajan merkki ja tästä kyseisestä kuljettimesta Yaralla käytetään yleisesti nimeä Roxon. Roxon kuuluu Australialaisen Nepean Conveyorsin alaisuuteen, joka valmistaa erilaisia kuljetinratkaisuja kaivos- ja teollisuuskäyttöön. (Nepean Conveyors Oy, 2019)

Kipsikuljetin oli alun perin vuonna 1969 vain noin 200 metriä pitkä ja se pudotti kipsin aivan tehtaan läheisyyteen. Siitä kipsi lastattiin kuorma-autoihin ja ajettiin kipsinläjitysalueelle reilun kilometrin päähän fosforihappotehtaasta. Myöhemmin kuljetinta jatkettiin, jotta kuorma-autoilla ajettava matka saatiin lyhemmäksi. Roxon otettiin Yaralla käyttöön vuonna 1992, jolloin se tuli korvaamaan kokoaikaisen kuorma- ja louhosautoilla tapahtuvan kipsin kuljetuksen. Nykyisin kipsiä ajetaan louhosautoilla vain silloin, kun Roxon on siirron tai vikaantumisen takia poissa käytöstä.

### 4.2 Tekniset tiedot

Roxon on rakennettu ympäröivälle tela-alustalle. Voimanlähteenä vetoteloille toimii kummallekin telalle oma sähkömoottori. Kuljetinta liikutetaan kauko-ohjaamalla ja sen ainoa nopeus on hidas ryömintävauhti.

Kuljettimen hihna kulkee umpinaiseksi putkeksi käännettynä. Putki avautuu kummassakin päädyssä kipsin lastausta ja pudotusta varten. Hihna käännetään putkelle erilaisten telojen ja ohjureiden avulla. Hihna kiritään kuljettimen pudotuspäässä sijaitsevalla telastolla ja hihna pyörii myös tässä päässä olevan vetotelan voimalla. Hihnan kokonaispituus on noin 420 metriä.



Kuva 5, Roxon-kipsikuljettimen pudotuspää. (Heinonen, 2018)

Kuljettimen pudotuspäästä löytyy sähkökeskus, josta sen ajoasetuksia säädetään. Täältä voidaan valita, ajetaanko kuljetinta kauko- vai käsikäytöllä. Normaalissa kipsinajotilanteessa toimintaa vaihdetaan FHT:n ohjaamosta tietokoneen näytön ja Roxonin päässä olevan kameran välityksellä. Kamera on suunnattu näyttämään kipsin pudotusta heittokuljettimelle ja heittokuljettimelta mäkeen. Kuvassa 6 esitetään Roxonin tekniset arvot.

#### TEKNISET ARVOT

Suunnittelu perustuu kipsin normaaleihin ominaisuuksiin:

- kapasiteetti 200 t/h
- ominaispaino 1,3 t/m<sup>3</sup>
- kuljetuspituus 200 m

Kuljettimen tekniset arvot:

- |   |  |
|---|--|
| - kokonaispaino   | n. 92.000 kg   |
| - kuljettimen pituus                                    | n. 200 m   |
| - hihnaputken halkaisija                                | 200 mm   |
| - hihnanopeus   | 2,1 m/s  |
| - hihnan leveys   | 780 mm   |
| - hihnan tyyppi   | P 250/2 3+2 mm<br>(Scholtz FLEXOPIPE)                    |
| - hihnan täytösaste                                     | 64,7 %   |
| - kuljettimen sähkömoottoriteho<br>(hydraulinen käyttö) | 55 kW  |
| - vetorumpu   | DK 110-630X-900,<br>varustettu laippa-<br>kiinnityksellä |
| - taittorummut  | BK 80-400K-900   |
| - rullat  | TS 76-20A-125<br>TS 89-20B-315                           |

Kuva 6, Roxonin tekniset arvot. (Roxon Oy, 1992)

#### 4.2.1 Heittokuljetin

Heittokuljetin (kuva 7) on Roxonin viimeinen osa, joka heittää kipsin kipsimäkeen. Sen avulla kipsiä voidaan jakaa laajemmalle alueelle siirtämättä koko kuljetinta.



Kuva 7, Heittokuljetin ajon aikana. (Hartikainen, 2020)

#### 4.3 Kuljettimen vahvuudet ja heikkoudet

Fosforihappotuotannon seurauksena syntyvän kipsin määrä on niin suuri, että liikkuva kuljetin on tällä hetkellä ainut järkevä ratkaisu kipsin läjitykseen. Kuljetinta joudutaan siirtämään sen sijainnin mukaan yleensä 1–5 kertaa viikossa. Siirto vaatii jokaisella kerralla kuljettimen käytön pysäyttämisen, jonka seurauksena auran alus alkaa täyttyä kipsistä.

Heittokuljettimen liikuntasäde kiinnitysakselilla on noin 210 astetta, joten se ylittää heittämään kipsin laajalle alueelle mäen reunalta. Heittokuljetin kasvattaa kipsin pudotusaikaa yhdeltä paikalta, kun kasa muodostuu laajemmalle alueelle.

Tasaisella alustalla kuljetin liikkuu kevyesti, mutta liikuttamisen aikana tarvitaan aina hieman ulkopuolista apua. Pienissä siirroissa mukana on yleensä yksi kaivinkone, joka vetää kuljettimen häntää ja asettelee sitä symmetriselle kaarelle. Kaarelle asettelu on tärkeää, koska hihna voi pompata väärään asentoon tai kokonaan pois rulliltaan sen ollessa huonossa asennossa. Välillä kuljetin joutuu olemaan ylämäessä, jolloin sen liikkuminen hankaloittuu. Tällöin telasto joutuu suuremmalle rasitukselle ja kuljettamisesta tulee entistä hitaampaa.

Kuvassa 8 havainnollistetaan auralta alas laskemisen paikka ja kuvassa 9 esitetään Roxonin pudotuspäätä.



Kuva 8, Kuljetin kipsimäen päällä auran aluksen kohdalta. (Hartikainen, 2020)



Kuva 9, Roxonin pudotuspää. Kuvassa myös sähkökeskus, ajotelat ja heittokuljetin (Hartikainen, 2020)

## 5 KUNNOSSAPITO

## 5.1 Kunnonvalvonta

Yaralla on käytössään SAP-järjestelmä, jolla seurataan kaikkea huoltoon ja kunnossapitoon liittyviä töitä. Havaitusta epäkohdasta kuka tahansa henkilökuntaan kuuluva voi tehdä vikailmoituksen, jolloin se tulee kunnossapidon tietoon. SAP:sta voidaan myös tarkastella tehtyjä kunnossapitotöitä laitteiden koko käytön ajalta.

Change PM Orders: List of Orders						
Notification	Order	Type	Description	Created on	Functional Location	
6790512	12491507	ZCND	FK51 Heittokuljettimen huolto	11.01.2019	SVI-FKK-M-FK51	
6584694	12312722	ZCOR	FK51 - kuljettimen huolto varastoon	28.12.2017	SVI-FKK-M-FK51	
6568166	12298244	ZCND	FK51 KULJETIN HUOLTO	28.11.2017	SVI-FKK-M-FK51	
6969089	12649065	ZCOR	Fk51 vatomootorin letu rikki	12.12.2019	SVI-FKK-M-FK51	
6879903	12570736	ZCOR	FK51 Heittokuljettimen kunnostus varalle	26.06.2019	SVI-FKK-M-FK51	
6862581	12555332	ZCND	FK51 - heittokuljettimen vaihto	24.05.2019	SVI-FKK-M-FK51	
6806165	12505197	ZCOR	FK51 - heittokuljetin ei käänny	07.02.2019	SVI-FKK-M-FK51	
6785800	12487485	ZCOR	FK51 - heittokuljettimen vaihto	03.01.2019	SVI-FKK-M-FK51	
6576061	12305071	ZCOR	FK51 - kuljetin vaihto	12.12.2017	SVI-FKK-M-FK51	
6306710	12072853	ZCND	FK51-kuljettimen käänstöylinterin vuoto	26.07.2016	SVI-FKK-M-FK51	
6353956	12114203	ZCOR	FK51 - kuljettimen kunnostus	26.10.2016	SVI-FKK-M-FK51	
6342829	12105134	ZCOR	FK51 - Rumpumoottori irronnut	06.10.2016	SVI-FKK-M-FK51	
6307800	12073658	ZCND	FK51 - kuljettimen kunnostus varastoon	27.07.2016	SVI-FKK-M-FK51	
6292359	12059908	ZCND	FK51 HEITTOKULJETTIMEN VAIHTO- REVENNYT	27.06.2016	SVI-FKK-M-FK51	
6253227	12025670	ZCND	FK51 - heittokuljettimen vaihto	13.04.2016	SVI-FKK-M-FK51	
6189961	11971382	ZCND	FK51 - Heittokuljettimen kunnostus	28.12.2015	SVI-FKK-M-FK51	
6198878	11979119	ZCND	FK51 HEITTOKULJETTIMEN KÄÄNNÖSSÄ ÖLJY VU	12.01.2016	SVI-FKK-M-FK51	
6343645	12105254	ZCND	FK51 - käänörunko ja kannatin uusinta	06.10.2016	SVI-FKK-M-FK51	
6158440	11944329	ZCND	FK51 HEITTOKULJETTIMEN VAIHTO	03.11.2015	SVI-FKK-M-FK51	
4940641	11787025	ZCND	FK51 - heittokuljettimen kunnostus	18.11.2014	SVI-FKK-M-FK51	
4922339	11771505	ZCND	FK51 vatomootorin irtoaminen	10.10.2014	SVI-FKK-M-FK51	
4916803	11766686	ZCND	FK51 HEITTOKULJETTINEN HYD.VUOTO	29.09.2014	SVI-FKK-M-FK51	
4882174	11737095	ZCOR	FK51 - heittokuljettimen kunnostus	15.07.2014	SVI-FKK-M-FK51	
4880149	11735463	ZCND	FK51 HEITTOKULJETTIMELLA LETKU MEHII	10.07.2014	SVI-FKK-M-FK51	
4833364	11695269	ZCND	FK HEITTOKULJETTIMEN KUNNOSTUS	01.04.2014	SVI-FKK-M-FK51	
4833362	11695267	ZCND	FK51 HEITTOKULJETTIMEN HIHNA KULUNUT, VA	01.04.2014	SVI-FKK-M-FK51	
4832993	11694873	ZCND	FK51 KONEIKOSSA VIKA	31.03.2014	SVI-FKK-M-FK51	
4940561	11786956	ZCND	FK51 - heittokuljettimen vaihto	18.11.2014	SVI-FKK-M-FK51	
4720327	11595261	ZCOR	FK 51 HEITTOKULJETTIMEN VAIHTO	03.10.2013	SVI-FKK-M-FK51	
4673515	11554863	ZCOR	FK51 HEITTOKULJETTIMEN KUNNOSTUS	19.06.2013	SVI-FKK-M-FK51	
4501979	11406082	ZCOR	FK51 HEITTOKULJETTIMEN VAIHTO SEISOKISSA	13.06.2012	SVI-FKK-M-FK51	
6897635	12586566	ZCOR	FK51-HEITTOKULJETTIMEN VALO RIKKI	01.08.2019	SVI-FKK-M-FK51	
6268040	12038664	ZCND	FK51 - heittokuljettimen kunnostus	11.05.2016	SVI-FKK-M-FK51	
4869639	11726539	ZCND	FK51 HEITTOKULJETTIMEN VAIHTO	17.06.2014	SVI-FKK-M-FK51	
4758763	11627422	ZCOR	FK51 LANGALLINEN KAUKOSÄÄDIN EI TOIMI.	17.12.2013	SVI-FKK-M-FK51	
4738357	11610069	ZCOR	FK51 HEITTOKULJETTIMEN KUNNOSTUS	06.11.2013	SVI-FKK-M-FK51	
4611742	11500288	ZCOR	FK51 HEITTOKOLJETTIMEN KUNNOSTUS VARASTO	07.02.2013	SVI-FKK-M-FK51	
4600290	11490470	ZCND	FK51 H-KULJETTIMEN VAIHTO / HIHNA RIKKO	18.01.2013	SVI-FKK-M-FK51	
4590276	11481664	ZCOR	FK51 kuljetinrullien palautus varastoon	02.01.2013	SVI-FKK-M-FK51	
4556790	11453446	ZBRD	FK51 HEITTOKULJ VAIHTO	19.10.2012	SVI-FKK-M-FK51	
4556798	11453456	ZCOR	FK51 HEITTOKULJ. KORJAUS VARASTOON ( XFI	19.10.2012	SVI-FKK-M-FK51	
4504663	11408332	ZCOR	FK51 HEITTOKULJETTIMEN KUNNOSTUS	19.06.2012	SVI-FKK-M-FK51	

Kuva 10, FK51 työmääräimet, (Liimatainen, Yksityinen sähköpostiviesti, 2020)

Järjestelmästä voidaan etsiä vanhoja töitä esimerkiksi laitepaikan perusteella. Jokaisella laitteella on oma laitepaikka, kuten heittokuljettimella FK51. Työmääräimissä (kuva 10) näkyvät ainoastaan suu-remmat huolto- ja kunnostustyöt. Yksittäisistä hinnan säädöistä ei jää tietoa järjestelmään.

**Display PM Notification: Maintenance request**

In process again

Notification: 6785800 M1 FK51 - heittokuljettimen vaihto

Notific. Status: NOCO ORAS

Order: 12487485

Notification Documents Malfunction, breakdown Location data Scheduling overview Items

Reference object

Functional loc.: SVI-FKK-M-FK51 KIPSIKULJETIN

Equipment

Assembly

Responsibilities

Planner group: FME / SVI1 FHT mek.kp

Main WorkCtr: PMFHTMEK / SVI1 FHT mekaaninen kunnossapito

Reported by: A901861 Notif.date: 03.01.2019 07:31:15

Start/End Dates

Required Start: 10.01.2019 07:34:17 Priority: Planned Action

Required End: 24.01.2019 07:34:17  Breakdown

Item

Object part

Damage: FI D2.3 Materiaalivika kuluminen

Text

Cause

Cause text

Entry 1 frm 1

Subject

Coding

Description: FK51 - heittokuljettimen vaihto

3.1.2019 heittokuljettimen laitatiivisteet vuotava ja päästävät kipsiä rullastoille ja rummuille. Hihna alkaa soutaa ja hakkaa itseään laitatiivisteisiin. Vaihdetaan heittokuljetin. -TLi-

Kuva 11, FK51 vaihdon vikailmoitus, (Liimatainen, Yksityinen sähköpostiviesti, 2020)

Vikailmoituksista nähdään mikä laitteessa on milloinkin vikana. Tässä yllä nähtävässä ilmoituksessa vikana on olleet kuluneet ja vuotavat reunakumit, joiden seurauksena telaston väliin pääsee kipsiä. Tämä aiheuttaa sen, että kipsiset telat alkavat kammata hihnaa pois paikoiltaan ja lopputuloksena hihna voi repeytyä kokonaan.

Vikailmoitusten ansiosta voidaan toteuttaa ennakoitu korjaustoimenpide ja säästytään näin ollen pahemmalta kuljettimen tukkeutumiselta. Talviaikaan Roxonin pysäyttäminen lastattuna tuottaa ongelmia, sillä lämmin kipsi ehtii jäätyä ja tarttua hihnaan kiinni. Kuvassa 12 on vikailmoituksesta saatu raportti.

**Display PM Notification: Maintenance request**

In process again

Notification: 6790512 M1 FK51 Heittokuljettimen huolto

Notific. Status: NOCO ORAS

Order: 12491507

Notification Documents Malfunction, breakdown Location data Scheduling overview Items

**Reference object**

Functional loc.: SVI-FKK-M-FK51 KIPSIKULJETIN

Equipment:

Assembly:

**Responsibilities**

Planner group: FME / SVI1 FHT mek.kp

Main WorkCtr: PMFHTMEK / SVI1 FHT mekaaninen kunnossapito

Reported by: A201236 Notif.date: 11.01.2019 06:29:27

**Start/End Dates**

Required Start: 10.01.2019 06:30:15 Priority: Planned Action

Required End: 28.02.2019 06:30:15  Breakdown

**Item**

Object part:

Damage: FI D6.0 Sekalaiset yleinen

Text:

Cause: FI C3.0 Käyttö/huolto yleinen

Cause text:

Entry 1 frm 1

**Subject**

Coding:

Description: FK51 Heittokuljettimen huolto

Tuli huoltoon työltä 12497485.

Veto ja taittotelat sekä kannatustelat aika kuluneita. Mnenevät vaihtoon, samoin kuin ohjausrullat. Reunakaavareiden tukia hitsattava, samoin uusitaan kaikki reunakumit. Hydr.moottori myös vaihdetaan.

Koepyöritys kun paketti valmis.  
- Taneli koepyöritti ja säätö pakettin

Kuva 12, FK51 Vikailmoituksen raportti, (Limatainen, Yksityinen sähköpostiviesti, 2020)

## 5.2 Kuljettimen huolto

Nykyään heittokuljetinta joudutaan huoltamaan satunnaisesti muutaman kerran kuukaudessa. Yleensä tämä tarkoittaa vain hihnan säätämistä, sillä sääolosuhteet vaikuttavat hihnan säädöissä pysymiseen. Kokonaisuudessaan heittokuljetin joudutaan vaihtamaan noin neljä kertaa vuodessa. Yleisin vaihdon syy on hihnan repeytyminen.

Heittokuljettimen vaihtoon kuluu aikaa noin neljä tuntia, kun lasketaan yhteen käytössä olleen irroitusta ja varastosta tulleen paikoilleen asennus. Työtä on normaalisti tekemässä kaksi asentajaa ja heitä nostoissa avustamassa kaivinkonekusi. Käytössä olleen heittokuljettimen kunnostus onnistuu myös yhdeltä mieheltä, sillä se suoritetaan korjaamotiloissa, jolloin käytössä on siltanosturi. Kunnostukseen varattu aika on noin 16 tuntia. Yhden miehen työajassa laskettuna kuljettimen vaihto teettää työtä vähän reilun kolmen päivän verran.

Opinnäytetyön aikana heittokuljetin jouduttiin vaihtamaan yhden kerran hihnan kulumisen takia. Reunakumit, jotka estävät kipsin pääsemisen telojen väliin olivat hanganneet hihnaan syvät urat. Vaihto suoritettiin ennen kuin hihna ennätti katketa, jolloin suuremmilta ongelmilta vältyttiin.



Kuva 13, Heittokuljettimen irroitusta kehdestä. (Holopainen, 2020)



Kuva 14, Heittokuljettimen kehto ja sen ympäristö. (Lämsä, 2020)

Kuvista 13 ja 14 näkyy, millaisissa olosuhteissa kuljetin talviaikaan toimii. Pölysevä kipsi tukkii kaikki paikat sekä yhdessä lumen ja jään kanssa ne aiheuttavat välillä ongelmia. Vaihtotyön aikana sattui tällä kertaa olemaan tyyni ja aurinkoinen keli.

### 5.3 Kuljettimen säätö

Hihnan kiristäminen (kuva 15) tapahtuu heittokuljettimen lastauspään telarullaa säätämällä. Telan kummassakin päädyssä on mutterit, joilla säädetään rullan paikka kuljettimen rungossa olevilla kiskoilla. Mutterit ovat hankalalla paikalla, sillä niihin ei yllä maasta eikä kävelysillalta käsin.



Kuva 15, Hihnan kiristämisen säätökohta. (Hartikainen, 2020)

#### 5.3.1 Vaikuttavat tekijät säädön tarpeeseen

Heittokuljetinta joudutaan säätämään monista erinäisistä syistä. Kipsimäen päällä, yleensä korkeimmalla kohdalla vallitsee ankarat sääolosuhteet. Kesäaikaan sade kastelee hihnaa ja vähänkin huonossa asennossa oleva liukas hihna saattaa luiskahtaa helposti pois paikoiltaan. Talvella kova tuuli ja pakkasen aiheuttavat jäätymistä. Jos hihna jostain syystä pysähtyy kesken kipsin ajon, kipsi voi ehtiä jäätyämään hihnalle ja aiheuttaa tukoksen pudotuspäässä.

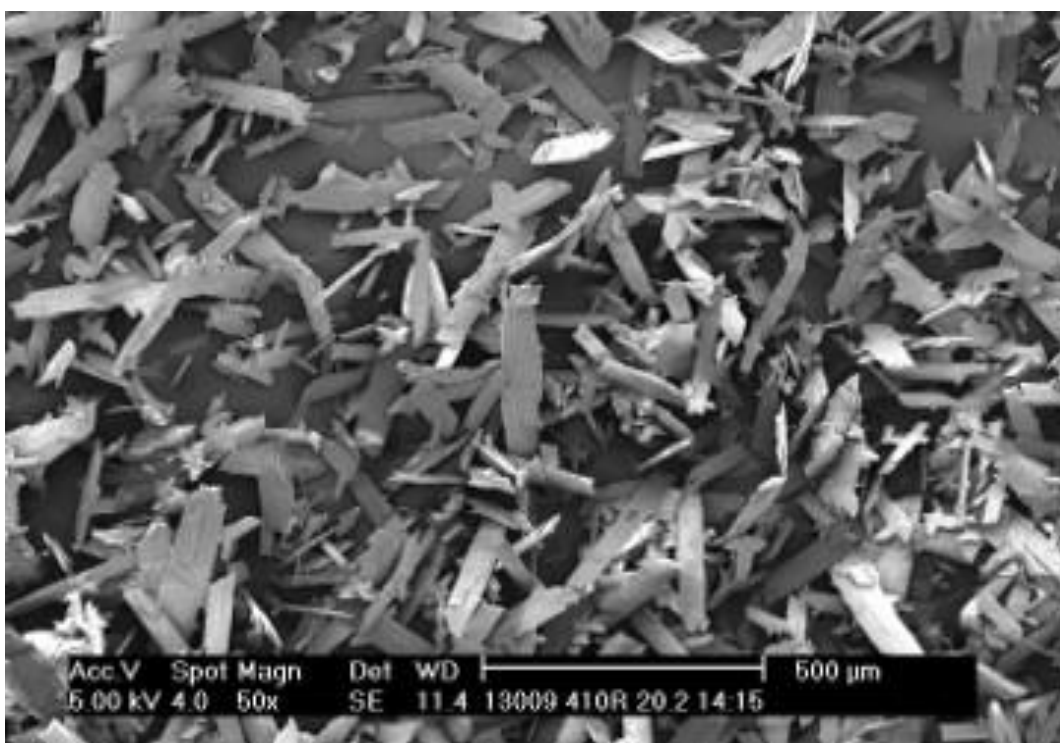
Ajan kuluessa vanha hihna löystyy ja sitä joudutaan kiristämään. Hihnan materiaali on kumia ja se venyy käytön myötä. Hihnaa vasten painuvat reunakumit aiheuttavat hihnaan kulumista, sekä reunakumit itse kuluvat hihnan pyöriessä.

Kipsi ei ole joka päivä tasalaatuista, vaan sen koostumus vaihtelee tuotannon mukaan. Välillä kipsi on hyvin kuivaa ja pölisevää, mutta toisena päivänä se voi olla taas kosteampaa ja tarttuvampaa. Kummallakin on omat hyvät ja huonot ominaisuudet, joten tämänkin takia kuljettimesta on hankala löytää oikeanlaisia säätöjä. Pölisevä kipsi tukkii helposti kaikki paikat ja kostea kipsi tarrautuu kiinni hihnaan sekä teloihin. Mikäli kipsiä pääsee menemään enemmän telan ja hihnan väliin, se alkaa kammata hihnaa pois paikoiltaan.

Kipsi on rakenteeltaan huokoista ja se painuu ajan mittaan tiiviimmäksi. Mikroskoopilla tutkittuna kipsin rakenne on liuskemaista ja terävää, vaikka paljain silmin katsottuna aine näyttää varsin pehmeältä (kuvat 16 ja 17). Käsien tunnustelemalla kipsi tuntuu ikään kuin lämpöiseltä lumelta. Kipsin karkea rakenne aiheuttaa kulumista hihnassa ja telastossa. Erilaisten kokeilujen myötä on selvinnyt, että kumiset materiaalit kestävät kipsin aiheuttamaa kulutusta paremmin, kuin esimerkiksi teräksiset tai muoviset.



Kuva 16, Kipsin rakenne paljaalla silmällä katsottuna. (Girsen, 2014)



Kuva 17, Kipsin rakenne mikroskoopin läpi katsottuna. (Girsen, 2014)

### 5.3.2 Kehitysideat säädöissä pysymiseen

Kehitysideoiden pohtiminen FHT:n henkilöstön kanssa aloitettiin jo ensimmäisten palaverien aikana. Ideoiden pohjalta luotiin malli, jonka avulla voidaan kokeilla erilaisia ratkaisuja opinnäytetyön aikana ja tulevaisuudessa. Kokouksessa käytiin läpi ehdotuksia esimerkiksi erilaisista ohjurirullista tai mahdollisesti kuljettimen hihnan pyörittämisestä v-muodossa.

Telarullien valmistajilla löytyy valikoimistaan erilaisia ohjaavia tai putsaavia rullia, joita olisi mahdollista kokeilla heittokuljettimessa. Yhdet ohjurirullat laitteeseen on jo lisätty hihnan keskellä pysymisen toivossa, mutta nämäkään eivät ole tuoneet ratkaisua ongelmiin.

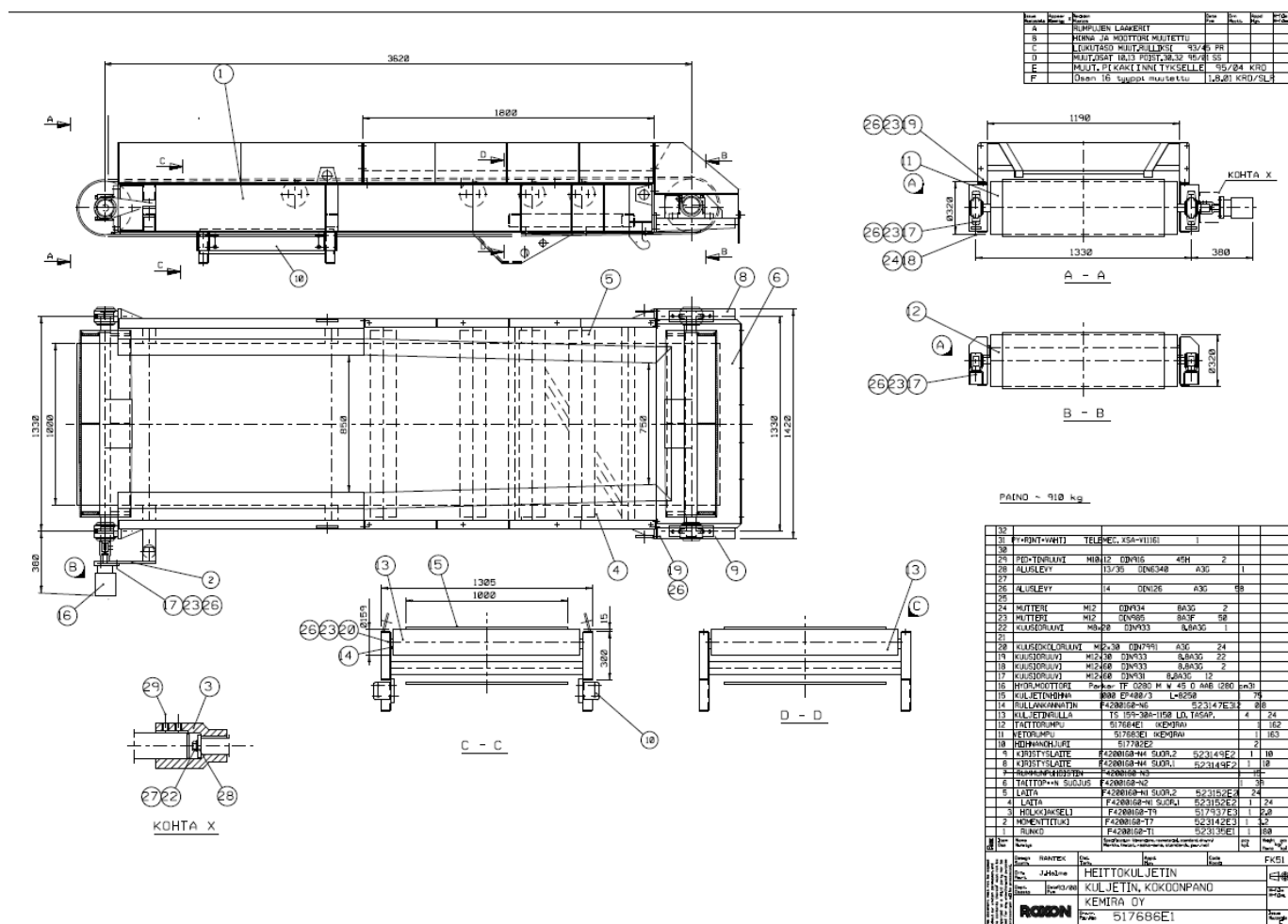
Hihnan puhtaana pysymiseen voitaisiin soveltaa erilaisia kaavareita, jotka puhdistaisivat hihnaa siihen tarttuneesta kipsistä. Toinen vaihtoehto voisi olla erilaiset putsaavat telarullat.

Reunakumien kuluminen mahdollistaa kipsin pääsemisen telarullien väliin. Tähänkin ongelmaan pitäisi löytää jonkinlaista ratkaisua, jotta huollon aikaväliä voitaisiin vähän kasvattaa. Lisäksi reunakumit syövät hihnaa liian nopeasti.

## 6 VAIHTOEHTOISTEN RATKAISUJEN SUUNNITTELU

## 6.1 Kuljettimen karkea mallinnus

Heittokuljettimesta tehtiin yksinkertaistettu 3D-malli Solidworks-ohjelmistolla. Pohjatiетoina malliin käytettiin vanhoja Roxonin heittokuljettimen piirustuksia (kuva 18) vuodelta 1993. Laitteesta ei ollut varsinaisia valmistuskuvia, joten tehty malli ei vastaa jokaiselta yksityiskohdaltaan täysin laitetta. Kuljettimen päämitat pitävät paikkansa. Vajaan kolmenkymmenen vuoden aikana heittokuljetin on myös kokenut muutoksia, jotka eivät vanhoissa piirustuksissa näy. Kuvassa 19 esitetään Roxonin kokoonpanopiirustuksen osat ja kuvassa 20 kuljettimen tekniset ominaisuudet.



Kuva 18, Kokoonpanopiirustus heittokuljettimesta. (Liimatainen, 2020)

32								
31	PY•RINT•VAHTI	TELEMEC. XSA-V11161	1					
30								
29	PID•TINRUUVI	M10x12 DIN916	45H	2				
28	ALUSLEVY	13/35 DIN6340	A3G	1				
27								
26	ALUSLEVY	14	DIN126	A3G	58			
25								
24	MUTTERI	M12	DIN934	8A3G	2			
23	MUTTERI	M12	DIN985	8A3F	50			
22	KUUSIORUUVI	M8x20	DIN933	8.8A3G	1			
21								
20	KUUSIOKOLORUUVI	M12x30	DIN7991	A3G	24			
19	KUUSIORUUVI	M12x30	DIN933	8.8A3G	22			
18	KUUSIORUUVI	M12x60	DIN933	8.8A3G	2			
17	KUUSIORUUVI	M12x60	DIN931	8.8A3G	12			
16	HYDR.MOOTTORI	Parker TF 0280 M W 45 O AAB (280	cm3)					
15	KULJETINHILNA	1000 EP400/3	L=8250		75			
14	RULLANKANNATIN	F4200160-N6	523147E312		0,8			
13	KULJETINRULLA	TS 159-30A-1150 LD, TASAP.		4	24			
12	TAITTORUMPU	517684E1 (KEMIRA)			162			
11	VETORUMPU	517683E1 (KEMIRA)			163			
10	HIIHNAOHJURI	517702E2			2			
9	KIRISTYSLAITE	F4200160-N4 SUOR.2	523149E2	1	10			
8	KIRISTYSLAITE	F4200160-N4 SUOR.1	523149E2	1	10			
7	RUMMUNPUHDISTIN	F4200160-N3			15			
6	TAITTOP••N SUOJUS	F4200160-N2		1	39			
5	LAITA	F4200160-N1 SUOR.2	523152E2		24			
4	LAITA	F4200160-N1 SUOR.1	523152E2	1	24			
3	HOLKKIAKSELI	F4200160-T9	517937E3	1	2.0			
2	MOMENTTITUKI	F4200160-T7	523142E3	1	3.2			
1	RUNKO	F4200160-T1	523135E1	1	180			
<b>Item</b> Osa	<b>Name</b> Nimitys	<b>Specification (dimensions, material, standard, draw.)</b> Markki (maat, raaka-aine, standardi, piir-kuva)			<b>pcs</b> kpl	<b>Weight</b> Paino	<b>pcs</b> kpl	
<small>This document must not be copied or reproduced in any way without the written consent of the copyright holder. It is intended for use only for the purpose for which it was issued. Any unauthorized use or reproduction may be prosecuted.</small>	<b>Design</b> Suunn.	RANTEK	<b>Chd.</b> Tark.		<b>Appd.</b> Hv.		<b>Code</b> Koodi	FK51
	<b>Drn.</b> Pirt.	J.Holme	<b>HEITTOKULJETIN</b>					
	<b>Dept.</b> Osasto	Date Pvm	9/3/08				<b>KULJETIN, KOKOONPANO</b>	
	<b>ROXON</b>	<b>KEMIRA OY</b>						
	<b>Drw. No.</b> Piir-Nro	517686E1					<b>Issue</b> Muutos	F

Kuva 19, Heittokuljettimen kokoonpanopiirustuksen osat.

(Liimatainen, Yksityinen sähköpostiviesti, 2020)

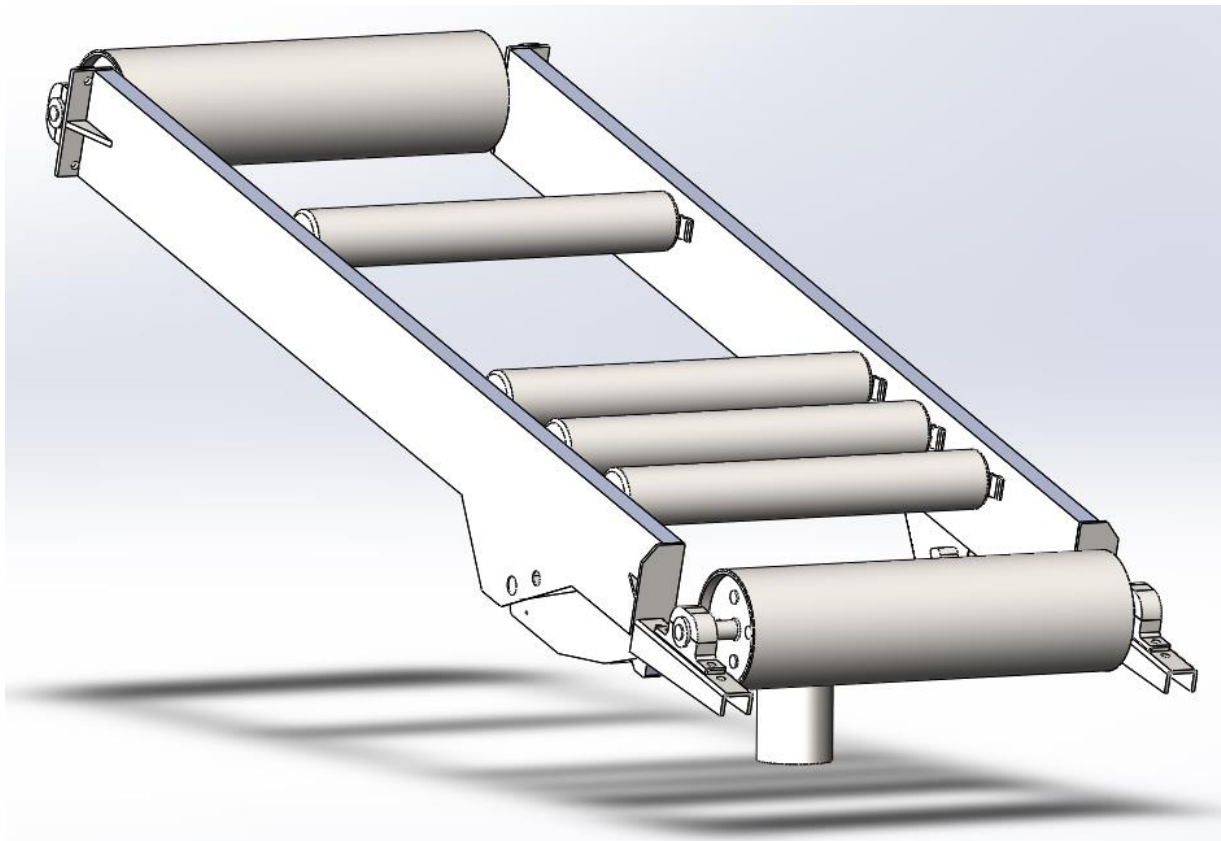
TEKNISET ARVOT	
Kuljetusteho	200 t/h
Hihnanopeus	4.2 m/s
Kuljettimen pituus	C-C= 3.6 m
Kuljett. nousu/kulma	0.6 m / 10.0°
K••nt•kulma	210 °
Kuljetettava aine	kipsi 1.3 ton/m3
Kuljetushilna	1000 EP400/3
Hydraulimoottori kulj.	TRW 730-0240-120
Py•rint•vahti	XSA-V11161
Hydr.v••nt•sylinderi	NTSVL-63, MALLI 2
Kierukkavaihde	SWE F105-71-408
Yleispiirustus	F 4200160
Hydraulikoavio	F 4200160-H1
S•hk•p•piirustus	F 4200160-E1

Kuva 20, Heittokuljettimen kokoonpanopiirustuksen tekniset arvot.

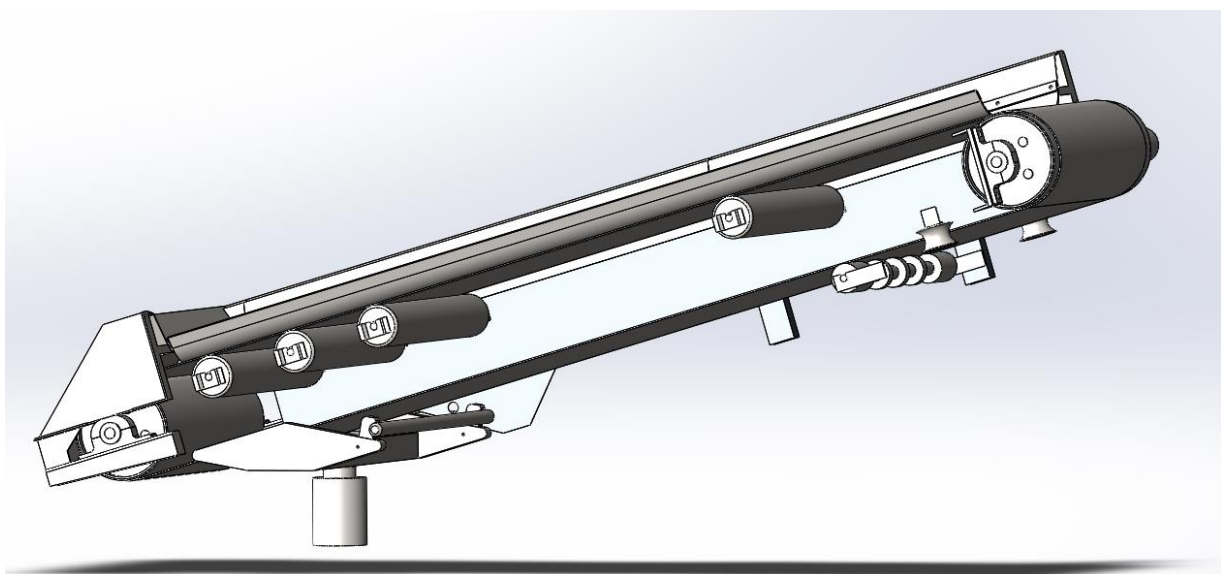
(Liimatainen, Yksityinen sähköpostiviesti, 2020)

### 6.1.1 Solidworksillä mallinnettu heittokuljetin

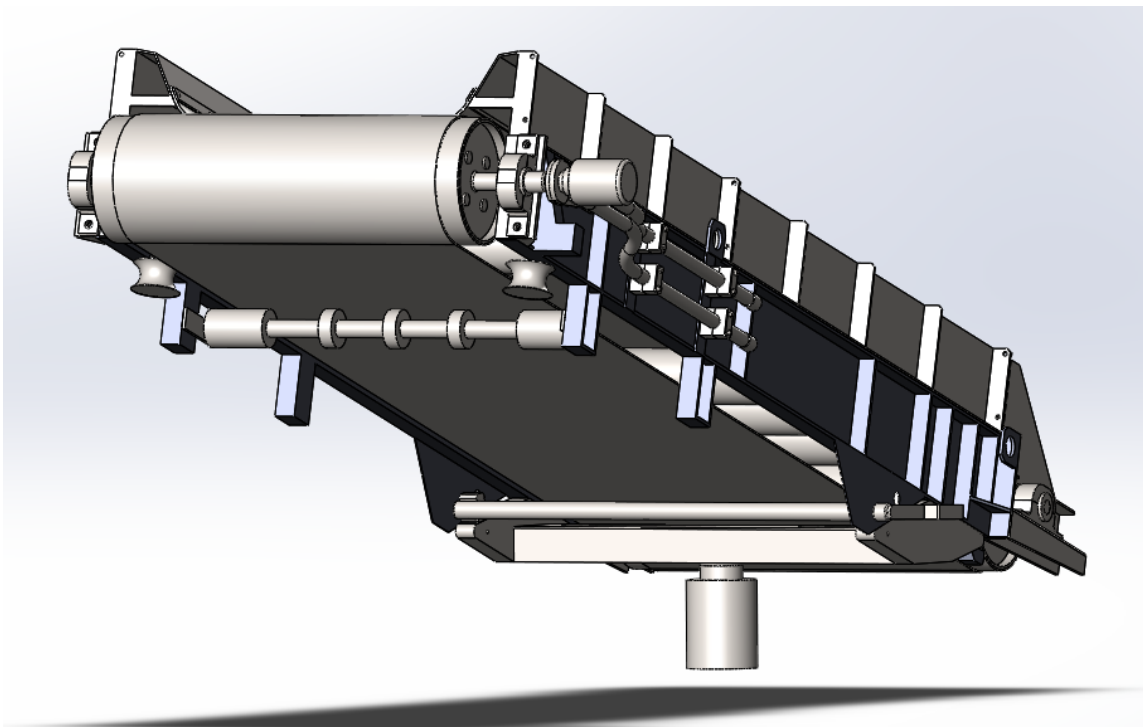
Kuvissa 21–24 esitetään mallinnuksen eri vaiheita, joista selviää heittokuljettimen rakenne ja toimintaperiaate.



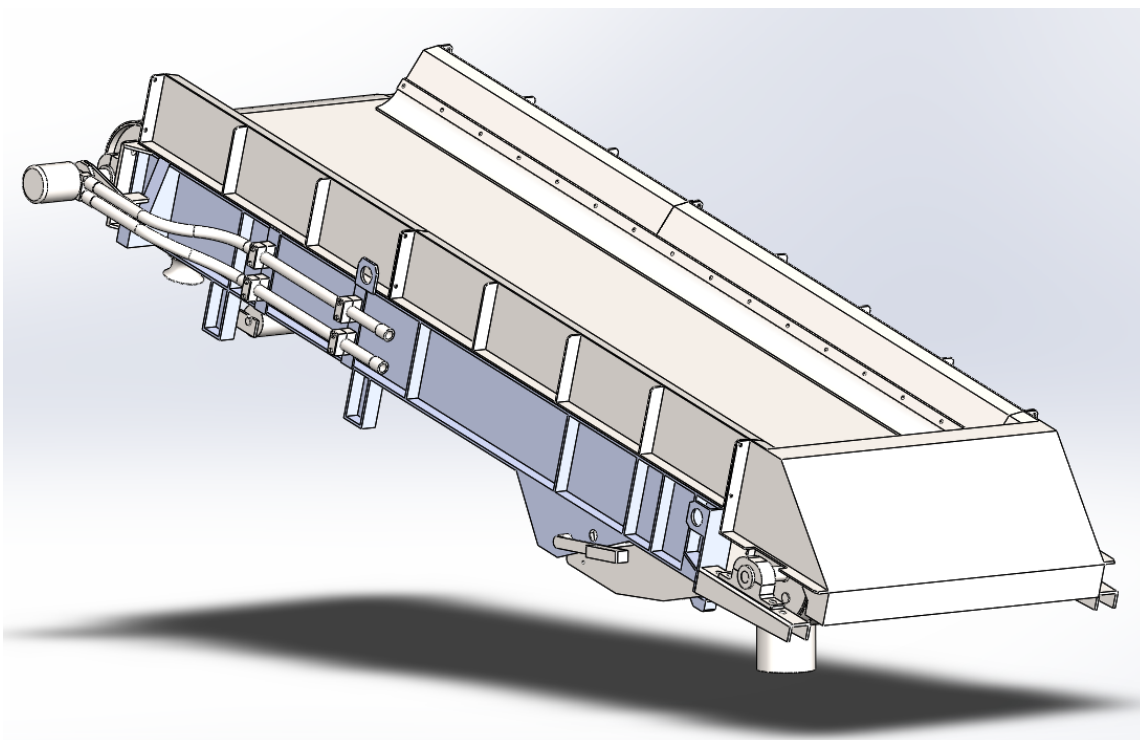
Kuva 21, Mallinnuksen alkuvaiheita.



Kuva 22, Heittokuljetin telarullat näkyvillä.



Kuva 23, Heittokuljetin pudotuspäästä.



Kuva 24, Heittokuljetin lastauspäästä.

## 6.2 Ongelmanratkaisuehdotukset

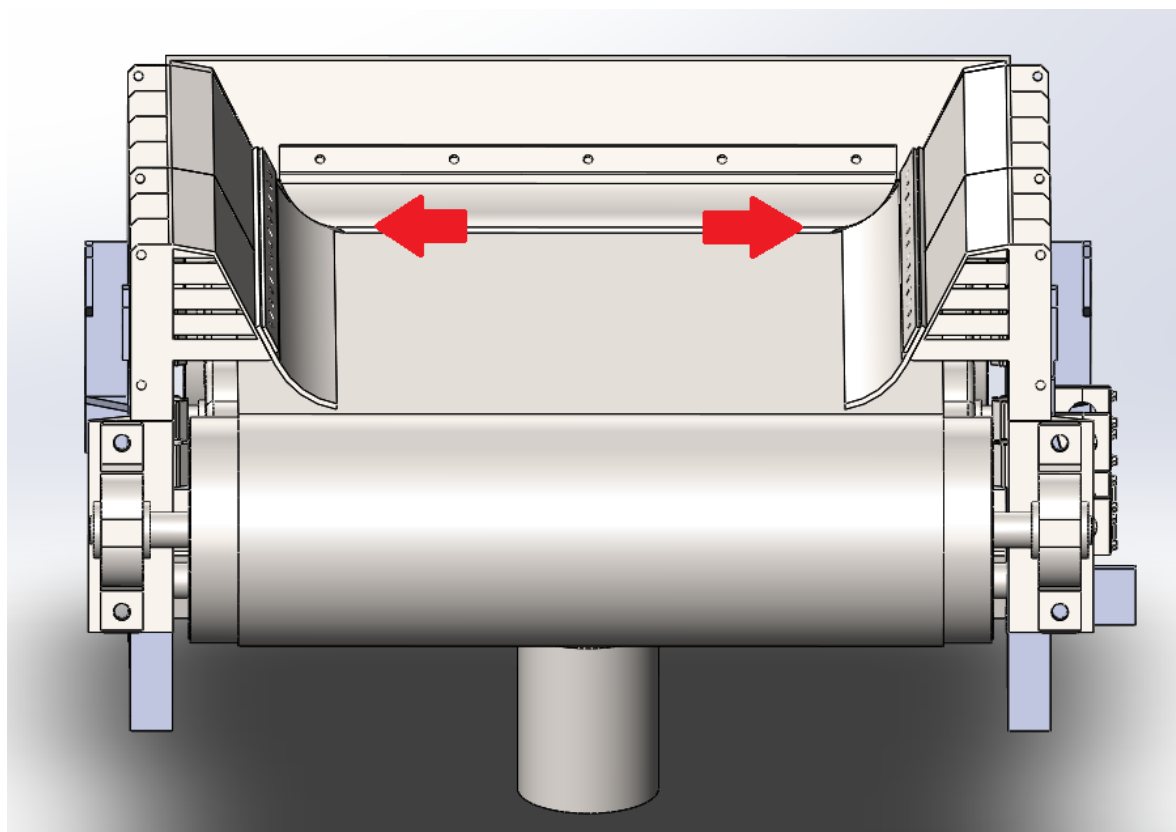
Solidworksillä luotuun malliin hahmoteltiin ratkaisuja, joita voitaisiin käyttää heittokuljettimessa. Alkuperäisistä kokoonpanokuvista poiketen kuljettimeen on jälkeenpäin asennettu kaksi ohjaavaa rullaa sekä yksi telarulla hihnan alapuolelle. Rullat näkyvät kuvissa 24 ja 25 hihnan alapuolella. Näillä muutoksilla ei kuitenkaan olla päästy haluttuun lopputulokseen.

## 7 VAIHTOEHTO RATKAISUT

### 7.1 Hihnan kuluminen

Yhtenä suurena ongelmana on ollut hihnan kuluminen reunakumien kohdalta. Tähän aletaan suunnitella erilaisia vaihtoehtoja, jotka mahdollisesti pidentävät hihnan käyttöikää. Esimerkiksi terävää hankauskohtaa ajatellen reunakumit voisi leikata pyöristetyiksi pyörimissuuntaan nähden reunakumin ja hihnan kosketuskohdasta.

Hihnan yksityiskohtaisemman tarkastelun jälkeen selvisi, että hihnan ja reunakumien kohtaamispaikassa pyörimissuunnan suhteen reunakumin terävä kantti hankaa hihnaa vasten. Eräs ratkaisuehdotus on asettaa reunakumit päinvastaisessa järjestyksessä paikoilleen, jolloin päätykauluksen kumi asetetaan sivukaulesten kumien alle. Kuvassa 25 on osoitettu reunakumien hankauskohdat.



Kuva 2, Heittokuljetin pudotuspäästä päin.



Kuva 26, Kulunut hihna ajossa. (Hartikainen, 2020)

Kuva 26 on otettu 5. helmikuuta 2020, jolloin hihna alkoi olla huomattavan kulunut reunakumien kohdalta. Hihna repesi kaksi päivää kuvan ottamisen jälkeen ja heittokuljetin jouduttiin vaihtamaan.

Kuljettimen kasaamiseen ei ole tarkkaa ohjetta, jonka mukaan kunnostustyö tehdään. Kasattaessa reunakumit saattavat olla joka toisella kerralla toisin päin asetettuna, jolloin hihna kuluu välillä nopeammin. Kuljettimen kunnostustyöhön voisi tehdä ohjekortin, jossa osoitetaan oikeaoppinen koamisjärjestys.

### 7.1.1 Reunakumit

Reunakumien väärään järjestykseen laittaminen aiheuttaa kipsin pääsemisen helpommin hihnan väliin reunakumien liitosten kohdalta. Tätä ongelmaa voidaan ehkäistä tekemällä päätyyn kaksi kumia päällekkäin, jolloin sivuilla olevat kumit asetettaisiin päätykumien väliin.

Alempi päätykumi voisi ehkäistä hihnan kulumista ja ylempi estäisi kipsin pääsemisen hihnan väliin. Alempi päätykumi saa osakseen kovemman rasituksen, kun kuljettimen hihna hankaa jatkuvasti sitä vasten. Tämän takia sen tulisi olla nykyistä paksumpi, jotta se kestää kulutusta paremmin.

Pidemmät reunakumit ovat noin neljän metrin pituisia ja ne kuluvat ajon aikana hieman epätasaisesti. Epätasainen kuluma voi osittain johtua yhdestä puuttuvasta telarullasta, mutta tämän rullan takaisin asentaminen ei poista kulumisongelmaa kokonaan. Hihnaa suojaavat kaulukset on asetettu niin, että ne painavat reunakumeja tiiviisti hihnaa vasten. Karkearakenteinen kipsi hankaa kumia ja kuluttaa sen loppuun parissa kuukaudessa.

Reunakumien kumimateriaalin tulisi kestää kulutusta nykyistä paremmin. Kumimateriaaleja on saatavilla monenlaisiin käyttökohteisiin. Esimerkiksi kotimainen Teknikum Oy valmistaa tuotteita suoraan kaivos- ja kemianteollisuuden käyttöön. (Teknikum Oy, 2020)

Nykyinen käytössä oleva kumimateriaali on remaskirt 40 ja aiemmin reunakumeina on käytetty muun muassa EPDM-kumeja. Kumpikin näistä kumimateriaaleista on suunniteltu raskaan teollisuuden käyttötarkoituksiin.

Remaskirt 40 on suunniteltu juuri kuljettimen hihnaa tiivistäväksi reunakumiksi ja sen tarkoitus on olla mahdollisimman hyvin hankausta kestävä. Sillä on matala kitkakerroin ja sen luvataan pidentävän hihnan käyttöikä. Kipsin karkea mikrorakenne kuluttaa kumia huomattavasti nopeammin kuin muut kaivosteollisuuden materiaalit, joten remaskirt altistuu suuremmalle kulutukselle tässä kohteessa. Hapan kipsi ja vaativat sääolosuhteet edistävät myös omalta osaltaan reunakumin kulumista. Remaskirtille ei ole luvattu hyvää kestävyyttä hapoille ja emäksille. (Rematech bremo, 2019)

EPDM-kumi koostuu eteeni-, propeeni, ja dieenimonomeereistä ja on ominaisuuksiltaan erittäin hyvin säätä ja otsooneja kestävä materiaalia. Lisäksi EPDM-kumi kestää heikkoja happoja ja emäksiä, jonka takia se olisi erittäin hyvä vaihtoehto happaman kipsin kuljetukseen. Kulutuksen kestävyys on taas yllä mainittua Remaskirttiä huonompi. (Ravelast Oy, 2020)

Ravelast Oy:n sivuilta löytyi myös toinen hyvä mahdollinen vaihtoehto reunakumiksi, joka on CSM-klorosulfonoitu polyeteenikumi eli hypalon. Hypalonissa on hyvin samanlaiset ominaisuudet, kuin EPDM-kumissa. Se kestää huomattavasti paremmin kulutusta kuin EPDM-kumi, mutta huonona ominaisuutena on sen heikompi kuumen veden kesto ja turpoaminen sen vaikutuksesta. Heittokuljettimen reunakumina ollessa hypalon ei joutuisi tekemisiin kuumen veden kanssa, joten se olisi kestävä ratkaisu paremman kulutuskestävyyden puolesta. Kuvissa 27 ja 28 esitetään kumilaatujen ominaisuuksia. (Ravelast Oy, 2020)

Ominaisuus	Uretaanikumi	Fluorikumi	Silikonikumi	Kloorisulfonoitu polyeteenikumi	Eteenipropeeni-kumi
Vetolujuus, MN/m <sup>2</sup>	15-30	7-15	3-10	4-12	4-18
Murtovenymä	100-800	100-200	100-400	100-500	100-400
Käyttölämpötila					
pitkäaikainen, °C	60	175	200	80	80
lyhytaikainen, °C	80	250	275	150	150
pakkanen, °C	0-20	20-40	50-80	20-40	30-60
Jäännöspuristuma, °C/%	70/20-60	175/30-50	150/20-60	100/60-80	100/25-60
Kimmoisuus	erinomainen	tydyttävä	tydyttävä	hyvä	hyvä
Sähköiset ominaisuudet	hyvä	hyvä	erittäin hyvä	erittäin hyvä	erittäin hyvä
Kestävyys					
sää ja otsoni	erinomainen	erinomainen	erittäin hyvä	erinomainen	erinomainen
hapot	huono	hyvä	tydyttävä	erittäin hyvä	hyvä
emäkset	huono	tydyttävä	huono	erittäin hyvä	hyvä
öljyt -alfiittiset	hyvä	erittäin hyvä	huono	huono	huono
öljyt -aromaattiset	huono	erittäin hyvä	huono	huono	huono
kulutus	erittäin hyvä	hyvä	tydyttävä	hyvä	hyvä
liekki	huono	erittäin hyvä	tydyttävä	hyvä	huono
säteily	hyvä	hyvä	hyvä	hyvä	huono
kemikaalit	rajallinen	rajallinen	rajallinen	rajallinen	rajallinen
Kaasutiiviys	hyvä	erittäin hyvä	tydyttävä	erittäin hyvä	tydyttävä
	hyvä	tydyttävä	hyvä	hyvä	huono

Kuva 27, Kumilaatujen ominaisuuksia. (Ravelast Oy, 2020)

Ominaisuus	NR	SBR	IIR	NBR	ECO, CO	CR
	Luonnonkumi	Styreeni butadienikumi	Butyylikumi	Nitriilikumi	Epikloorihydriini- kumi	Kloropreeni- kumi
Vetolujuus, MN/m <sup>2</sup>	4-25	4-25	4-15	4-18	4-18	4-20
Murtovenymä	100-600	100-500	100-800	100-400	100-500	100-500
Käyttölämpötila						
pitkäaikainen, °C	60	70	80	70	80	70
lyhytaikainen, °C	100	100	140	130	150	130
pakkanen, °C	30-60	20-50	10-40	10-50	10-50	20-50
Jäännöspuristuma, °C/%	70/20-60	70/20-60	100/20-80	100/20-60	100/20-60	100/30-80
Kimmoisuus	erinomainen	erinomainen	tydyttävä	hyvä	hyvä	hyvä
Sähköiset ominaisuudet	erittäin hyvä	erittäin hyvä	erittäin hyvä	tydyttävä	huono	hyvä
Kestävyys						
sää ja otsoni	huono	huono	hyvä	tydyttävä	erittäin hyvä	erittäin hyvä
hapot	hyvä	hyvä	erittäin hyvä	hyvä	hyvä	hyvä
emäkset	hyvä	hyvä	erittäin hyvä	hyvä	hyvä	hyvä
öljyt -alfiittiset	huono	huono	huono	erittäin hyvä	erittäin hyvä	tydyttävä
öljyt -aromaattiset	huono	huono	huono	hyvä	hyvä	huono
kulutus	erittäin hyvä	erittäin hyvä	tydyttävä	hyvä	hyvä	hyvä
liekki	huono	huono	huono	huono	hyvä	erittäin hyvä
säteily	hyvä	hyvä	huono	hyvä	huono	hyvä
kemikaalit	rajallinen	rajallinen	rajallinen	rajallinen	rajallinen	rajallinen
Kaasutiiviys	hyvä	hyvä	erinomainen	hyvä	erittäin hyvä	hyvä

Kuva 28, Kumilaatujen ominaisuuksia. (Ravelast Oy, 2020)

Kumilaatujen ominaisuuksia pääsi vertailemaan Ravelast Oy:n tekemän taulukon avulla, josta tärkeimmiksi ominaisuuksiksi valikoituivat kestävyiden kannalta sää ja otsoni, hapot ja emäkset sekä kulutuskestävyys. Kulutuskestävyyden halutaan olevan erittäin hyvä, mutta valitettavasti tietyillä kumilaaduilla heikot sään ja happojen kestävydet karsivat vaihtoehdot vähäisiksi. Vertailun perusteella jo ylempänä mainittu CSM-kumi eli hypalon olisi paras vaihtoehto heittokuljettimen reunakumiksi taulukkojen ja Ravelast Oy:n tekemien kerrontojen perusteella. (Ravelast Oy, 2020)

Taulukon sään ja otsonin kestosta oli hankala suoraan sanoa, kuinka se vaikuttaisi reunakumin kulumiseen, sillä reunakumi on käytössä maksimissaan vuoden kerrallaan. Vertailun kumilaatujen säänkestävyydessä on huomioitu useamman vuoden kestävyys, jolloin esimerkiksi suora auringonvalo pääsee haurastamaan kumia. Heittokuljettimessa on aiemmin ollut käytössä myös SBR-kumia, joka taulukon mukaan kestää huonosti säätä ja otsonia. Lyhyen käyttöiän takia sään kestolla ei ole ollut suurta vaikutusta.

Taulukko ei anna suoraan parasta mahdollista kumilaatua heittokuljetinta varten, sillä niitä ei ole testattu kohteessa. Aiempien testausten pohjalta EPDM, Remaskirt 40 ja SRB ovat kaikki tietyn aikaa toimivia ratkaisuja, mutta näihin nähden käyttöikää tulisi edelleen saada pitemmäksi. Taulukon ja aiempien käyttökokemusten perusteella EPDM-kumin kaltainen Hypalon olisi seuraava kokeiltava kumilaatu. Hypalonin saatavuus kumilevynä tarvittavilla mitoilla tulee varmistaa toimittajalta.

## 7.2 Kaavarit

Kuljettimissa on käytössä erilaisia kaavareita, joiden tarkoituksena on pitää hihna mahdollisimman puhtaana. Hihnaan tarttuva kipsi aiheuttaa hihnan lipsumista ja ajautumista teloilta sivuun. Kaavareita eli puhdistimia on esimerkiksi vuolevia ja harjaavia. Niitä voi asentaa useita erilaisia peräkkäin, jolloin yleensä päästään parhaaseen lopputulokseen. Tällöin puhutaan esi- ja jälkikaavareista ja ne asennetaan hihnan paluupuolelle. Kaavarit vaativat itsessään aika-ajoin huoltoa, joten niiden tulee sijaita mahdollisimman helposti huollettavalla paikalla.

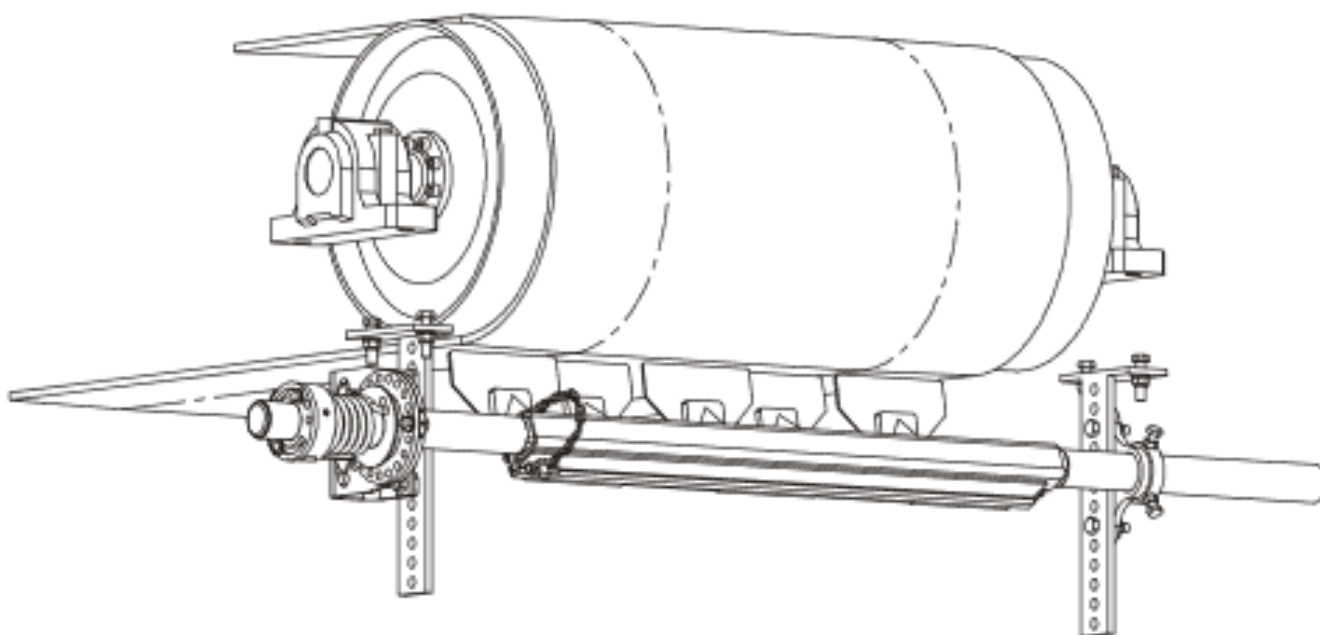
Kaavareita valmistavalta Sandvik Mining and Construction Oy:ltä löytyy valikoimistaan valmiita kaavariratkaisuja, joita Yara muun muassa käyttää muissa kuljettimissa sekä prosessilaitteissa. Sandvikin conveyor components luettelosta etsittiin kaavaria, joka toimisi heittokuljettimessa. (Sandvik Mining and Construction Oy, 2019)

### 7.2.1 MAX6-hienopuhdistin

Roxonin pitkään hihnaan asennettiin tammikuun 2020 aikana Sandvikin valmistama MAX6-hienopuhdistin, joka todettiin jälkepäin toimivaksi kaavariratkaisuksi. Tässä mallissa on monta erillistä teräpaloa, joiden joustavat liitokset takaavat paremman kosketuspinnan joustavilla alustoilla. Se myötäilee hihnaa ja puhdistaa sen paremmin vaikeissakin olosuhteissa. Kaavari on suunniteltu niin, ettei se vahingoita hihnaa. Teräpaloja on saatavilla myös useamman mallisia, joista toiset soveltuvat paremmin erilaisille kuljetettaville materiaaleille.

Metrin leveälle hihnalle kaavarin teräpaloja tulee yhteensä kuusi kappaletta, jotka ovat limittäin kahdessa rivissä. Painoa tälle kaavarille tulee kokonaisuudessaan 35 kg. Kokonsa ja ominaisuuksiensa puolesta tämä kaavarivaihtoehto soveltuisi hyvin käytettäväksi heittokuljettimessa. (Sandvik Mining and Construction Oy, 2019)

MAX6-hienopuhdistinta (kuva 29) voitaisi kokeilla heittokuljettimessa, mikäli se osoittautuu pitkäikäiseksi ratkaisuksi. Kuljettimen korkean sijainnin takia teräpalojen vaihto ei ole joka tilanteessa mahdollista, vaan se täytyy pystyä suunnittelemaan jo kahta päivää ennen vaihtoa. Heittokuljettiin pääsee käsiksi vasta silloin, kun se on laskenut vierelleen tarpeeksi suuren kipsikasan tai sellainen on kasattu kaivinkoneella.



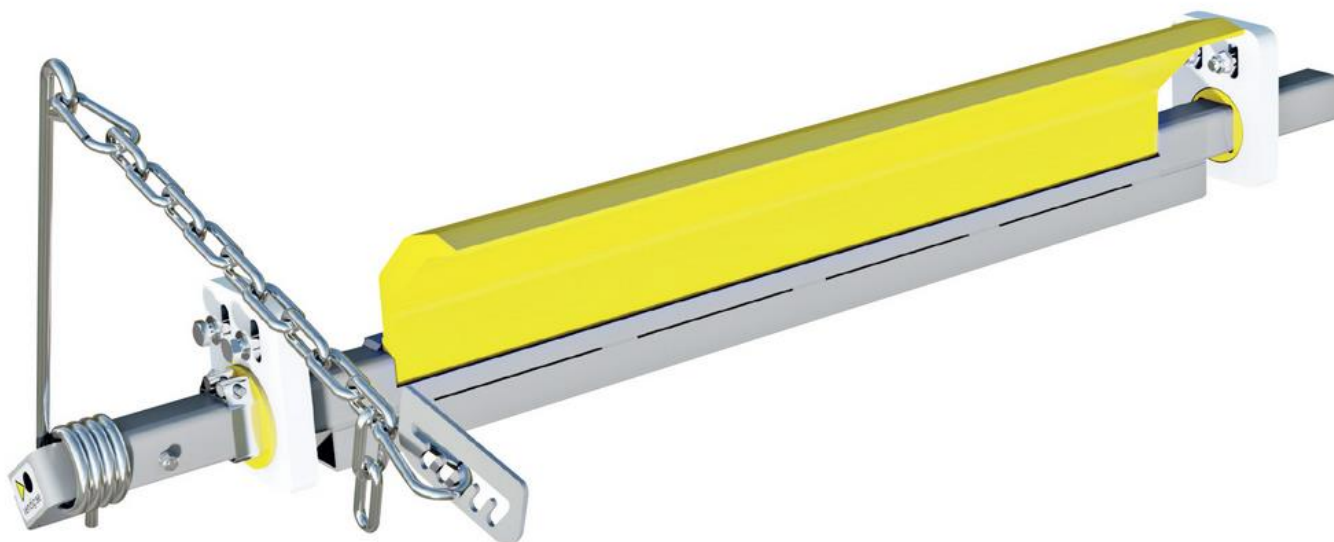
Kuva 29, MAX6-hienopuhdistin asennettuna taittorummun kohdalle. (Sandvik Mining and Construction Oy, 2019)

Hihnan ulkopinnan puhdistaminen vaikuttaa samalla myös hihnan sisäpinnan puhtauteen. Ulkopintaan tarttuva kipsi palaa alakautta takaisin lastauspähän, jossa se hankautuu reunakumeja vasten. Reunakumit taas hiertävät hihnaan tarttunutta kipsiä niin, että se pääsee valumaan kuljettimen sisäisiin rakenteisiin ja putoamaan hihnan sisäpinnalle.

## 7.2.2 Rasmus-kaavari

Toisenlaisena kaavainvaihtoehtona olisi paljon Yrällä käytössä oleva Rasmus kaavari (kuvassa 30), joka on helposti vaihdettava ja osoittautunut monessa paikassa toimivaksi. Tässä kohteessa ongelmana on ainoastaan jo yllä mainittu kaavarin hankala vaihtaminen. Rasmus kaavarikumia on saatavilla pitkissä tangoissa, joista leikataan sopivan mittaisia osia kuhunkin tarkoitukseen. Yleisestä käytöstä johtuen tämä olisi kustannusten puolesta edullinen vaihtoehto.

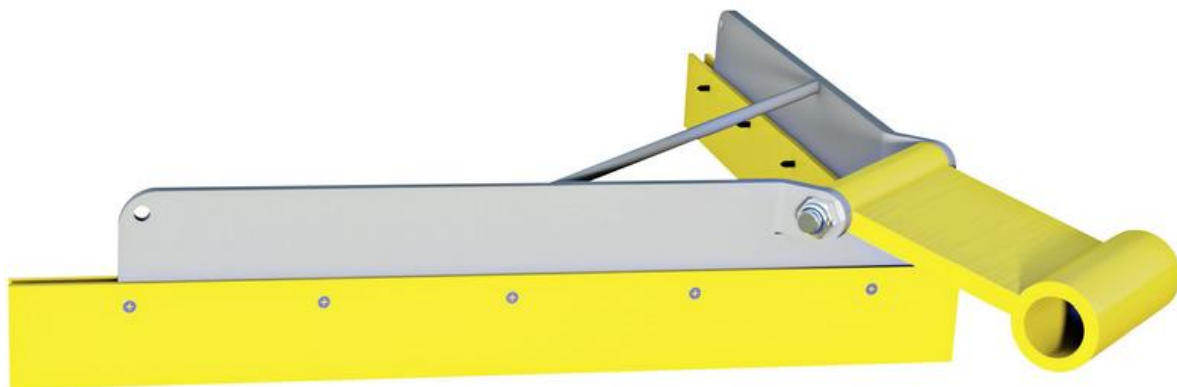
Rasmus kaavarin materiaali on kuitenkin hieman pehmeämpää kumiseosta, joten se ei välttämättä ole heittokuljettimessa sopivin vaihtoehto. Rasmus kaavareita käytetään hitaasti pyörivissä kuljettimissa, sekä esimerkiksi nauhasuotimissa kipsin vuolemiseen kankaasta. Heittokuljettimen hihnan pyörimisnopeus on huipussaan jopa 4,2 m/s, joten Rasmus kaavaria joutuisi vaihtamaan mahdollisesti viikoittain.



Kuva 30, Rasmus hihnanpuhdistin 8300. (Euro-Kumi Oy, 2020)

### 7.2.3 Maxi-aura 8800

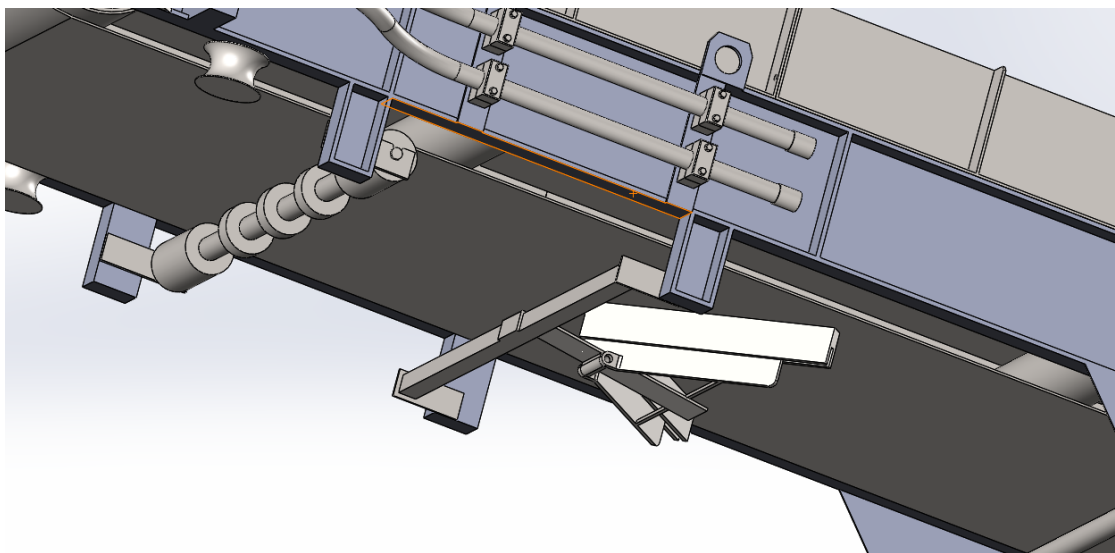
Monissa kipsikuljettimissa on käytössä aurakaavareita, jotka ovat osoittautuneet usein pitkäikäisimmiksi vaihtoehtoiksi. Aurakaavarit (kuva 31) ovat paluuhihnan päällä olevia kaavareita, jotka auravat tarttuneen kipsin ulos hihnalta oman painonsa avulla.



Kuva 31, Maxi-aura 8800. (Euro-Kumi Oy, 2020)

Aurakaavarin asennusta tarkasteltiin aluksi hihnan alapuolelle. Tässä vaihtoehdossa kaavarin tulisi painua hihnan alapintaa vasten jonkinlaisen jousen avulla. Paras mahdollinen vaihtoehto olisi samanlainen ratkaisu, mikä löytyy MAX6-hienopuhdistimen kiinnityksestä. Tällainen kiinnitys painaisi kaavaria hihnaa vasten jatkuvasti, vaikka kaavari alkaisi olla kulunut.

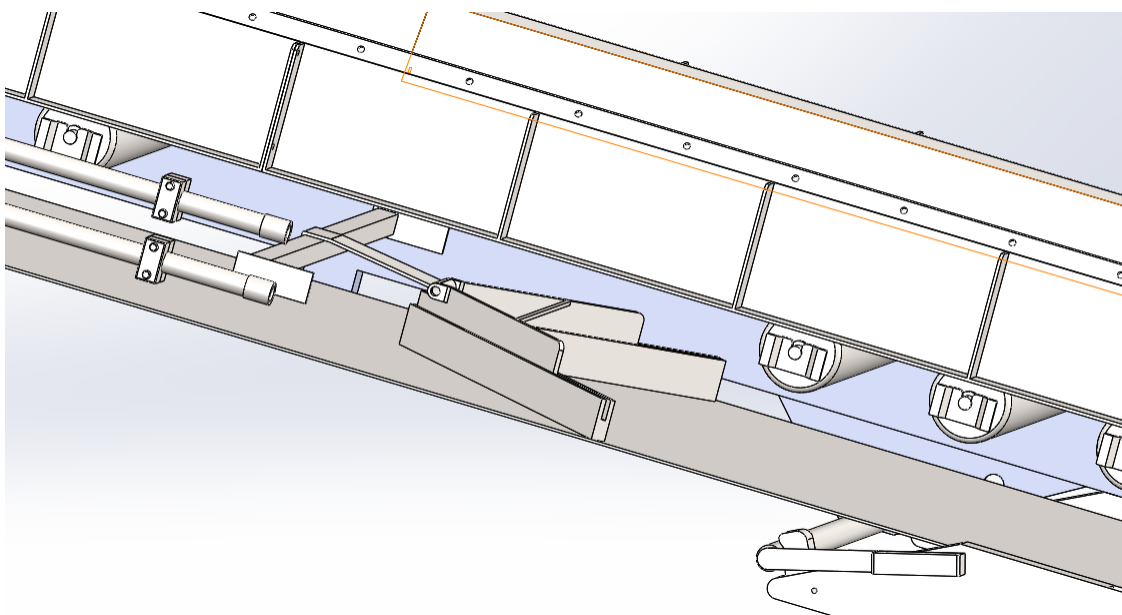
Kaavareiden asennus heittokuljettimen hihnan alapinnalle olisi turvallinen kokeilu, sillä mahdollisessa rikkoutumisessa ne eivät pääsisi menemään telojen ja hihnan väliin, vaan putoavat alla olevaan kipsikasaan. Heittokuljettimen alapuolella on runsaasti tilaa rakentaa kiinnikkeet erilaisille kaavareille. Aurakaavari asettuisi hihnan alle kuvan 32 tavoin ja hihnasta vuoltu kipsi pääsisi tippumaan suoraan kasaan.



Kuva 32, Aurakaavari asennettuna hihnan alapinnalle.

Maxi auran asennus hihnan alapuolelle ei olisi kustannustehokas ratkaisu, sillä se olisi jouduttu toteuttamaan yhdistämällä monen kaavarin varaosia ja lisäksi itse tehtyjä kiinnikkeitä. Projektissa olisi liikaa työtä pientä hyötyä vastaan. Aurakaavarit ovat suunniteltu pääsääntöisesti hihnan päälle asennettaviksi. Hihnan alle on kuitenkin muita kaavarivaihtoehtoja, jotka osoittautuivat helpommiksi asentaa.

Heittokuljettimeen suunniteltiin yhtä kaavaria sen sisäpuolelle, joka pitäisi hihnan sisäpinnan puhtaana. Tämän huoltoa ei kuitenkaan ole mahdollista toteuttaa purkamatta kuljettimen rakennetta. Sisäpuolisen kaavarin asennus vaatisi siis kuljettimen rungon muokkausta siten, että siihen pääsisi käsiksi irrottamatta heittokuljetinta Roxonista. Kuvassa 33 on esitetty kuinka Maxi aura asettuisi heittokuljettimen sisäpuolelle.



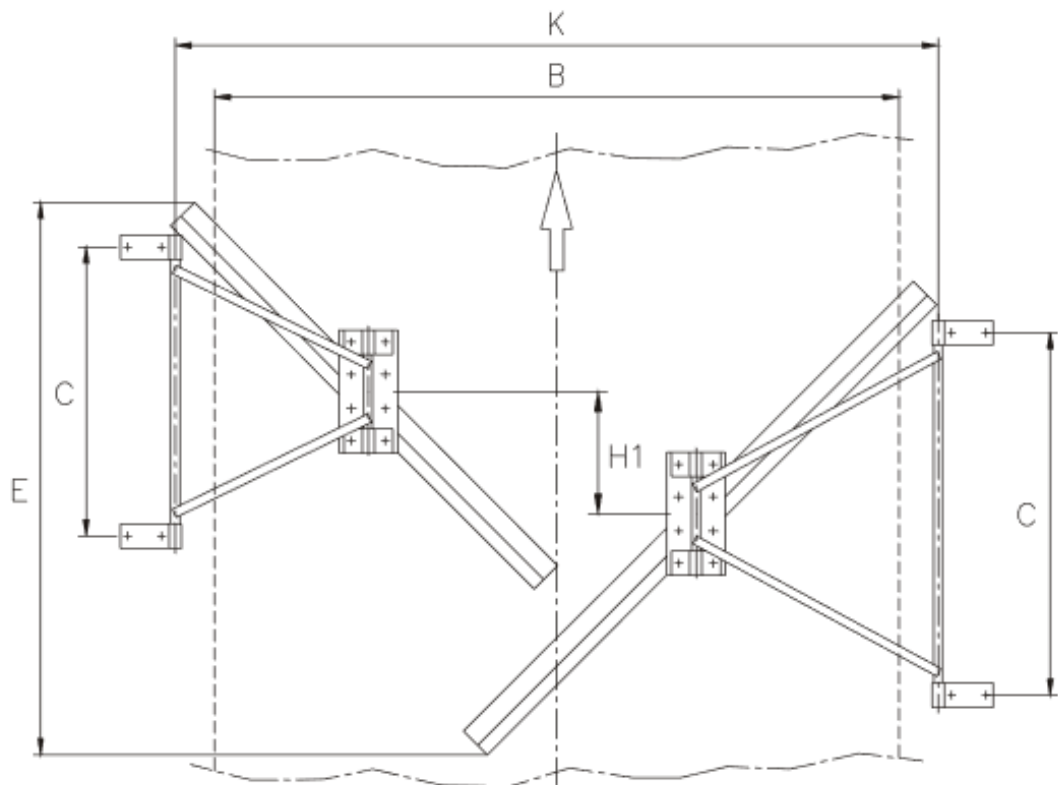
Kuva 33, Aurakaavari asennettuna hihnan yläpinnalle heittokuljettimen sisäpuolelle.

Kuljettimen sisäpuolella on runkopalkit, jotka yhdistävät sivurungot toisiinsa. Näiden välillä olisi riittävästi tilaa asentaa erilaisia kaavareita, mutta esteeksi tulee niiden hankala huolto.

Rungon sivupalkkiin on mahdollista tehdä pieni kaavarinvaihtoluukku, mutta aurakaavaria siitä ei mahdu vaihtamaan. Runkoon ei voi tehdä tarpeeksi suurta reikää, koska sen kestävyys heikkenee liikaa ja näin ollen koko heittokuljetin voisi vääntyä. Tämän seurauksena tultiin siihen tulokseen, että aurakaavaria ei asenneta myöskään hihnan päälle. Maxi aura on luotettava ja yksinkertainen kaavari ja sillä perusteella huoleton käyttää, mutta kuitenkin tässä kohteessa sen käyttö ei ole järkevää.

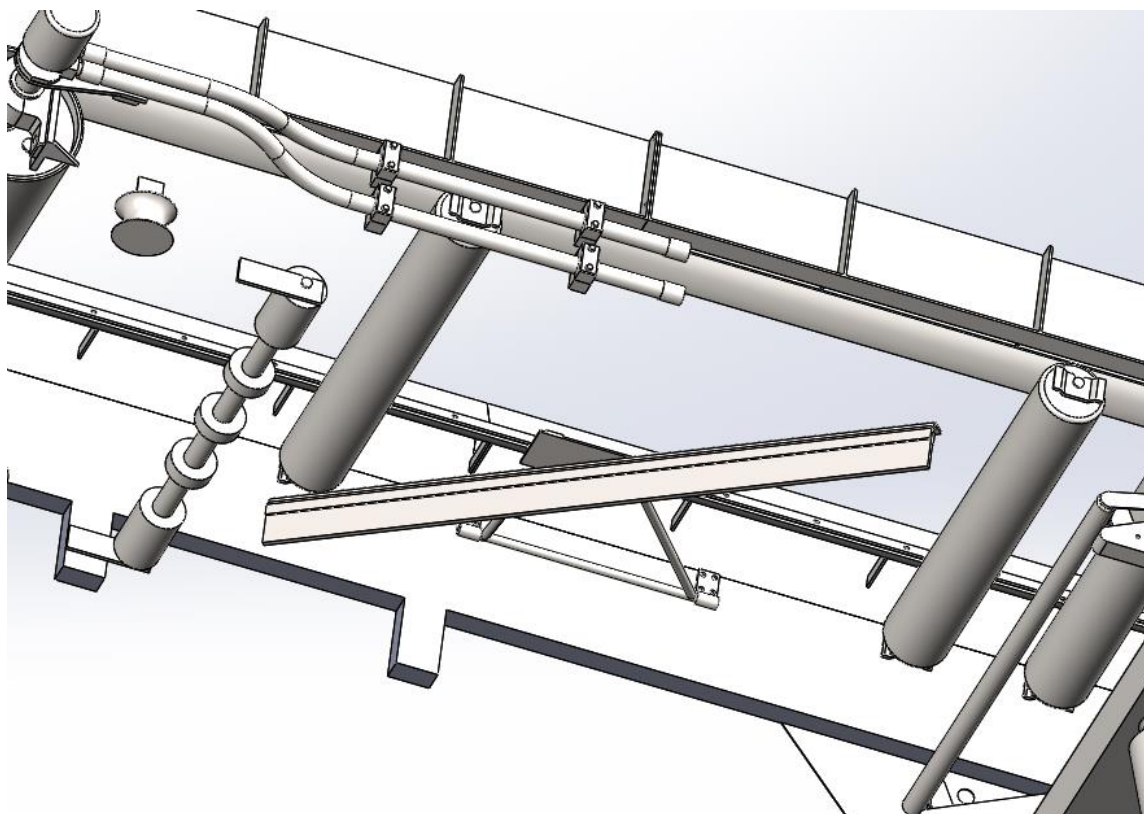
## 7.2.4 Hihna-aura MR-1

Perinteisen aurakaavarin korvaajaksi Sandvikin kuvastoista löytyi hihna-aura MR-1 (kuva 34), joka pitkän ja kapean muotonsa puolesta voisi soveltua heittokuljettimeen. Toimintaperiaate on samanlainen kuin aurakaavarilla, sillä kumpikin vuolee hihnaa puhtaaksi oman painonsa avulla. Muotoilu on hieman erilainen ja se ohjaa kipsin koko kosketusmatkalta toiseen laitaan. Hihna-auran teräpalan vaihto onnistuisi pienemmästä luukusta heittokuljettimen kyljestä sen kapean muotonsa ansiosta.

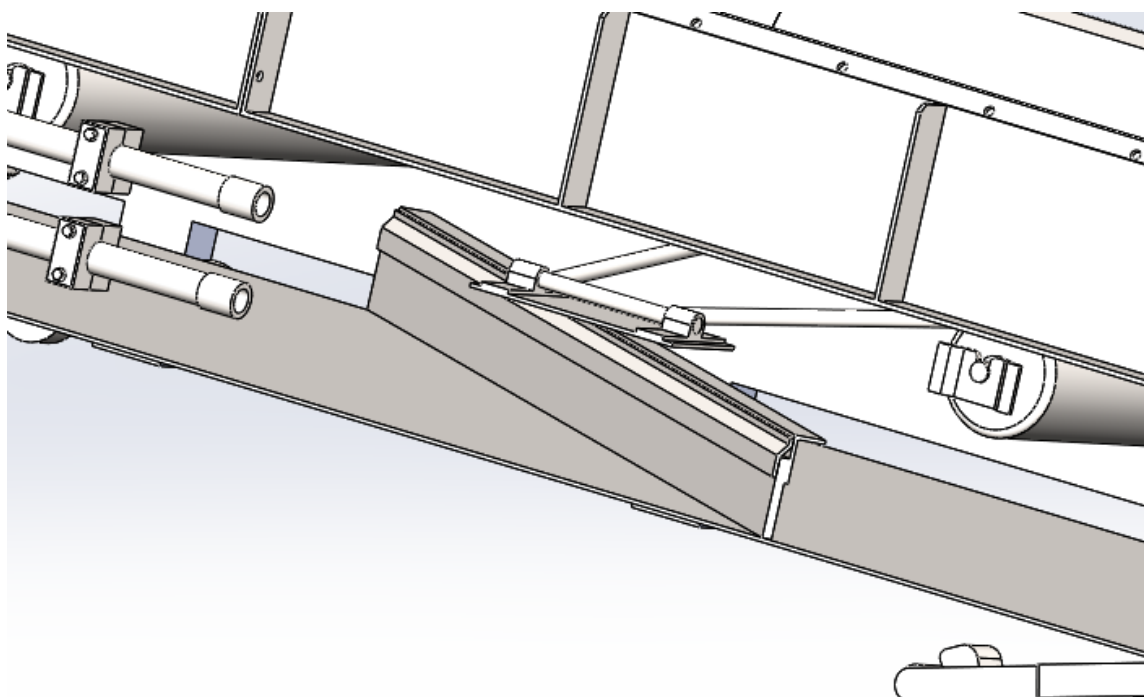


Kuva 34, Hihna-aura MR-1. (Sandvik Mining and Construction Oy, 2019)

Kuvasta poiketen tarkoituksena olisi käyttää yhtä kaavaria, sillä heittokuljettimen hihna on vain metrin leveä. Tälle hihnalle suositellun kaavarin mitta on 1600 mm ja painoa sille tulee 25,5 kg. Kuvissa 35 ja 36 hihna-aura MR-1 on luotu 3D-malliin.

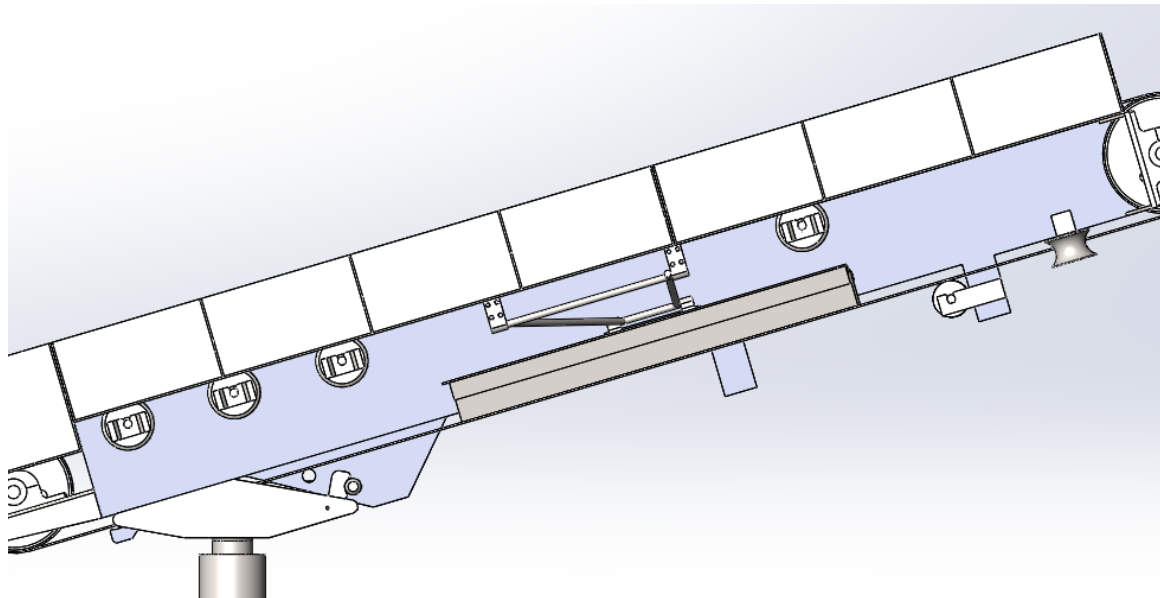


Kuva 35, Hihna-aura MR1 3D-mallissa.



Kuva 36. Hihna-aura MR1 hihnan päällä.

Hihna-aura kaavaa hihnaa sen koko leveydeltä ja ohjaa siitä irronneen kipsin ulos hihnalta. Laite käyttää kaavaamiseen omaa painoaan ja se myötäilee hihnan liikkeitä linkkukiinnityksen avulla. Sivusuunnassa aura pysyy paikoillaan, mutta pystysuunnassa sillä on vapaa liikkuvuus.



Kuva 37. Hihna-aura MR1:n pituus heittokuljettimen sivusuunnasta.

Kuvassa 37 on havainnollistettu kuinka paljon tilaa hihna-aura vie heittokuljettimen pituus- ja korkeussuunnassa. Hihnaa kannattelevat telarullat eivät ole esteenä, sillä hihna-aura mahtuu olemaan niiden alla. Ainoana rajoittavana tekijänä on sivurunkopalkkeja yhdistävät palkit, jotka eivät tässä kuvassa näy. Auraa pystyy kuitenkin liikuttamaan hihnan pituussuunnassa hieman kumpaankin suuntaan. Taaksepäin liikuttaminen on tosin rajallista, koska hihnalta kaavattu kipsi luultavasti alkaisi kertyä kehdon ja heittokuljettimen kiinnityskohtaan ja aiheuttaisi ongelmia kuljettimen kääntämisessä.

### 7.2.5 Kaavareiden valinnat ja asennusta vaativat toimenpiteet

Heittokuljettimen runkoon olisi mahdollisuus tehdä huoltoluukku, joka mahdollistaisi kaavarin vaihtamisen. Luukun mitat olisivat noin 250 mm x 800 mm. Lisäksi tässä tulisi tietenkin huomioida kuljettimen rakenteellinen kestävyys. Huoltoluukku ei katkaisisi mitään kriittistä kohtaa rungon rakenteiden kannalta, joten sen tekeminen ei koituisi ongelmaksi. Tämän lisäksi hihnan ja rungon väliin jää kummallekin puolelle keskimäärin kymmenen sentin rako ja hihna antaa kumin taipumisen ansiosta periksi.

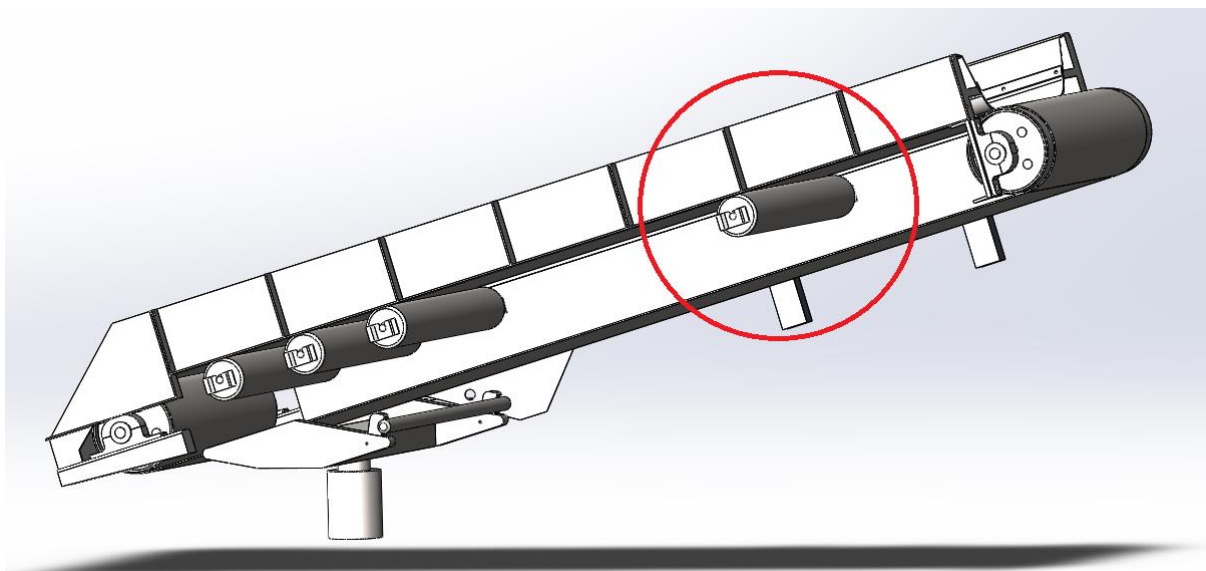
Kaavarin asennus kuljettimen alle antaa omat rajoitteet kaavarin mallin valitsemiseen. Esimerkiksi rummunpuhdistinkaavarin käyttö ei ole mahdollista, koska sitä ei voida huoltaa ilman kuljettimen purkamista. Lisäksi aurakaavarin asennus hihnan alapinnalle on teknisesti liian monimutkainen, koska ne on suunniteltu puhdistavan hihnaa päältä päin painaen hihnaa omalla painollaan.

Sisäpuolisen kaavarin asennus on siis mahdollista, mutta vasta konkreettisesti kuljettimeen kokeilemalla saa tietää varmaksi, joutuuko kuljettimen runkoa muokkaamaan ja millä tavoin. Myös hihnan joustavuutta täytyy testata ennen asennusta, kuinka paljon se antaa periksi, jotta kaavari ei vaurioita kuljettimen muita osia. Testatessa kuljetinta pyöritetään tyhjänä korjaamalla ja tarkkaillaan ettei kaavari ala pomppimaan hihnalla.

Hihnan alapuoliseksi kaavariksi valittiin MAX-6 hienopuhdistin, koska se on helppo asentaa ja siitä on hyviä aiempia kokemuksia. Hihnan päälle asennettavaksi kaavariksi valittiin hihna-aura MR1, koska sen huoltaminen todettiin Maxiauraa helpommaksi. Kustannusten puolesta näillä ei ole suurta eroa.

### 7.3 Telarullat ja putsaavat paluurullat

Heittokuljettimen tutkimisen seurauksena havaittiin, että yksi telarulla puuttuu (kuva 38). Tästä ei löytynyt tietoa, minkä takia se oli ajan mittaan otettu pois. Yksi mahdollisuus on, että tämän takia telojen väliin pääsee tippumaan kipsiä hihnan ja reunakumien välistä. Puuttuvan telarullan kohdalta hihna antaa enemmän periksi, jolloin reunakumit eivät tiivisty tarpeeksi hihnaa vasten.



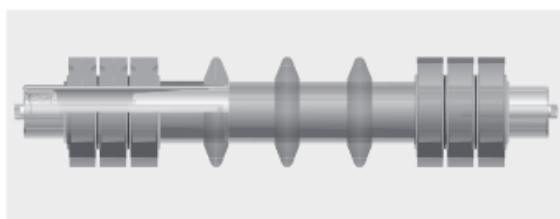
Kuva 38, Puuttuva telarulla.

Seuraavan heittokuljettimen kunnostamisen yhteydessä tarkastetaan puuttuvat rullat ja asennetaan uudet rullat paikoilleen.

### 7.3.1 Paluurulla vaihtoehdot

Valmiita rullavaihtoehtoja löytyy useammilta eri toimittajilta. Yksi kuljetinrullia valmistava yritys on Rulmeca Oy, joka toimii maailmanlaajuisesti. Rulmecalta löytyy valikoimistaan erilaisia rullia moniin tarkoituksiin ja heidän sivuillaan on kerrottu esimerkiksi mihin millainenkin rulla on sopiva. (Rulmeca Oy, 2020)

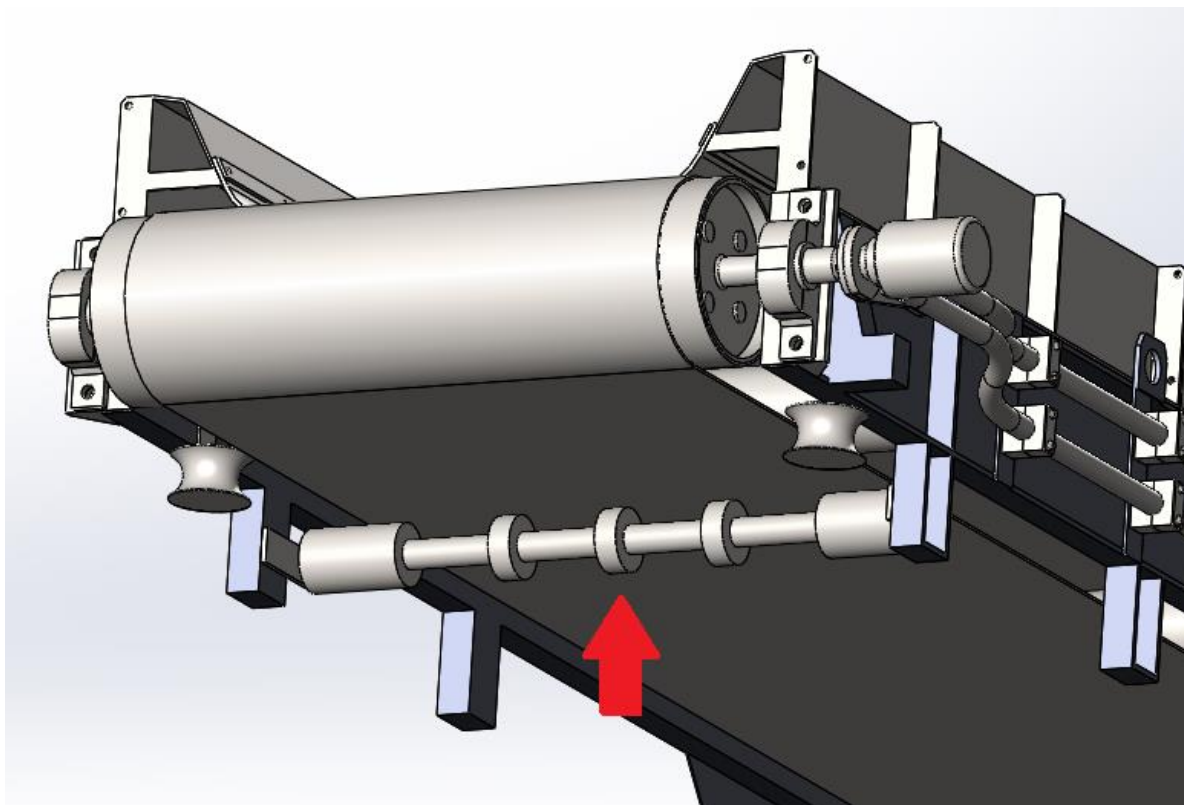
Heittokuljettimeen on jälkikäteen asennettu paluurulla kuljettimen alapinnalle kannattelemaan hihnaa. Tällä hetkellä sillä paikalla pyörii tavallinen kumiekollinen paluurulla, joka on esitetty kuvassa 39. Tässä on myös joskus kokeiltu käyttää harjaavaa paluurullaa telarullan paikalla, mutta sen ongelmana oli jatkuva harjan tukkeutuminen. Märkä kipsi alkoi keräytyä harjaan ja lopulta vain heikentä heittokuljettimen toimintakykyä. Kuvassa 40 paluurulla on esitetty 3D-mallissa.



#### Arrangement L

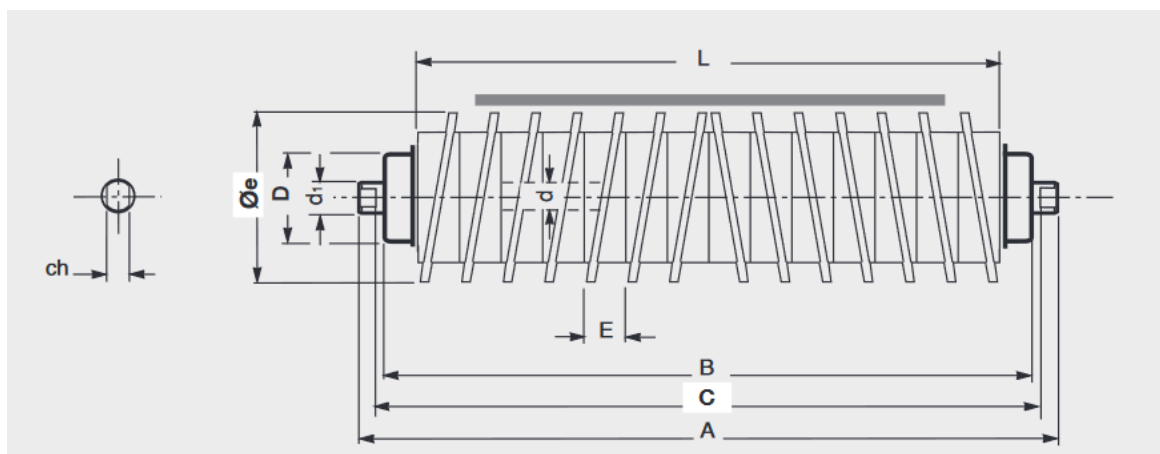
Return rollers used on belt conveyors in high duty plant. They are provided with sets of flat rings, positioned at the roller extremities, and with pointed rings spaced in the central part of the roller.

Kuva 39, Kumiekollinen paluurulla. (Rulmeca Oy, 2020)

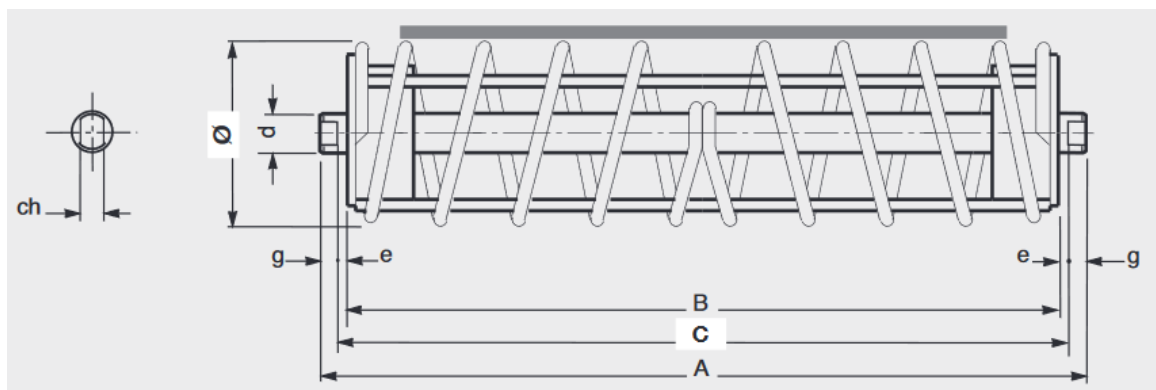


Kuva 40, Nykyinen paluurulla heittokuljettimessa.

Rulmecalta löytyy valikoimistaan myös likaisiin olosuhteisiin tarkoitettuja hihnaa putsavia rullia. Rullien kumikiekot ovat korvattu yhdellä yhtenäisellä spiraalilla, jonka tarkoitus on kuoria hihnan pinnassa oleva lika ja tiputtaa maahan. Rullia on saatavilla kumisena tai teräksisenä. Muihin kaavareihin verrattuna putsaavat rullat ovat asennuksen kannalta helppoja vaihtoehtoja, koska niille ei tarvitse tehdä suuria kiinnikkeitä. Heittokuljettimessa on jo yhdelle rullalle kiinnikkeet valmiina. (kuva 41 ja 42).



Kuva 41, Spiraalimaisilla kumikiekoilla varustetut paluurullat. (Rulmeca Oy, 2020)



Kuva 42, Spiraalimaisilla teräskiekoilla varustetut paluurullat (Rulmeca Oy, 2020)

Umpinaiseen kumiekolliseen rullaan verrattuna teräskiekollinen keräisi vähemmän kipsiä itseensä. Ennen putsavaa rullaa hihnalla tulee olla esikaavari, jolloin tarttuneen kipsin määrä hihnalla on hyvin vähäinen. Yhdistämällä esikaavari ja putsava rulla saadaan hihna pidettyä puhtaana. Putsaava teräskiekollinen rulla on mahdollista asentaa nykyisen paluurullan kiinnikkeisiin.

## 8 TULOKSET

Kartoitusten perusteella löydettiin tietyt ongelmakohdat ja niihin saatiin luotua uusia ratkaisuja, joita päästään myöhemmin testaamaan käytännössä. Opinnäytetyössä paneuduttiin tarkemmin kuljettimen hihnan ehjänä pysymiseen, hihnan puhtaana pitämiseen ja paikoillaan pyörimiseen sekä reunakumien pidemmän käyttöiän saavuttamiseen.

Solidworks -ohjelmistolla saatiin mallinnettua heittokuljetin, joka vastaa toiminnassa olevaa kuljettinta. Mallissa pystyttiin selkeästi havainnollistamaan kuljettimen nykyiset ongelmakohdat. Lisäksi 3D-mallia voidaan käyttää tulevaisuudessa huollon ja kunnostuksen suunnittelussa ja mahdollisissa opastustilanteissa.

Opinnäytetyö toimii myös esittelynä Roxon putkihihnakuljettimelle ja sillä voidaan havainnollistaa sen toimintaperiaatteet tietoa tarvitseville.

### 8.1 Opinnäytetyön aikana syntyneet kehitysiedat

Heittokuljettimen hihnan tiivistämisellä kestävämpien reunakumien avulla saadaan aikaan hyötyä, joka vaikuttaa suoraan laitteen kestoikään. Hihna pysyy paremmin puhtaana sen sisäpinnalta, kun pölisevä tai märkä kipsi ei pääse valumaan telaston päälle reunakumien välistä. Tämä vaikuttaa myös suoraan hihnan paikoillaan pysymiseen, kun taittorumpuihin ja hihnaan tarttuva kipsi ei pääse ohjaamaan hihnaa sivuun.

Reunakumien tiiveyteen perehdyttiin muotoilun, materiaalien ja asennustapojen pohjalta. Pidempää käyttöikää tavoitellen löydettiin ratkaisuja, jotka parantavat heittokuljettimen luotettavuutta. Kumien muotoa ja asettelua tarkastellaan tulevaisuudessa, sekä uutta kestävämpää materiaalia ottaa kokeiluun.

Tulevan kumimateriaalin saatavuus sopivan kokoisena kumilevynä selvitetään toimittajalta. Aiempina kumimateriaaleina ovat toimineet EPDM, SBR ja Remaskirt 40. Materiaalit ovat kestäneet vaihtelevasti kahdesta neljään kuukauteen toimintakelpoisina. Seuraavaksi kokeiluun tulee Hypalon, jolle on luvattu edellä mainituista materiaaleista EPDM-kumia parempi kulutuksen kestävyys.

Kaavareiden suhteen käytiin läpi erilaisia vaihtoehtoja. Kaavarivaihtoehtoina olivat MAX6-hienopuhdistin, Maxi aura, Rasmus kaavari, sekä hihna-aura MR1. Vaikka Yaralla Siilinjärven tehtailla yleisimpiä kaavareita ovat juuri Rasmus kaavarit ja Maxi aurat, ne eivät käyttötarkoitukseltaan soveltuneet tähän tarkoitukseen.

Aiempien kokemusten perusteella päätettiin, että hihnan alapintaa putsamaan otetaan MAX-6 hienopuhdistin, joka asennettaisiin pudotuspään taittorummun alle. Tämän lisäksi myös kokeillaan putsavaa teräskiekollista paluurullaa. Nämä kaksi vaihtoehtoa yhdistämällä saadaan hihna pidettyä puhtaana vaativissa olosuhteissa.

Heittokuljettimen sisälle sovitetaan hihnan päälle asetettava hihna-aura MR-1, joka kaavaa hihnan puhtaaksi sisäpinnalta. Tätä varten kuljettimen runkoon tehdään pieni kaavarin vaihtoa helpottava huoltoluukku.

Verrattaessa piirrustuksia ja varastossa olevaa kuljetinta havaittiin niissä eroavaisuus. Piirustuksissa oli yksi telarulla enemmän kuin itse laitteessa, joten tämä rulla lisätään kunnostuksessa takaisin. Syytä rullan käytöstä poistamiseen ei löydetty.

Tukkeutumisen takia putsavia rullia ei pidetty ensisijaisena vaihtoehtona, mutta esikaavarin jälkeisenä hihnaa viimeistelevänä vaihtoehtona teräskiekollista paluurullaa päätettiin ottaa kokeiluun.

Kaikki muutokset tehdään aluksi varastossa olevaan heittokuljettimeen ja niitä päästään kokeilemaan seuraavan vaihdon jälkeen. Mikäli muutokset osoittautuvat toimiviksi, niitä voidaan soveltaa tarvittavin muutoksi myös toiseen heittokuljettimeen.

## 9 YHTEENVETO JA TULOSTEN TARKASTELU

Ratkaisuehdotukset löydettyihin ongelmakohtiin ovat uuden kumimateriaalin kokeileminen, kahden erilaisen kaavarin asentaminen, sekä yhden putsaavan paluurullan käyttöön ottaminen. Opinnäytetyön aikana syntyneet kehitysideoita toteutetaan seuraavien kunnostustöiden yhteydessä vuoden 2020 aikana.

Edellä mainituilla toimenpiteillä pyritään pidentämään heittokuljettimen toiminta-aikaa ja kunnostustöiden aikaväliä. Huolto- ja säätötöiden määrä vähenee, kun hihna saadaan pysymään paikoillaan. Näin ollen tavoiteltu heittokuljettimen luotettavuus ja käytettävyys paranee.

Yaralle tämä tarkoittaa säästöä heittokuljettimeen kohdistuvan työmäärän pienenemisellä työntekijöiden työajan osalta, sekä kulumien varaosien määrän ja kunnostuskertojen vähenemisellä. Lisäksi kipsiä ei tarvitse siirtää niin usein konallisesti mäen laidalle. Työssä syntyneet kehitysideoita edesauttavat kipsin läjityksen jatkamista tämänhetkisten suunnitelmien mukaan vuoteen 2035 saakka.

## LÄHTEET

Euro-Kumi Oy. (2020). *Hihnatarvikkeet*. (Euro-Kumi Oy) Haettu 11. Maaliskuu 2020 osoitteesta Vendig - kaavarit ja kuljetintuotteet: <https://www.euro-kumi.com/hihnatarvikkeet/vendig-kaavarit-ja-kuljetintuotteet/>

Girsén, T. (12. Elokuu 2014). Fosforihappotehtaan esittely. *Fosforihapon tuotantoketju ja prosessit*. Siilinjärvi, Suomi: Yara Suomi Oy.

Hartikainen, E. (2020). *Kuvia kipsikuljettimesta*. Yara Suomi Oy, Siilinjärvi, Suomi.

Heinonen, A. (10. Tammikuu 2018). *Savon Sanomat*. Haettu 16. Tammikuu 2020 osoitteesta Yaran kipsivuori voi kasvaa selvästi korkeammaksi: <https://www.savonsanomat.fi/savo/Yaran-kipsivuori-voi-kasvaa-selv%C3%A4sti-korkeammaksi/1093190>

Holopainen, H. (2020). Valokuva. *Kuvia heittokuljettimen vaihtotyöstä*. Yara Suomi Oy, Siilinjärvi, Suomi. Haettu 12. Helmikuu 2020

Liimatainen, T. (8. Tammikuu 2020). Yksityinen sähköpostiviesti. *Roxonin kokoonpanopiirustukset*. Siilinjärvi, Suomi: Liimatainen Tero.

Liimatainen, T. (5. Helmikuu 2020). Yksityinen sähköpostiviesti. *Otteita SAP-järjestelmästä*. Siilinjärvi, Suomi: Liimatainen Tero.

Logistiikka ValtaVirta Oy. (1. Tammikuu 2018). *Logistiikka ValtaVirta Oy*. Haettu 10. Tammikuu 2020 osoitteesta Tietoa yrityksestä: <https://valtavirta.fi/>

Lämsä, M. (2020). Valokuva. *Kuvia heittokuljettimen vaihtotyöstä*. Yara Suomi Oy, Siilinjärvi, Suomi. Haettu 12. Helmikuu 2020

Nepean Conveyors Oy. (1. Tammikuu 2019). *Roxon - Nepean Conveyors Oy*. Haettu 16. Tammikuu 2020 osoitteesta Roxon: <https://www.nepeanconveyors.com/nepeanconveyors-roxon>

Norsk Hydro. (16. Tammikuu 2020). *Hydro*. (Norsk Hydro) Haettu 16. Tammikuu 2020 osoitteesta Alumiinin elinkaari: <https://www.hydro.com/fi-FI/alumiini/alumiinin-elinkaari/>

Promaint lehti. (2. Lokakuu 2019). *Turvallisuus ja ympäristö*. Haettu 16. Tammikuu 2020 osoitteesta Yara lisää fossiilivapaan kaukolämmön tuotantoa Siilinjärvellä: <https://promaintlehti.fi/Turvallisuus-ja-ymparisto/Yara-lisaa-fossiilivapaan-kaukolammon-tuotantoa-Siilinjärvellä>

Rambol Finland Oy. (2018). *Kipsin läjitysalueen laajennuksen ympäristövaikutusten arviointiselostus*.

Siilinjärvi: Yara Suomi Oy. Haettu 18. Maaliskuu 2020 osoitteesta

[https://www.ymparisto.fi/download/noname/%7BE9D93185-E92C-465D-980D-7CA07D4DB5A5%7D/140626\\_YVA-dokumenti](https://www.ymparisto.fi/download/noname/%7BE9D93185-E92C-465D-980D-7CA07D4DB5A5%7D/140626_YVA-dokumenti)

Ravelast Oy. (2020). *Kumilaatujen ominaisuuksia*. Ravelast Oy. Haettu 12. Maaliskuu 2020 osoitteesta

<http://www.ravelast.com/media/esitykset/kumityyppien-ominaisuudet.pdf>

Ravelast Oy. (2020). *Polyuretaani- ja kumituotteet sekä pinnoitteet*. (Ravelast Oy) Haettu 12. Maaliskuu

2020 osoitteesta EPDM-Eteeni-Propeenikumi: <http://www.ravelast.com/tutkimus-ja-kehitys/kumi-elastomeerit/epdm.html>

Ravelast Oy. (2020). *Polyuretaani- ja kumituotteet sekä pinnoitteet*. (Ravelast Oy) Haettu 12. Maaliskuu

2020 osoitteesta CSM-klorosulfonoitu polyeteenikumi eli hypalon: <http://www.ravelast.com/tutkimus-ja-kehitys/kumi-elastomeerit/csm.html>

Rematech bremo. (2019). *Rematech Brema*. (Rematech Brema) Haettu 12. Maaliskuu 2020 osoitteesta

Rubber products- tip top: <https://rematechbrema.com/en/tip-top/>

Roxon Oy. (1992). Käyttöohjeet. Teoksessa R. Oy, *Tekniset arvot*. Hollola, Suomi: Roxon Oy. Haettu

Tammikuu 2020

Rulmeca Oy. (1. Tammikuu 2020). *Kuljetin komponentit*. (Rulmeca Oy) Haettu 14. Helmikuu 2020

osoitteesta Kuljetinrullat: <https://www.rulmeca.fi/tuotteet/massatavaran-kasittely/m-tuotteet/hihnakuljetinkomponentit/kuljetinrullat/>

Rulmeca Oy. (2020). *Kumikiekolliset paluurullat*. Haettu 14. Helmikuu 2020 osoitteesta

[https://www.rulmeca.fi/Rulmeca\\_download/rollers\\_and\\_components/2.6.2.return\\_rollers\\_with\\_rings\\_NG,NL,NC.pdf](https://www.rulmeca.fi/Rulmeca_download/rollers_and_components/2.6.2.return_rollers_with_rings_NG,NL,NC.pdf)

Rulmeca Oy. (2020). *Spiraalimaisilla kumikiekoilla varustetut paluurullat*. Haettu 14. Helmikuu 2020 osoitteesta

[https://www.rulmeca.fi/Rulmeca\\_download/rollers\\_and\\_components/2.6.3.self\\_cleaning\\_roller\\_NM.pdf](https://www.rulmeca.fi/Rulmeca_download/rollers_and_components/2.6.3.self_cleaning_roller_NM.pdf)

Rulmeca Oy. (2020). *Spiraalimaisilla teräskiekoilla varustetut paluurullat*. Haettu 14. Helmikuu 2020 osoitteesta

[https://www.rulmeca.fi/Rulmeca\\_download/rollers\\_and\\_components/2.6.4.self\\_cleaning\\_rollers\\_NS.pdf](https://www.rulmeca.fi/Rulmeca_download/rollers_and_components/2.6.4.self_cleaning_rollers_NS.pdf)

Sandvik Mining and Construction Oy. (2019). *Sandvik conveyor components*. Haettu 9. Maaliskuu 2020 osoitteesta Kaavarit:

[http://www.roxon.sandvik.com/sandvik/1182/Internet/SandvikMsHandling/Roxon/FI05019.nsf/LookPortal/Portal62E328175D0E9113C22570C50037741E/\\$file/5-fin.pdf](http://www.roxon.sandvik.com/sandvik/1182/Internet/SandvikMsHandling/Roxon/FI05019.nsf/LookPortal/Portal62E328175D0E9113C22570C50037741E/$file/5-fin.pdf)

SAVE. (31. Heinäkuu 2018). *Saaristomeren vedenlaadun parantaminen peltojen kipsikäsittelyllä*. Haettu 19. Maaliskuu 2020 osoitteesta TraP-projekti: <https://blogs.helsinki.fi/save-kipsihanke/tag/trap-projekti/>

SAVE. (8. Tammikuu 2019). *Saaristomeren vedenlaadun parantaminen peltojen kipsikäsittelyllä*. Haettu 19. Maaliskuu 2020 osoitteesta Siilinjärven kipsi on tutkitusti puhdasta: <https://blogs.helsinki.fi/save-kipsihanke/tag/yara/>

Teknikum Oy. (2020). *Teknikum Oy*. Haettu 10. Maaliskuu 2020 osoitteesta Raaka-aineet ja kumisekoitukset: <https://www.teknikum.com/fi/kumisekoitukset/>

Yara Suomi Oy. (1. Joulukuu 2019). *Tietoa Yarasta*. Haettu 7. Tammikuu 2020 osoitteesta Yara Suomi: <https://www.yara.fi/tietoa-yarasta/yara-suomi/>

Yara Suomi Oy. (1. Joulukuu 2019). *Tietoa Yarasta*. Haettu 8. Tammikuu 2020 osoitteesta Yara lyhyesti: <https://www.yara.fi/tietoa-yarasta/yara-lyhyesti/>

Yara Suomi Oy. (1. Joulukuu 2019). *Tietoa Yarasta*. Haettu 14. Tammikuu 2020 osoitteesta Toimipaikat: <https://www.yara.fi/tietoa-yarasta/yara-suomi/toimipaikat/>

Yara Suomi Oy. (1. Joulukuu 2019). *Tietoa Yarasta*. Haettu 15. Tammikuu 2020 osoitteesta Toimipaikat, Siilinjärvi: <https://www.yara.fi/tietoa-yarasta/yara-suomi/toimipaikat/siilinjarvi/>

YLE Uutiset. (24. Huhtikuu 2007). *Yle uutiset*. Haettu 8. Tammikuu 2020 osoitteesta Valtio myy Kemira Growhow:ta Norjaan: <https://yle.fi/uutiset/3-5787950>