



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL  
TALLINN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

MEHAANIKA TEADUSKOND

Masinaehituse instituut

MET70LT

*Ilja Kuzmin*

# TUHAKONVEIERI PROJEKTEERIMINE JA VALMISTAMINE

Autor taotleb  
tehnikateaduste magistri  
akadeemilist kraadi

Tallinn 2014

## AUTORIDEKLARASIOON

Deklareerin, et käesolev lõputöö on minu iseseisva töö tulemus.

Esitatud materjalide põhjal ei ole varem akadeemilist kraadi taotletud.

Töös kasutatud kõik teiste autorite materjalid on varustatud vastavate viidetega.

Töö valmis Valentin Jutmani juhendamisel

26.05.2014.a.

Töö autor

..... allkiri

Töö vastab magistritööle esitatavatele nõuetele.

26.05.2014.a.

Juhendaja

..... allkiri

Lubatud kaitsmisele

..... eriala/õppekava kaitsekomisjoni esimees

„.....“ .....201...a.

.....allkiri

TTÜ masinaehituse instituut  
.....õppetool  
**MAGISTRITÖÖ ÜLESANNE**  
2014 aasta kevadsemester

Üliõpilane: Ilja Kuzmin 093200 (nimi, üliõpilaskood)  
Õppekava: Tootmistehnika ja tootearendus  
Eriala: Tootmistehnika  
Juhendaja: Dotsent, Valentin Jutman (amet, nimi)  
Konsultandid: ..... (nimi, amet, telefon)  
.....

**MAGISTRITÖÖ TEEMA:**

(eesti keeles) Tuhakonveieri projekteerimine ja valmistamine

(inglise keeles) The ash conveyor design and manufacturing

Lõputöös lahendatavad ülesanded ja nende täitmise ajakava:		
Nr	Ülesande kirjeldus	Täitmise tähtaeg
1.	Teema valik ja ülesande püstitamine	03.02.2014
2.	Konveieri põhiparameetri kindlaks tegemine ja eskiisi projekteerimine	28.02.2014
3.	Elementide projekteerimine ja majanduslikud arvutused	31.03.2014
4.	Tehnoloogia projekteerimine	24.04.2014
5.	Lõplik vormistamine ja tööjooniste valmistamine	19.05.2014

**Lahendatavad insenertehnilised ja majanduslikud probleemid:** Projekteerida konveier tuha eemaldamiseks tsehhist Petroter tuhamäele. Elementide valik ja valmistamine

**Täiendavad märkused ja nõuded:**.....

**Töö keel:** Eesti

Kaitsmistaotlus esitada hiljemalt ..... **Töö esitamise tähtaeg**.....

**Üliõpilane** Ilja Kuzmin /allkiri/ ..... kuupäev 03.02.2014

Juhendaja Valentin Jutman /allkiri/ ..... kuupäev 03.02.2014

## SISUKORD

Sissejuhatus.....	5
<b>1. ETTEVÕTE VKG GRUPP.....</b>	<b>9</b>
1.1 Ettevõtte tegevus .....	9
1.2 Ettevõtte struktuur.....	11
<b>2. TOOTMINE.....</b>	<b>12</b>
2.1 Kiviter tehnoloogia .....	12
2.2 Petroter tehnoloogia .....	13
<b>3. KONVEIER .....</b>	<b>15</b>
3.1 Konveieri eesmärk ja tehnilised nõudmised konveieri vastu .....	15
3.2 Konveieri oluliste sõlmede kirjeldus.....	16
3.3 Kasutatavate komponentide kirjeldus.....	21
3.4 Konveieri projekteerimine .....	29
3.5 Lindi valik .....	38
3.6 Konveieri valmistamise majanduslikud arvutused.....	41
3.7 Konveieri vahemooduli ja pingutusmooduli valmistamise tehnoloogia.....	42
3.8 Tulemus.....	49
<b>KOKKUVÕTTE.....</b>	<b>52</b>
<b>SUMMARY.....</b>	<b>53</b>
<b>KASUTATUD ALLIKAD.....</b>	<b>54</b>
<b>LISAD .....</b>	<b>55</b>

## SISSEJUHATUS

Konveier on mehaaniline seade, mille eesmärk on materjali või kauba transportimine väiksematele kaugustele. Eriti kasulik on kasutada konveiereid, kui transporditavaks objektiks on puistematerjal või rasked detailid või pooltooted. Konveierite kasutamise alguseks loetakse 19 sajandi Inglismaa, kui toimus industrialisatsiooni teine laine. Kiiremaks ja efektiivsemaks tööks töökodades hakkati kasutama lintkonveiereid, mis transportisid tehaste osakondade vahel valmivaid tooteid. Esimene lintkonveier sellel kujul, nagu meie tunneme neid praegu, oli loodud Richard Sutcliffe poolt 1905 aastal söekaevandustes kasutamiseks. Selle abil toodi kaevandustest maapinnale toodetud materjali.

Esimene koosteliini konveier oli loodud 1913. aastal Ford Motor Company poolt. See võimaldas keerulist ja kõrget oskust nõudva koostetöö jagamise etappideks, mis muutis koosteprotsessi rutiinseks ning võimaldas kasutada tööp personali ilma eriliste oskusteta.

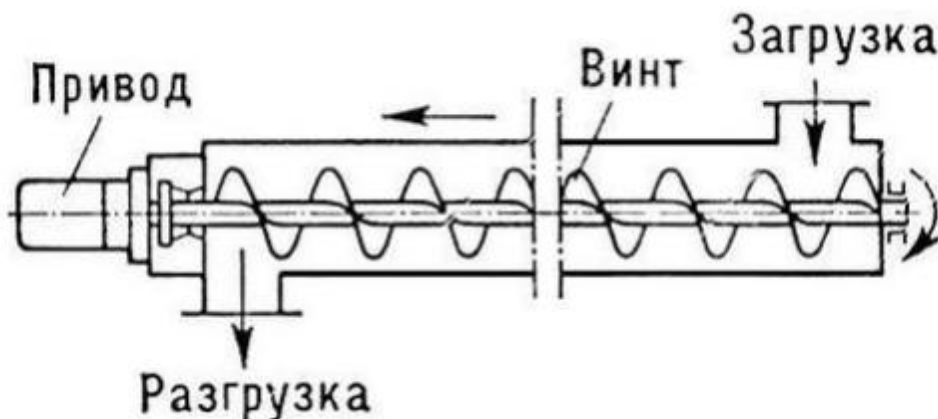
Tänapäeval kasutatavaid konveiereid jagatakse nende tööpõhimõtte järgi:

- Lintkonveieriteks - lintkonveiereid kasutatakse puistematerjali transportimiseks, sammuti väikese massiga detailide ja pooltoodete transportimiseks. Lintkonveier saab olla nii horisontaalne, kui ka kaldega. Üldjuhul maksimaalne kalle on 30° sõltuvalt transporditava materjali omadustest. Lintkonveieril liigub materjal koos lindiga, mistõttu antud konveieritüübil peab kindlasti olema pingutusmoodul koos trumliga lindi pingutamiseks, et ei toimuks veotrumli ja lindi vahel libisemist. Sõltuvalt tugirullide paigutusest võib lintkonveierile anda nii tasapinnalist kuju, kui ka trapetskuju. Lintkonveiereid eristab suur ekspluatatsiooniline töökindlus ja kõrge tootlus.



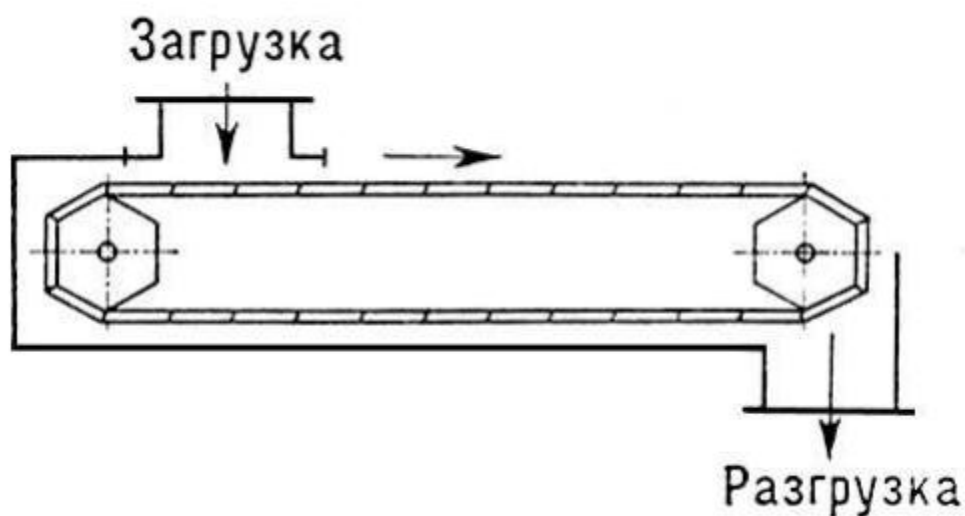
Sele 1. Lintkonveieri põhimõtteskeem [3]

- Kruvikonveieriteks - kruvikonveierites on töökehaks kruvi, mis liigutab granuleeritud kujul materjali väikese kaldenurgaga. Kruvi pöörlemisel materjal libiseb edasi mööda küna. Kruvikonveierid on ekspluatatsioonis mugavad granuleeritud materjali või tolmuva materjali transportimiseks, kuid nende oluliseks puuduseks on suur hõõrdetugevus konveieri sees, mis tingib suurenenud töökeha ja küna kulumise ja suurenenud energiakadu.



Sele 2. Kruvikonveier [3]

- Plaatkonveieriteks - Plaatkonveiereid kasutatakse raskekaaluliste detailide ja toodete transportimiseks tasapinnaliselt või väikese kaldenurgaga. Plaatkonveier on hea alternatiiv lintkonveierile, kui transporditavad objektid oma geomeetriliste omaduste tõttu võivad kahjustada konveieri linti. Plaatkonveierite transporttöör koosneb plaatidest ja veotrumlitele on antud vastav kuju. Sammuti tihti kasutatav variant on veokettidele ühendatud pealisplaadid.



**Sele 3. Plaatkonveier [3]**

- Inertsioonkonveieriteks - Nagu nimetus viitab nende puhul transporditav objekt transporditakse inertsiooni toimele. Inertsioonkonveierite abil saab transportida puistematerjali või peengraanulitest materjali. Inertsiooni abil materjal kas lendab vajalikus suunas või siis libiseb mööda suunavat küna. Selliseid konveiereid kasutatakse enamasti põllumajanduses.
- Vibrokonveieriteks - Vibrokonveieritele edastab mitte sümmeetriline trummel võnkumisi, mille tagajärjel vibrokonveieri transportöör liigub üles-alla, ning selle toimele konveieril olev objekt tõuseb konveieri pinnalt teatud ajahetkeks lahti, ning liigub osundatud suunas. Selliseid konveiereid kasutatakse näiteks müntide lugemismasinates pangas.

Käesolevas töös on projekteeritud lintkonveieri ettevõttele VKG OIL mis kuulub kontserni VKG Grupp. Töö aktuaalsus tuleneb ettevõtte reaalsest vajadusest konveieri järgi. Ettevõtte allüksuse laienemine ja töömahtude kasv tingis vajaduse uue konveieri loomiseks. VKG Grupp on põlevkivitööstuses üks maailmatasemel tipptegijatest. Põlevkivi on Eesti põhiline loodusvara, ning selle kaevandamine, ning sellest kasulike keemiliste ühendite saamine on Eesti majanduse jaoks üks olulisemaid ja perspektiivikamaid arengusuundi.

Tänapäeval on põlevkivitööstus hakanud aktiivselt arenema üle terve maailma, mistõttu käesoleva töö autori arvates on äärmiselt aktuaalne suund ka mehaanika ja masinaehituse

valdkonnas tegutsevate ettevõtete jaoks - tugiteenused ja varustus põlevkivitööstusele. Sellest tingituna valis autor töö teemaks "tuhakonveieri projekteerimine ja valmistamine".

Konveieri eesmärk on transportida põlevkivituhka pärast pürolüüsi protsessi edaspidisele töötlusele, kus tuhk jahutatakse, ning sellest võetakse välja kasulikud keemilised ühendid, ning hiljem läheb järgi jäänud tuha kogus utiliseerimisele.

Töö koosneb kolmest peatükist:

- esimeses peatükis antakse üldine ülevaade ettevõtte VKG Grupp tegevusest ja struktuurist;
- teises peatükis tutvustatakse ettevõtte VKG OIL tootmisahelat ja kirjeldatakse tootmisprotsesse;
- kolmas peatükk sisaldab konveieri projekteerimisega seonduvaid andmeid, analüüse ja arvutustulemusi.

Töö koostamisel on kasutatud empiirilist meetodit, lõpplike elementide meetodit ja vaatlust.

Töö eesmärk: projekteerida ettevõtte vajadustele vastav konveier ja selle oluliste osade valmistamise tehnoloogia.



# 1. ETTEVÕTE VKG GRUPP

## 1.1 Ettevõtte tegevus

VKG Grupp on Eesti suurim põlevkivitööstuse kontsern, mis ühendab endas ettevõtteid:

VKG Oil AS

VKG Kaevandused OÜ

VKG Transport AS

VKG Energia OÜ

VKG Soojus AS

Viru RMT OÜ

VKG Elektrivõrgud OÜ

VKG Elektriheitus AS

VKG Plokk OÜ

Maailmas on VKG oma põlevkivi töötlemismahtude poolest teisel kohal Hiina Fushuni põlevkivitöötlemise kompleksi järel ja Brasiilia Petrobrasi põlevkivitöötlemistehase ees.

(<http://www.vkg.ee/est/kontsern>) [5]

VKG Oil on Eesti suurim põlevkiviõli ja põlevkivikeemia tootmisettevõtte. Praegu töötab VKG Oil ASis üle 600 inimese. Ettevõtte toodetud põlevkiviõli ja -gaas annavad soojust Eesti ja Põhjamaade majapidamistele. Oma heade omaduste tõttu on VKG toodetud põlevkiviõli nõutud kõigil Põhja-Jäämere ja Läänemere karmides tingimustes seilavatel laevadel. Põlevkivist peenkeemiatooted leiavad kasutust parfümeerias, kosmeetikas ja kõrgklassiautode tootmises. Aastas toodab ettevõtte üle 365 000 tonni põlevkiviõli, ümbertöötamisele läheb üle 2,4 miljoni tonni "Eesti pruuni kulda".

2009. aastal sai VKG Oil AS Eesti ettevõtluskonkursil *Eesti parima ettevõtte tiitli*. Sama aasta detsembris lasti käiku uus, tooraine olulist kokkuhoidu ja keskkonnasäästu võimaldav Petroteri tehas, mis suurendas ettevõtte tootmistahtu kuni 40%.

(<http://www.vkg.ee/est/tooted-ja-teenused/vkg-oil-as>) [5]

Erinevalt Eestist käsitletakse maailma mastaabis põlevkivi peamiselt „alternatiivse naftana“ ja

teda vaadeldakse potentsiaalse toorainena vedelkütuste – eelkõige mootorikütuste – tootmiseks. VKG omab hetkel maailmas opereeritavatest põlevkivitöötlemise tehastest kõige paremat õlide järeltötluse skeemi, mis võimaldab toota hea kvaliteediga merekütuste komponente ja kütteõli. Järeltötlus hõlmab õlide ettevalmistust, kemikaalide eraldamist protsessi veest, atmosfääri destillatsiooni ja koksistamist.

Pikemas perspektiivis on VKG eesmärk tõsta põlevkiviõlid kõrgemasse kvaliteediklassi – hakata kütteõlide asemel tootma EURO V standardile vastavat diislikütust ja 0,1%lise väävlisisaldusega merekütust. 2008. aastal alustati tegevustega põlevkiviõlide rafineerimistehnoloogia defineerimiseks, formuleeriti tehnilised tingimused protsessile, soovitud produktidele ja rafineerimiskompleksi konfiguratsioonile.

2009. aastal sõlmis VKG kokkulepped kahe maailma juhtiva ja ühe uue rafineerimistehnoloogia pakkujaga pilootkatsetuste sooritamiseks Eesti põlevkiviõliga ning pilootkatsete tulemustel põhineva rafineerimisprotsessi väljatöötamiseks. Aasta jooksul viidi läbi planeeritud mahus katsetuseprogramm ning töötati välja üle kümne võimaliku konfiguratsiooni protsessi, mille hulgast valiti välja kõige potentsiaalsemad. Aasta lõpuks vormistasid tehnoloogiafirmad VKG-le pakkumised vesiniktötluse protsessi ja tehnoloogia projekteerimiseks ning tehnoloogia litsentseerimiseks. Kahe lahenduse puhul on täielikult saavutatud EURO V diislikütuse ja MARPOL 2015 merekütuste kriteeriumid, ühe tehnoloogia puhul jäid tulemused paari parameetri – tiheduse ja tsetaanarvu – osas veidi nõuetele alla.

2009. aasta keskel otsustas Eesti riik läbi Ettevõtluse Arendamise Sihtasutuse toetada VKG tegevusi põlevkiviõlide rafineerimistehnoloogia arendamiseks kui Eesti jaoks strateegiliselt tähtsat suunda 8 miljoni krooniga. Eesmärk on rajada rafineerimistehas Eestisse aastaks 2016.

2011. aastal jätkati 2007. aastal alustatud põlevkiviõli rafineerimistehnoloogia projekti viimase katsetusliku faasiga enne tehase projekteerimist. 2012. aastal valitakse välja pilootkatsetuste põhjal selgunud tehnoloogia, mille alusel alustatakse tehase projekteerimist. (<http://www.vkg.ee/est/arendustegevus/projektid/diislikutuse-tootmine>) [5]

## 1.2 Ettevõtte VKG OIL struktuur

VKG suuremahulisem investeering, mis vaatamata 2009 rangele säästupoliitikale täies mahus vastavalt plaanitule jätkus, oli 2007. aastal alustatud 0,9 miljoni tonnise tootlikkusega uue Petroter õlitechase rajamine. Kuigi ehitustegevus objektil lõpetati oktoobris, alustati tehnoloogiliste seadmete autonoomset käitamist ja katsetamist juba aasta keskel. Kogu tehnoloogilise protsessi järjestikuste katsetustega juba kuuma gaasilisel režiimil (kuid ilma põlevkivita) alustati augustis, järgnes testperiood inertse tahke materjaliga septembris ja oktoobris. Alates novembrist alustati plaanipäraste katsekäivitustega põlevkivil.

Aasta lõpuks oli jõutud lühiajalistel perioodidel tehase projektvõimsuseni 130 tonni põlevkivi tunnis, oli tõestatud kogu tehase töövõimelisus ja opereeritavus. Käivitusprotsessidel ilmnunud väiksemad puudused kõrvaldati käivituste vaheaegadel, suuremad puudused fikseeriti ning töötati välja parandatud tehnoloogilised lahendused. Nagu suuremahulise ja uuendatud tehnoloogial põhineva keeruka tööstusliku seadme käivitamisel ikka, arvestati ka Petroter tehase puhul ca 6-kuulise katse- ja käivitusperioodiga ning vajadusega osade tehnoloogiliste sõlmede modifitseerimiseks ning ümberehitamiseks opereerimise käigus saadud kogemuse põhjal.

21. detsember 2009 toimus Petroter I tehase avamine. Täisvõimsusele jõuti 2010. aastal.

Augustis 2012 alustati Petroter II tehase ehitusega. Uus tehas valmib järgmise aasta kevadel.

2013. aasta novembri alguses alustas VKG ka Petroter III tehase ehitamisega. Projekti mahuks on 80 mln. eurot ning 2015. aastal loob ta 100 täiendavat töökohta.<sup>1</sup>

---

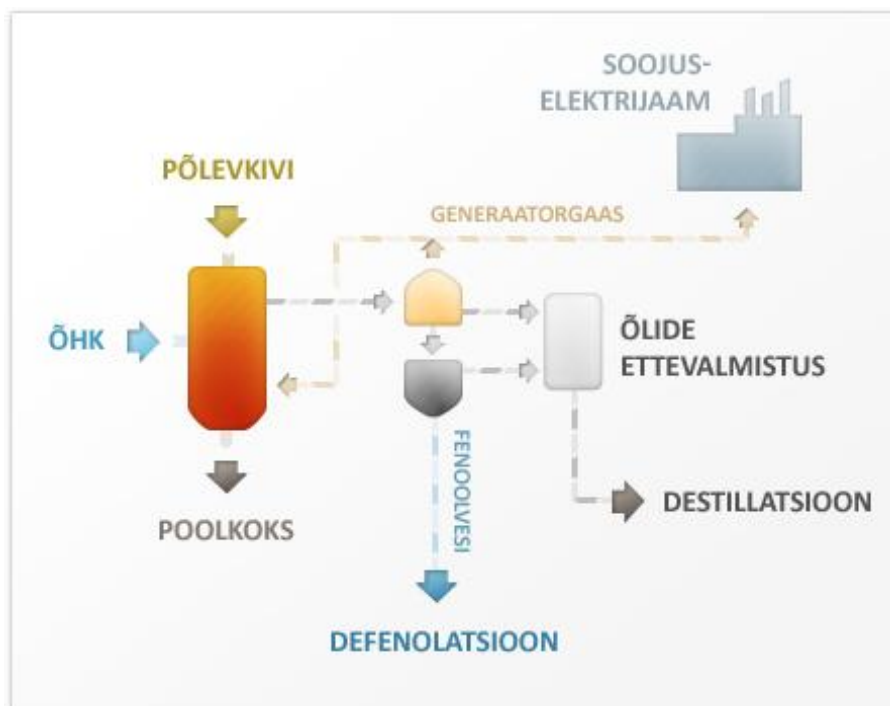
<sup>1</sup> VKG kodulehekülg <http://www.vkg.ee/est/arendustegevus/projektid/polevkivioliide-tootmise-laiendamine>

## 2. TOOTMINE

### 2.1 Kiviter tehnoloogia

Põlevkivi termiliseks lagundamiseks (utmiseks) vajalik soojus saadakse utmises moodustunud gaasi põletamisel. Protsess toimub vertikaalses, soojuskandja põikvoolulise liikumisega generaatoris („Kiviter” tüüpi retordis).

Põlevkivi, millest on välja sõelutud peenfraktsioon, suunatakse generaatorisse ülalt. Laadimiskarbist liigub põlevkivi uttesahti, mida risti põlevkivi liikumisega läbivad generaatorgaasi põlemisel saadud kuumad põlemisgaasid. Utmisel tekkinud õli- ja veeaurud ning gaas väljuvad generaatori ülaosast ja suunatakse kondensatsioonisõlme, kus kondenseeruvad õli ja vesi. Toorõli läheb edasi läbi õliettevalmistussõlme destillatsiooni ja uttevesi defenolatsiooniseadmele. Generaatorgaas suunatakse osaliselt tagasi protsessis vajaliku soojuse tekitamiseks, gaasi liig aga soojuselektrijaama soojuse ja elektri tootmiseks. Utmisel tekkinud poolkoks väljub generaatori alaosast ja ladestatakse poolkoksi prügilas.<sup>2</sup>



Sele 4. Kiviter tehnoloogiline ahel

<sup>2</sup> VKG kodulehekülj <http://www.vkg.ee/est/arendustegevus/kasutatavad-tehnoloogiad/kiviter>

## 2.2 Petroter tehnoloogia

Petroter tehnoloogias kasutatakse pürolüüsi protsessi (poolkoksistamist) peenpõlevkivi (fraktsioon 0–25 mm) töötlemiseks tahke soojuskandjaga. Põlevkivi ja kuuma tuha segunemisel ilma õhu juurdepääsuta toimub kuumenemine ja vastava temperatuuri juures hakkab põlevkivi orgaanilise osa eralduma vedele ja gaasiliste ainetena.

Põlevkivi kaevandamisel tekib peenpõlevkivi umbes 70%. Põlevkivi termilise töötlemise käigus Kiviter tehnoloogi järgi kasutatakse fraktsiooni 25-125 mm.

Petroter tehnoloogia on ette nähtud tehnoloogilise peenpõlevkivi termiliseks töötlemiseks (pürolüüs), mille tulemusena saadakse põlevkiviõli, kõrge kalorsusega gaas ja auru. Põlevkivi pürolüüsi protsess toimub pöörlevas silindris – reaktoris – ilma õhu juurdepääsuta, temperatuuril 450-500 °C, põlevkivi segunemisel kuuma tuhaga (tahke soojuskandjaga).

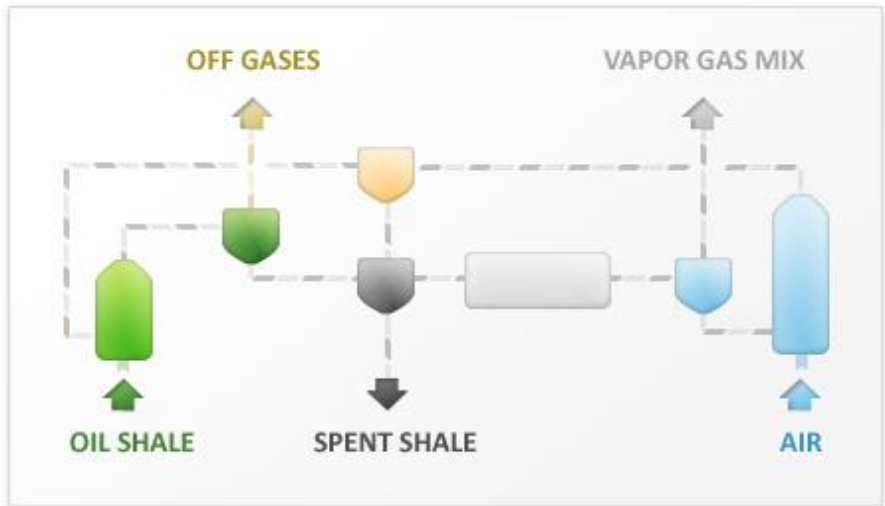
Reaktoris toimuva pürolüüsi protsessi tulemusena tekkiv auru-gaasi segu puhastatakse tuhast ja mehaanilistest lisanditest ning suunatakse kondensatsiooni, kus saadakse vedelad tooted ja kõrge kalorsusega gaas.

Vedelad tooted suunatakse laadimisosakonda, valmistoodang realiseerimiseks ja vaheproduktid edasiseks töötluks.

Gaas suunatakse soojuselektrijaama sooja ja elektri tootmiseks. Aurust toodetakse soojuselektrijaamas elektrit. Protsessi kõrvalsaadusteks on fenoolivesi, suitsugaasid, termilise töötluks käigus tekkinud tuhk.<sup>3</sup>

---

<sup>3</sup> VKG kodulehekülg <http://www.vkg.ee/est/arendustegevus/kasutatavad-tehnoloogiad/petroter>



**Sele 5. Petroter tehnoloogiline ahel**

### **3. KONVEIER**

#### **3.1 Konveieri eesmärk ja tehnilised nõudmised konveieri vastu**

Konveier täidab tsehhis kindla eesmärgi – transpordib põlevkivi tuhka pärast pürolüüsi konteineritesse, kus toimub tuha edaspidine keemiline töötus. Põlevkivi tuhas saadakse hulgaliselt pindaktiivseid aineid ja kemikaale nii kodukeemia kui polümeeride tootmiseks. Selle tõttu põlevkivi tuhka ei visata koheselt minema. Ka ökoloogilisel eesmärgil ei ole mõttekas järeltöötlemata põlevkivituhka kohe loodusesse tagasi viia, kuna selle kõrge keemiline aktiivsus põhjustab keskkonna reostuse.

Projekteeritav konveier ei ole põhiline transpordikonveier, vaid nii nimetatav varu- või avariikonveier. See pannakse tööle hetkel, kui põhikonveier kas ei tule toime oma ülesandega, või põhikonveier pannakse seisma kas hoolduseks või tõrgete kõrvaldamiseks. Kuna põlevkivi pürolüüs on kestev protsess, ning tervet tehist ei panda seisma selleks, et hooldada tuhakonveieri, siis ongi vajalik täiendav tuhakonveier, mida käesolevas on ka projekteeritud.

Tehnilised nõudmised konveieri vastu on järgmised:

Massiline vooluhulk (tootlus) - 400 tonni tunnis;

Tõusunurk - 20°

Pikkus – 60 meetrit

Materjal – määratlemata puistematerjal tera suurusega kuni 3 mm (tuhk), temperatuur kuni 140 ° C

Kuna tegemist on varukonveieriga, siis esimesele kohale seatakse selle töökindlus.

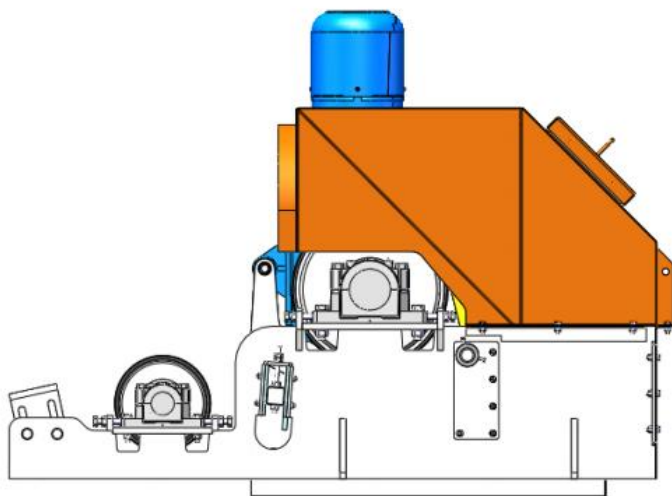
## 3.2 Konveieri Oluliste sõlmede kirjeldus

### 3.2.1 Veomoodul

Konveieri veosõlme ülesandeks on konveieri käitamine. Veosõlme peamised komponendid on raamkonstruktsioon, veotrummel koos laagerdusega, 1 reduktormootor, paindetrummel koos laagerdusega ning lindi- ja trumlipuhastid.

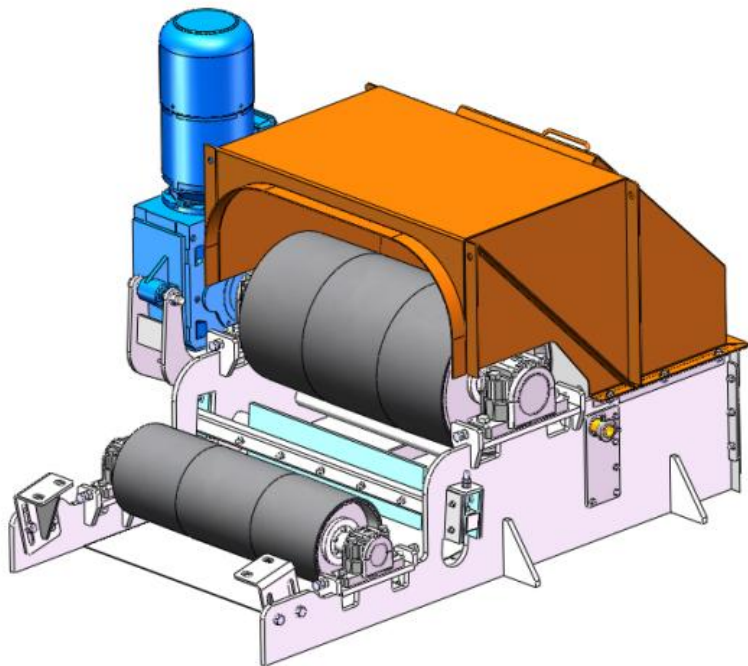
Konveierit käitatakse 1 reduktormootoriga, mis on ühendatud konveieri veotrumli võlliga koonilise ühendusmuhviga. Reduktorite teine kinnitus toetab vastu raamkonstruktsiooni momenditoe õlga. Veotrumli laagerduses kasutatakse poolitatavaid laagripukke. Veotrumli pind on kaetud spetsiaalse keraamilise kattega, et tagada piisav hõõrdetegur veotrumli ning konveierlindi vahel.

Konveierlindi pealmist pinda puhastatakse veotrumli juures asuva vahetatavate elementidega puhastiga. Sarnast puhastit kasutatakse ka paindetrumli pinna puhastamiseks. Täiendavalt kasutatakse konveierlindi puhastamiseks veotrumli ning paindetrumli vahel veel kahte puhastit, mis on lahendatud raamkonstruktsiooni osadena.



Sele 6.1. Veomoodul



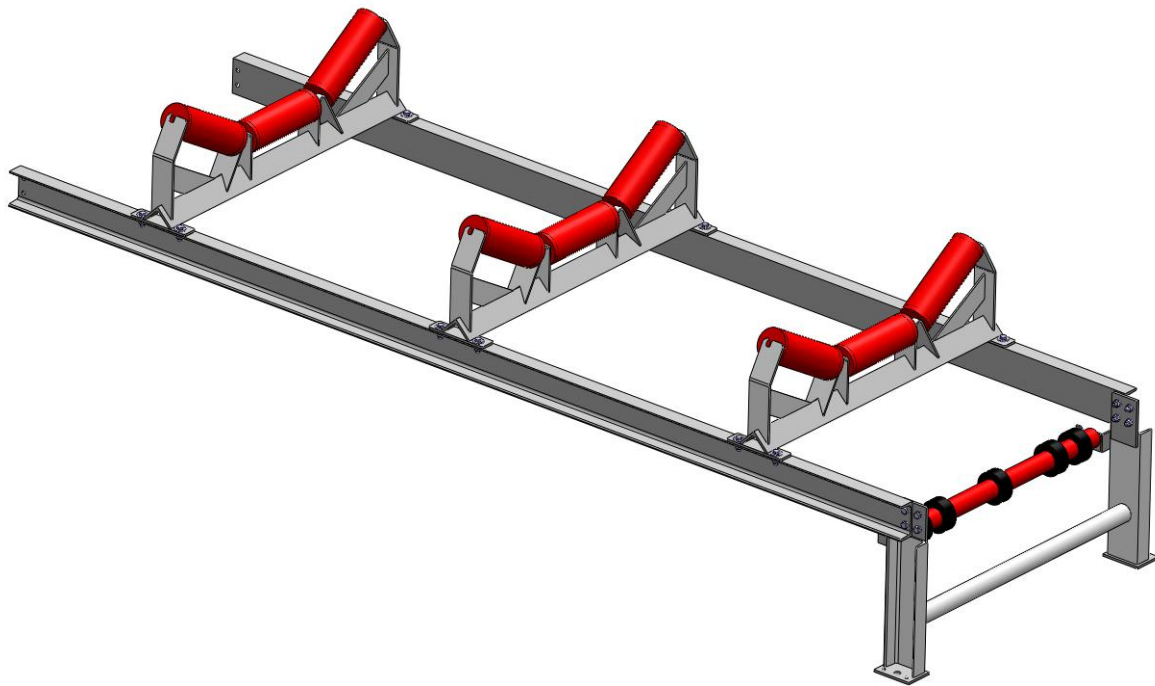


**Sele 6.2. Veomoodul**

### **3.2.2 Vahemoodul**

Vahemooduli raam on valmistatud U-taladest ja lehtmetailist. Tagamaks raamkonstruktsiooni samatelgsust ja jäikust on raamkonstruktsiooni küljed omavahel ühendatud keevitatud jalgadega, mis on kinnitatud külgedele poltliidete abil. Antud ühendused tagavad konstruktsiooni stabiilsuse ja jäikuse, võimaldamaks konveierite kasutust rasketes tingimustes.

Vahemoodul on varustatud rulliraamidega, sammuga 1200mm ja tagasijooksu rullikutega.



### **Sele 7. Vahemoodul**

Konveieri vahemoodul on varustatud ES5 tüüpi avariilülite süsteemiga, mis tagab võimaluse konveieri peatamiseks avariolukorras suvalises punktis kogu konveieri ulatuses.

Vahemoodul on varustatud ES20 tüüpi lindi kõrvalekande anduritega. Süsteem tagab lubatus suurema lindi kõrvalekande korral avariisignaali juhtpulti. Üks anduripaar monteeritakse veotrumli vahetusse lähedusse. Teine anduripaar pingutussüsteemi vahetusse lähedusse. Kolmas anduripaar sabatrumli ja laadimiskoha vahelisele alale. Anduripaaride omavaheline kaugus ei tohi ületada 90-metrit, vajadusel paigaldatakse lisa anduripaar.

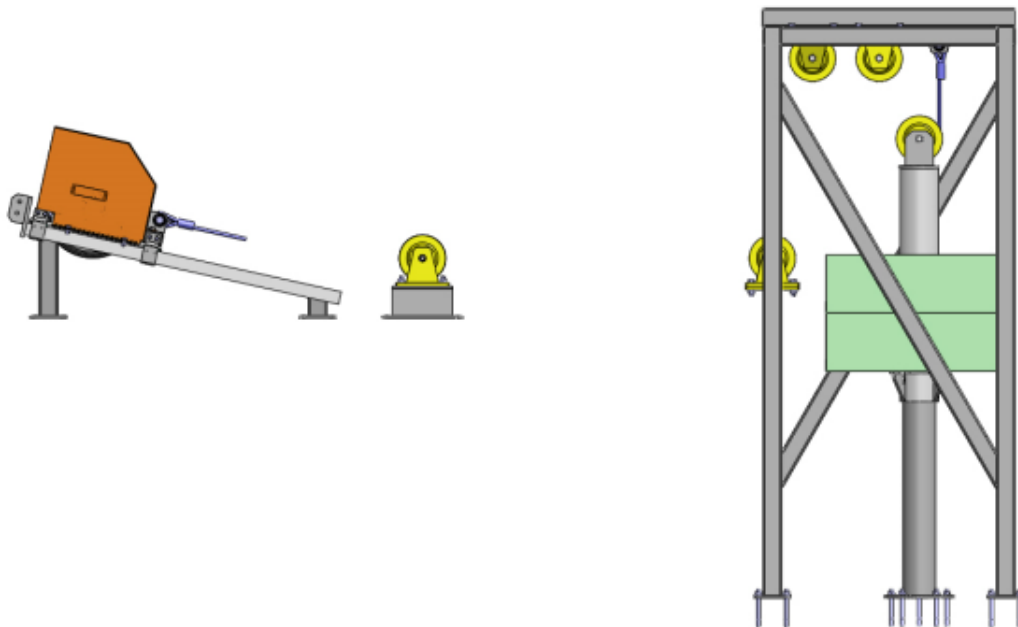
Käivitussireenid peavad olema kuuldavad konveieri töörežiimil kogu konveieri pikkuse ulatuses.

Konveieri trassil on paigaldatud valgus kogu galerii ulatuses. Valgustus peab olema piisav hooldustööde teostamiseks ja konveiersüsteemi igapäevaseks käitlemiseks.

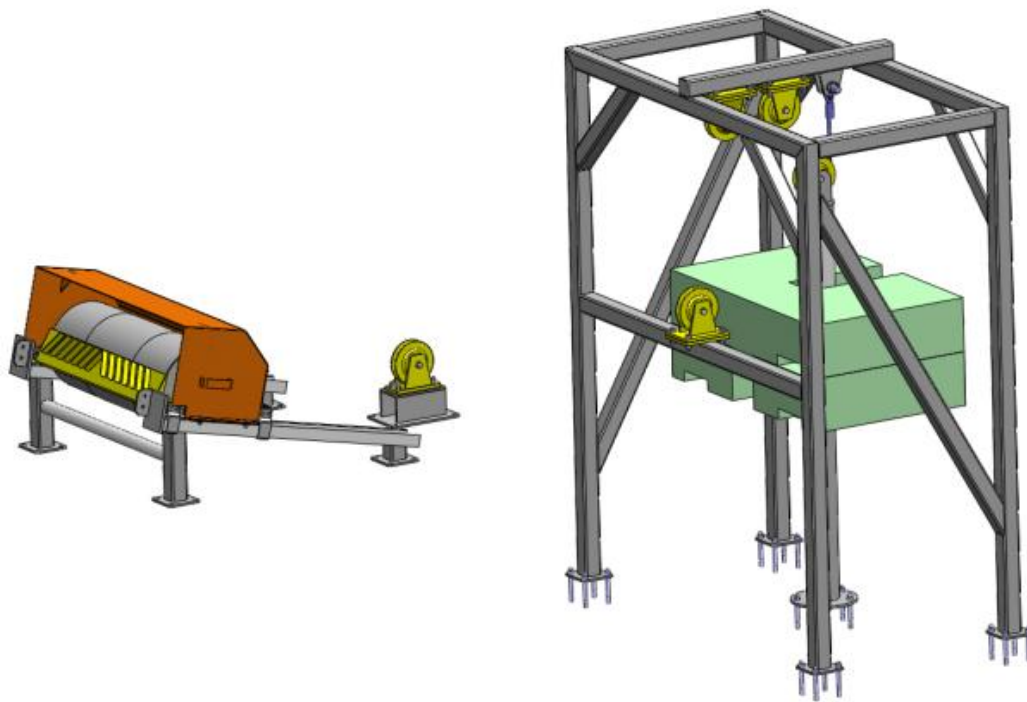
### 3.2.3 Pealeladimismoodul

Antud projekti konveierite puhul on laadimismoodulil kaks ülesannet: saada materjal lindile linti võimalikult vähe kahjustades ja pingutada konveierilinti.

Konveierlindi pingutamine toimub konveieri laadimismoodulis. Selleks kasutatakse betoonraskusi ja pingutuskelku mis on ühendatud omavahel tross-süsteemi abil läbi plokkide. Betoonraskused on üksteise otsas ja paigutatud liikuvale metallraamile mis paigaldusel ümbritsetakse ohutusaiaga ja asetatakse maale võimalikult lähedale. Laadimiskelk liigub mööda tugiraamil olevaid siine, mis tagavad kelgul oleva trumli joonduse teiste mooduli trumlite suhtes.



Sele 8.1. Pingutusmoodul



**Sele 8.2. Pingutusmoodul**

Konveierlindi pingutusmooduli täpne asukoht pannakse paika projekteerimistöõde käigus. Pingutussüsteem lahendakse automaatselt, mis tagab konveierilindi ühtlase pingsuse kogu protsessi käigus. Lindi pingsust kontrollitakse dünamomeetri abil.

Kõik pingutusmoodul on varustatud sabatrumli pöörlemisanduriga.

Pöörlemisandurid peavad andma peakilbi kontrolleriile vajalikku informatsiooni sabatrumli pöörlemissagedusest. Informatsioon sabatrumli ja veotrumli pöörlemissageduse erinevusest näitab lindi libisemist veotrumlil või lindi purunemist.

200 mm enne pingutuskelgu tagumist asendit paigaldada andur, mis edastab signaali peakilpi vajalikest hooldustöödest konveieril.

### 3.3 Kasutatavate komponentide kirjeldus

#### 3.3.1 Ajamid

Ajamina kasutame Saksa firma NORD ühepunkt-kinnitusega kolmeastmelist silinderhammastega reduktormootorit, mis on varustatud labürint-tihenditega, et kaitsta mootorit mustuse, tolmu ja niiskuse eest. Reduktormootor kinnitub veotrumli võllile koonilise ühendusmuhviga (Shrink disc). Raamkonstruktsiooni külge kinnitatakse ajam momenttoega. Lisadena on konveierite juhtahelatesse paigaldatud sagedusmuundurid, millega on võimalik reguleerida konveierite kiirust.

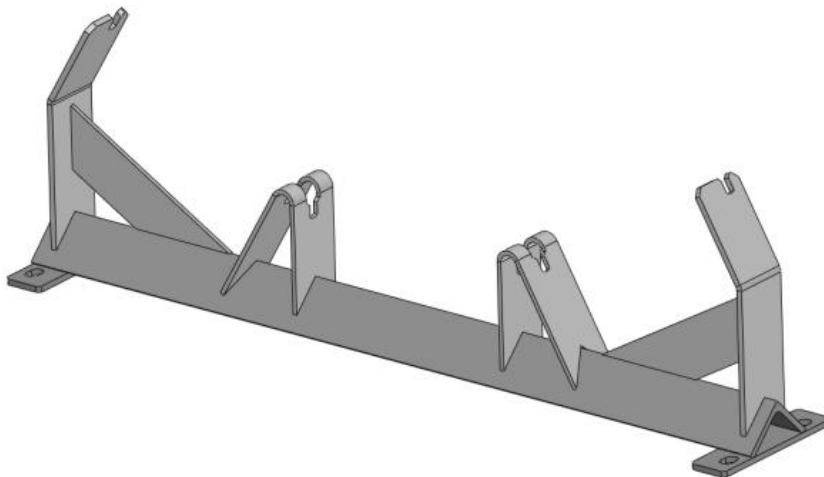


**Sele 9. NORD reduktormootor**

### 3.3.2 Rulliraamid

Konveeritel kasutame standardis Tranza 3 rullikuga ülemise haru rulliraame. Rulliraami konstruktsioonid on projekteeritud ning valmistatud arvestades Euroopa Liidu ohutusstandardeid.

Rulliraamide profiil ning laius sõltuvad konveieri kasutusotstarbest, transportitava materjali hulgast ja kaalust. Vahemoodulite konstruktsioon võimaldab kasutada ülemise haru rulliraami sammu 1200 mm. Laadimis- ning muudes koormatud kohtades kasutame rulliraame väiksema sammuga.



**Sele 10. Rulliraam**

### 3.3.3 Rullid

Terasest valmistatud Transroll rullikud on silindrilised, otstest laagrite ning tihenditega ja vastavad DIN 22107 nõuetele. Rullikud asetsevad konveieril sammuga 1200 mm.



**Sele 11. Ülemise haru rullikud**



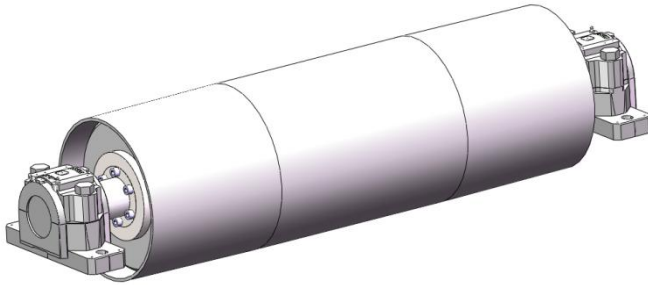
**Sele 12. Alumise haru rullikud**

Alumise haru rullikutel on linti toetav funktsioon. Alumiste rullikute valikul on arvestatud transportöörlindi massi ning transporditava materjal iseärasustega. Raam võimaldab kasutada rullikuid sammuga 3,6 m. Valitud rullikud ei lase mustusel koguneda nende pinna ja lindi vahele.

### 3.3.4 Trumlid

Trumlid on varustatud kaherealiste sfääriliste rull-laagritega. Trumlid on tünnja kujuga e. keskelt jämedam kui otstest. Trumli tünnjas kuju tagab transportöörlindi parema tsentreerituse

andes trumli keskosale suurema trumlipinna joonkiiruse kui äärtel. Trumleid on võimalik reguleerida veosõlme telje ja risttelje suhtes.



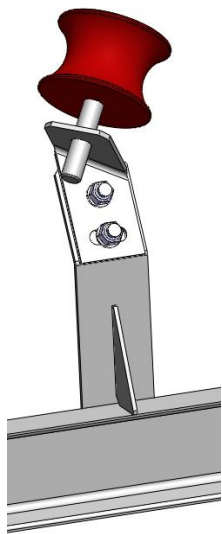
**Sele 13. Trummel**

Veotrummel on kummeeritud keraamilise kattega, mis tagab transportöörlindi ja veotrumli hea haardeteguri. Trumlid on varustatud SNR laagritega.

### **3.3.5 Lindi tsentreerijad**

Alumise haru juhtrullikutel on transportöörlinti tsentreeriv funktsioon. Juhtrullik ei lase lindil eriti tsestrist välja kanduda, vältides sellega lindi kahjustumist konveieri raami poolt.





**Sele 14. Ülemine juhtrullik**



**Sele 15. BeltPilot**

BeltPilot tsentreerib tagasijooksvat linti ilma, et ta kulutaks linti ja ei lase lindil kanduda külgedele. Juhul kui lindi tsester ei asu konveieri tsentris, avaldub rulli otsale lindi enda raskus ja surub rulli otsa alla, mis omakorda kallutab rulli põiki lindi liikumise suunaga. Kallutatud rull aitab linti juhtida tsentrisse. Kui lindi raskus on jälle ühtlaselt jaotunud, asetub rull koheselt tagasi oma algsesse asendisse.

### **3.3.6 Transportöörlint**

Kasutage kolmekihilist kangasarmearinguga transportöörlinti firmalt ContiTech. Kihtide arv ning paksus sõltub konveieri kasutusotstarbest. Ülemine- ja alumine kummikiht kaitsevad kangasarmearingut mehaaniliste, keemiliste ning ilmastiku mõjude eest. Kangasarmearing on valmistatud EP tüüpi tehiskiust ning annab lindile hea vastupidavuse koormustele ning tõmbele. Kangasarmearingu kihtide arv sõltub transportöörlindile mõjuvast koormusest. Liiga palju kangasarmearingu kihte jäigastavad transportöörlinti, mis raskendab konveieri toimimist. Kohtades, kus on nõutud kuumustaluvus kasutatakse konveierilinte vastavalt

etteantud materjali temperatuurile. Valikus on järgmiased kuumuskindlad konveierilindid T120, T150 või T220.

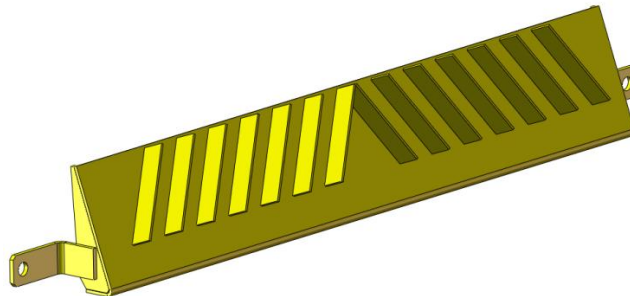


**Sele 16. Mitmekihiline kangasarmeeringuga transportöörlint**

### 3.3.7 Puhastid

Puhastite funktsioon on eemaldada transportöörilindilt või trumlitelt sinna kinni jäänud mustus. Puhastid on pidevas kokkupuutes transportöörilindi või trumliga. Lintkonveieri puhastid valmistatakse: metallist, polüuretaanist (U); alumiiniumoksiidiga täidetud polüuretaanist (A); keraamilised (S)<sup>4</sup> või regenereeritud ülikõrge molekulmassiga polüetüleen PE1000 regenereeritud materjalist (M)<sup>5</sup>. Transportöörilindi sisemise poole puhastamiseks kasutatakse kolmnurkpuhastit. Kolmnurkpuhasti otstarve on lindi sisepinnale kukkunud materjalist puhastamine (tänu kolmnurksele kujule juhivad materjali lindi küljelt maha).

Pingutustrumli puhasti otstarve on puhastada trumlit (puhastile on külge keevitatud ribad). Ribid juhivad mustuse lindile, kus mustust on kergem puhastada).

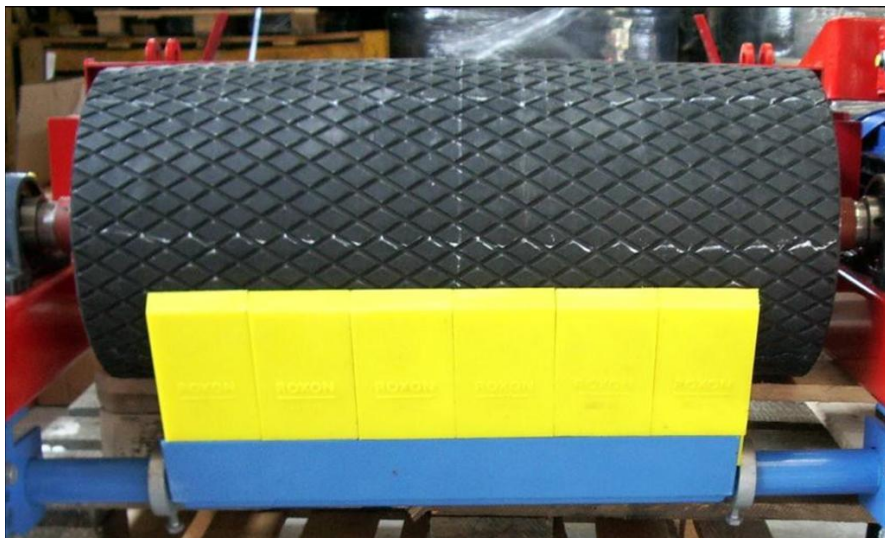


**Sele 17. Pingutustrumli puhasti**

Transportöörilindi e. otsapuhasti ülesanne on puhastada lindi välispinda sinna külge jäänud mustusest. Otsapuhastina kasutame firma Roxon BEP 31 uneversaalpuhastit, kuna tal on lihtne ja usaldusväärne konstruktsioon. Puhasti kaabid on valmistatud polüuretaanist. Puhastuskaapide eluiga sõltub puhastatavast materjalist, transportöörilindi kiirusest ja pingutusjõust, millega surutakse puhastikaape vastu linti.

<sup>4</sup> Tähisted U, A, S või M on leitavad puhasti markeeringust

<sup>5</sup> PE100 tehnilised näitajad: tihedus: 0,93 g/cm<sup>3</sup>, tõbeelastsus 600 N/mm<sup>2</sup>, kuulkövadus 38 N/mm<sup>2</sup>, läbilöögipinge 45 kV/mm, kulumiskindlus liivatestil 80, lubatud töötemperatuur -150°C...+80°C



**Sele 18. Transportöörlindi e. otsapuhasti**

### 3.4 Konveieri projekteerimine

#### Süsteemi üldinformatsioon

Arvutuste meetod .....DIN / ISO  
Konveieri pikkus / kõrgus ..... 60 / 11,0 m  
Materjali tõus..... 10,7 m  
Keskkonna temperatuur..... 10 °C

#### *Materiali omadused*

Tüüp..... Määratlemata  
Projekteeritav massiline vool..... 400 t/h  
Tihedus..... 1250 kg/m<sup>3</sup>  
Maksimaalne tera suurus..... 3 mm  
Laadimise nurk .....20 deg

#### *Lindi omadused*

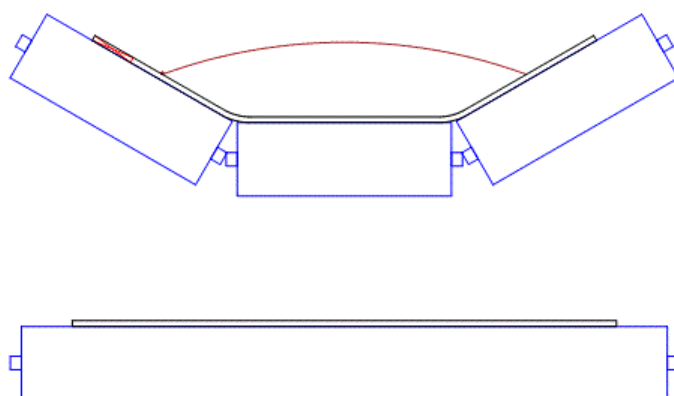
Valmistatud ..... Fabric 400/2  
Tüüp ..... Fabric (3-Ply)  
Laius ..... 800 mm  
Hinnanguline koormus..... 400 N/mm  
Kiirus .....2,04 m/s  
Pea- / põhjakate paksus..... 4,0 x 2,0 mm  
Kogupaksus..... 8 mm  
Kaal (uus / kulunud) ..... 8,2 / 5,6 kg/m  
Tõmbemoodul..... 4 447 kN/m

Lindi pikkus..... 123 m  
 Lindi tsükliäeg .....60 s

<i>Koormuste analüüs</i>	Töökoormus	Hettkoormus
Max Tõmme (kN)	12,4	17,8
Minimaalne varutegur	25,85	17,96
Min tõmme (kN)	4,47	1,68
Max lindi lõtvumine (%)	1,71	1,97

### *Koormuste jagunemine ristlõikes*

Materjali mass ( $w_m$ ) ..... 54,6 kg/m  
 Kombineeritud mass ( $w_m + w_b$ )..... 62,7 kg/m  
 Servade vahekaugus (vajalik / tegelik)..... 65 / 114 mm  
 Ristlõike pindala. . . . . 0,044 m<sup>2</sup>  
 Koormused ristlõikes (kasulik / üldine) ..... 68 % / 46 %  
 Sügavus..... 110 mm  
 Täidetud lindi voluhulk..... 869 t/h  
 Täidetud ( $w_m + w_b$ ) ..... 126,7 kg/m



**Sele 19. Konveieri ristlõige**

### Pingutusrulli omadused

	Carry	Return
Tootja	Sandvik	Sandvik
Seeria	Series 20	Series 25
Laager	6204	6205
Rullide arv	3	1
Läbiv nurk (deg)	30	0
Tüüp	joondes	joondes
Pingutusrulli vahe (m)	1,20	3,60
Pingutusvõllide komplektide arv	60	17
Rulli diameeter	108	108
Rulli pöörlemisagedus	360	360
Kogutõmbejõud (kN)	9,4	4,2
Rulli pikkus	315	950
Võlli diameeter (mm)	20,0	20,0
Dünaamiline kandevõime (kN)	13,5	14,8
L10 <sup>3</sup> elutsüklid (1000 tundi)	350,0 / 350,0	350,0
Shaft deflection (min)	0,70 / 2,64	6,31

### Ajam

Sünkroon.....	1500 RPM
Mootorite arv /võimsus.....	1 / 22,0 kW
Kogu väljundvõimasus.....	22,0 kW
Tühi / Täisvõimsus.....	(9 / 76%) 2,1 / 16,6 kW
Mootori voltaaž.....	Määratlemata
Efektiivus.....	95,5%
Max algpöördemoment.....	150%
Mootori inerts.....	0,2 kg·m <sup>2</sup>
Tõmbaja lõtvumise tüüp.....	Kumm
Motoori mähise nurgad.....	192
Lõtvumise hõõrdetegur (run / accel).....	0,50 / 0,60

<sup>6</sup> elutsüklid, mille puhul 95% vaadeldavaid komponente ületab selle aega

### *Blokeeriv ekraan*

Blokeeriva ekraani pole ettenähtud

### *Pidurid*

Tüüp.....Kõrge kiirus, pidev pöördemoment  
Paigutus..... Pea /Tõmbaja #1  
Kettaste arv..... 1  
Pöördemoment kõrge kiiruse völlil..... 250 N·m  
Pöördemoment madala kiiruse völlil..... 4 978 N·m  
Reduktori ülekanne.....19,910:1  
Tõmbaja diameter .....500 mm

### *Reduktori informatsioon*

Reduktor.....N/A  
Suurus.....N/A  
Ülekandesuhte arv..... 19,910  
RPM (kõrge kiirus) ..... 1500 RPM  
RPM (madal kiirus) ..... 75,3 RPM  
Konfiguratsioon.....Parem nurk  
Astmete arv .....3  
Tegur..... 1,4

### *Täielikult koormatud mootorite pöördemomendid*

100% Mootori pöördemoment – Kõrge kiirus.... 142 N·m  
Mootori völli pöördemoment – töö.....108 N·m  
Mootori völli pöördemoment – käivitus.....108 N·m



100% Mootori pöördemoment – Madal kiirus..2 831 N·m

Mootori võlli pöördemoment – töö.....2 027 N·m

Mootori võlli pöördemoment – käivitus.....3 746 N·m

### *Käivitus ja Peatumine*

Käivituse kontroll..... Pidev moment

Käivituse aeg.....0,4 kuni 1,6 s

Operatiivne peatumise kontroll.....Drift

Operatiivne peatumise aeg.....1,6 kuni 6,7 s

Erakorraline peatumise kontroll.....Drift

Erakorraline peatumise aeg.....1,6 kuni 6,7 s

Materiali paiknemine künas..... 0,1 m<sup>3</sup>

### *Pinge suhted*

Lubatud (töö).....	5,32
Töö pinge suhe.....	2,44
Lubatud (dünaamiline) .....	7,44
Käivituspinge suhe.....	6,64
Lubatud (pidurdus) .....	7,44
Erakorralise petumise pinge suhe.....	1,14

### *Ülemineku pikkus*

Ülemineku meetod .....	Tavaline
Saba ülemineku pikkus (täis küna) .....	1,41 m
Pea ülemineku pikkus (täis küna) .....	2,02 m

### *Eeldatavad liitekohta andmed*

Liite tüüp .....	1-aste
Liiteastme pikkus .....	200 mm
22 kraadi kaldenurga pikkus.....	325 mm
Kogu liitekohta pikkus.....	525 mm

### *Tõmbetross*

Vastukaalu mass.....	0,9 tonni
Trossi laskumise suhe .....	1:1

Tõmbetrossi pinge.....	8,9 kN
Trossi diameeter .....	8,0 mm
Trossi purunemistugevus (1800 MPa) .....	42,0 kN
Varutegur.....	4,7
Kinnituste arv (ristklambrid) .....	3
Kasutatud / vaba otsa pikkus .....	150 / 35 mm
Plokki juure diameeter.....	140 mm

### *Pinguti andmed*

Tüüp.....	töötab Raskusjõu toimel
Paigutus.....	Saba/ tõmbaja #3
Nõutav tõmbepinge .....	4,47 kN
Trossi laskumise suhe .....	1:1
Vastukaalu mass .....	0,9 tonni
Nõutava tõmbaja eemaldumine .....	1,37 m
Dünaamiline eemaldumine (sh termiline) .....	0,06 m
Pidev pikenemine.....	0,80 m
Liitekoha pikus (1) .....	0,26 m
Vaba ruum.....	0,25 m

### *Muu informatsioon*

Koormatud süsteemi mass (ilma mootoriteta).....	5290 kg
Kogu inertsmoment.....	0,92 kg•m <sup>2</sup>

*Nõutav võimsus (KW)*

Seisund	Nõutav võimsus	% Motori nominaalist
Tühi – normaalne hõõrdumine	2,1	9,3
Täis - normaalne hõõrdumine	16,6	75,7

*DIN faktor ja ekvivalentne mass*

Seisund	Operatiivne	Dünaamiline
Tühi – normaalne hõõrdumine	5,74	11,2
Täis - normaalne hõõrdumine	12,4	17,8

*Lindi varutegur*

Seisund	Operatiivne	Dünaamiline
Tühi – normaalne hõõrdumine	55,79	28,64
Täis - normaalne hõõrdumine	25,85	17,96

*Liitekoha varutegur*

Seisund	Operatiivne	Dünaamiline
Tühi – normaalne hõõrdumine	37,19	19,09
Täis - normaalne hõõrdumine	17,23	11,97

*Minimaalne tõmbejõud lindis*

<u>Seisund</u>	<u>Operatiivne</u>	<u>Dünaamiline</u>
Tühi – normaalne hõõrdumine	4,47	1,68
Täis - normaalne hõõrdumine	4,47	4,17

*Maksimaalne lindi lõtvumine (%)*

<u>Seisund</u>	<u>Operatiivne</u>	<u>Dünaamiline</u>
Tühi – normaalne hõõrdumine	0,79	1,60
Täis - normaalne hõõrdumine	1,71	1,97

Eelnevalt toodud arvutused on tehtud lõplike elementide meetodil kasutades Sidewinder tarkvara. Ekraanipildid on toodud töö lisades.

### 3.5 Lindi valik

Lindivalikul on väga oluliseks asjaoluks osutunud lindi vastupanu keemilistele ainetele. Tuletame meelde, et tuhakonveieri eesmärk on põlevkivi tuha transportimine pärast pürolüüsi (põlevkivi termotöötlust). Tuha temperatuur on sellel hetkel veel päris kõrge (ulatub 100 – 120 °C), ning tuhk ise on ka keemiliselt väga aktiivne.

Eelmisel kasutuses olnud konveieril tekkisid probleemid lindiga. Tuhk sööbis linti ja põhjustas sellele kahjustusi. Kui lint oli asendatud teise tüübi lindi vastu, siis see „kuivas ära“ ja hakkas pragunema pinnal, hiljem hakkasid praod arenema sügavale. Täpseid põhjuseid miks lint selliselt reageeris ei ole teada, kuna tuha keemiline koostis varieerub väga suures ulatuses, ja kuna konveier on pidevalt töös, siis raske on kindlaks teha hetke, millal lindikahjustused tekkisid.

Selleks, et saada mingisugustki aimu tuha keemilisest koostisest oli tellitud analüüs Eesti Geoloogiakeskuse Laborist. Analüüsi tulemused on toodud järgmisel lehel.

Tuha silikaatanalüüsi tulemuste alusel oli otsustatud, et kõige sobilikum lindi tüüp on 800EP400/4+2 – 3 T150 OIL.

(markeeringu selgitus: 800 – laius millimeetrites; EP400 - tõmbetugevus; 4 – pealiskihi paksus, 2 – alumise kihi paksus, 3 – kolm armeeritud kihti, T150 – maksimaalne töötemperatuur, OIL – õlikindel)

Õlikindla lindi oli valitud selle tõttu, et see oli võrreldes teiste lintidega kõige kemikaalikindlam. Omaduste poolest lint 800EP400/4+2 – 3 T150 OIL osutus sobilikuks tänu võrdlemisi kõrgele töötemperatuurile – 150 °C. Tuletame meelde, et tuha temperatuur pärast pürolüüsi võib ulatuda kuni 120 °C. Õlikindlus lindi puhul aga eeldab seda, et lindi kummikiht ei hakka lagunema tavapäraste, mitte väga agressiivsete kemikaalide tõttu.

## SILIKAATANALÜÜSI TULEMUSED

Tellijä: Viru Keemia Grupp OÜ

Objekt: põlevkivituhk

Material:

Peenendusaste: 0,07mm

Tellimus: T11-73

Kuupäev: 08.09.11

lk. 1/1

Proovi nr.	Proovi nimetus	Komponent										Meetod					
		SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	CaO	MgO	MnO	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	*S	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	Standard				
		%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	
1	A 1	16,72	4,42	3,77	0,24	35,09	10,03	0,096	0,15	1,45	2,00	0,15	22,03				
2	A 2	16,98	4,29	3,72	0,25	34,86	10,11	0,096	0,14	1,41	2,00	0,15	21,99				
3	A 3	17,00	4,29	3,71	0,25	34,75	10,19	0,096	0,15	1,50	1,98	0,14	21,83				
4	B 1	18,38	4,29	3,88	0,25	32,35	10,28	0,087	0,14	1,45	2,20	0,13	23,21				
5	B 2	18,66	4,42	3,96	0,27	32,58	9,61	0,087	0,15	1,47	2,10	0,14	23,27				
6	B 3	18,12	4,42	3,90	0,26	32,46	9,52	0,086	0,15	1,53	2,18	0,14	23,27				
Al määramispiir		1,5	0,5	0,03	0,02	1,1	1,4	0,007	0,02	0,05	0,1	0,1					

\* tähistatud määrang ei kuulu akrediteeritud meetodite alasse.

Sammuti oli vaadeldud selliseid linditüüpe nagu:

NQ ja Conti ekstra tüübid – päikesekindel lint

ATRB ja AA tüübid – abrasioonikindlad linnid

Conti XS – Lõikekindel lint

FW-K ja FW-S – tulekindel lint

TDWN – tugevdatud lint

Clean - mustust tõrjuv lint

Need on osutunud ebasobivaks oma omaduste poolest:

- Päikesekindlus ei ole käesoleval kontekstil aktuaalne;
- abrasioonikindlus võiks kõne alla tulla, kui toimuks aktiivne töökihi hõõrdumine, meie juhul seda aga ei toimu. Peale on puistatud materjal, mis transporditakse ülesse;
- Lõikekindlus ei ole vajalik samal põhjusel. Materjali osakeste suurus ei ületa 3 millimeetrit, ja kõik üleminekud on väga sujuvad, mistõttu lõikavad pinged on linnist äärmiselt väikesed;
- Tulekindlus ei ole sammuti aktuaalne, kuna linnil olev materjal ei põle, ning põletust konveieril ei toimu. Transporditav materjal on küll suhteliselt kuum võrreldes ümbritseva keskkonnaga, kuid aktiivse põlemisreaktsiooni jaoks alused siiski puuduvad;
- Konveierile ei ole vaja tugevdatud linti, kuna materjali kogused on ühtlased, ning konveieri ülekoormust ei ole oodata. Sisuliselt konveieri ülekoormamine ei ole võimalik, kuna üleliigne materjal lihtsalt kukub pealt alla;
- Konveier töötab tuhaga, ning lindi puhtuse tagamine ei ole sammuti aktuaalne.

Valitud lindi 800EP400/4+2 – 3 T150 OIL armeerimiskihtide ühenduskohad paiknevad erikohtades, mis tagab ühenduskohas väiksema tugevusomaduste languse.



### 3.6 Konveieri valmistamise majanduslikud arvutused

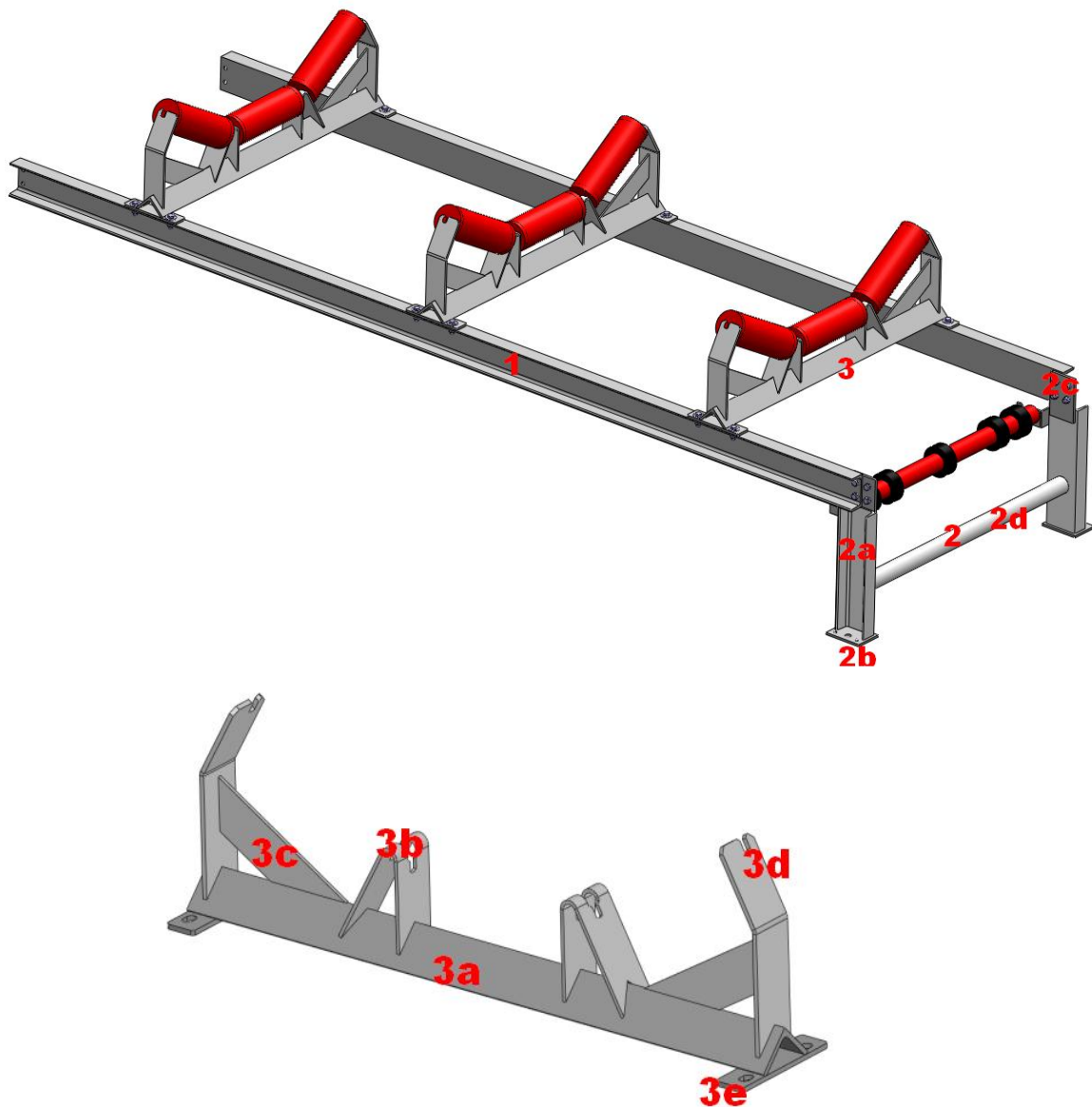
Nr	Kuluartikkel	Ühiku hind	Kogus	Kokku
1	Reduktormootor SK9052	3770.00	1	3770.00
2	Veomoodul koos kinnise mahalaadimise otsaga	3750.00	1	3750.00
3	Pingutus- ja pealeaadimise moodul	3800.00	1	3800.00
4	Ülemised rulliraamid TB800/1150/20/30Z	46.50	50	2300.00
5	Alumised küljeriulid TV89E-205	28.00	10	280.00
6	Ülemised rullid TS108-20B-315	15.60	96	1498.00
7	Veotrummel DK500-70-950K	3900.00	1	3900.00
8	Pingutustrummel BK420-50-950	1600.00	1	1600.00
9	Lindisuunaja TTF800	962.00	1	962.00
10	Ülemine lindisuunaja	760.00	1	760.00
11	Konveieri lint 800 TC40/3 4+2 T150 Contitech	47.00	121 m	5687.00
12	Alumise haru tugijalad U90x400	6500.00	1	6500.00
13	Alumise haru rullikinnitused	2200.00	1	2200.00
14	Konveieri puhasti	1800.00	1	1800.00
15	Tugikonstruktsiooni alumine osa rekonstrueerimine	12300.00	1	12300.00
16	Alumise haru rullikud RB108-20-950	35.00	20	700.00
17	Kuumvulkaniseerimine koos abimaterjalidega	1093.00	1	1093.00
18	Katteplekid	1700.00	1	1700.00
19	Montaažitööd	14200.00	1	14200.00
	<b>Kokku:</b>			<b>68800.00</b>

## 3.7 Vahemooduli ja pingutusmooduli valmistamise tehnoloogia

### 3.7.1 Vahemooduli valmistamine

Vahemoodul koosneb rulliraamidest, kahest kandetalast ja ühest tugiraamist. Eelpool nimetatud kolme detaili kohta on koostatud marsruutkaardid. Hinnanguline ajakulu on võetud lähtuvalt praktilisest kogemusest.

Marsruutkaartide koostamiseks on eelnevalt tehtud konstruktsiooni koostisosade analüüs. Analüüsi tulemusel oleme omistanud osadele tähise ja nende valmistamise viisi välja selgitanud. Tähised kasutame edaspidi marsruutkaartides.



Sele 20. Vahemooduli koostisosade analüüs

## Det 1 - Kandetala - Marsruutkaart

Op nr	Operatsiooni nimetus	Masin	Aeg/tk	Kogus	Ajakulu	Komment
5	C-tala saagimine	lintsaag	5 min	2 tk	10 min	
10	Puurimine	Puurmasin	15 min	2 tk	30 min	
15	Värvimise elne puhastamine	-	15 min	2 tk	30 min	
20	Värvimine	-	20 min	2 tk	40 min	emaalvärv

Ajakulu kokku: 100 min

## Det 2 - tugiraam -Marsruutkaart

Op nr	Operatsiooninimetus	Masin	Aeg/tk	Kogus	Ajakulu	Komment
5	C-tala saagimine	lintsaag	5 min	2 tk	10 min	osa - 2a
10	Kinnituste väljalõikamine lehtmetailist	Giljotiin	5 min	2 tk	10 min	osa - 2b
15	Kinnituste väljalõikamine lehtmetailist	Giljotiin	5 min	2 tk	10 min	osa - 2c
20	Ümarlatti saagimine	lintsaag	5 min	1 tk	5 min	osa - 2d
25	Puurimine	Puurmasin	5 min	2 tk	10 min	osa - 2b
30	Puurimine	Puurmasin	5 min	2 tk	10 min	osa - 2c
35	Keevitus	Poolautomaat keevitus	15 min	2 tk	30 min	2a+2b+2c
40	Keevitus	Poolautomaat keevitus	10 min	1 tk	10 min	(2a+2b+2c) + 2d
45	Värvimise elne puhastus	-	15 min	1 tk	15 min	
50	Värvimine	-	20 min	1 tk	20 min	emaalvärv

Ajakulu kokku: 130 min

### Det 3 - Rulliraam -Marsruutkaart

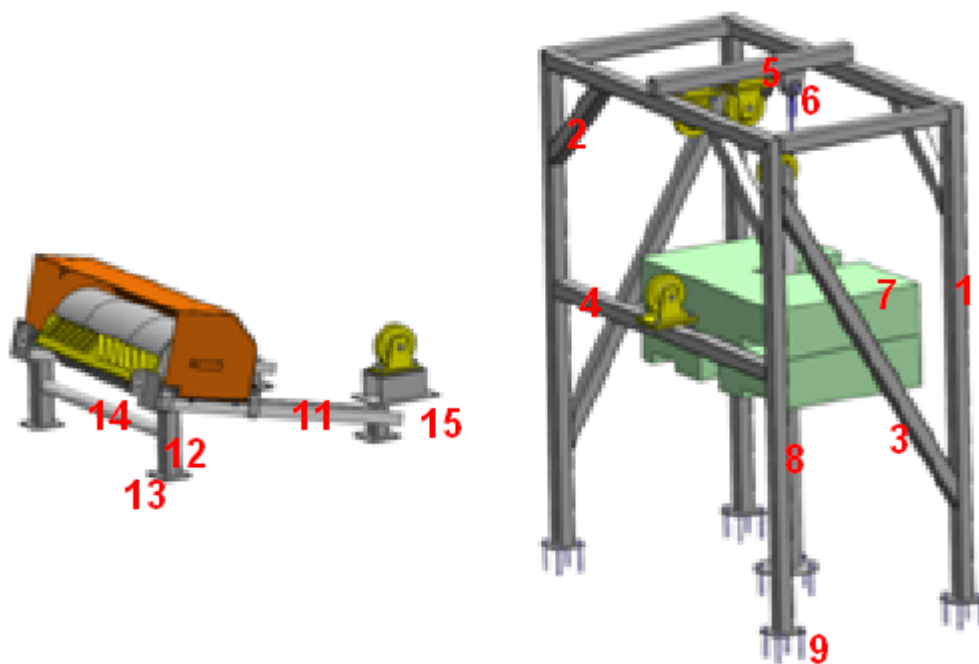
Op nr	Operatsiooni nimetus	Masin	Aeg/tk	Kogus	Ajakulu	Komment
5	Nurkprofiili saagimine	lintsaag	5 min	1 tk	5 min	osa - 3a
10	Lehtmetalli lõikamine	giljotiin	1 min	2	2 min	osa - 3b
15	Lehtmetalli lõikamine	giljotiin	1 min	2	2 min	osa - 3c
20	Lehtmetalli lõikamine	giljotiin	1 min	2	2 min	osa - 3d
25	Lehtmetalli lõikamine	giljotiin	1 min	2	2 min	osa - 3e
30	Freesimine	Freepink	5 min	2	10 min	osa - 3b  (rulli sooned ja nurk)
35	Freesimine	Freepink	5 min	2	10 min	osa - 3d (rulli sooned ja nurk)
40	Freesimine	Freepink	5 min	2	10 min	osa - 3e (kinnitusavad)
45	Painutus	Painutuspink	1 min	2	2 min	3b
50	Painutus	Painutuspink	1 min	2	2 min	3d
55	Keevitus	Poolautomaat keevitus	45 min	1	45 min	
60	Värvimiseelne puhastus	-	15 min	1 tk	15 min	
65	Värvimine	-	20 min	1 tk	20 min	Emaalvärv

Ajakulu kokku: 127 min

### 3.7.2 Pingutusmooduli valmistamine

Pingutusmoodul koosneb kahes eraldiseisvast konstruktsioonist – esimene on raam koos plokkidega ja raskustega, ja selle juurest läheb tross teise konstruktsiooni juurde, mis kinnitub konveieri otsale.

Mõlemad konstruktsioonid on valmistatud keevitamise teel. Materjaliks on teras S355, mis on keeviskonstruktsioonide puhul tavapäraseks materjaliks. Valdavalt on kasutatud ristkantprofiile, kuid leidub ka lehtmaterjali. Koostisosade analüüs on toodud järgnevalt.



Sele 21. Pingutusmooduli koostisosade analüüs

Valmistamise tehnoloogia on kolmeetappiline – toorikutest elementide välja lõikamine, keevitus, ja koostamine. Lisaks on ka vahepealseid operatsioone, nagu kinnitusavade puurimine. Marsruutkaardid on toodud järgnevalt.

**Pingutusmoodul – väline. Marsruutkaart.**

<b>Op nr</b>	<b>Operatsiooni nimetus</b>	<b>Masin</b>	<b>Aeg/tk</b>	<b>Kogus</b>	<b>Ajakulu</b>	<b>Komment</b>
5	Ristkant profiili saagimine	lintsaag	5 min	4 tk	20 min	Det. 1
10	Ristkant profiili saagimine	lintsaag	5 min	4 tk	20 min	Det. 2
15	Ristkant profiili saagimine	lintsaag	5 min	2 tk	10 min	Det. 3
20	Ristkant profiili saagimine	lintsaag	5 min	3 tk	15 min	Det. 4
25	Ristkant profiili saagimine	lintsaag	5 min	1 tk	5 min	Det. 5
30	Ristkant profiili saagimine	lintsaag	5 min	2 tk	10 min	Det. 6
35	Ristkant profiili saagimine	lintsaag	5 min	1 tk	5 min	Det. 8
40	Lehtmetalli tükeldamine	giljotiin	2 min	5 tk	10 min	Det. 9
41	Kinnitusavade puurimine	Puurmasin	8 min	5 tk	40 min	Det. 9
45	Keevitus	Poolautomaatkeevitus	300 min	1 tk	300 min	Vajalik tõstekraana või telferi olemasolu
50	Värvimiseelne puhastus	-	-	1	40 min	-
55	Värvimine	-	120 min	1	120 min	Emaalvärv
60	Kinnitusavade puurimine	Käsitrell	60 min	1	60 min	12 ava
65	Koostamine	-	-	-	60 min	Plokkide kinnitamine raamile, otsapuhasti montaaž.

Ajakulu kokku: 715 min

**Pingutusmoodul – sisene. Marsruutkaart.**

Op nr	Operatsiooni nimetus	Masin	Aeg/tk	Kogus	Ajakulu	Komment
5	Ristkant profiili saagimine	lintsaag	5 min	1 tk	5 min	Det. 11
10	Ristkant profiili saagimine	lintsaag	5 min	3 tk	15 min	Det.12
15	Lehtmetalli tükeldamine	giljotiin	2 min	5 tk	10 min	Det. 13
20	Ristkant profiili saagimine	lintsaag	5 min	1 tk	5 min	Det. 14
25	Kinnitusavade puurimine	Puurmasin	8 min	3 tk	24 min	Det 13
30	Ristkantprofiili saagimine	lintsaag	5 min	1 tk	5 min	Det 15 vertikaalosa
35	Ristkantprofiili saagimine	lintsaag	5 min	1 tk	5 min	Det 15 horisontaal osa
36	Kinnitusavade puurimine	Puurmasin	8 min	1 tk	8 min	Det 15 horisontaal osa
40	Keevitus	Poolautomaatkeevitus	-	1 tk	90 min	-
45	Värvimiseelne puhastus	-	-	1	20 min	-
55	Värvimine	-	30 min	1	30 min	Emaalvärv
60	Koostamine	-	-	-	30 min	Plokkide kinnitamine raamile ja .

Ajakulu kokku: 247 min



### 3.8 Tulemus

Projekti käigus valminud uus konveier teenib oma eesmärki. Katsetused on näidanud, et konveieri tootlus võimaldab sellel toime tulla ka planeeritust suuremate tuha hulkadega. Tõrkeid katsetuste käigus ei ilmnenu. Allpool on toodud mõned pildid konveierist.



**Sele 22. Valmis konveier: Vaade alt ülesse**



**Sele 23. Valmis konveier: Vaade ülevalt alla.**





**Sele 24. Pingutusmoodul**

Valminud pingutusmoodul võimaldab ühendada sellele kaalu, mis näitab tuha massikoguse mis hetkel konveieril paikneb. Hetkel seda veel tehtud ei ole, kuid on plaanitud tulevikus. Massi arvutuse eelduseks on see, et tuhk jaguneb konveieri peal ühtlaselt kogu pikkuse ulatuses. Vastasel juhul jõu õla erinevuse tõttu on võimatu pingutusmoodulil olevatest jõududest teada saada reaalselt tuha massi erinevates konveieri punktides.

## KOKKUVÕTE

Käesoleva lõputöö eesmärgiks oli tuhakonveieri projekteerimine ja selle valmistustehnoloogia kavandamine VKG Grupp tellimusel VKG OIL ettevõtte jaoks. Lõputöö objektiks olev konveier on lintkonveier 20°kallakuga, mille eesmärk on kuuma tuha transportimine tsehhis pürolüüsi kaamerateest anumatesse, kus edasi tuhk läheb järeltötlusele.

Töös on lahendatud nii konstruktsioonilisi probleeme, kui ka kavandatud konveieri oluliste osade valmistamise tehnoloogia. Konveieri valmistamisel on kasutatud hulgaliselt tüüpkomponente, mille valik on põhjendatud LEM meetodil tehtud tugevusarvutustega Sidewinder tarkvaras, seega vaadeldud on ainult vahemooduli raami, rullikute raami ja pingutusmooduli valmistamise tehnoloogia. Arvutatud on ajakulu nende objektide valmistamiseks.

Projekteerimise raskendas asjaolu, et tuhk on konveierilindile sattudes kuum (umbes 120°C), mistõttu on äärmiselt pindaktiivne. Töös on eraldi vaadeldud ja põhjendatud konveieri lindi valik. Konveieri lindi valimisel on kasutatud võrdluse meetodit.

Töö koosneb kolmest peatükist, kus esimene peatükk „Ettevõtte VKG Grupp“ annab ülevaate kontserni VKG Grupp struktuurist ja eesmärkidest; teine peatükk „Tootmine“ räägib VKG OIL tootmisahelast, kus kasutatakse töös projekteeritud konveieri; ja kolmas peatükk „Konveier“ kus toimub konkreetne inseneriülesande lahendamine konveieri projekteerimise ja valmistamise tehnoloogia kavandamise näol.

Lõputöö objektiks olev konveier on käesoleval ajal valmis, ning teenib oma eesmärki. Konveieriga saab tutvuda VKG OIL Petroter tehases.

Töö sisaldab 24 graafilist elementi, 10 tabelit. Tööle on lisatud 5 lisa, millest 4 on joonised formaadis A1 ja 1 on ekraanipiltide kogum Sidewinder tarkvarast.

## SUMMARY

The aim of this thesis work was the design of dust conveyor and manufacturing technology planing for its main parts on order of VKG Group outsourced VKG OIL company. The object of the thesis is a belt conveyor inclined at 20 °, with the aim of transporting hot ash receptacles cameras pyrolysis plant floor , where the ash is going on in post-production .

In the work there are solved both constructional problems and is planned the manufacturing technology for main elements. The conveyor uses a lot of standardised components. The choice of components is made on the basis of strength calculations made using Final Element Method. The strength calculations are made in Sidewinder software. The technology for manufacturing non-standardised elements is brought in the work, so the thesis iludes the manufacturing technology for frames and tensioning module.

The design suffered from the fact that the ash on the conveyor belt is hot (about 120 ° C ) , so that it is very surfake-active. In the work the choice of the conveyor belt is individually examined and justified . The conveyor belt are used in the comparison method.

The work consists of three chapters , the first chapter "The company VKG Group " provides an overview of the structure and goals of the group , VKG Group ; the second chapter of "Manufacturing " tells VKG OIL production chain , which is used to design the assembly line work ; and the third chapter of the "assembly line " where there is a specific engineering task solved by designing and planning manufacturing technology for the dust conveyor.

The conveyor which is the subject of the thesis is ready at this time , and serves its purpose . Conveyor can be accessed in VKG OIL Petroter factory.

The work contains 24 graphic elements, 10 tables. The thesis has 5 attachements among which 4 are drawings in A1 format, and 1 is a number of printscreens of the Sidewinder software.

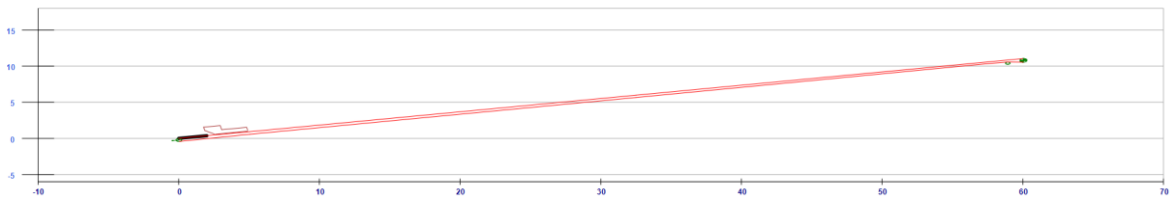
## **KASUTATUD ALLIKAD**

1. Справочник конструктора машиностроителя, Москва, Машиностроение 1980.
2. Справочник технолога машиностроителя, Москва, Машиностроение 1980.
3. Конвейеры – Справочник, Ленингр отд-ние, Машиностроение 1984
4. Sidewinder Conveyor Design Software 3.0 Manual
5. VKG OIL koduleht [www.vkg.ee/oil](http://www.vkg.ee/oil)

LISAD

#	Element Type	Stakes (m)	Elevation (m)	True Length (m)	Element Height (m)	Vert. Radius (m)	After Spacing (m)	Set #	Extra Drag (N)	Acc Type	Local Fall
1		0.00	0.00	2.03	0.37		1.20	1			0
2	Loading Point	2.00	0.37	3.05	0.55		0.75	1			100
3		5.00	0.97	27.96	5.06		1.20	1			100
4		32.50	5.36	27.96	5.06		1.20	1			100
5	Motor / Brake	60.00	11.04	0.50	-0.49						0
6		60.04	10.55	-1.30	0.02						0
7	Pulley	58.94	10.57	-4.03	0.00						0
8		58.91	10.57	-1.64	-0.26		3.60	2			0
9		57.29	10.30	-25.22	-4.64		3.60	2			0
10		32.50	5.66	-27.89	-5.09		3.60	2			0
11		5.08	0.57	-5.12	-1.00		3.60	2			0
12	Take-up Pulley	0.05	-0.41	-0.40	0.39						0

Show loading as a percentage (Note: 'C' key can be used to copy values to the next row)



#### Material Input Data

Type: Unspecified  
Tonnage (t/h): 400  
Density (kg/m³): 1250  
Maximum Lump Size (mm): 3  
Lump Shape Factor: 3  
Surcharge Angle (deg): 3  
Internal Friction Angle (deg): 3

#### Take-up Input Data

Take-up Type: Gravity Takeup  
Bell Line Tension (N): 1.1  
Cable Reeling Ratio: 1.1

#### Belt Input Data

Type: Fabric / Steel Cord  
Width (mm): 800  
Speed at 100% Motor Nameplate (m/s): 400  
Rating (N/mm²): 4.00  
Top Cover Thickness (mm): 2.00  
Bottom Cover Thickness (mm): 3  
Number of Fabric Plies in Belt: 1.30  
Elastic Modulus (kN/m): 1.30  
Filler Radius (mm): 1.30  
Rubber Rolling Loss Factor: 1.30

#### Idler Input Data

	Set 1	Set 2	Set 3	Set 4	Set 5	Set 6	Set 7
Number of Rolls	3	1					
Bearing Series *							
Troughing Angle (deg)	30	0					
Roll Diameter (mm) *	108	108					
Shaft Diameter (mm)	20	20					
Total Drag for Set (N)							
Forward Tilt (deg)							
Idler Installation & Alignment	CEMA 5th						
Type / Manufacture		Sandvik					

#### Motor Input Data

Type: 1  
Number of Motors on Pulley (1 or 2): 1  
Nameplate Rating per Motor (kW): 22.00  
Motor Voltage (V): 400  
Synchronous RPM: 1500  
Maximum Starting Torque (%): 150  
Motor Slip (%): 5  
Inertia - Motor (kg·m²): 0.001  
Inertia - Flywheel (kg·m²): 0.001

#### Material

FLN  
Type: Fabric  
Width (mm): 800  
Speed (m/s): 2.04  
Rating (N/mm²): EP-400 / 3  
Covers (mm): 4.0 x 2.0  
Mass (kg/m): 8.2

#### Motors

General  
Nameplate (kW): 1 x 22.0  
Demand (kW): 16.6  
Percent Nameplate: 75.7 %  
Lift Drag (kN): 11.6 / 5.0

#### Take-up

Requirements (N): 4470  
Steady State: 3 682  
Dynamic: 2 867  
2 428  
Idlers: 6204  
350 000  
350 000  
Max Shaft Def: 0.7 / 2.6  
6.31  
Diameter (mm): 108  
108  
360  
360  
Speed (rpm): 10.7  
6.317  
Aug Set Drag (N): 250  
3.60  
Aug Spacing (mm): 1.20  
3.60  
Max L10 Life: 250  
200  
Time: 75.7 %  
1.63  
1.6  
1.6  
M1-45  
M1-57  
M1-57

#### Project Input Data

Project Name: \_\_\_\_\_  
Conveyor Name: \_\_\_\_\_  
Location: \_\_\_\_\_  
Client Name: \_\_\_\_\_  
Designer: \_\_\_\_\_  
Description: \_\_\_\_\_  
Comments (not printed in report): \_\_\_\_\_

Ambient Temperature (°C): 10  
System Units (Inputs & Outputs): Metric  
Solution Methodology: CEMA 5th Edition  
Friction Factor (f): 0.0200  
Secondary Losses: \_\_\_\_\_  
Ca Factor: \_\_\_\_\_  
Calculate Individually: \_\_\_\_\_

#### Design Criteria

Criteria	Running	Nonsteady
Belt Criteria		
Safety Factor (Fabric Belt)	1.25	
Safety Factor (Steel Cord Belt)	6.67	1.15
Local Safety Factor Multiplier	1.10	
Minimum Allowable Stress (N/mm)	5.25	
Belt Sag (%)	2.00	3.00
Pulley Friction Factors		
Rubber Lapping	0.300	0.500
Ceramic Lapping	0.500	0.600
Pulley Shaft Design Criteria		
Pulley Tension Multiplier - HT / MTL / SN	1.10	1.25
Include D1 Dynamics / Extra Case	No	100% NP
Other Inputs		
Fabric Belt Criteria	Nominal	
Location (default component selection)	Europe	

#### Load Conditions

Load Conditions: Basic (Full / Empty) / Full / Empty / Incline / Decline / High / Low Friction / Custom Cases / Define in Table

Load Case	User ID	Load Case (Right Click for Details)	Low Friction	Nominal Friction	High Friction	Tonnage Multiplier	Material Set	Speed (m/s)	Temperature (°C)	Belt Mass Multiplier	Brake Multiplier	Take-up Tension (N)	Load Pt. Pullover Forces	Extra Drag Cases	Reverse Conveyors	Design Level
EM	EM	Empty														1
FL	FL	Fully Loaded														1



Frictional Conditions		
	Low Friction Case	High Friction Case
Temperature (°C)	35.0	-15.0
Belt Bottom Cover Change (mm)	-0.50	0.50
Belt Top Cover Change (mm)		0.50
Mechanical Efficiency	2.0	-1.0
Accessory Multiplier	0.50	1.50
Din f Factor Multiplier	0.850	1.150

\*Belt cover thicknesses are added to the nominal values and are used to calculate the maximum and worn belt weights

\*If left blank, the top cover thickness (worn belt) is the greater of either 45% of the nominal, or 2/3 of the center is worn to 1.5 mm

Design Criteria   Frictional Conditions   Structural Loads

Belt Mass Multiplier	Brake Multiplier	Take-up Tension (kN)	Load Pt. Pullout Forces	Extra Drag Case	Reverse Conveyor	Design Level
					<input type="checkbox"/>	1
					<input type="checkbox"/>	1

Flooded Belt & Structural Loads	
<b>Flooded Belt Case</b>	
Material Density (kg/m <sup>3</sup> )	
Surcharge Angle (deg)	
Frictional Condition	<b>Normal</b>
<b>Structural Load Case</b>	
Tonnage (t/h)	
Frictional Condition	<b>High Friction</b>
Starting Torque (%)	
Brake Multiplier	
Structural Tension Multiplier	<b>1.10</b>
Include Structural Dynamics	<b>Yes</b>
Structural Loads Calculated From:	<b>Tonnage</b>

Design Criteria   Frictional Conditions   Structural Loads

are	Belt Mass Multiplier	Brake Multiplier	Take-up Tension (kN)	Load Pt. Pullout Forces	Extra Drag Case	Reverse Conveyor	Design Level
						<input type="checkbox"/>	1
						<input type="checkbox"/>	1

File Advanced Help

Easy Profile | Vertical Profile | Conveyor Profile

#	Station (m)	Elevation (m)	Element Length (m)	Element Height (m)	Slope (deg)	Slope (%)	Radius (m)	Element Type (Right Click for Options)	Belt Loop %	Extra Acc Type	Pulley Wrap (deg)	Pulley Type ID
1	0.00	0.00	2.00	0.37	10.42	18.40						
2	2.00	0.37	3.00	0.55	10.42	18.40						
3	5.00	0.92	55.00	10.12	10.42	18.40		100				
4	60.00	11.04	0.04	-0.49	0.00	0.00		Loading Point			192	1
5	60.04	10.55	-1.16	0.62	-1.20	-2.30		Motor / Brake				
6	58.94	10.57	-0.03	0.00	0.00	0.00		Pulley			-10	3
7	57.25	10.30	-1.62	-0.26	9.20	16.20		Return				
8	5.08	0.57	-0.02	-1.00	11.25	19.88						
10	0.05	-0.45	-0.07	0.39	0.00	0.00		Take-up Pulley			181	2
11	-0.00	-0.00										

Information

Hold and drag left mouse button for 1:1 zoom box - Double left click to reset view - Right click for other options

