



**SAVONIA**

OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO  
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

# KULJETINSUUNNITTELUN OHJEISTUS

TEKIJÄ: Sauli Lehto

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala			
Koulutusohjelma/Tutkinto-ohjelma Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma			
Työn tekijä(t) Sauli Johannes Lehto			
Työn nimi Kuljetinsuunnittelun ohjeistus			
Päiväys	19.12.2018	Sivumäärä/Liitteet	28+21
Ohjaaja(t) Anssi Suhonen, Tatu Westerholm			
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Sweco Industry Oy			
<p>Tiivistelmä</p> <p>Tämän opinnäytetyön toimeksiantajana toimi Sweco Industry Oy, joka tarjoaa konsultointia ja suunnittelua teollisuuden alalla. Opinnäytetyön tarkoituksena oli tuottaa kuljetinsuunnitteluohjeistus Sweco:n omaan tietokantaan, koska virallista ohjeistusta ei ollut vielä tuotettu.</p> <p>Opinnäytetyön teoriaosuudessa käydään läpi kuljettimien periaatteita ja kuljetinsuunnittelun osa-alueiden toimintaa.</p> <p>Opinnäytetyö aihealue rajattiin massatavara- eli bulk-materiaalikuljettimiin. Kuljettimien kohdalla tarkempaan tarkasteluun valittiin hihna- ja ruuvikuljetin.</p> <p>Opinnäytetyön aineistona käytettiin alan teoriakirjallisuutta. Lisäksi aineistoa kerättiin haastattelemalla kuljettimien asiantuntijoita, jotka ovat olleet sekä suunnittelemassa että käyttöönottamassa kuljettimia. Näistä haastatteluista saatiin hyödyllistä informaatiota liittyen ohjeen rakentamiseen sekä useita näkökulmia kuljetinsuunnittelun eri vaiheista.</p> <p>Opinnäytetyön tuloksena saatiin alustava kuljetinsuunnitteluohjeistus, jota kehitetään jatkossa pidemmälle ja päivitetään suunnittelumallien muuttuessa. Opinnäytetyön oheistuotteena saatiin kartoitettua materiaalia kuljettimista. Materiaalia voidaan hyödyntää myöskin tulevaisuudessa eri kuljetinprojekteissa.</p>			
Avainsanat kuljetin, suunnittelu, mekaniikka, massatavara			

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Mechanical Engineering			
Author(s) Sauli Lehto			
Title of Thesis Instructions for conveyor designing			
Date	19.12.2018	Pages/Appendices	28+21
Supervisor(s) Anssi Suhonen, Tatu Westerholm			
Client Organisation /Partners Sweco Industry Oy			
<p>Abstract</p> <p>The thesis was commissioned by Sweco Industry Oy, which offers consulting and designing in line of industry. The purpose of the thesis was to produce instructions for conveyor designing into Sweco Industry's database, because there were no official one produced yet.</p> <p>The theory section of the thesis presents the principals of conveyors, action inside of conveyor designing sectors and as an appendice, there are calculations included in the conveyor design.</p> <p>The thesis was focused on bulk-material conveyors. The conveyors that were taken for closer examination, were the belt conveyor and the screw conveyor.</p> <p>My work included interviews with conveyor experts. These interviews gave useful information to create the instructions and they gave more details of conveyors and the phases of conveyor designing projects.</p> <p>The outcome of this thesis was that we got tentative conveyor design instructions, that will be developed further and updated as programs develop. As an addition to the thesis, the material and sources about the conveyors were placed into folders for available, which can also be utilized in different conveyor projects in the future.</p>			
<p>Keywords conveyor, designing, mechanics, bulk material</p>			

## SISÄLTÖ

1	JOHDANTO .....	6
2	YRITYKSEN ESITTELY .....	7
	Sweco AB, Sweco Finland Oy ja Sweco Industry Oy .....	7
3	KULJETIN .....	8
4	HIHNAKULJETIN.....	9
4.1	Periaate.....	9
4.2	Kuljetettavat materiaalit .....	10
4.3	Hihnakuljettimen komponentit .....	11
4.3.1	Hihna .....	11
4.3.2	Runko .....	11
4.3.3	Vetopää.....	11
4.3.4	Moottori/käyttökoneisto .....	11
4.3.5	Rullat ja telineet.....	12
4.3.6	Veto- ja taittorummut.....	13
4.3.7	Hihnan puhdistimet .....	13
4.3.8	Kiristyslaitteisto .....	14
5	RUUVIKULJETIN .....	15
5.1	Periaate.....	15
5.1.1	Kuljetettavat materiaalit .....	16
5.2	Ruuvikuljettimen komponentit .....	17
5.2.1	Ruuvi (keskiakselin kanssa) .....	17
5.2.2	Spiraaliruuvi.....	17
5.2.3	Runko - Putki/kouru .....	18
5.2.4	Moottori/käyttökoneisto .....	18
5.2.5	Kourun pääte ja laakerit .....	18
5.2.6	Ulostulo (suppilot).....	19
5.2.7	Ripustimet, laakerit, akselit ja tiivistys .....	19
5.3	Turvallisuuskomponentit.....	20

6	MUUT KULJETTIMET .....	21
6.1	Kolakuljetin .....	21
6.2	Ketjukuljetin .....	22
6.3	Lokerohihnakuuljetin.....	23
6.4	Elevaattorit.....	24
7	SUUNNITTELUVAIHEET.....	26
7.1	Esisuunnittelu .....	26
7.2	Perussuunnittelu .....	28
7.3	Toteutussuunnittelu .....	29
7.4	Layoutsuunnittelu .....	30
8	HAASTATTELU .....	31
9	STANDARDIT JA TURVALLISUUS .....	32
10	TULOKSET JA YHTEENVETO.....	33
11	POHDINTA JA KEHITYS.....	34
	LÄHTEET .....	35
	LIITE 1: KULJETTIMIEN LASKENNAT .....	38
	Käytetyt merkinät ja yksiköt laskennassa.....	38
	Hihnavoimat ja siihen sisältyvät laskennat.....	45
	Elevaattorin laskenta .....	56
	Ristikon rakenteen laskennat.....	59
	Alustava mitoitus: .....	59

## 1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön aiheena on kuljettimet ja tavoitteena on ollut muodostaa toimiva kuljetinsuunnittelu ohjeistus Sweco Industry Oy:lle. Kuljettimista Swecolla ei ole toistaiseksi toimitettu suunnitteluohjeistusta.

Työn tutkimusmenetelmänä aloitettiin käymään kuljettimista koskevaa teoriaa läpi ja tältä pohjalta rakentamaan ohjeistusta ja keräämään tarvittava aineisto sitä varten. Ohjeen ideana olikin kartoittaa tarvittavat aineistot, mitä suunnittelija joutuu käyttämään kuljetinsuunnittelu-projektin aikana.

Näkökulmaksi tulevaan ohjeeseen otettiin aloittelijan näkökulma, koska opinnäytetyön tekijän kokemus kuljetinsuunnittelusta on aloittelijan tasoa. Täten tuotettaisiin ohjeesta ns. revisio 0 versio, jota voidaan tulevaisuudessa muokata uusien tietojen ja kokemusten valossa.

Opinnäytetyön rajaukseksi valittiin kuljettimien kohdalla massatavaran eli bulk-materiaalin käsittely sen ollessa teollisuuden alalla yleisintä.

Aikaisempaa kokemuksena opinnäytetyön tekijällä oli esisuunnittelussa tuotettavia 3D-malleja kuljettimista, joten aihe on entuudestaan hieman tuttu.

Työn lopputuloksena tuotettiin alustava ohje uusille suunnittelijoille, myös kokeneemmat suunnittelijat voivat käyttää sitä muistilistana kuljettimien parissa työskennellessään.

## 2 YRITYKSEN ESITTELY

Sweco AB, Sweco Finland Oy ja Sweco Industry Oy

Sweco AB on Euroopan johtava suunnittelun ja konsultoinnin alalla toimiva asiantuntijayritys, jonka liikevaihto on 1.8 miljardia euroa. Sweco toteuttaa vuosittain erilaisia projekteja noin 70 maassa ympäri maailman. Sweco tarjoaa asiakkailleen erilaista osaamista kaikenkokoisiin hankkeisiin ja projekteihin.

Sweco Finland on osana Sweco-konsernia. Sweco toimii työnantajana kaikkiaan noin 14 500 työntekijälle. Heistä noin kaksituhatta työskentelee Suomessa, eri toimipisteissä noin 25 eri paikkakunnalla. (Sweco 2018.)

”Sweco Finlandin palvelut kattavat koko rakentamisen prosessin hankkeen esiselvityksistä aina kohteen valmistumisen jälkeisiin laadunvarmistus- ja ylläpitopalveluihin asti.” (Sweco, 2016).

Suomessa Sweco palvelee esimerkiksi rakennetekniikan, teollisuuden, talotekniikan, arkkitehtuurin ja infrastruktuurin parissa. (Sweco, 2018).

Sweco Industry Oy on osa Sweco Finland- konsernia. Se tuottaa teollisuuden saralla konsultointi-, suunnittelu- ja projektinjohtopalveluja maailmanlaajuisesti, mutta pääosin Suomen sisällä. Sweco Industryn pääliikealat ovat ”prosessiteollisuus, massa- ja paperiteollisuus, energiantuotanto, kemianteollisuus, petrokemianteollisuus, kaivosteollisuus ja meriteollisuudessa offshore-suunnittelu.” Industryn markkinasegmenttejä ovat myös ”valmistava teollisuus, lääke-teollisuus ja elintarviketeollisuus.” (Sweco 2018.)

### 3 KULJETIN

Kuljettimista puhuttaessa on helpompi lähteä liikkeelle niiden käyttötarkoituksesta. Kuljettimia on käytetty materiaalinkäsittelyssä jo 1900-luvun alkupuolelta lähtien ja niitä voidaankin kutsua materiaalinkäsittelyn selkärangaksi. Pitkän historiansa ansiosta kuljettimet ovat erityisen tunnettuja laitteina, jotka siirtävät materiaalia paikasta toiseen. Ne ovat erityisen hyödyllisiä silloin, kun toimenpiteet edellyttävät jatkuvaa materiaalin kuljettamista. Kuljettimet mahdollistavat myös nopean ja tehokkaan kuljetuksen monenlaisille materiaaleille, riippumatta niiden muodosta ja kokoluokasta. Erilaisilla kuljetinratkaisuilla voidaan lisäksi mahdollistaa vaikeasti käsiteltävien aineiden ja materiaalien kuljetus. (Trusty.)

Komponentit ovat kuljettimien standardisoituja osia (Parikka ym. 2000, 10). Nämä komponentit valitaan kuljettimen kokonaisuuteen perustuen siihen, mikä kuljettimen tuleva käyttötarkoitus on ja mikä kuljetintyyppi on kyseessä. (Lapveteläinen 2018). Erilaisia kuljettimissa käytettäviä komponentteja ovat esimerkiksi hihnat, ruuvit ja rummut.

Tässä opinnäytetyössä otettiin lähempää tarkasteluun hihna- ja ruuvikuljettimet niiden ollessa yleisemmässä käytössä suunnittelunäkökulmasta katsottaessa. Lisäksi opinnäytetyössä on huomioitu vähemmissä määrin myös muita kuljetinvaihtoehtoja, niidenkin ollessa merkittäviä materiaalin kuljettamisessa.

## 4 HIHNAKULJETIN

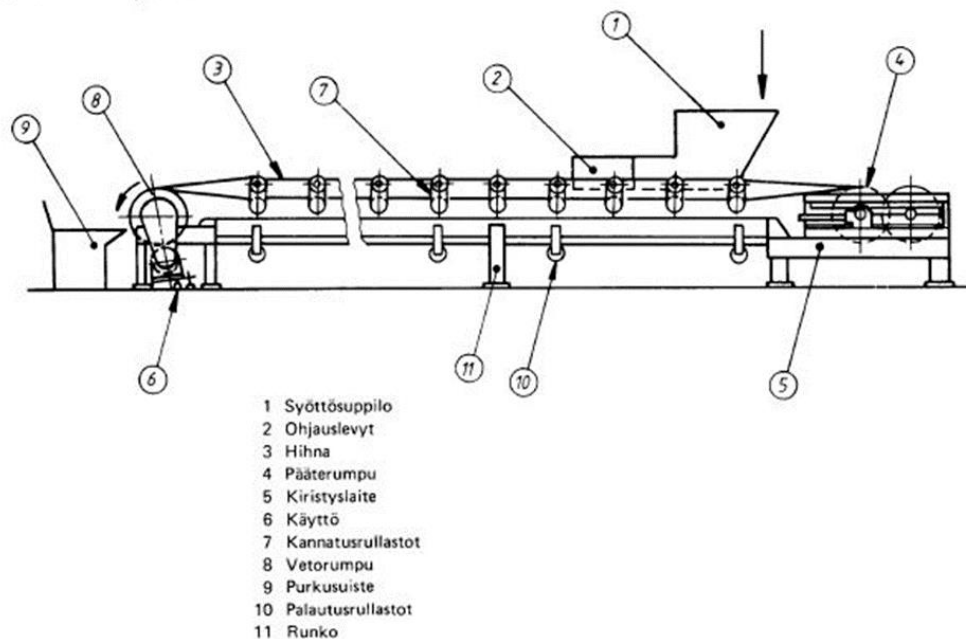
### 4.1 Periaate

Hihnakuuljetin on yleisin kuljetin teollisuudessa. Se on kaikkine rakenneosineen laite, jonka pääkomponenttina käytetään taukoamatonta, liikkuvaa kumi- tai polymeeripintaista hihnaa. Hihnan vetopäässä on yleensä hihnaa liikuttava vetorumpu ja hihnan sekundäärisessä päässä vapaasti pyörivä taittorumpu. Hihnan yläosaa pystytään kannattelemaan vapaasti pyörivillä rullilla tai tilanteeseen sopivilla liukupinnoilla. Kuljetinta voidaan käyttää sekä vaakatasoiseen että kaltevaan kuljetukseen, mutta kaltevuuskulma riippuu täysin kuljetettavan tavarän ominaisuuksista ja hihnan mallista. (SFS 29-1, 332.)

Hihnakuuljetin etuna voidaan pitää sen pientä vierintäkitkaa, joka mahdollistaa pitkän, useiden satojen metrien tai jopa kilometrien kuljetusmatkan. Hihna kulkee hyvin laakeroitujen, pienen kitkan omaavien kannatinrullien varassa, mistä johtuen kuljetin on myös melko äänetön. Lisäksi hihnakuuljetin tehon tarve suhde on paras verrattuna esimerkiksi kola- tai ruuvikuuljettimiin. (Koivisto 2017, 156.)

Hihnakuuljetin suurimpana heikkoutena voidaan sen sijaan pitää sen avointa rakennetta, mikä aiheuttaa pölyämistä, koska sitä ei saada täysin tiiviiksi. Hihnakuuljettimeen voidaan kuitenkin varustella suojaava päällyys tai kate, joka suojaa ympäristöä hiukan kuljetettavan materiaalin pölyämiseltä. Yleensä hihnakuuljetinissä on sivuissa joko kumista tai muovista valmistetut reunukset, jotka ovat hieman kiinni hihnan pinnassa. Nämä reunukset saavat aikaan hiukan tiivyyttä, mutta täyttä tiivyyttä on kuitenkin todella hankala saada aikaan hihnakuuljetinillä. (Koivisto 2017, 156.)

Kiinteät hihnakuljettimet



KUVA 1. Kiinteä hihnakuljetin osaselostuksineen (huom. pääterumpu nimike tunnetaan paremmin nimellä taittorumpu) (SFS 4200, 1978, 19.)

#### 4.2 Kuljetettavat materiaalit

Hihnakuljetinta käytetään suurimmalta osin jauhe- ja raemaisten aineiden, eli bulk/massamateriaalin siirtoon. (Koivisto 2017, 156). Peruskäyttökohteita ovat malmin sekä rikasteen kuljetukset metallin perusteellisuuudessa. Myös puun, hakkeen ja jätteiden kuljetus metsäteollisuudessa kuuluvat hihnakuljettimien piiriin. (Parikka ym., 2000,16.)

Hihnakuljetin ei ole soveltuva hyvin kuluttavan tai hyvin kuuman materiaalin kuljetukseen. Kuljetettavan materiaalin sekä materiaalin ympäristön lämpötilan pitäisi pysyä -45 celsiusen ja +120 celsiusen välissä. Erinäisten käytännön kokemusten perusteella on kuitenkin huomattu, että hihnakuljettimet voivat lyhytaikaisesti kestää jopa 200 celsiusasteen lämpötiloja. Myöskään erittäin painavat materiaalit tai kappaletavarat eivät sovellu hyvin hihnakuljettimille. Jos tarve vaatii painavien materiaalien siirtoa, löydetään suunnittelussa yleensä ratkaisuja ja erikoisrakenteita. Näiden ratkaisujen myötä voi kuljettimien käyttöikä kuitenkin laskea ja huoltotarve kasvaa, mikä vaikuttaa laitteen taloudellisuuteen ja sen käyttövarmuuteen. (Parikka ym. 2000, 16.)

### 4.3 Hihnakuiljettimen komponentit

#### 4.3.1 Hihna

Teollisuuden alalla käytettävät kuljetinhihnat ovat kolmiosaisia rakenteeltaan. Ne muodostuvat ala- ja yläpeitteestä sekä rungosta. Kun peitteet valmistetaan kumiseoksesta, vaihtelee peitteiden paksuus hyvinkin paljon riippuen sen tulevasta käyttötarkoituksesta. Peitteiden tarkoitus on suojata hihnan runkoa erilaisilta ulkoisilta vaikutuksilta. Tällaisia ulkoisia vaikutustekijöitä ovat esimerkiksi mekaaniset, kemialliset ja ilmastolliset vaikutukset. Rungon tarkoitus on antaa kuljettimen hihnalle sen vaatima vetolujuus ja tukevuus. Pääasiassa runko tehdään teko-kuuduista valmistetuista hihnakankaista, jotka on liitetty toisiinsa ohuella kumikerroksella. Kuorituksen suuruus hihnalla vaikuttaa kangaskerrosten määrään. Jos kangaskerroksia on liikaa, voivat ne jäykistää hihnaa ja näin aiheuttaa vaikeuksia kuljettimen toimintaan. (Parikka ym. 2000, 10.)

#### 4.3.2 Runko

Hihnakuiljettimien jännevälit ovat usein todella pitkiä, koska pääosin hihnakuiljetimet ovat kymmenien, ellei jopa satojen metrien mittaisia. Kuljettimen sijaitessa lähellä maa- tai lattiatasoa toimii yksinkertainen palkkirakenne runkona, joka on pystyolppien varassa tuettuna maasta. Jos kuljetin sijaitsee ulkona hyvin korkealla ja siinä on pitkät jännevälit sekä sen runkona toimii perus ristikkorakenne, silloin rakennelma muodostaa kyseisen kuljettimen ympärille täyden tunnelin. Kyseinen tunneli suojaa kuljetinta ympäristön vaikutuksilta kuten sateelta, tuulelta ja muilta sääolosuhteilta. Tunnelin molemmille puolille tai vain toiselle puolelle valmistetaan hoitotasot. Molemmipuoleiset hoitotasot helpottavat huoltoa suuresti. (Koivisto 2017, 158.)

#### 4.3.3 Vetopää

Vetopää on yksi hihnakuiljettimen tärkeimmistä komponenteista, johon on liitetty moottori, vaihde sekä vetorumpu kiinnitettynä toisiinsa. Vetopään tärkeimpinä osina voidaan pitää vetorumpua, vaihdetta, moottoria, runkoa, momenttitukea sekä pölykoppaa. Turvallisuuden kannalta nousevissa kuljettimissa pitää olla takaisinpyörinnän estolaite, joka estää pyörinnän takaperin vedon loppuessa kuljettimessa (Conveyor Equipment Manufacturers Association, 2007, 448–452.) Takaisin pyörinnän esto on huomioitava asia kaikilla nousevilla kuljettimillä sellaisissa tilanteissa, joissa sähkövirta katkeaa. Kuljettimen hihna voi tällöin alkaa liikkua vapaasti kiihtyvällä vauhdilla takaisin päin. (Koivisto 2017, 158.)

#### 4.3.4 Moottori/käyttökoneisto

Kuljettimen käyttökoneistoksi valitaan yleensä vaihde moottori, joka on vaihtosähkömoottorin ja hammaspyörävaihteen kombinaatio. Yleensä käytetään vaihde moottoria, jonka toisioakselina

toimii holkkiakseli. Tällainen vaihdemoottori on vaivaton asentaa vetorummun akselille. Vaihdemoottorissa on niin sanottu momenttikorvake, johon vaihde tuetaan runkoon asennettuun momenttitukeen. Momenttituen tehtävänä on ylläpitää vaihdemoottorista tulevia voimia. (Koivisto 2017, 158.)

Vaihteessa olevan momenttituen molemmille puolille täytyy asentaa kumivaimentimet. Niiden tehtävänä on vaimentaa nykäys/isku, joka syntyy käynnistyksen yhteydessä. Jos kuljetin on hyvin pitkä, eivät kumivaimentimet ole riittävät vaimentamaan täydellä kuormalla käynnistettävää kuljetinta. Kun tällainen tilanne on päällä, tarvitaan niin sanottu pehmeäkäynnistin, joka antaa kuljettimen hihnalle mahdollisuuden saada aikaan hidas lähtö. Tällaista hidasta lähtöä kutsutaan ”ryömimiseksi”. Pölyävissä olosuhteissa myös suojausluokat on huomioitava sähkömoottorin kohdalla. (Koivisto 2017, 158.)

#### 4.3.5 Rullat ja telineet

Kuljettimen rullat ovat kaikista komponenteista laajimmin standardisoituja. Kappaletavaran siirtoon on mahdollista valita tavararullia ja bulk-materiaalille 2-osaisia tai 3-osaisia rullastoja. Rullastoja on kuitenkin mahdollista saada myös suurempi osaisina, esimerkiksi niin kutsuttuina koururullastoina, riippuen kuljetettavasta aineesta tai materiaalista. Kuljettimen kuormauskohtaan kannattaa valita vahvempia kumirenkailla päällystettyjä rullia, jotka voidaan asentaa tiheällä jaolla, jolloin ne kestävät kuormat. Paluuhihnan kohdalla ei tarvitse niin vahvoja rullia, mutta nekin useasti varustetaan kumirenkailla täysin käyttöolosuhteista riippuen. (Koivisto 2017, 159.)

Kun hihnaa halutaan ohjata, valitaan siihen muutamia yksittäisiä ”sivuohjausrullia”, jotka lopulta asennetaan itse rullatelineeseen. Ohjainkiekot voidaan asentaa kumpaankin päähän paluurullaa, ja niitä voidaan käyttää paluuhihnan ohjaukseen. Ylä- ja paluuhihnalle on mahdollista saada erikoisrakenteisia, ohjaavia rullastotelineitä, joiden tarkoitus on estää hihnan sivuun siirto pitkällä kuljettimilla. Yleensä nämä ohjaavat rullastotelineet asennetaan 20 tai 30 metrin välein. (Koivisto 2017, 159.)

#### 4.3.6 Veto- ja taittorummut

Vetorummun pääasiallinen tehtävä on siirtää käyttövoima kuljettimen hihnaan. Vetorummussa olevalla kitkalla on todella suuri vaikutus kuljettimen periaatteelliseen toimintaan.

*“Vaihdemoottorin luovuttama vääntömomentti muunnetaan vetorummun kitkan avulla hihnavoimaksi, joka pitää olla riittävän suuri kumoamaan kuormituksen aiheuttama vastusvoima. Vetorummun akselin tulee kestää vaihdemoottorilla siirtyvä vääntömomentti sekä sen hyvin marginaalinen taivutusrasitus tyhjän hihnan vastusvoimasta ja hihnan kiristysvoimasta johtuen.”*

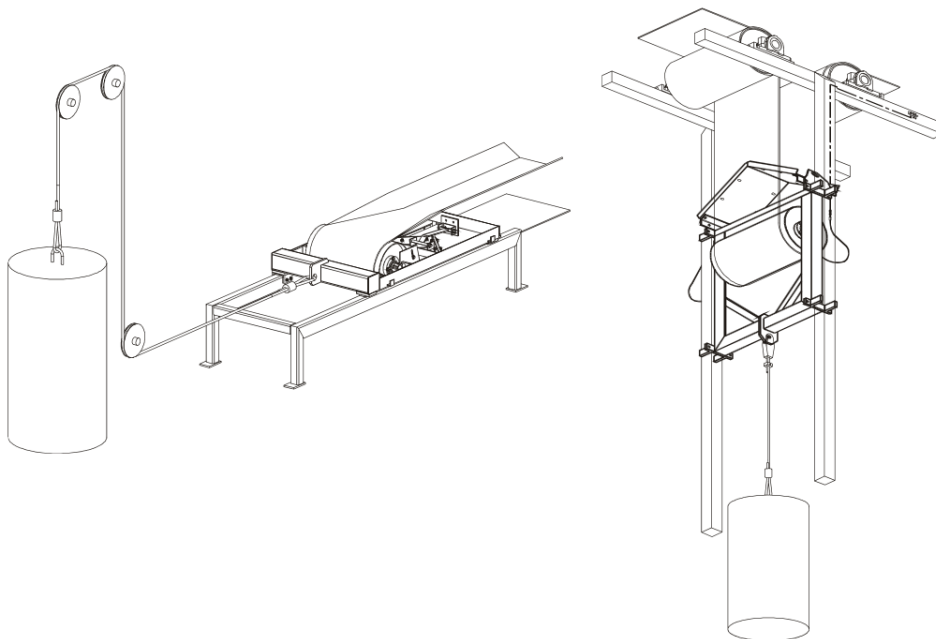
Yleensä veto- ja taittorummut valmistetaan kiinteänä teräsrakenteena, eikä tehdä erillistä osittelua. Veto- ja taittorumpu eivät ole pääasiassa perusrakenteeltaan kovinkaan erilaisia. Ainoa ero niillä on, että taittorummussa ei ole voimansiirtoa eli se on vapaasti pyörivä. Rumpujen pinnoitteeksi voidaan valita monia vaihtoehtoja ulkoisien vaikuttavien tekijöiden mukaan. Tällaisia ulkoisia vaikuttavia tekijöitä ovat esimerkiksi käyttöolosuhteet. Jos rumpujen pinta on hiekkapuhallettu tai rouhintasorvattu, pystytään niihin kuumavulkanoida ristiuritettu tai sileä kumi. Jos ilmasto-olosuhteet ovat vaativia, voidaan käyttää kitkalevyjä tai kitkapalkkeja, jotka laitetaan rummun teräsvaippaan ruuveilla kiinni. Bombeeraus eli tynnyrimäisyys täytyy sijaita rummun vaipassa hihnan keskittämisen kannalta. Bombeeraus on mahdollista tehdä teräspintaan tai kumipintaan vulkanoinnin yhteydessä. (Koivisto 2017, 159.)

#### 4.3.7 Hihnan puhdistimet

Hihnan puhdistuslaitteilla nimensä mukaisesti poistetaan tarttuneita epäpuhtauksia hihnojen ja rumpujen pinnoilta. Esimerkkeinä puhdistuslaitteista ovat hihnaan tai rumpuun toistuvalla kosketuksella olevat kaavarit, pyörivät hihnaharjat, erilaiset koputtavat tai pyörivät puhdistimet ja lisäksi hihnan pesulaitteet (Parikka ym. 2000, 14.)

#### 4.3.8 Kiristyslaitteisto

Kiristyslaitteiston päällimmäisenä tehtävänä on estää vetorummun ja hihnan välistä luistoa pitämällä kireys tasaisena ja riittävänä. Kiristystapoja on kolme: riippu-, ruuvi- ja vaunukiristys. Näistä yksinkertaistetuin tapa on ruuvikiristys. Siinä hihnan kireyttä "säädetään siirtämällä pääterumpua ruuvin avulla". Tämän tavan haitallinen puoli on hihnan venyessä vaadittava säädön tarve, mistä johtuen ruuvikiristys toimii sopivimmin lyhyille kuljettimille. "Vaunu- ja riippukiristyksessä tarvittava kiristys saadaan vastapainosta", tällä tavalla hihnan venymisen otetaan huomioon näissä tavoissa. Vaunu- ja riippukiristyksen synonyymina voidaan käyttää termiä vastapainokiristys kuten kuvassa 2. esitetään. (Parikka ym. 2000, 13–14.)

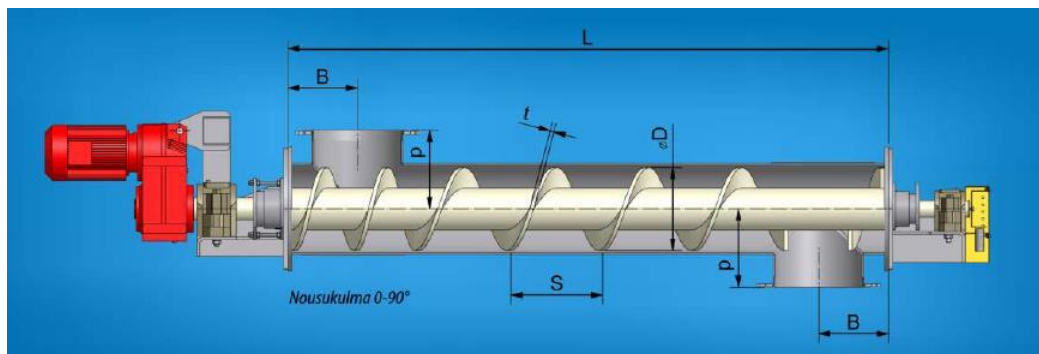


KUVA 2. Hihnakuuljettimen vastapainokiristysmekanismeja (Parikka ym. 2000, 14.)

## 5 RUUVIKULJETIN

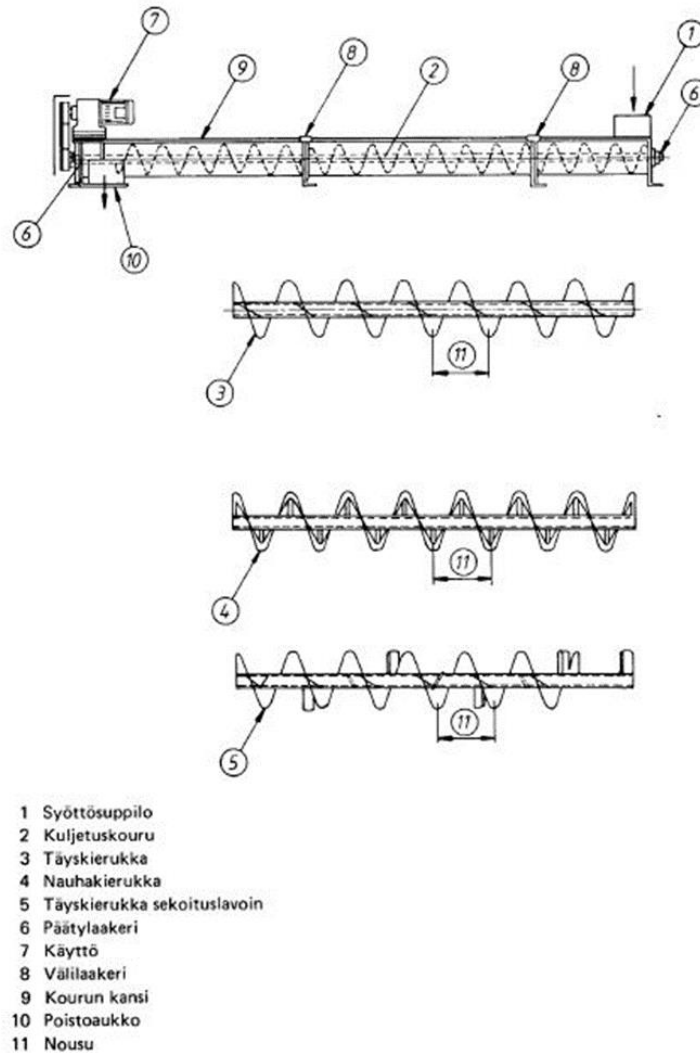
### 5.1 Periaate

Ruuvikuljettimen toiminta perustuu kuljettimessa olevaan työntävään tai vetävään ruuviin, niin sanottu Arkhimedeeseen ruuvi, joka itsessään siirtää materiaalin eteenpäin koteloidussa/suljetussa kourussa tai putkessa. Toiminnan periaate on pitkälti riippuvainen materiaalin ulostulospisteestä. Ruuvikuljettimen käyttöominaisuuksia on aineiden siirto, annostelu, sekoitus tai aineen purkaminen siilosta. Yleisesti ruuvikuljettimet ovat lyhyitä, että sen toiminta pysyy tehokkaana. Niiden pituudet vaihtelevat muutaman metrin ja kymmenien metrien välillä. Sen ollessa suljettu/koteloitu, voidaan sen suurimpana etuna puhua tiiviystä ja pölyämättömyydestä. Ruuvikuljetin on yksi kaikkien ekonomisin kuljetintyypeistä saatavilla massatavaran liikuttamiseen. Se on täysin suljettu sisältämään liikkuvan materiaalin ja se on pölyämätön. Vakioyksikkö variaatioiden kanssa suunnitelmassa on soveltuva ratkaisemaan monia massatavaran käsittelyn ongelmia. (Koivisto 2017, 64-65.)



KUVA 3. Putkimainen ruuvikuljetin (Siirtoruuvi Oy 2018.)

## Ruuvikuljettimet



KUVA 4. Ruuvikuljetin osaselostuksineen (SFS 4200, 1978, 29.)

### 5.1.1 Kuljetettavat materiaalit

Ruuvikuljetinta käytetään melkein kaikilla teollisuuden aloilla kuten voimalaitoksilla, rehuteollisuudessa, elintarviketeollisuudessa, prosessiteollisuudessa sekä kemian teollisuudessa.

Ruuvikuljetin soveltuu tiiviydensä takia siirtämään vaikeastikkin käsiteltäviä aineita, koska se ei pääse leviämään kuljettimesta ympäristöön. (Koivisto 2017, 64.)

Ruuvikuljettimella voidaan esimerkiksi siirtää kaikenlaisia jauhemaisia- ja rakeisia tuotteita eli bulk-materiaalia kuten kaoliinia, sementtiä, viljaa, mineraaleja, sekä puuhaketta, sellumassaa yms. (Siirtoruuvi Oy, 2018).

## 5.2 Ruuvikuljettimen komponentit

Ruuvikuljettimeen löytyy laaja skaala erilaisia komponenttivaihtoehtoja kaikkiin materiaalin vaatimuksiin ja yleiseen toimivuuteen.

### 5.2.1 Ruuvi (keskiakselin kanssa)

Ruuvikierukan avulla tapahtuu tavaran siirto tai muu kuljettimen avulla suoritettava toiminta. Ruuvikierukka koostuu keskusputkesta ja kierteestä sekä käyttöpään ja vapaan päädyn aksleista. Kierteen nousu suunnitellaan kuljettimen käyttötarkoituksen mukaan. Kun tavaran tuloakapiteetti kuljettimelle on hallitsematon, täytyy kierteen nousu olla tavaran tuloaukon kohdalla huomattavasti pienempi kuin ruuvin muilla osin, jotta täyttöaste voidaan pitää varsinaisella siirto-osalla kohtuullisen pienenä.

Kierre voi olla joko umpikierre tai avokierre. Kun tavaran purkaus tapahtuu suppilosta, jolloin purkausaukko on pitkä, käytetään purkaussuuntaan kiihtyvää kierrettä, jolloin nousu kasvaa portaattomasti purkaussuuntaan päin. Tällöin tavara purkautuu tasaisesti koko suppilon purkausaukon alueelta. Täyttöaste suppilon purkausaukon alueella on lähes yksi.

Sekoituskäytössä käytetään kahta tai kolmea ruuvikierukkaa rinnakkain. Kierre on useimmiten avokierre tai voidaan käyttää niin sanottuja ”meloja”, jotka sekoittavat ja siirtävät hitaasti tavaraa eteenpäin. Sekoituksen teho ja valmiin seoksen purkaus tapahtuu yleensä tajuusmuuttajalla pyörimisnopeutta säätämällä.

Ruuvikierukka voidaan erikoistapauksissa valmistaa myös ilman keskusputkea/akselia. (Koivisto 2017, 69.)

### 5.2.2 Spiraaliruuvi

Akseliton spiraaliruuvi soveltuu pitkäkuituisten, tahmeiden, lankojen, riepujen tai metallihiukasten kuljetukseen. Kun akselia ei ole kuljettimessa, pystyvät lankamaiset aineet siirtymään sulavasti putkessa ilman kietoutumista ruvin ympärille ja tahmeat aineet eivät pysty tukkeutumaan täten putkeen/kouruun. Spiraali on ruuvikuljettimessa toimiva sovellus, joka toimii vaikeissa paikoissa, mutta siinä on niin niukasti erilaisia kuluvia osia, mikä pitää huollon hyvin vähäisenä. (Slamex 2018.)



KUVA 5. Akseliton ruuvikuljetin/Spiraaliruuvi (Warmgroup 2018.)

### 5.2.3 Runko - Putki/kouru

Ruuvikuljettin runko jaetaan kahteen valintaan yleensä, putkeen tai kouruun, se on joko avoin tai suljettu tasainen/sileä kouru tai putki, jota pitkin ohjataan ja pudotetaan ruuvilla tai ilman painovoiman avulla.

Ruuvikuljettimessa on hyvän toimivuuden kannalta yleensä U:n muotoinen kouru, joka on riippuvainen nousukulmasta. Nousukulman ollessa riittävän suuri esimerkiksi noin 30 metriä, päädytään valitsemaan putkimainen malli. (Koivisto 2017, 67.)

### 5.2.4 Moottori/käyttökoneisto

Käyttökoneistoksi valitaan yleensä vaihdemoottori, joka on vaihtosähkömoottorin ja hammaspyörävaihteen yhdistelmä kuten kuljettimissa yleensä. Tämän tyyppinen vaihdemoottori on helppo asentaa kuljettimen käyttöakselille. Vaihdemoottori tuetaan momenttikorvakkeestaan kuljettimen momenttitukeen. Momenttituen pitää kestää vaihdemoottorin vääntömomentin aikaansaama voima. Momenttikorvakkeen molemmille puolille asennetaan kumiholkit, joiden tehtävänä on vaimentaa varsinkin käynnistyksen yhteydessä syntyvät iskut.

Sähkömoottorin valinnassa on huomioitava sähkömoottorin suojausluokka. Varsinkin pölyävillä materiaaleilla suojausluokalla on tärkeä merkitys. (Koivisto 2017, 70.)

### 5.2.5 Kourun päätte ja laakerit

Tukee kuljettimen veto ja päätykuiluja, pitää läpivedon linjaa. Voidaan varustaa valinnaisilla laakereilla tai painelaakereilla. (Screw conveyor catalog, 16 ja 41). Kuvassa 6 esitetään perusmalli kourun päätteestä.



KUVA 6. Kourun päätte (Screw Conveyor CO 2010, 41.)

Yleensä ruuvikuljettimeen valitaan laakerointiin pallomaisen rulla- tai kuulalaakerin ja pysty-laakeripesän yhdistelmä. Jos kuljettimessa on pieni kuormitus, valitaan laippalaakeriyksikkö. (Koivisto 2017, 69.)

### 5.2.6 Ulostulo (suppilot)

Yleisesti poistosuppilo laitetaan käyttöön päätyyn ja tulosuppilo sijoitetaan kuljettimen vaaseen päätyyn, riippuen siitä, onko kuljetin toiminnassa työntävällä vai vetävällä periaattella. Tulo- ja poistaukkoja voi olla monia riippuen kuljettimen periaatteesta, kohteen vaatimuksista ja materiaalin ominaisuuksista. Kun kuljetin on vetävä, ei nurjahdusvaaraa ole. Poistoaukot pitää suunnitella riittävän leveiksi, ettei kyseessä oleva materiaali ruuhkaudu kuljettimessa (Koivisto 2017, 72.)

### 5.2.7 Ripustimet, laakerit, akselit ja tiivistys

Ripustimia käytetään tukivälilappaleena kahden osion välissä ruuvissa. Ne ylläpitävät liitoskohtia ja antavat kytkentäakselin laakeripinnoille. Ripustimet yleensä sijoitetaan tuloaukolle. Ne voidaan sijoittaa liitoskohtiin ja ne on suunniteltu tarpeeksi leveiden jakoteräksien kanssa tähän tarkoitukseen. Ripustimia voidaan modifioida moneen eri laakerimateriaaliin, että ne ovat käypä vaadittuihin sovelluksiin. (Screw Conveyor Corporation 2010, 6 & 16.)



KUVA 7. Ripustin laakerin kera (Screw conveyer CO. 2010, 36.)

Käyttöön akselin tulee olla tarpeeksi kestävä, että se pystyy käsittelemään käyttökoneistossa tapahtuva taivutusmomentti sekä vääntömomentti. Lujuuslaskennassa mitoitetaan itsessään käyttöakseli.

Kaikkien akselien läpiviennit täytyy tiivistää. Yleisin tiivistystapa on niin sanottu nauhapoksi. "Tiivistepesässä on yleensä kolme tai neljä tiivistenauhaa ja nauhojen välissä voitelurengas. Voitelurenkaan tehtävänä on pitää nauha liukkaana ja tiivistyskuntoisena".

On olemassa myös niin sanottu säteistiiviste, joka on rengasmaisen, mutta tämä ei ole suositeltava vaihtoehto sen vaatiessa kuljettimen rakenteiden purkua huoltotilanteessa. (Koivisto 2017, 70.)

### 5.3 Turvallisuuskomponentit

Kuljettimiin löytyy monenlaisia turvallisuutta parantavia komponentteja, mitkä pitää olla turvallisuusstandardien mukaisia. Kuljettimesta täytyy löytyä turvakytkin, jonka avulla estetään kuljettimen käynnistäminen esimerkiksi huoltotoiminnan aikana. Turvakytkin pystytään myös varustaa lukolla, joka estää kytkimen käynnön käyttöasentoon varmistuksena. (Koivisto 2017, 72 & 162-163; Sandvik 2008, 154-164).

Kuljettimesta täytyy löytyä hätäpysäytin, eli perus painike, josta kuljetin lopettaa toimintansa. Hihnakuljettimilla tätä kutsutaan köysihätäpysäyttimeksi, jonka periaate on vetovaijeri kuljettimen sivulla. (Koivisto 2017, 72 & 162-163; Sandvik 2008, 154-164).

Kuljettimeen asennetaan myös pyörintävahti, joka pysäyttää kuljettimen sähköisesti häiriötilanteissa, kuten kun kuljettimella materiaali kulkee alle minimi nopeuden, ruuvikuljettimessa ruuvi menee poikki tai kuljetin yleisesti jumituu siirrettävän materiaalin ruuhkautumisesta siihen. (Koivisto 2017, 72 & 162; Sandvik 2008, 154-164).

Ruuhkavahti valvoo, ettei ruuvikuljettimessa poistoaukko ruuhkaudu ja hihnakuljettimessa taas sillä valvotaan materiaalin ylärajaa suppilon päässä. Ruuhkavahti kykenee pysäyttämään sähkömoottorin ja lopettaa kuljettimen toiminnan kokonaan ruuhkan sattuessa. (Koivisto 2017, 72 & 163; Sandvik 2008, 154-164).

Hihnakuljettimessa täytyy löytyä sivuunsiirron vahti, joka pysäyttää kuljettimen toiminnan, jos sen hihna on siirtynyt liikaa sivuun toiminnan aikana. Hihnan sivuun siirtyminen aiheuttaa hihnalle vaurioita tai materiaali lähtee kuljettimelta tätä myötä leviämään ja vaikuttamaan ympäristöön. (Koivisto 2017, 163; Sandvik 2008, 154-164).

## 6 MUUT KULJETTIMET

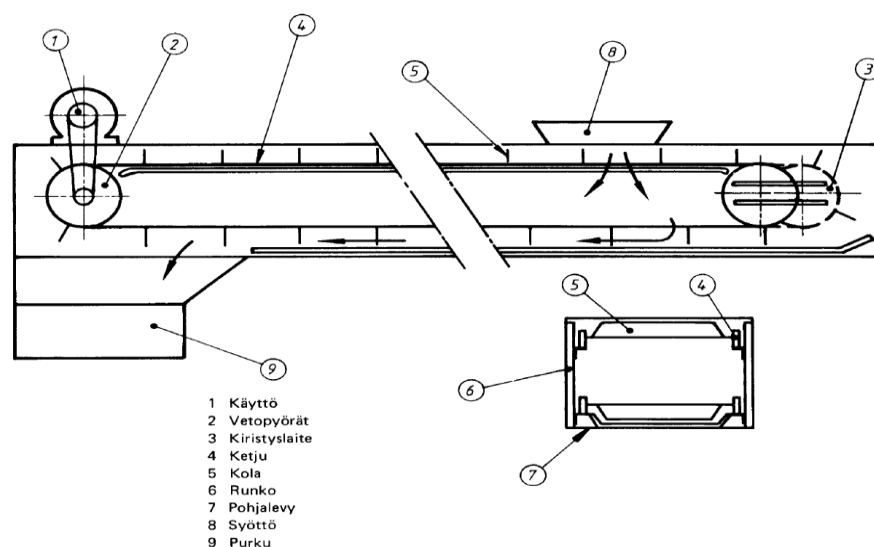
Suunnittelupohjalta pitää ottaa huomioon, että erilaisia kuljetinsovelluksia tulee esittää asiakkaiden tilauksesta ja täten pitää selostaa, mitä muita mahdollisuuksia on kuljettimien saralla.

### 6.1 Kolakuljetin

Kolakuljetinta käytetään yleensä jauhe- ja raemaisten aineiden siirtoon eli bulk-materiaalin siirtoon. Kolakuljettimien käyttö on todella suosittua esimerkiksi mallas- ja rehuteollisuudessa. Elin-  
tarviketeollisuudessa myllyissä käytetään myös kolakuljettimia. Kolakuljetin soveltuu melko pienen kappalekoon omaaville tavaroille/materiaaleille esim. hake, hiekka ja tuhka voimalaitoksissa ja myöskin erinäisten aineiden/materiaalien kemian prosessiteollisuudessa. Se ei ole soveltuva tarttuvien, tahmeiden tai paakkuntuvien aineiden siirtämiseen, niiden tukkeuttaessa helposti kuljettimen.

Kolakuljetin yleensä on soveltuva suhteellisen pitkille siirtomatkoille. Siirtomatkat vaihtelevat parista metristä kymmeneen metriin. Kolakuljettimen paras ominaisuus on sen tiivis rakenne, joka on hyödyllinen pölyävän materiaalin siirrossa, kuten taas hihnakuljetin yleensä ei tällaiseen sovellu.

Aineen/materiaalin siirto operoituu laaamalla ketjulla ja siinä olevien kiinnitettyjen kolien avulla. Tämän takia rakenneosien välisellä kitkalla on todella iso merkitys toisiinsa vasten hankaavien materiaalien/komponenttien valinnassa sekä erinäisten toiminnallisten osien mitoituksessa pitää huomioida tämä, kuten esimerkiksi tehon tarvetta laskettaessa. Tehon tarve onkin kolakuljettimissa paljon suurempi kuin hihnakuljettimilla, koska hihnakuljettimissa tavara kulkee hihnalla hyvin laakeroitujen rullien varassa. (Koivisto 2017, 9.)



KUVA 8. Kolakuljettimen rakenne ja osat (SFS 4200; 2000, 15.)

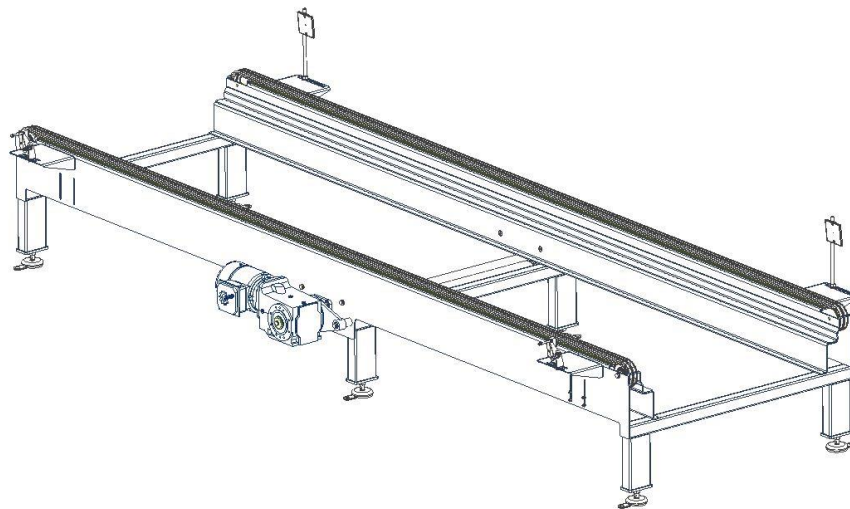
## 6.2 Ketjukuljetin

Ketjukuljetin nimestäänkin päätellen perustuu kiertävään ketjuun kuljettimessa. Ketju-tyyppiä on monia vaihtoehtoja, mutta vain kaksi selkeää vaihtoehtoa, rullaava ja liukuva ketjua. Ketju itsessään voi tarvita erinäisiä lisäkomponentteja tarpeen mukaan, jotka liitetään ketjuun. Ketjukuljettimet ovat yleensä suljettuja, joten ne eivät pölyä ja täten ovat sopivat ympäristöihin, joille puhtaus on tärkeä aspekti. Tähän tietenkin vaikuttaa kuljetettava materiaali, mutta pääsääntöisesti ketjukuljettimet ovat suljettuja. Ketjukuljettimessa voidaan joskus vaahtia monta purku- ja täyttöaukkoa. Ketjukuljetin on kykenevä siirtämään materiaalia isoissa siirtokulmissa, jopa pystysuunnassa. (Mitchell 1998, kappaleet 9-9 – 9-13.)

Siirtomatkat vaihtelevat paljon, mutta se pystyy siirtämään jopa yllättävän pitkiä matkoja sen omaan periaatteeseen katsoen. Ketjukuljettimen hyvän toiminnan edellytys perustuu hyvään suunnitteluun ja laadukkaisiin komponentteihin.

Nämä varmistettua, on ketjukuljetin pitkäikäinen ja toimintavarma ratkaisu materiaalin siirtoon. Ketjukuljettimen kapasiteetti voi nousta jopa sataan tuhanteen tunnissa ja sen ketjun leveys vaihtelee 100-1000 millimetrin välillä.

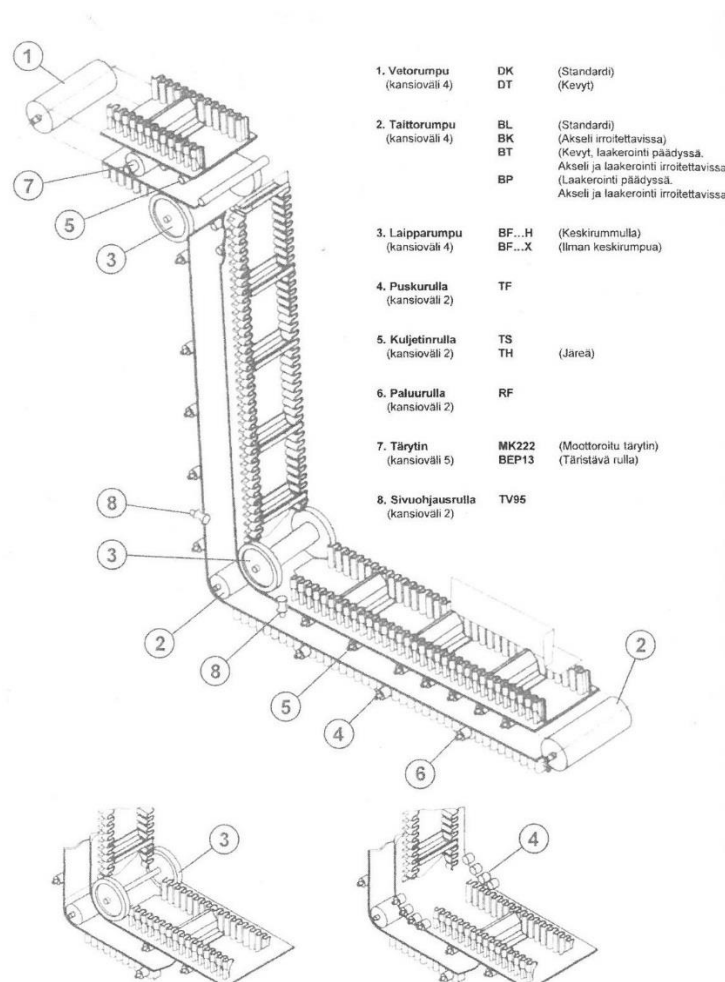
Ketjuilla toimiva kolakuljetin on yksi ketjukuljettimen sovellus, kuvassa 8 on tällainen hieman rakenteeltaan oleva kolaketjusyötin. (Von H. Colijn 1985, 169-234.)



KUVA 9. Ketjukuljetin rakenne (Kovasad/Lylynpisara Oy, 2018.)

### 6.3 Lokerohihnakuljetin

Lokerohihnakuljettimen pääkäyttötarkoitus on korvata katvealue, joka jää elevaattorin ja hihnakuljettimen väliin materiaalin siirrossa. Tämä katvealue on jossain 30-80 asteen välissä, nousukulmalla ilmaisten. Täten voidaan sanoa, ettei lokerohihnakuljetinta yleensä nähdä teollisuudessa. Kun mainitaan hihnakuljetin ja elevaattori, on myös lokerohihnakuljettimen kuljetettava materiaali pääosin bulk-materiaalia. Jossain tapauksissa voidaan kuljettaa kappaletavaraa, riippuen kauhojen koosta. Kun materiaalia pitää siirtää törmäyskohdista riippuen eri kulmissa, mutta samaan kohteeseen, tulee lokerohihnakuljetin mahdollisesti edullisemmaksi ratkaisuksi kuin elevaattorin käyttö. Eli ei tarvita enempää vaihdemoottoreja kuin yksi, lokerohihnakuljettimen yhdistyessä niin sanottuun pääkuljettimeen. Voidaan sanoa, että lokerohihnakuljettimen suurin ongelma tulee sen erikoisessa sovellusmallissa prosessiin verrattuna esimerkiksi elevaattorin yksinkertaisuuteen. (Kuljetintekniikka 2017, 200.)



KUVA 10. Lokerohihnakuljettimen pööräkkeen osaselostuksineen (Koivisto 2017, 202.)

## 6.4 Elevaattorit

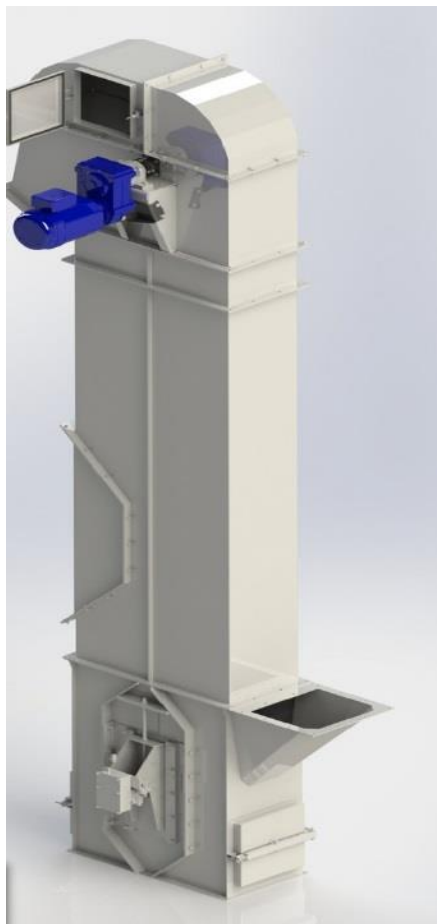
Elevaattorit ovat melko samanlaisia kuin lokerohihnakuljettimet, mutta ne ovat yksittäinen itsenäinen kuljetin, joka yleensä yhdistetään kuljetinlinjalle hihnakuljettimen kanssa. Elevaattoreissa on kauhat kuten lokerohihnakuljettimessa. Elevaattorin pääasiallinen tarkoitus on pystysuora materiaalin siirto. Materiaalin ominaisuudet vaikuttavat elevaattorin rakenteeseen niin, että onko kyseessä hihnaelevaattoreita vai ketjuelevaattoreita. Elevaattorin nousukulmat vaihtelevat yleensä 60 – 90 asteen välillä. (Koivisto 2017, 110.)

Elevaattorit voidaan jakaa kahteen tyyppiin, tiheä- tai harvajakoinen elevaattori. Tämä riippuu kauhojen jaosta. Tiheäjakoinen elevaattori voidaan määritellä niin, että sen kauhat sijaitsevat tiheämmällä eli lyhyemmällä välillä toisistaan. Kauhoja voidaan kuvailla näin ulkomuodoltaan: "Kauhojen muoto on sivulta katsottuna kolmiomainen ilman nurkkapyöritystä, siten rakennettu, että pääterummun ylittäessään kuorma irtoaa kauhasta ja liukuu alla olevan kauhan pohjaa pitkin varsinaiseen purkauskouruun. Kauhan pohjaan kiinnitetyt sivulevyt estävät aineen liukumisen sivuille."

Painovoima vaikuttaa kauhan tyhjenemiseen, mikä mahdollistaa elevaattorissa käytettäväksi pienempää hihnan nopeutta. Tiheäjakoinen elevaattori on soveltuva paakkuiseen jopa lohkaraisen tai jopa erittäin kuluttavan aineen siirtoon. (Trellex 1989, 9.)

Harvajakoisen elevaattorin kauhat ovat pyöreäpohjaisia, joiden jakoväli nimensä perusteella on pitempi kuin tiheäjakoisessa. Jakoväli lasketaan kaksi tai kolme kerrottuna itse kauhan syvyydellä. Harvajakoisen elevaattorin purkauksessa käytetään keskipakoisvoimaa hyödyntäen suurta kuljettimen nopeutta, että "kauha pääterummun yli kääntyessään heittää kuorman purkauskouruun.". Harvajakoiset elevaattorit soveltuvat paremmin helposti siirtyvän ja hienojakoiseen siirtoon. Harvajakoisessa voidaan kumminkin siirtää lohkarimaista bulk-materiaali, mutta huomioon pitää ottaa kauhojen kestävyys. (Trellex 1989, 9.)

Tähän opinnäytetyöhön käytössä olevassa laskentakatalogi-liitteessä on ainoastaan elevaattoreista laskenta muiden kuljettimien kohdalla. Kuvassa 11 näytetään periaatteellinen kuva elevaattorista.



KUVA 11. Elevaattori päärakenteeltaan (Seipro 2018.)

## 7 SUUNNITTELUVAIHEET

Suunnitteluvaiheet voidaan jakaa esisuunnitteluun, perussuunnitteluun ja toteutussuunnitteluun. Layout-suunnittelu on osana kaikkia suunnittelun osa-alueita.

### 7.1 Esisuunnittelu

Esisuunnittelun aloitus voi olla asiakkaan puolesta alkava esiselvitysvaihe, jossa selvitetään tarve kuljettimelle, kustannusarviot ja jopa itse ratkaisun mikä kuljetin on kyseessä olevaan tilanteeseen oikea. Asiakas voi myös pyytää konsultoivalta yritykseltä apua ratkaisuun, että mikä olisi oikea vaihtoehto heidän kuljetintarpeeseen.

Suunnittelijan näkökulmasta kuljettimen esisuunnittelu aloitetaan kartoittamalla tarvittavat lähtötiedot suunnittelua varten.

Kuljettimen lähtökohtana on, että jotain tiettyä materiaalia pitäisi siirtää "ennalta määrätty tilavuusvirta pisteestä A pisteeseen B." (Koivisto 2017, 164).

Esisuunnittelussa voidaan jo aloittaa kartoittamaan kuljetinvalintaa, että mikä kuljetin olisi paras ratkaisu kyseiseen kohteeseen, eli haetaan yleisesti laitteen käytön periaate selville. Kuten aikaisemmin mainittiin, voi tilaajalla/asiakkaalla on itsellä tiedossa minkälaisen kuljettimen he haluavat, kuljetinta aloitetaan spesifioimaan toiveiden mukaan. Esisuunnittelun perimmäisenä ideana onkin tuottaa muutamia vaihtoehtoja ja ratkaisuja tarpeeseen/ongelmaan. Tärkeintä on myös huomioida, että vaihtoehtoja on tarpeeksi niukasti, ettei tule valinnan vaikeus, mikä taas hidastaa kuljetinvalintaprosessia. Yksi tärkeimmistä esisuunnittelun aspekteista alussa onkin, että tuotettavat tai saadut lähtötiedot ovat pitäviä, ettei suurempia virheitä tule jatkossa. (Lapveteläinen.)

Kuljettimen päävaiheista voidaan tehdä alkuun osviittaa antava lohkokaavio, joka kuvastaa tulevan kuljettimen periaatteen.

Tärkeimmät lähtötiedot kuljetinsuunnittelussa ovat (esimerkkinä hihnakuljetin):

- Kapasiteetti
- Kuljettimen pituus ja leveys → CC-mitta = rummusta rumpuun mitta
- Hihnan leveys
- Pisteiden A ja B korkeuseron selvitys, jos ei ole vaakasuora kuljetin kyseessä
- Hihnan nopeus
- Komponentit
- Onko kyseessä avokuljetin vai kanaali

(Pietarinen.)

”Selvitetään myös siirrettävän materiaalin ominaisuudet:

- Irtotiheys  $\text{kg/dm}^3$  tai  $\text{t/m}^3$
- Ominaispaino  $\text{kg/dm}^3$  tai  $\text{t/m}^3$
- Materiaalin vierintäkulma  $\beta$
- Kulumisen, kosteuteen ja tarttuvuuteen liittyvät ominaisuudet
- Rae- ja kappalekoko

Vierintäkulmaa tarvitaan lähinnä nousevilla kuljettimilla.”

(Koivisto 2017, 164.)

Näiden pohjalta voidaan tehdä yksinkertaistettu ja jalostetumpi virtauskaavio/pääkaavio perussuunnittelua varten. Virtauskaavio kuuluukin pääosin perussuunnittelun osa-alueeseen. Tästä nähdään lyhyehkösti suunniteltavan kuljettimen tulevan toiminnan periaate tarkempana kuin lohkoakaaviossa.

Alustavasti tehdään hahmotelma suunnittelijan ja asiakkaan välillä, että mikä kuljetinreitti on. Esimerkkinä tuotteen/materiaalin syötöstä reitille, siitä varastointiin, sen jälkeen purkureittiä ns. päiväsiiloon ja sieltä annostelu asianmukaiseen prosessiin.

Esisuunnittelu ja perussuunnittelu menevät hiukan ristiin sillä esisuunnittelun ideana on saada investointipäätös kuljetinprojektille, mutta samalla tuottaa alustavia periaattellisia kuvia tulevasta kuljettimesta.

## 7.2 Perussuunnittelu

Perussuunnittelussa lähtökohtana on, että aloitetaan tekemään esisuunnittelusta saaduilla tiedoilla päämittapiirrustuksia tarjouskyselyä varten, sekä aloitetaan varsinaisen kuljettimen periaatteen eteenpäin vieni. Perussuunnittelun aikana laaditaan kustannusarvio +/- 15 prosentin tarkkuudella ja tämän kustannusarvion perusteella tilaaja tekee päätöksen toteutuksesta. Tässä vaiheessa saadut tarjoukset toimittajilta ovat budjettiluontoisia, eivät kuitenkaan sitovia.

Perussuunnittelun piiriin kuuluu laijesjoiutussuunnittelua, laite-erittelyä, massavirtauslaskelmat eli tehojen selvitys, sekä varsinaisen halutun kapasiteetin selvitys. Näistä päästään valmistaamaan päämittapiirrustuksia ja valitsemaan komponentteja, joissa edellä saadut lähtötiedot on huomioitu.

On olemassa erilaisia tilanteita, kun esiselvitys sekä esisuunnittelu on tehty asiakkaan puolesta, ja lähdetään suoraan jatkamaan perussuunnitteluun ilman konsultoivan yrityksen omaa esisuunnittelua.

Mitä kuljettimen mittapiirrustuksessa tulisi esittää? Osa tiedoista on esisuunnittelussa jo selvitetty, mutta kyseisiä tietoja tarkennetaan perussuunnittelun ja myös toteutussuunnittelun piirissä haluamalle tasolle:

- kapasiteetti
- kuljettimen päämitat
- korkomerkinät
- nousukulma tai nostokorkeus
- siirrettävän materiaalin tiedot kuten nimi, tiheys, raekoko, viskositeetti, kuiva-ainepitoisuus ja lämpötila
- hihnan, kolan, ruuvin tai lamellin päämitat
- rakenneaineet
- pintakäsittelyt
- kotelointi
- ympäristöolosuhteet
- varustelu
- vaatimukset perustuksiin ja ulkopuolisiin rakenteisiin
- asennus- ja hankintarajat
- muut erikseen sovittavat asiat
- Koteloinnin tarkoitus: Pölyämättömyys ja ympäristöön leviäminen huomiona → ympäristönäkölma
- Kunnossapito: tuennan suunta on yleensä ylhäältä suositeltavaa, jos mahdollista.

PSK Standardisointiyhdistys ry:n standardissa PSK 5808 esitetään hihna sekä ruuvikuljettimesta esimerkillinen päämittapiirustus lähtötietotaulukon kanssa, mikä kannattaa hyödyntää mallina kuljetinsuunnittelua varten.

### 7.3 Toteutussuunnittelu

Toteutussuunnittelu aloitetaan vasta sitten kun investointipäätös on hyväksytty.

Toteutussuunnittelun voi teettää joko tilaaja tai toimittaja, mutta normaalisti valmistusta ei saa aloittaa ennen kuin tilaaja on hyväksynyt toimittajan päämittapiirustukset.

Tilaaja ei kuitenkaan ota vastuuta kuljetintoimituksesta.

Toteutussuunnitteluun siirrytään siinä vaiheessa, kun on valittu toimittaja ja tehty toimituksesta hankinta-asiakirjat alustavan tarjouspyynnön päämittapiirustuksen perusteella. Toimittajan ensimmäisenä tehtävänä on laatia omaan tuotantoonsa ja oman kokemuksensa mukaan toimittajan päämittapiirustus, hankinnassa määriteltyjen erittelyjen mukaan. (Lapveteläinen.)

Toteutussuunnittelussa täytyy tuottaa PI-kaavio, joka on kokonaiskuva kuljettimen instrumentoinnista, sähköistyksestä ja automatisoinnista ja josta selviävät kuljettimen toiminnot ja säädöt raja-arvoineen.

Toteutussuunnittelussa valmistaja tai konsulttiyritys voi myös tuottaa positiokohtaiset päämittapiirustukset kokonaisuudessaan eli tarkennetaan kokoonpanopiirustuksiksi perussuunnittelussa valmistuneita piirustuksia ja malleja.

Kuljettimen lujuuslaskenta suoritetaan voimassa olevien Eurokoodien mukaan tarkemmin toteutussuunnittelussa.

## 7.4 Layoutsuunnittelu

Layout sisältyy esi- ja perussuunnittelun piiriin.

Layout terminä tarkoittaa tuotanto- tai teollisuusjärjestelmän konkreettisten osien esimerkiksi laitteiden, koneiden, varastojen tai erilaisten kulkureittien/hoitotasojen sijoittelua tehtaan sisällä. (Haverila ym. 2009, 475.)

Layoutsuunnittelu on osana jokaista kuljetinsuunnittelu projektin vaihetta esisuunnittelusta toteutussuunnitteluun. Siihen voidaan palata aina tarvittaessa tarkastamista varten.

Layoutsuunnittelun päämääräisenä tavoitteena on kaikkien materiaalivirtojen toimiva ja kelpo suunnittelu.

Kuljetuskerrat ja kuljetusmatkat yritetään pitää mahdollisimman lyhyinä eri kohteiden välillä, kun laitteiden tai koneiden sijoittelua suunnitellaan. Yksinkertaistettu ja selkeä materiaalivirta on hyvin toimivan kokonaisuuden edellytys, että työn tehokkuus ei kärsi tuotannossa. (Haverila ym., 2009, 485.)

Mitä kuljetinsuunnitteluun tulee layoutin kohdalla, on tärkeää selvittää poikkileikkaukset, törmäyskohdat ja vaihtoehtoiset reitit kuljettimelle. Vanhan tiedon hyödyntäminen helpottaa kuljettimen sijoittelua ympäristössä. Ratkaisuja voi olla monia mitä esittää layoutin kohdalla.

Toimivan layoutin edellytykset:

- Selkeä ja yksinkertaistettu materiaalivirta
  - Itse layout on helposti muokattavissa joustavasti
  - Erinäisten materiaalien tarve siirtoon on riittävän pieni
  - Mahdollisimman lyhyet kuljetusmatkat (huom. aina se ei ole mahdollista!)
  - Aineen/materiaalin jakelu ja vastaanotto pystytään suorittamaan tehokkaasti
  - Tila on käytetty itsessään tehokkaasti
  - Turvallisuus on huomioitu normien/standardien mukaan (huom. tärkein aspekti suunnittelussa)
- (Haverila ym., 2009, 479-482.)

## 8 HAASTATTELU

Tähän opinnäytetyöhön haastateltiin muutamia kuljetinsuunnittelun tai kuljettimien toimittamisen alalla olleista henkilöitä, että saataisiin hyödyllistä informaatiota Swecon omaan työhjeseen ja kartoitettaisiin suunnittelun ehtoja.

Erilaisia näkemyksiä oli piirustuksien laajuudesta ja mitä niiden tulisi sisältää.

Haastattelut tehtiin kartoittamaan asioita, mitä ei suoraan sanota erinäisissä julkisissa materiaaleissa. Lisäksi saattiin kerättyä henkilökohtaisia kokemuksia kuljetinsuunnittelusta.

Haastatteluhenkilöitä valittiin suunnittelupöydän molemmilta puolilta, että saataisiin erilaisia näkemyksiä aiheesta.

Kartoituksen pääkohtana oli selvittää suunnittelun osa-alueiden aikana tapahtuva toiminta ja mitä siihen sisältyy. Tuloksena saatiin monenlaisia mielipiteitä, mitä dokumenttien tulisi sisältää, ja kuinka kokonainen kuljetinsuunnittelu projekti toteutetaan esisuunnittelusta toteutussuunnitteluun. Samassa selvitettiin tärkeimpiä asioita mitä pitää huomioida esimerkiksi lähtötiedoissa. Kuljettimen lähtötietojen tärkeydestä kaikki olivat samaa mieltä. Niiden tulee olla validia faktaa vailla erinäistä mielipidettä.

## 9 STANDARDIT

Turvallisuus on tärkein aspekti suunnitteluvaiheessa, mikä pitää ottaa huomioon projektin edetessä.

Suunnittelun kohdalla voidaan todeta lyhyesti, että suunnittelu täytyy tehdä voimassa olevien standardien mukaan, jotta turvallisuus kohdat täyttyvät suunnitellussa kuljettimessa. Standardit pitää aina tarkastaa, ovatko ne ajankohtana voimassa olevia. Standardit vaikuttavat täten suunnittelussa huomioitaviin turvallisuus näkökulmiin.

Standardit, jotka tulee ottaa huomioon kuljetinta suunniteltaessa:

SFS 2274 Hihnakuuljettimet. Rullat ja sijoitus rullastotelineeseen

SFS 2275 Hihnakuuljettimet. Rummut

SFS 2276 Kuljettimet. Ruuvikuuljettimet

SFS 4200 Kuljettimet. Luokittelu ja sanasto

SFS 4617 ISO 3922 Kuljettimet- Sulkusyötin- Mitat

SFS 4645 Kannatus- ja palautusrullien joustorengaat

SFS 5260 Hihnakuuljettimet. Rummut ja rullastot. Suunnittelu

SFS-EN 618 + A1 Kuljetinlaitteet ja –järjestelmät. Turvallisuusvaatimukset. Ei kiinteät kulj.

SFS-EN 619 + A1 Kuljetinlaitteet ja –järjestelmät. Turvallisuusvaatimukset. Kpl tavara kulj.

SFS-EN 620 + A1 Kuljetinlaitteet ja –järjestelmät. Turvallisuusvaatimukset

SFS-EN ISO 12100-1 Koneturvallisuus. Perusteet ja yleiset suunnitteluperiaatteet. Osa 1: Peruskäsitteet ja menetelmät.

SFS-EN ISO 12100-2 Koneturvallisuus. Perusteet ja yleiset suunnitteluperiaatteet. Osa 2: Tekniset periaatteet

SFS-EN 1050 Koneturvallisuus. Riskinarvioinnin periaatteet

SFS-ISO 5048 Käyttötehon ja hihnavoimien laskenta

### **Massatavaran kuljetuksessa käytettävät kiinteät hihnakuuljettimet:**

SFS-EN 13379 + A1 Pasta processing plants. Spreader, stripping and cutting machine, stick return conveyor, stick magazine. Safety and hygiene requirements

SFS-KÄSIKIRJA 29-1 Kuljettimet. Osa 1: Massa- ja kappaletavarakuljettimet. Turvallisuus

SFS-KÄSIKIRJA 29-2 Kuljettimet. Osa 2: Suunnittelu ja valmistus

(SFS 2019).

## 10 TULOKSET/YHTEENVETO

Opinnäytetyön tuloksena saatiin aikaan kuljetinsuunnitteluohjeistus, jota tullaan kehittämään Swecon omaan tietokantaan, että ohjeistuksella helpotetaan kuljetinsuunnittelun aloitusta. Työn yhteydessä on kerätty mahdollisimman paljon informaatiota, mikä edesauttaa uusien suunnittelijoiden ja ellei jopa pitkäaikaisempien suunnittelijoiden taakkaa kuljetinsuunnittelun aloittamisessa.

Kyseistä kuljetinsuunnitteluohjeistuksesta toteutettiin ns. revisio 0, ohjeistuksen ollessa alustava ohjeistus tästä osasta laitesuunnittelua.

Ohje pitää sisällään kuljettimen valintaa, suunnittelun osa-alueiden toiminnan, turvallisuuteen liittyviä seikkoja sekä tarvittavat standardit sekä ohjeet kirjallisiin materiaaleihin, mitä kannattaa hyödyntää kuljetinsuunnittelussa. Kirjallisista materiaaleista löytyy eri laskentakatalogi vaihtoehtoja sekä kuljetinkomponentti- katalogeja. Ohjeeseen tuli myös toimittajakatselmus komponenttien, sekä kokonaisten kuljettimien toimituksen osalta. Teoriaosuuden tiedon kerääminen kuljettimien maailmasta pohjusti mahdollisen ohjeistuksen laatimisen.

## 11 POHDINTA/KEHITYS

Suunnittelun kehittyessä omana päällimmäisenä ajatuksena eteen tuli kehitysidea suunnittelun helpottamista tai niin sanotusti automatisointia katseltaessa.

Olisiko mahdollista saada erinäisiin suunnittelu ohjelmiin valmis malli, jota suunnittelija pystyisi lähteä suoraan muokkaaman tarpeidensa mukaan, tällöin ei tarvitsisi tehdä uutta mallia kuljettimesta jokaiseen uuteen projektiin. Vanhan tiedon/piirustusten hyödyntäminen uuteen projektiin onkin yksi tekniikka, mikä nopeuttaa projektin etenemistä. Tietokannasta tulisi pystyä ottamaan valmismalli, jonka spesifioiminen ei vaatisi niin suurta aikaa.

Valmis malli- idea lähti keskustelun pohjalta ja itsestäni se olisi seuraava askel kohti automatisoidumpaa ja kustannustehokkaampaa suunnittelua. Tämä vaatisi tietenkin alkuun selvittää, mikä on niin sanottu perusmalli eri kuljettimien kohdalla. Jokaiselle kuljetintyypille voitaisiin valmistaa oma perusmalli mitä voisi tarpeiden mukaan muokata.

Tähän valmiiseen malliin saatiin lisäkeskustelulla vaihtoehtoisia ratkaisuja. Niistä päällimmäisenä päädyttiin parametrisoituun mahdollisuuteen eli annettaisiin tietyt massavirtaukset tai lähtötiedot, jotka olisimahdollista saada suunnitteluohjelma tai Excel-taulukko, joka tämän pohjalta generoisi yksinkertaisen 3D-malli käsitteillä olevasta kuljettimesta.

Valmiita moduulirakenteita on olemassa hihnakuljettimille eri hihnaleveyksille.

Lisäkehitysideoina pyöri sijoitussuunnittelun kehitys, että jonkunlainen valmislaskenta malli antaisi koordinaatit kuljettimelle suoraan ohjelmaan.

Haastattelun pohjalta Kosti Koivisto antoi idean, että koneinsinöörien koulutukseen tulisi sisällyttää kuljettimista opetusta, niiden ollessa olennainen asia teollisuudessa ja konetekniikassa. Nykyään tämä toteutetaan työnantajan täsmäkoulutuksena. Tämä edesauttaisi työmarkkinoilla, jos valmistuneilla koneinsinööreillä olisi ennakkoon jo tietoa aiheesta.

## LÄHTEET

SUOMEN STANDARDISOINTILIITTO SFS RY 2015. Kuljettimet, osa 2:suunnittelu ja valmistus, SFS-käsikirja 29-2

SUOMEN STANDARDISOINTILIITTO SFS RY 2014. Kuljettimet osa 1: Massa- ja kappaletavarakuljettimet,Turvallisuus, SFS-käsikirja 29-1

PARIKKA, R., MÄKELÄ, K. K., SARSAMA, J. & VIROLAINEN, K. 2000. Hihnakuuljettimien käytön turvallisuuden ja luotettavuuden parantaminen. Espoo: Valtion teknillinen tutkimuslaitos (VTT)

SCREW CONVEYOR CORPORATION 2010. Engineering catalog 1-2010, katalogi, [Viitattu 2018-03-20] Saatavissa: [http://www.screwconveyor.com/assets/1/7/Engineering\\_Catalog\\_1-2010.pdf](http://www.screwconveyor.com/assets/1/7/Engineering_Catalog_1-2010.pdf)

CONTITECH Transportbandsysteme GmbH 2008. Conveyor Belt System Design Service Manual, [esite]

THOMAS CONVEYOR COMPANY, Thomas Conveyor Catalog on Conveyors, [verkkajulkaisu] [Viitattu 2018-03-28] Saatavissa: <http://www.thomasconveyor.com/docs/default-source/Catalog/thomas-catalog.pdf>

TRELLEX (nykyinen Metso) 1989. Kuljetinhihnat Laskenta, PK-Paino Oy: Tampere

TRUSTY, Austin, Material handling in Conveyor World, Bastian Solutions, [verkkajulkaisu] [Viitattu 2018-03-13.] Saatavissa: <https://www.bastiansolutions.com/blog/index.php/2014/02/13/choosing-the-right-conveyors-for-your-system/>

KOIVISTO, Kosti 2017. Kuljetintekniikka. Books on demand: Helsinki

VON HENDRIK Colijn. 1985. Amsterdam: Mechanical Conveyors for Bulk Solids (Studies in Mechanical Engineering 4).

KINNUNEN, Jukka 1992, Teräsrakenteiden suunnittelu, Teräsrakenneyhdistys r.y.: Helsinki

LAPVETELÄINEN, Niilo. Sweco Industry OY. [Haastattelu] 12-04-2018 ja 29-04-2018.

PIETARINEN, Anssi, Yara Suomi Oy. [Haastattelu] 06-04-2018

KOIVISTO, Kosti, [Haastattelu] 28.3.2018

KALLIO, Juha 2013. Ristikkorakenteisen hihnakuuljetinsillan mitoitusyökalun kehittäminen, DI-työ

SLAMEX/ECONET GROUP Ruuvikuljetinselostus. [www-sivu.] [Viitattu 2018-03-28.] Saatavissa: <http://www.econetgroup.fi/econet-group/slamex/tuotteet/ruuvikuljetimet/105/ruuvikuljetin>

SANDVIK Mining and Construction Hollola Oy 2008, Conveyor Components [katalogi]

SFS Ry 2018. [www-sivu.] [Viitattu 2018-02-26.]

<https://www.sfs.fi/>

SWECO AB Oy 2018. [www-sivu.] [Viitattu 2018-03-18.] Saatavissa:

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

PSK Standardiyhdistys Ry 2000, PSK 5808 Liitteinen [standardi] [Viitattu 2018-03-20.] Saatavissa: <https://psk-standardisointi.fi/wp-content/uploads/PSK5808liitteinen.pdf>

HAVERILA, Matti & UUSI-RAUVA, Erkki & KOURI, Ilkka & MIETTINEN, Asko 2005. Teollisuustalous, Tammer-Paino Oy, Tampere

MITCHELL, Philip E. 1998, Tool and manufacturing engineers handbook 4<sup>th</sup> edition: Volum IX Material and part handling in manufacturing, Society of Manufacturing engineers: Michigan

KUVA 1. SFS RY 1978. SFS 4200 [standardi], 19

KUVA 2. SIIRTORUUVI Oy 2018. [Verkkajulkaisu] Saatavissa [23-04-2018]; <https://www.siirtoruuvi.com/www/fi/tuotteet/#ruuvikuljettimet>

KUVA 3. VTT 2000. 14, [Verkkajulkaisu] Saatavissa [2018-03-05]; <https://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2000/T2036.pdf>

KUVA 4. SFS 4200, 1978, 29

KUVA 5. WARMGROUP OY 2018. [Verkkajulkaisu] Saatavissa [2018-05-10]; <http://wamgroup.fi/fi-FI/WAMFI/Product/SSC/Akselittomat-ruuvikuljettimet>

KUVA 6. SCREW CONVEYOR CORPORATION 2010. Screw Conveyor Catalog, 41

KUVA 7. SCREW CONVEYOR CORPORATION 2010. Screw Conveyor Catalog, 36, [Viitattu 2018-04-19.] Saatavissa: [http://www.screwconveyor.com/assets/1/7/Engineering\\_Catalog\\_1-2010.pdf](http://www.screwconveyor.com/assets/1/7/Engineering_Catalog_1-2010.pdf)

KUVA 8. SFS 4200 1978. 15

KUVA 9. KOVASAT 2018. [Verkkajulkaisu] saatavilla [20-04-2018]; <http://www.kovasat.fi/#tuotteet>

KUVA 10. KOIVISTO, Kosti 2017, Kuljetintekniikka, 202

KUVA 11. SEIPRO 2018, internet-sivusto, saatavilla [17-04-2018]; <http://www.seipro.fi/tuotteet/elevaatorit/>

## LIITE 1: KULJETTIMIEN LASKENNAT

Laskentoihin ja kaavoihin on käytetty Trellexin laskentakatalogia, koska se on selkeä ja helppokäyttöinen suunnittelijalle. Mittayksiköt myöskin soveltuvat eurooppalaiseen metriseen järjestelmään.

### **Teoria, kuvat ja taulukot:**

TRELLEX (nykyinen Metso) 1989. Kuljetinhihnat laskenta, [kaavakatalogi] PK-Paino Oy: Tampere.

Käytetyt merkinät ja yksiköt laskennassa

$a$  = hihnan kosketuskaari rummulla – rad

$a_v$  = materiaalin viettokulma liikkeessä - °

$\beta$  = kuljettimen kaltevuuskulma - °

$\delta$  = hihnan lujuus – N/mm

$\eta$  = käyttökoneiston hyötysuhde

$x$  = materiaalin irtotiheys – t/m<sup>2</sup>

$\lambda$  = kouruhihnan reunarullien kaltevuus - °

$\mu$  = hihna ja rummun välinen kitkakerroin

$B$  = hihnan leveys - mm

$b$  = kouruhihnan kaltevan sivun pituus – mm

$C$  = pituuskorjauskerroin

$e$  = luonnollisen logaritmin kantaluku (2,718)

$f$  = vastuskerroin

$G_v$  = vastapainon massa – kg

$g$  = putoamiskiihtyvyys (9,82) – m/s<sup>2</sup>

$H$  = kuljettimen nostokorkeus – m

$h$  = kouruhihnan kourun syvyys – mm

$K$  = kitka-kosketuskaarikerroin

$k_\beta$  = kaltevuuskorjauskerroin

$L_C$  = kuljettimen pituus – m

$L_v$  = vastapainon etäisyys vetorummista – m

$L_x$  = matka pisteeseen x – m

$l$  = kannatusrullaston jako – m

$l_{\bullet l}$  = ylimenokohdan pituus – mm

$m_{\bullet}$  = kuljetuskapasiteetti – t/h

$m_{RA}$  = paluupuolen rullaston tai rullan pyörivien osien massa – kg/kpl

$m_{RY}$  = kuorman puoleisen rullaston pyörivien osien massa - kg/kpl

$P_A$  = akseliteho – kW

$P_M$  = moottoriteho – kW

$q_B$  = hihnan massa – kg/m

$q_{RA}$  = paluupuolen rullaston keskimääräinen massa – kg/m

$q_m$  = hihnalla olevan materiaalin massa – kg/m

$R$  = kuljettimen kaarresäde – m

$S$  = varmuuskerroin

$T_I$  = hihnavoima – N

$T_2$  = hihnavoima – N

$T_A$  = paluupuolen vastukset – N

$T_E$  = tehollinen hihnavoima – N

$T_P$  = hihnan ja rumpujen puhdistuksesta syntyvä vastus – N

$T_R$  = rumpujen aiheuttama vastus – N

$T_V$  = kuorman pystysiirrosta johtuva vastus – N

$T_Y$  = kuorman puolen vastukset – N

$T_X$  = hihnavoima kohdassa x – N

$t$  = hihnan riippuma rullastojen välissä - %

$V$  = tilavuusvirta – m<sup>3</sup>/h

$v$  = hihnan nopeus – m/s

**Tilavuusvirta ja massavirta:**

Hihnakujietsuunnittelussa on lähtökohtana kuljetettavan materiaalin tilavuusvirta  $\dot{V}$  [ $m^3/h$ ] tai massavirta  $m$  [t/h]

**Tilavuusvirta**

$$\textcircled{1} \quad \dot{V} = 3600 \cdot v \cdot Z \cdot k_{\beta} \text{ [m}^3/\text{h]}$$

$v$  = hihnan nopeus [m/s] taulukko 7  
 $Z$  = hihnalla olevan materiaalivirran poikkileikkaus [m<sup>2</sup>]  
 $k_{\beta}$  = kaltevuuskerroin, taulukko 12

Sivulla 12 nomogrammi kuljetuskapasiteetin arvioimiseksi.

**Massavirta**

$$\textcircled{2} \quad \dot{m} = \kappa \cdot \dot{V}$$

$\kappa$  = kuljetettavan materiaalin irtotiheys [t/m<sup>3</sup>] taulukko 9

**Hihnan nopeus (7.):**

Kuljetettava materiaali ja hihnan leveys  $B$  [mm] määrittävät hihnanopeuden  $v$  [m/s]

Materiaali	Hihnan leveys $B$ [mm]	Hihnan nopeus $v$ [m/s]
Ei kuluttava, pysyy hyvin hihnalla. Esim. vilja, hake	alle – 500	2,0 – 2,5
	650 – 1000	2,5 – 3,5
	yli – 1000	3,5 – 4,0
Kuluttavaa, pysyy hyvin hihnalla. Esim. hiili, hieno murske, rikaste	alle – 500	1,5 – 2,0
	650 – 1000	2,0 – 3,0
	yli – 1000	3,0 – 3,5
Kuluttavaa, kovaa, teräväsärmäistä. Esim. karkea murske, koksi ym.	alle – 500	1,2 – 1,8
	650 – 1000	1,8 – 2,5
	yli – 1000	2,5 – 3,0
Kappaletavaraa, iskuja tai purkausaura. Esim. pölkyt, sahatavara	Kaikki leveydet	alle – 2,0
Siilojen syöttöhihnat	Kaikki leveydet	0,2 – 0,5

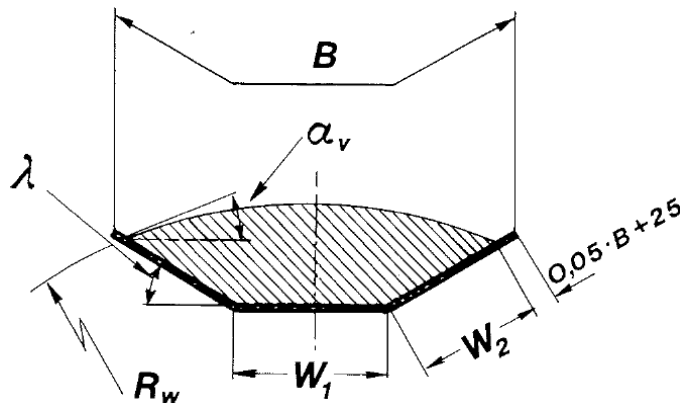
**Hihnaleveys (8.):**

Hihnan minimileveys  $B$  [mm] kappalekoon mukaan:

Hihnan leveys (mm)	Lajittelematon aine särmäpituus max (mm)	Lajiteltu aine särmäpi- tuus max (mm)
300	50	40
400	100	60
500	150	90
650	200	130
800	300	200
1000	400	260
1200	500	330
1400 ja 1600	600	400

Hihnalla olevan materiaalivirran poikkileikkauksen pinta-ala:

Materiaalivirran poikkileikkauksen pinta-ala voidaan määrätä joko piirtämällä tai laskemalla. Kummassakin tapauksessa on tunnettava kuljetettavan aineen viettokulma  $\alpha_v$  (?) (Taulukko 9.). Rullastoina standardisoituja 2- tai 3-jakoisia rullastoja, joissa sivurullien kaltevuus 20 – 45 astetta (Taulukko 10.). Yli 30 asteiset koururullastot lisäävät vain vähän kuljetuskapasiteettia, sen sijaan reunan vaurioitumisen vaara lisääntyy. Ks. ylimenokohta sivu 8.



$\alpha_v$  = kuljetettavan materiaalin viettokulma, [°]  
taulukko 9.

$\lambda$  = kourukulma, [°] taulukko 10

$B$  = kuljetushihnan leveys, [mm]

$W_1$  = keskirullan pituus [mm], taulukko 10

$W_2 = 0,5 (B - W_1) - (0,05 B + 25)$  [mm]

$R_w = \frac{0,5 W_1 + W_2 \cos \lambda}{\sin \alpha_v}$  [mm]

Materiaalivirran poikkileikkaus on puolisuunnikkaan ja segmentin yhteispinta-ala.

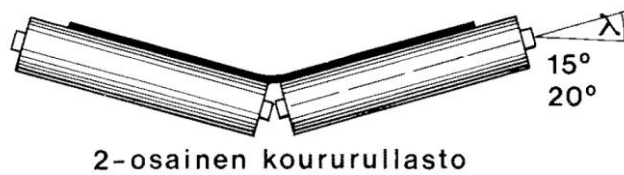
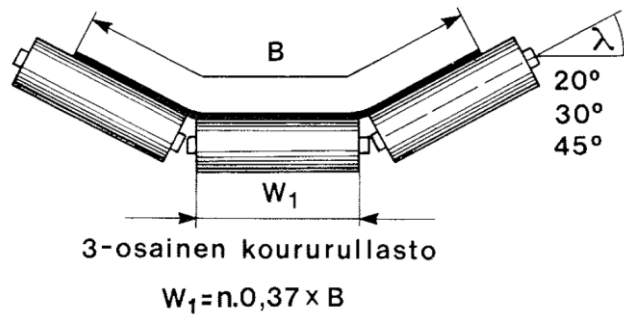
**Materiaalvirran poikkileikkaus:**

$$Z = 10^{-6} [W_2 \sin \lambda (W_1 + W_2 \cos \lambda) + k_2 R_w^2] \text{ [m}^2\text{]}$$

3.  $k_2$ ,  $\sin \lambda$ ,  $\cos \lambda$  ja  $\sin \lambda \nu$  arvot saadaan taulukosta 11.

**Materiaalien ominaisuudet (9.)**

Aine	Irtotiheys $x$ t/m <sup>3</sup>	Viettokulma liikkuvalla hih- nalla $\alpha_v^\circ$	Nousukulma $\beta^\circ$	
			Sulat olosuhteet	Jäätävät olosuhteet
Brikitit	0,7 – 0,8	30	12	
Hake	0,2 – 0,5	30	20	9
Hake, jäinen	0,4			4
Heinä	0,4		15	
Hiekka, kuiva	1,5	25	15	
Hiekka, kostea	2,0	30	20	
Jauhot	0,6 – 0,7	25	15	
Juurikkaat	0,5 – 0,7	20	10	
Kalkkikiva, lohkat	1,0 – 1,1	35	20	
Kalkkikivi, murskattu	1,3 – 1,5	30	18	
Kalkkikivi, jauhettu	1,0 – 1,2	25	15	
Kappaletavara			6	
Kivihilli	0,7 – 0,8	35	18	
Koksi	0,4 – 0,6	30	20	
Kuori	0,2 – 0,4	30	18	10-12
Laatikot			17	
Laasti	1,7 – 2,1		22	
Lannoite	0,9 – 1,2		10-20	
Maa, kuiva	1,2 – 1,3	35	20	
Maa, kostea	1,5 – 1,7	45	23	
Malmi, karkea murske	2,0 – 3,0	30	28	
Malmi, hieno murske	2,4 – 3,5	35	21	
Perunat	0,7 – 0,8	25	12	
Pöllit, sulat	0,5 – 1,2		6	5
Pöllit, jäiset				3
Sahatavara			10-15	5-8
Sahausjätteet			8-10	4-6
Sementti	1,2 – 1,6	30	20	
Sepeli	1,6 – 1,7	30	18	
Sokeri	0,8 – 1,0	25	15	
Sora, hieno	1,1 – 1,3	25	12	
Sora, karkea	1,1 – 1,3	25	10	
Suola	1,1 – 1,3	25	15	
Tiilet	1,6 – 1,8		18	
Tuhka, kuiva	0,5 – 0,6	32	16	
Tuhka, kostea	0,7 – 0,8	40	20	
Turve, kuiva	0,4 – 0,6	32	16	
Turve, jäinen		32	16	10
Vilja	0,5 – 0,8	25	15	

**Koururullastot (10.), SFS 2274****Korjauskertoimet (11.)**

Kulma	5°	10°	20°	25°
$\sin \alpha_v$	0.0872	0.1736	0.3420	0.4226
$\sin \lambda$	-	-	0.3420	0.4226
$\cos \lambda$	-	-	0.9397	0.9063
$k_2$	0.0045	0.0035	0.0276	0.533

Kulma	30	35	45	55
$\sin \alpha_v$	0.5000	-	-	-
$\sin \lambda$	0.5000	0.5736	0.7071	0.8192
$\cos \lambda$	0.8660	0.8192	0.7071	0.5736
$k_2$	0.906			

**Korjauskertoimet (12.)**

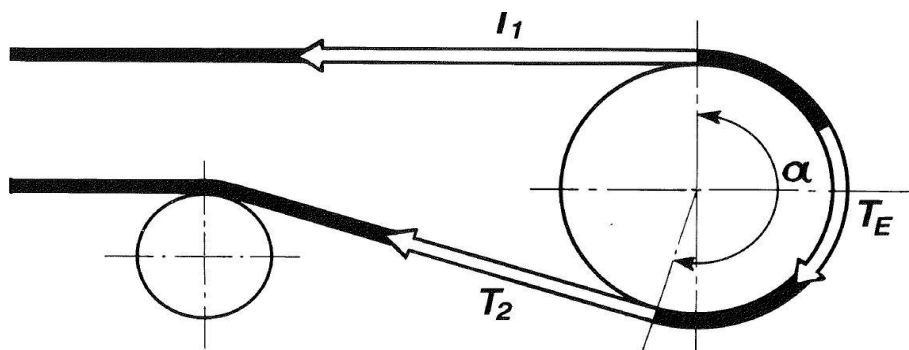
Kuljettimen nousukulma	$k_\beta$
0 – 10°	1,0
10 – 15°	0,95
15 – 20°	0,9
yli 20°	0,85

## Hihnavoimat ja siihen sisältyvät laskennat

”Hihnaan vaikuttavat vetovoimat vaihtelevat hihnan eri kohdissa. Niiden suuruus on riippuvainen kuljettimen radan profiilista; vetorumpujen lukumäärästä ja sijoittelusta; veto- ja jarrutustilanteista; hihnankiristyslaitteista; kuormitustilanteesta: käynnistys, normaalikäynti, jarrutus ja pysähtynyt; ilman kuormaa tai hihnan ollessa osittain tai täysin kuormattuna.

Otettaessa huomioon hihnan ja sitä kautta koko kuljettimeen vaikuttavat rasitukset, on hihnaan vaikuttavat vetovoimat saatava niin pieniksi kuin mahdollista.

Kuitenkin, jotta kuljetin toimisi moitteettomasti, 1) on hihnaan kohdistuvien vetovoimien täytettävä kaksi ehtoa: hihna ei missään käyttötilanteessa saa luistaa vetorummuilla ja 2) hihnan riippuma kannatusrullien välissä ei saa olla liian suuri.” (SFS 29-2, 474).



Perusyhtälöt:

$$\textcircled{4} \quad \frac{T_1}{T_2} = e^{\mu\alpha}$$

$$\textcircled{5} \quad T_E = T_1 - T_2$$

joista edelleen

$$\textcircled{6} \quad T_1 = T_E \left( 1 + \frac{1}{e^{\mu\alpha} - 1} \right)$$

$$\textcircled{7} \quad T_2 = T_E \frac{1}{e^{\mu\alpha} - 1}$$

jos merkitään  $\frac{1}{e^{\mu\alpha} - 1} = K$ , saadaan

$$\textcircled{8} \quad T_1 = T_E \cdot (1 + K) \text{ ja}$$

$$\textcircled{9} \quad T_2 = T_E \cdot K$$

**Kitkakerroin (13.) ( $\mu$ )** arvot erilaisissa olosuhteissa:

Pintapaine 0,05 – 0,15 MPa ja Hihnanopeus  $v \leq 4$  m/s

Hihna	Vetorumpu	
	Teräs sileä, puhdas	Kumi sileä, vesiurat, kovuus 60 Sh, paksuus yli 8mm
hihna kuiva, puhdas, pölytön	0,5 – 0,6	0,6 – 0,7
hihna hieman kostea, vettä $\leq 2$ g/m <sup>2</sup>	0,1 – 0,15	0,3 – 0,4
hihna märkä, vettä $\leq 50$ g/m <sup>2</sup>	$< 0,1$	0,25 – 0,3
hihna, likainen, vesipitoisuus $<$ 30%, liejua $\leq 150$ g/m <sup>2</sup>	$\leq 0,05$	0,15 – 0,2
hihnaan tai rumpuun syntyy kosteaa jäätä	$\leq 0,05$	$\leq 0,1$

**Kitkakosketus kulmakerroin (K) (14.):**

$\mu$	Kosketuskaari $\alpha$			
	180°	190°	200°	210°
0,05	5,88	5,54	5,25	4,97
0,10	2,71	2,55	2,41	2,28
0,15	1,66	1,55	1,45	1,36
0,20	1,15	1,06	0,99	0,92
0,25	0,83	0,77	0,71	0,67
0,30	0,64	0,59	0,54	0,50
0,35	0,50	0,46	0,42	0,38
0,40	0,40	0,36	0,33	0,30
0,45	0,32	0,29	0,26	0,24
0,50	0,26	0,24	0,21	0,19

**Tehollinen hihnavoima (Te)** "lasketaan osavastusmenetelmää käyttäen. Jos kuljettimessa on vaakasuoria ja nousevia tai laskevia osia, lasketaan hihnavoiman muutokset niissä pisteissä, joissa kuljettimen suunta muuttuu. Hihnan kulkusuuntaan etenevä laskenta voidaan aloittaa mistä pisteestä tahansa, ja näin tarkastella hihnavoimia kohta kohdalta."

$$10. \quad T_E = T_Y + T_A \pm T_V + T_P + T_{RI} + \dots + T_{R_n} [N] \cdot$$

"Kulkuvastukset kuorman puolella muodostuvat osavastuksista; kuorman ja hihnan vaakasuorasiirto, kannatusrullaston laakerikitka, vierintävastus hihnan ja kannatusrullan välissä sekä kuorman sisäinen taivutusvastus."

$$11. \quad T_Y = C \cdot L_c \cdot f \cdot g [\cos \beta \cdot (q_B + q_m) + q_{RY}] [N]$$

"Kulkuvastukset hihnan paluupuolessa muodostuvat osavastuksissa; hihnan vaakasuora siirto, paluupuolen kannatusrullaston laakerikitka ja vierintävastus hihnan ja rullaston välissä."

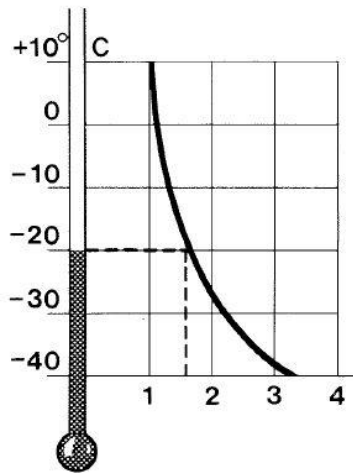
$$12. \quad T_A = C \cdot L_c \cdot f \cdot g (\cos \beta \cdot q_B + q_{RA}) [N]$$

**Vastuskerroin (15.) (f):**

$f$	Olosuhteet
0,016 – 0,018	Hyvät. Tanakka kuljetinrakenne, käyttöpaikka ja rullastot puhtaat, tasapainoiset ja hyvin laakeroidut rullastot, hihnan riippuma alle 1%, kuormaus hihnalla tasainen yli 70% nimelliskuormasta
0,02	Normaalit
0,023 – 0,03	Epäsuotuisat

"Talvipakkasilla vastuskerroin  $f$  kasvaa suunnilleen seuraavan käyrän mukaan.

Ulkokäyttöihin tulevissa kuljettimissa on näin ollen suositeltavaa tarkistaa lämpötilan vaikutus, jos käytetään pientä varmuuskerrointa."



Vastuskerroin  $f$ :n lämpötilakorjaus:

Esimerkki.

Valittu  $f = 0,2$

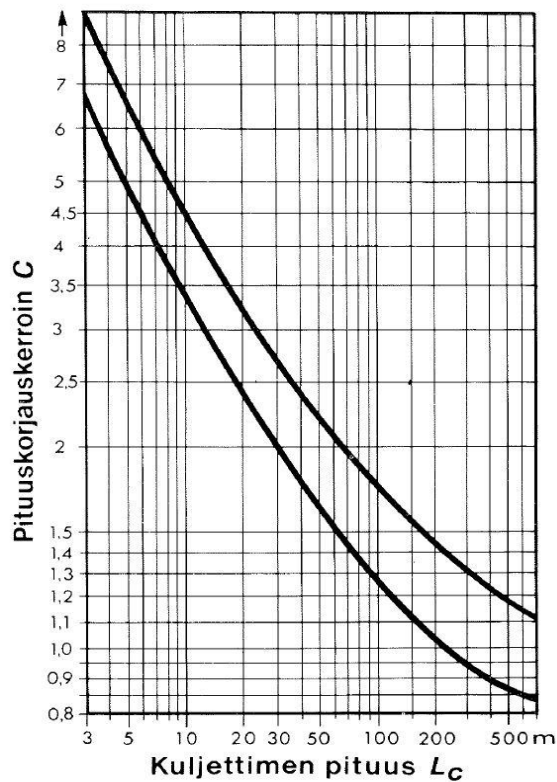
Pakkasta  $-20$  celsiusta

Todellinen vastuskerroin  $f = 1,6 \times 0,02 = 0,032$

**Pituuskorjauskerroin ( $C$ ):**

”Pituuskorjauskerrointa käyttäen otetaan huomioon hihnaa rasittavat kertavastukset. Niiden vaikutus on suurin lyhyissä kuljettimissa.

Kerroin  $C$  valitaan käyrien välistä. Alimpia arvoja voidaan käyttää vain erittäin edullisissa käyttöolosuhteissa.”



**Hihnan massa:** ( $q_B$ )

Eri esitteissä eri hihnatyypeille on annettu neliömetripainot [kg/m<sup>2</sup>], joiden perusteella voidaan laskea hihnan massa  $q_B$  [kg/m].

**Materiaalin massa:** ( $q_m$ )

Kun tunnetaan hihnalla kuljetettava materiaalivirta [t/h] voidaan laskea hihnana pituusyksiköllä olevan materiaalin massa.

$$q_m = \frac{\dot{m}}{3,6 \cdot v} \text{ [kg/m]}$$

13.

**Rullastojen massa:** ( $q_{RY}, q_{RA}$ )

Alle 500 metriä pitkiä kuljettimia laskettaessa voidaan käyttää rullastojen keskimääräisiä massoja.

14. &amp; 15.

$$q_{RY} = \frac{n \cdot \dot{m}_{ry}}{L_c} \text{ [kg/m]}$$

$$q_{RA} = \frac{n \cdot \dot{m}_{RA}}{L_c} \text{ [kg/m]}$$

$n$  = rullastojen lukumäärä [kpl]

**Kannatusrullien painot:**

Ylempi arvo on yläpuolen koururullaston  $\dot{m}_{RY}$  paino [kg]

Alempi arvo on alapuolen paluurullaston  $\dot{m}_{RA}$  paino [kg]

Kannatusrulla  $\varnothing$  (mm)

Hihnan leveys B (mm)	400	500	650	800	1000	1200	1400	1600
63,5	6 3,9	6,9 4,4	8,1 4,9	9,3 6				
76	6,6 4,9	7,5 5,7	8,7 7,5	10,2 8,5	12,9 10,5			
89	7,5 5,7	8,4 6,6	9,9 8,6	11,7 10,0	14,7 11,3			
108	9,6 7,2	10,8 8,4	12,0 10,2	15,0 12,6	17,1 14,9	18,4 17,9		
133	17,1 14,2	20,4 17,6	17,1 14,2	20,4 14,2	23,7 21,0	27,9 25,3	31,2 28,7	
159				26,4 21,9	30,6 26,7	36,0 31,5	40,2 36,3	44,7 41,1

Kuorman pystysirrosta aiheutuu vastus, jonka merkki nousevissa kuljettimissa on + ja laskevissa -.

$$16. \quad T_V = H \cdot q_m \cdot g \text{ [N]}$$

Hihnan ja rumpujen puhdistuksesta syntyvä vastus kumikaavareita käytettäessä voidaan laskea kaavasta

$$17. \quad T_p = \mu \cdot n \cdot P \text{ [N]}$$

$\mu$  = kitkakerroin; katso taulukko 13

$n$  = kaavareitten lukumäärä [kpl]

$P$  = Kokonaisvoima, jolla kaavaria painetaan puhdisettavaa pintaa vasten. Pintapaine hihnaa vasten on 0,05 – 0,10 MPa

”Hihnarummulla syntyy kulkuvastusta hihnan taivutuksesta ja rumpujen pyöristyksestä.

Vastus lasketaan kullekin rummulle kokemusperäisestä kaavasta:

$$18. \quad T_R = 0,12 \cdot B \text{ [N]}$$

”Jos kuorma puretaan hihnalta pääterummun yli ovat alle 500 metriä pitkissä kuljettimissa muut vastukset, kuten ohjaavien rullastojen kaarteiden jne. aiheuttamat, niin vähäisiä, ettei niitä tarvitse ottaa huomioon hihnavoimien mitoituksessa.”

### Hihnan lujuusluokka:

Osavastuksien aiheuttamien hihnavoimien määrittämisen jälkeen lasketaan tehollinen hihna voima  $T_E$  kaavan 10 mukaan:

$$T_E = T_Y + T_A \pm T_V + T_p + T_{RI} + \dots + T_{Rn} \text{ [N]}$$

Suurin hihna voima ( $T_1$  lasketaan kaavan 5 mukaan, jonka jälkeen voidaan määrittää hihnan

lujuusluokka ( $\delta$ )

$$19. \quad \delta = \frac{S \cdot T_1}{B} \text{ [N/mm]} \text{ tai}$$

$$20. \quad \delta = \frac{S \cdot T_E (1 + K)}{B} \text{ [N/mm]}$$

$K$ :n arvo saadaan taulukosta 14.

**Moottoriteho:**

Veturummun akseliteho  $P_A$  saadaan:

$$P_A = \frac{T_E \cdot v}{1000} \text{ [kW]}$$

21.

Ja moottoriteho  $P_M$

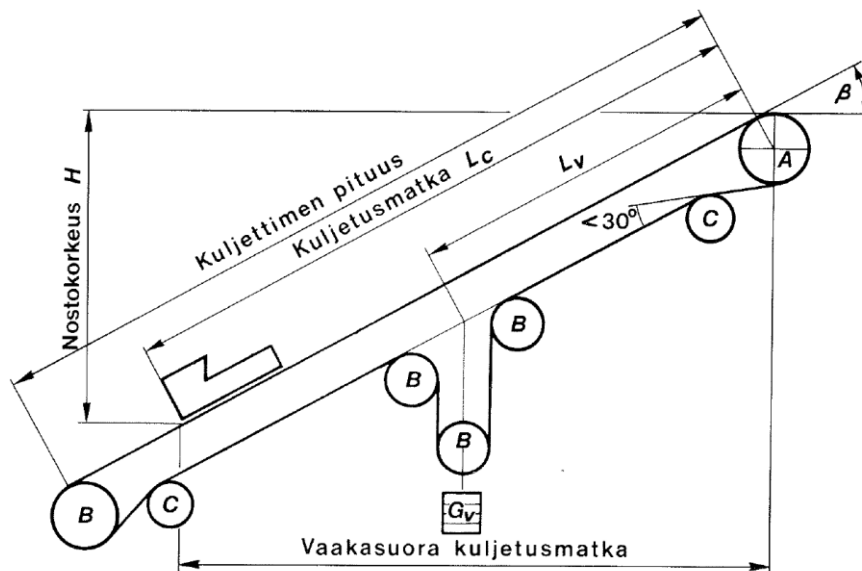
$$P_M = \frac{P_E}{\eta} = \frac{T_A \cdot v}{1000 \cdot \eta} \text{ [kW]}$$

22.

$$\eta = 0,7 - 0,8 \text{ kierukkavaihde}$$

$$\eta = 0,9 - 0,95 \text{ hammaspyöri- ja ketjuvaihde}$$

$$\eta = 0,95 \text{ kiilahihnavälitys}$$



**Rullastojako ja hihnan riippuma:**

Hihnan riippumiseen rullastojen välillä vaikuttaa; rullastojako ( $l$ ), hihnavoimat tarkastellussa kohdassa ( $T_x$ ), kuljettimen kaltevuus ja hihnan sekä kuorman massa.

Kaltevuuden vaikutus on yleensä niin vähäinen, että se voidaan jättää huomioon ottamatta.

Alustavia laskuja varten voidaan kuorman puoleiseksi rullaston keskimääräiseksi jaoks ottaa:

Mat. irto ti- heys (t/m <sup>3</sup> )	300 – 400	500 – 800	1000 – 1200	1400 – 1600
Hihnan le- veys(mm)→				
≤ 0,5	1,5 m	1,5 m	1,2 m	1,2 m
0,8	1,35	1,35	1,2	1,05
1,2	1,35	1,2	1,05	1,05
1,6	1,2	1,2	1,5	0,9
≥ 2,0	1,2	1,05	0,9	0,9

Paluupuolen rullastojako on noin kolminkertainen.

Hihnan riippuma kuorman puoleisella on 0,5 – 3% rullastojaosta. Nykyisin pidetään sopivana riippumana 1%. Nousevissa kuljettimissa saattaa suuri riippuma huonontaa kuljettimen kapasiteettia materiaalin sisäisen liikkeen johdosta.

Rullastojako lasketaan kaavasta:

$$23. \quad l \leq \sqrt{\frac{t \cdot 8 \cdot T_x}{100 \cdot g (q_B + q_m)}} \quad [\text{m}]$$

Jos kaavaan sijoitetaan  $t = 1\%$ , saadaan likimäärin:

$$24. \quad l \leq 0,09 \sqrt{\frac{T_x}{q_B + q_m}} \quad [\text{m}]$$

Minimi hihnavoima tarkastuskohdalla  $x$ , kun tunnetaan riippuman suuruus saadaan kaavoista:

$$25. \quad \begin{aligned} T_x &= 41,0 \cdot l \cdot (q_B + q_m) \quad [\text{N}] \quad \text{riippuma } 3,0 \% \\ &= 61,4 \cdot l \cdot (q_B + q_m) \quad [\text{N}] \quad \text{riippuma } 2,0 \% \\ &= 81,8 \cdot l \cdot (q_B + q_m) \quad [\text{N}] \quad \text{riippuma } 1,5 \% \\ &= 123 \cdot l \cdot (q_B + q_m) \quad [\text{N}] \quad \text{riippuma } 1,0 \% \end{aligned}$$

Ks. taulukko 19.

**Pienimmät rumpuhalkaisijat:**

(Rumpuhalkaisijat valitaan sarjan R 10 mukaan)

	Rumpujen halkaisijat								
	todellinen hihnajännitys sallitusta hihnajännityksestä								
	60 ... 100%			30 ... 60%			alle 30%		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C
315	315	250	200	250	200	160	200	200	160
400	400	315	250	315	250	200	250	250	200
500	500	400	315	400	315	250	315	315	250
630	630	500	400	500	400	315	400	400	315
800	800	630	500	630	500	400	500	500	400
1000	1000	800	630	800	630	500	630	630	500
1250	1250	1000	800	1000	800	630	800	630	500

Hihnan murtolujuus SFS 2267

**Vastapaino ( $G_V$ ):**

Vastapainon avulla hihnaan saadaan tarvittava alkukiristys, jotta hihnan ja vetorummun välillä ei tapahtuisi luistoa käynnin aikana. Vastapainolla voidaan myös vaikuttaa hihnan riippumaan kannatusrullien välillä.

Jos vastapaino on vetorummun jälkeen, on sen suuruus:

$$26. \quad G_V = \frac{2 \cdot T_2}{g} \quad [\text{kg}]$$

Jos vastapaino on  $L_V$  etäisyydellä vetorummista, on sen suuruus:

$$27. \quad G_V = 2 \cdot \frac{T_2}{g} + C f L_V (\cos \beta q_B + q_{RA}) \pm H q_B \quad [\text{kg}]$$

**Kiristuksen säätöarvot:**

Säätöarvot, jotka esitetään allaolevassa taulukossa, on valittu siten, että ennen kiristystä hihnan riippuma kannatusrullien välissä on < 2% rullien välisestä etäisyydestä.

Kuljettimen pituus m	0 – 12	12 – 30	30 – 60	60 – 150	150 – 300
Ruuvikiristys	3%	3%	3%	-	-
Painokiristys		3,5%	3,5 – 3%	3 – 2,5%	2,5%

Kuljettimien suunnittelussa tulee ottaa huomioon päättömien hihnojen asennuksessa tarvittava akselivälin lyhennysmahdollisuus, vähintään 1%.

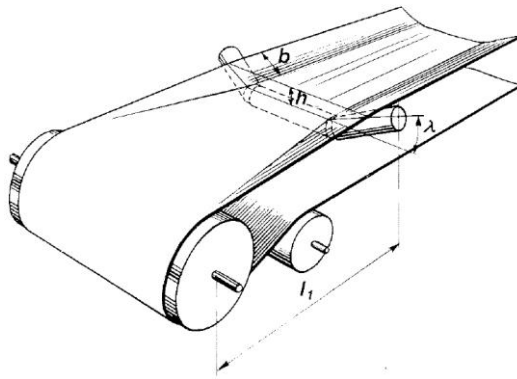
**Koururullaston ylimenokohdan pituus ( $l_1$ ):**

Jos koururullasto on liian lähellä veto- tai pääterumpua, venyvät hihnan reunat. Hihnan keski-osaan saattaa myös syntyä negatiivisia jännityksiä, jotka voivat vaurioittaa hihnan rakennetta. Lohkareista tai kappaletavaraa kuljettaessa on rumpua lähimmän rullaston keskirulla asennettava samaan tasoon tai enintään  $0,04 \times B$  mm rummun pintaa alemmaksi.

Ylimenokohdan pituus saadaan kaavasta:

$$28. \quad l_1 = 11,4 \cdot b \sqrt{1 - \cos \lambda} \quad [\text{mm}]$$

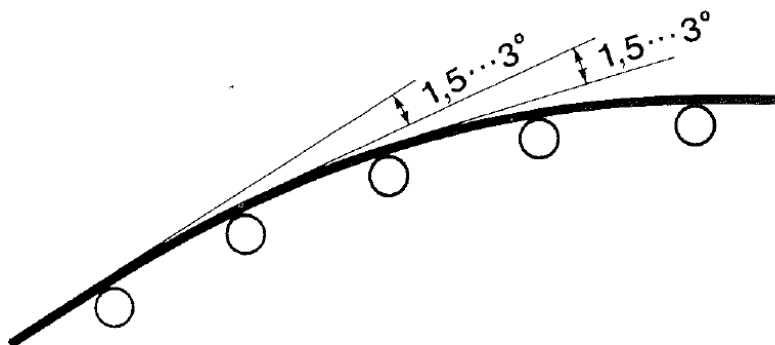
$\cos \lambda$ , taulukko 11.

**Kaarteet:**

Nousevasta vaakasuoraan kaartuvissa kuljettimissa on kaarresäde mitoitettava niin, että hihnan reunavenymä on  $\leq 0,8 \%$

Kuorman puoleinen kannatusrullajako riippuu reunarullien kaltevuudesta seuraavan taulukon mukaan:

Reunarullian kaltevuus	20°	25°	30°	35°	40°	45°
Suurin tangentin muutos	3°	2,5°	2°	2°	1,5°	1,5°



Pienin kaarresäde voidaan laskea kaavasta:

$$R_1 = \frac{100 \cdot \sin \lambda \cdot b}{0,8} \quad [\text{m}]$$

29.

Hihnan reunavenymä max. 0,8%.

Usein on edullista kuormata vaakasuorassa kulkeva hihna ja antaa sen vasta kuormattuna kaartua nousuun. Kaarresäde on mitoitettava riittävän suureksi, jotta hihna ei nouse rullastoilta. Ei suositella lyhyille, epätasaisesti kuormatuille kevyen käytön kuljettimille.

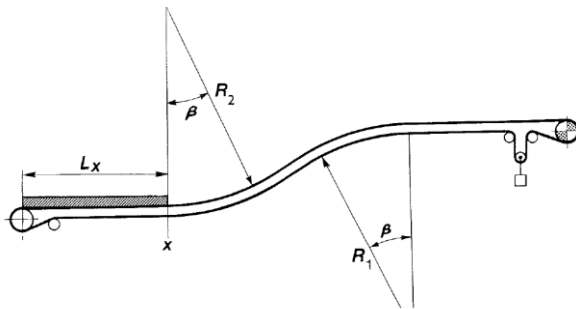
Koska kouruhihnan reunat löystyvät ylöspäin kaartuvissa kuljettimissa, on rullastojakoa piennettävä kaarekohdissa ja varsinkin jos materiaalilla on pieni sisäinen kitka.

Kaarresäde voidaan laskea kaavasta 30. tai valita kuvasta.

$$R_2 = (1,1 \dots 1,2) \cdot \frac{T_x}{\cos \beta \cdot g \cdot g_B} \quad [\text{m}]$$

30.

$T_x$  = hihnavoima kohdassa x



## Elevaattorin laskenta

**Pääterummun halkaisija – kuljettimen nopeus**

[mm]	[m/s]
400	1,07 – 1,3
500	1,20 – 1,46
630	1,36 – 1,66
800	1,53 – 1,88
900	1,64 – 2,01
1000	1,74 – 2,12
1200	1,91 – 2,33

**Kuljetusteho:**

Kauhaelevaattorin kuljetuskyky voidaan laskea seuraavasta yhtälöstä:

$$Q = \frac{3,6 \cdot v \cdot \sqrt{k} \cdot i \cdot \chi}{s}$$

$Q$  = kuljetuskyky [t/h]

$v$  = hihnan nopeus [m/s]

$\sqrt{k}$  = kauhan tilavuus [dm<sup>3</sup>]

$i$  = täyttyvyys (seuraava taulukko)

$s$  = kauhajako (m)

$\chi$  = materiaalin irtotiheys t/m<sup>3</sup> (taulukko 9)

(Trellex, sivu 10)

**Täyttyvyys  $i$ , ohjearvoja:**

Täyttyvyys on riippuvainen kuljetettavan aineen raakoosta ja aineen laadusta.

0,7 – 0,8	Hienojakoiset aineet esim. vilja
0,6 – 0,7	Rakeiset aineet esim. hieno hiili
0,5 – 0,6	Lohkareiset aineet esim. karkea hiili

**Hihnavoimat:**

Maximi hihnavoima  $T_{max}$  [N]

$$T_{max} = T_E + T_2 + T_i \text{ [N]}$$

$T_E$  = tehollinen hihnavoima

$T_2$  = hihnan ja kauhojen oma paino

$T_i$  = alkukiristuksen ( $T_1$ ) lisäys, joka tarvitaan, ettei hihna luista

Tehollinen hihnavoima  $T_E$  [N]:

$$T_E = (L_c \cdot \cos \beta \cdot q_m + M) \cdot g \text{ [N]}$$

$L_c$  = elevaattorin rumpujen keskiöetäisyys [m]

$\beta$  = elevaattorin kaltevuuskulma

$q_m$  = kuljetettavan aineen metripaino [kg/m]

$$q_m = \frac{\sqrt{k \cdot \chi \cdot i}}{s}$$

$M$  = lastauksen ja laakereiden aiheuttama vastus

$M$  voidaan yleensä olettaa yhtä suureksi kuin 7 ...

15 m kuljetetun aineen paino,  $q_m$ .

$M$ :n arvo suurenee raekoon suuretessa.

$g$  = kiihtyvyys = 9,82 m/s

Hihnan ja kauhojen omapaino  $T_2$  [N]:

$$T_2 = L_c \cdot \cos \beta (q_b + q_s) g \text{ [N]}$$

$q_b$  = hihnan metripaino [kg/m]

$q_s$  = kauhojen paino hihnometriä kohti [kg/m]

Alkukiristys  $T_1$ :

Vetorummulla, kuormanpuoleisella hihnaosalla syntyy jännitys, joka on riippuvainen tehollisesta hihnavoimasta sekä hihna ja kauhojen painosta.

$$T_1 = T_E + T_2$$

Jotta hihna ei luista, on seuraava ehto täytettävä:

$$\frac{T_1}{T_2} < e\mu\alpha$$

$$e = 2,718$$

$\mu$  = rummun ja hihnan välinen kitkakerroin (kts. taulukko 13 sivu 4)

$\alpha$  = hihnan kosketuskulma radiaaneina.

$$\frac{T_1}{T_2} > e\mu\alpha \text{ hihna luistaa, joten vaaditaan alkukiristyksen lisäys } T_i.$$

$T_i$  valitaan niin suureksi, että ehto  $\frac{T_1}{T_2} < e\mu\alpha$  täyttyy.

on huomattava, että  $T_i$  lisäys suurentaa sekä  $T_1$ , että  $T_2$  arvoja, koska

$$T_1 = T_E + T_2$$

Tarvittava kiristysvoima  $F_s = 2 T_i$  [N]

**Hihnan vahvikkeiden lukumäärä:**

Hihnan lujuus saadaan yhtälöstä

$$\delta = S \cdot \frac{T_{max}}{B} \text{ [N/mm]}$$

$T_{max}$  = maximihihnavoima

$B$  = hihnan leveys mm

$S$  = varmuuskerroin

Hihnat valitaan nykyisten SFS (standardien) mukaisin vetoluujuksin. Leveydet myös standardien mukaisesti.

Vetorummun akseliteho  $P_A$  [kW]:

$$P_A = \frac{T_E \cdot v}{1000} \text{ [kW]}$$

$T_E$  = tehollinen hihnavoima [N]

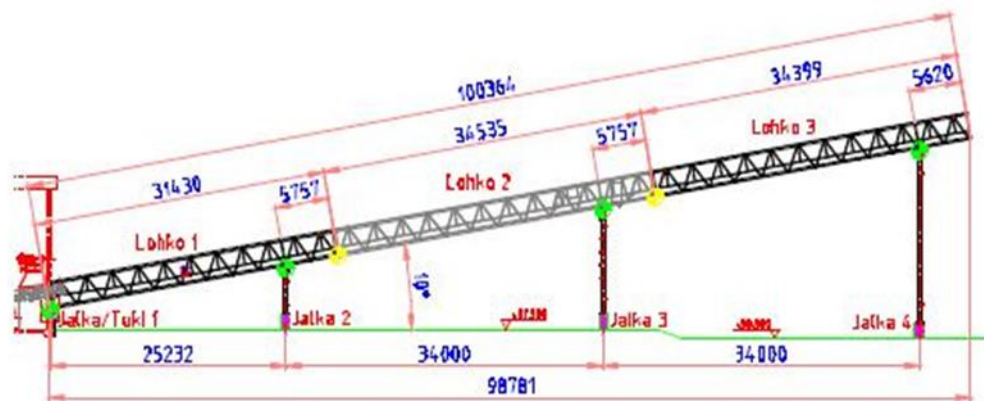
$v$  = nopeus [m/s]

Kun tunnetaan hyötysuhde, voidaan tarvittava moottoriteho laskea seuraavasti:

$$P_m = \frac{P_A}{\eta} \text{ [kW]}$$

## Ristikön rakenteen laskennat

Ristikön rakenteen laskennat otetaan alustavien mitoituksien perusteella sen ollessa tärkeä vain perussuunnittelun kohdalla ennen kuin virallinen projekti laitetaan alulle.



KUVA 12. Tyypillinen kuljettimen ristikön lohkojako, Ristikkorakenteisen hihnakuuljetinsillan mitoitusyökalun kehittäminen (Kallio 2013, 19)

## Alustava mitoitus:

Ristikön jäyhyysmomentti:

”Ristikön taipuma on yleensä suuri. Kun sauvavoimien laskemisen käytetään tietokoneohjelmaa, saadaan taipuma samalla helposti. Likimäärin voidaan taipuma laskea palkkia koskevista kaavoista käyttäen ristikön jäyhyysmomenttina arvoa:

$$I_x = \frac{h^2 \times A_1 \times A_2}{A_1 + A_2}$$

jossa  $h$  on ristikön korkeus ja  $A_1$  ja  $A_2$  ovat paarteiden poikkileikkauspinta-alat.

Ristikön taivutusvastus saadaan:

$$W = \text{Taivutusvastus} = \frac{I_x}{e}$$

Jossa  $I_x$  on ristikön jäyhyysmomentti ja  $e$  on reunaetäisyys.

Näiden avulla saadaan ainoastaan aikaan alustava mitoitus lujuuslaskentaa varten.” (Teräsrakenteiden suunnittelu, 1992, 19)

Kuormat voidaan laskea kuormamitoitusyökalulla alun perin suunnittelun ohessa.

Nämä kuormat tulee ottaa huomioon ristikkoa suunnitellessa:

Erillisiä kuormitustapauksia ovat pysyvä kuorma, symmetrinen hyötykuorma, symmetrinen lumikuorma, tuulikuorma, epäkeskeinen hyötykuorma, epäkeskeinen lumikuorma, poikittainen maanjäristyskuorma sekä symmetrinen ja epäkeskeinen pystysuuntainen maanjäristyskuorma. Nämä kuormitustapaukset voivat koostua useammasta alikuormasta, mutta niitä käsitellään aina yhtenä tapauksena. (Kallio 2013, 46-61)