



Sakari Viitala

**HIHNAKULJETTIMEN KIRISTYSMEKANISMIN KEHITYS JA
SUUNNITTELU**

**HIHNAKULJETTIMEN KIRISTYSMEKANISMIN KEHITYS JA
SUUNNITTELU**

Sakari Viitala
Opinnäytetyö
Kevät 2013
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
Oulun seudun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun seudun ammattikorkeakoulu
kone- ja tuotantotekniikka, tuotantotalous

Tekijä: Sakari Viitala

Opinnäytetyön nimi: Hihnakuljettimen kiristysmekanismin kehitys ja suunnittelu

Työn ohjaaja: Pentti Huhtanen

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: kevät 2013 Sivumäärä: 46 + 4 liitettä

Opinnäytetyön aiheena oli kehittää ja suunnitella hihnakuljettimen kiristysmekanismi, jolla voidaan korvata nykyinen vastapainomekanismi. Työn tilaajana toimi ruotsalainen insinööritoimisto Eurocon Engineering AB. Yrityksen asiakkaana on kaivosyhtiö LKAB, jolle työ toimitettiin. Hihnakuljettimia käytetään kaivoksella kuljettamaan materiaalia eri prosessien välillä. Hihnakuljettimen toiminnan kannalta on olennaista, että hihnaa kiristetään oikealla voimalla. Hihnan kiristämiseen käytetään yleensä vastapainomekanismia perustuen sen tuottamaan taseeseen kiristysvoimaan. Vastapainorakenne on aiheuttanut paljon ongelmia kaivoksella. Likainen ympäristö aiheuttaa kiristysmekanismin jumiutumista ja toimimattomuutta.

Työ oli tuotekehitystyyppinen. Kiristysmekanismin suunnittelua varten perehdyttiin kaivosteollisuudessa käytettävien hihnakuljettimien toimintaan ja rakenteisiin sekä hydraulikkaan. Teoriatietoa kerättiin alan kirjallisuudesta. Vastapainomekanismin ongelmakohdat selvitettiin vierailemalla kaivoksella ja haastatteleamalla sen tuotantohenkilöstöä. Ongelmien kartoittamisen jälkeen ideoitiin erilaisia kiristysmekanismeja. Syntyneitä ideoita jatkojalostettiin ja toimimattomat ideat karsittiin. Lopulta päädyttiin yhteen ratkaisuun, joka toteutettiin.

Työssä suunniteltiin hydraulinen kiristysmekanismi, jolla voidaan korvata ongelmia aiheuttanut vastapainomekanismi. Suunnitellusta kiristysmekanismista tehtiin työpiirustukset ja laadittiin hydraulikaavio osaluetteloineen. Hydraulisella kiristysmekanismilla saavutetaan vastaavat ominaisuudet kuin vastapainomekanismilla, minkä lisäksi mekanismia suunniteltaessa on otettu huomioon likaisen ympäristön sille aiheuttamat vaatimukset. Kehitetyllä kiristysmekanismilla saavutetaan hihnakuljettimen luotettavampi toiminta. Suunnittelussa huomioitiin, että kiristysmekanismeja voidaan soveltaa myös muihin kuljettimiin. Opinnäytetyötä voidaan hyödyntää kehitettäessä hihnakuljettimen kiristysmekanismeja.

Asiasanat:

hihnakuljettimet, hydraulikka järjestelmät ja -komponentit, kaivosteollisuus

ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences
Degree programme in Mechanical and Production Engineering, Production
economics

Author: Sakari Viitala

Title of thesis: Designing a tension system for a belt conveyor

Supervisor: Pentti Huhtanen

Term and year when the thesis was submitted: spring 2013 Pages: 46 + 4 ap-
pendices

In this Bachelor's thesis the aim was to develop and engineer a tension system for a belt conveyor. Belt conveyors are used for material transportation in the mining industry. In the mining industry belt conveyors often are equipped with a counterweight tension system, which has turned out to be an unreliable solution. In the mine environment, dust and dirt cause malfunction for the counterweight tension system. By developing a tension system, a more reliable function for a belt conveyor can be achieved. The thesis was commissioned by Eurocon Engineering LTD, which is an engineering office operating in Kiruna, Sweden. Their client is the mining company LKAB. The output of the thesis will be delivered to the LKAB.

The work was done using the research and development method. The aim was to develop as many ideas as possible to perform a tension system and by systematic work choose the best solution and engineer it. In order to engineer a tension system, gathering and examining theory about belt conveyors and hydraulics has been necessary. The author also visited the mine several times and interviewed professionals of the mining industry. Interviewees gave developing ideas and described the main questions of a counterweight tension system. Theory about hydraulics and belt conveyors is included in this thesis as well.

In this thesis the hydraulic tension system is engineered and both a hydraulic diagram and technical drawings are drawn up. By the hydraulic tension system a problematic counterweight tension system can be replaced and a more reliable operation for a belt conveyor can be achieved. The hydraulic tension system provides the same benefits than a counterweight tension system. In addition, the hydraulic tension system is easier to adjust for variable loads. The dirty environment of the mine is taken into account while engineering the tension system. There is also a possibility to apply a developed solution for other belt conveyors as well. The outcome of the thesis can be utilized while developing other tension systems for a belt conveyor.

Keywords:

belt conveyors, mining industry, hydraulic systems and components

ALKULAUSE

Opinnäytetyö tehtiin insinööritoimisto Eurocon Engineering AB:lle. Työn ohjaajana yrityksen puolelta toimi suunnitteluosaston johtaja Daniel Zakrisson. Ohjaavana opettajana toimi OAMK:n lehtori Pentti Huhtanen. Suurena apuna työtä edistämässä oli projekti-insinööri Samuli Viitala Eurocon Engineering AB:lta ja myynti-insinööri Arto Vikiö Hydac Oy:lta. Haluan kiittää kaikkia osallistuneita työn ohjaamisesta ja avusta.

Oulussa 17.4.2013

Sakari Viitala

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
ABSTRACT	4
ALKULAUSE	5
SISÄLLYS	6
LYHENTEIDEN SELITYKSET	8
1 JOHDANTO	9
2 HIHNAKULJETTIMET	10
2.1 Yleistä hihnakuljettimista	10
2.2 Hihnakuljettimen rakenne	11
2.3 Rakenteeseen vaikuttavat tekijät	12
2.4 Hihnakuljettimen osat	13
2.4.1 Kuljetinhihna	13
2.4.2 Rummut	16
2.4.3 Hihnan kannatin- ja paluurullat	17
2.4.4 Puhdistuslaitteet	17
2.4.5 Siirtopisteet	18
3 HYDRAULIIKKA	19
3.1 Yleistä hydraulikasta	19
3.2 Hydraulipumput	19
3.3 Kaksitoiminen hydraulisyylinteri	21
3.4 Paineenalennusventtiili	23
3.4.1 Yleistä paineventtiileistä	23
3.4.2 Paineenalennusventtiilin toiminta	23
3.5 Paineakut	25
3.5.1 Yleistä	25
3.5.2 Käyttökohteet	25
3.5.3 Rakenne	26
4 KIRISTYSMEKANISMIN KEHITTÄMISVAIHEET	29
4.1 Alkutoimet	29
4.1.1 Vierailu kaivoksella	29
4.1.2 Tuotantohenkilöiden haastattelu	30

4.1.3 Kiristysmekanismin kehittämisen lähtökohdat	30
4.1.4 Hihnan kiristäminen ja siihen liittyvät ongelmat	30
4.2 Ideointi	33
4.2.1 Kiristyskelkan ideointi	33
4.2.2 Liikemekanismin ideointi	34
4.3 Ideoiden kehittäminen	34
4.4 Valitun ratkaisun suunnitteleminen	36
4.4.1 Kiristysmekanismin suunnitteleminen ja mallintaminen	36
4.4.2 Piirustukset	38
5 HYDRAULIJÄRJESTELMÄN SUUNNITTELEMINEN	39
5.1 Järjestelmän toiminta	39
5.2 Sylinterin valinta	39
5.3 Pumpun valinta	41
5.4 Paineakun valinta	41
5.5 Venttiilien valinta	42
5.6 Hydrauliputkien valinta	43
6 POHDINTA	44
LÄHTEET	46
LIITTEET	
Liite 1 Lähtötietomuistio	
Liite 2 Pääkoonpanopiirustus	
Liite 3 Piirustusluettelo	
Liite 4 Hydraulikaavio ja osaluettelo	

LYHENTEIDEN SELITYKSET

Bar, 1 bar = 100 000 Pa

LKAB, Luossavaara-Kiirunavaara AB

MPa, megapascal, 10^6 Pa, Pa = 1 N/m²

PVC, polyvinylikloridi

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön tilaajana toimi Eurocon Engineering AB, joka on Ruotsin Kiirunassa toimiva insinööritoimisto. Yrityksen suurin asiakas on kaivosyhtiö LKAB. LKAB:n Kiirunassa sijaitseva kaivos on maailman suurin maanalainen rautamalmikaivos (11). Kaivoksen lopputuotteena on pellettimuotoinen malmi. Kaivoksella käytetään runsaasti hihnakuljettimia siirtämään materiaalia eri prosessien välillä.

Kuljetinhihna vaatii jatkuvaa kiristystä toimiakseen. Kiristys toteutetaan joko vastapainolla tai ruuvikiristyksellä. Vastapainon avulla kiristettävät kuljettimet ovat yleensä pitkiä tai vaihtoehtoisesti vaa'alla varustettuja. Vaa'alla varustetuissa kuljettimissa hihnan on oltava jatkuvasti oikeassa jännityksessä. Vastapainorakenne vaatii paljon tilaa ja on usein vaikeasti sijoitettava. Lisäksi toimiakseen oikein vastapainorakenne vaatii jatkuvaa kunnossapitoa. (liite 1.)

Työssä kehitetään ratkaisu, jolla voidaan korvata nykyinen vastapainorakenne. Työ sisältää hydraulisen kiristysmekanismin kehittämisen, suunnittelemisen, dokumentoinnin sekä teoriaa hihnakuljettimien rakenteesta, toimintaperiaatteesta ja hydrauliikasta. Työssä keskitytään kaivosteollisuudessa käytettäviin hihnakuljettimiin.

Käsipumpulla toimiva hydraulitoiminen kiristysmekanismi on ennen kokeilematon ratkaisu hihnakuljettimen hihnan kiristämiseen. LKAB:n kaivoksella ei ole vastaavaa sovellusta käytössä. Ratkaisulla tavoitellaan sekä hihnakuljettimen luotettavampaa toimintaa että helpompaa kunnossapidettävyyttä. Työn valmistuttua suunniteltu mekanismi rakennetaan laadittujen työpiirustusten mukaisesti.

2 HIHNAKULJETTIMET

2.1 Yleistä hihnakuiljettimista

Hihnakuiljettimii on käytetty vuosikymmeniä kuljettamaan materiaalia. Hihnakuiljettimilla voidaan kuljettaa suuria määriä eri materiaaleja, minkä lisäksi kuljettimet voivat olla hyvin pitkiä. Hihnakuiljettimet voidaan sijoittaa vaihtelevaan maastoon, ja ne sulautuvat hyvin muihin prosesseihin, kuten materiaalin lastamiseen ja purkamiseen. Ajan mittaan on huomattu, että hihnakuiljetin on luotettava ja kilpailukykyinen tapa siirtää materiaaleja. (1, s. 8.)

Hihnakuiljetin sopii erimuotoisten kappaleiden kuljettamiseen. Sillä voidaan kuljettaa kappaleita aina suurista kivenlohkareista hienojakoiseen tomuun. Kuljettava materiaali voi olla joko kuivaa tai kosteaa. (1, s. 8.)

Yleisesti hihnakuiljettimii käytetään teollisuuden eri prosesseissa, kuten kaivoksilla sekä paperi- ja puuteollisuudessa. Hihnakuiljetin sopii myös elintarviketuotantoon sekä kappaletavaran käsittelyyn.

Hihnakuiljettimella saavutetaan kaikista materiaalin kuljetustavoista alhaisimmat kuljetus-, huolto-, energia- ja työvoimakustannukset tonnia kohden. Alhaiset toimintakustannukset selittävät hihnakuiljettimien suurta suosiota etenkin rakkaassa teollisuudessa. (1, s. 8.) Kuvassa 1 on tyypillinen kaivosteollisuudessa käytettävä hihnakuiljetin.

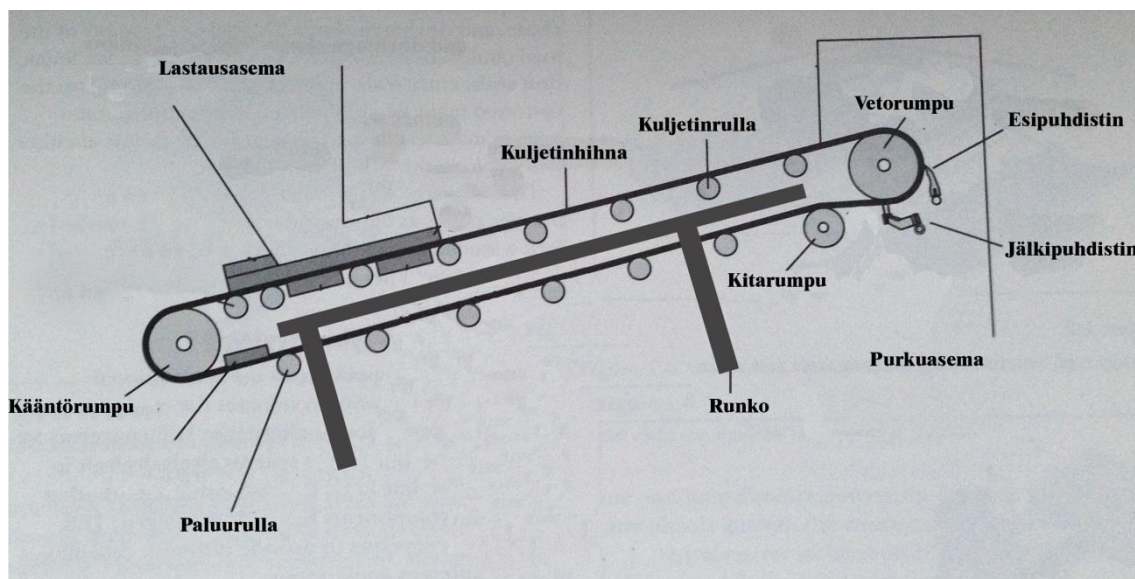


KUVA 1. Hihnakuuljetin (4, s. 5)

2.2 Hihnakuuljetin rakenne

Hihnakuuljetin on periaatteeltaan yksinkertainen rakennelma. Hihnakuuljetin leveys vaihtelee 300 mm:stä 3 000 mm:iin, ja se voi olla useita kilometrejä pitkä. Siirrettävän materiaalin määrään vaikuttavat hihnan leveys ja nopeus. Yksinkertaisimmillaan hihnakuuljetin koostuu kumisesta hihnasta, joka pyörii kahden rummun välissä kuljettaen materiaalia. Käytännön haasteet tekevät rakenteesta monimutkaisemman. Yleisesti ottaen hihnakuuljetin rakenteelle voidaan määrittää kuusi pääosaa, jotka näkyvät kuvasta 2 (1, s. 9):

1. hihna, joka muodostaa tason, jonka päällä materiaali kulkee
2. hihnan tukijärjestelmä, joka tukee hihnan kulkemista ja paluuta
3. rummut, jotka tukevat ja kuljettavat hihnaa
4. voimalähde, joka pyörittää vetorumpua
5. runko, johon eri kokoonpanot kiinnittyvät
6. lastausasemat, joissa materiaali joko puretaan tai lastataan kuljetinille.



KUVA 2. Hihnakujuettimen osat (1, s. 9, muokattu)

2.3 Rakenteeseen vaikuttavat tekijät

Yksinkertaisiin kohteisiin voidaan käyttää kuljetinvalmistajan valmistamaa kuljetinkokonaisuutta. Kaivosteollisuudessa olosuhteet ja materiaalit vaihtelevat runsaasti, joten hihnakujuettimet räätälöidään kulloisenkin tarpeen ja vaatimusten mukaan. Sen takia jokainen kuljetin on yksilö. Kuljetettava materiaali määrää kuljetinlaitteiston rakenteen. Kujuettimen runkorakenne määräytyy asennuspaikan ja olosuhteiden mukaan. (1, s. 15.)

Kujuettimen osat valitaan kuljetinvalmistajien tarjonnan mukaan. Kuljetinlaitteiston komponentit ovat rakenteeltaan monimutkaisia, joten käyttämällä valmiita osia saavutetaan merkittäviä kustannussäästöjä verrattuna itse suunniteltuihin osiin. Kuljetinvalmistajat tarjoavat standardoituja osia, kuten rullia, rumpuja, puhdistuslaitteita ja hihnan ohjaimia. Suunnittelija valitsee tarvitsemansa osat kuljetinvalmistajien tarjonnasta ja suunnittelee rungon osien ympärille. (1.)

Kuljetettavan materiaalin ja olosuhteiden niin vaatiessa kujuettimeen voidaan asentaa myös muita osia. Sääolosuhteiden voivat vaatia hihnan kattamisen metallisilla tai muovisilla katteilla. Tietyt materiaalit aiheuttavat hihnan ja rumpujen likaantumista, joten hihna voidaan varustaa puhdistusjärjestelmällä. Pölyinen materiaali aiheuttaa terveysongelmia, minkä lisäksi se vahingoittaa liikkuvia

osia, joten kuljetinjärjestelmään voidaan lisätä erillinen pölynkeräysjärjestelmä.
(1.)

Hihnan kireyden säätäminen on välttämätöntä etenkin pitkillä hihnoilla tai hihnoilla joissa on vaaka. Kireyden säätämiseksi lisätään järjestelmään usein myös kiristysmekanismi. (1, s. 9.)

2.4 Hihnakuuljettimen osat

2.4.1 Kuljetinhihna

Hihna on kuljettimen tärkein osa. Se muodostaa olennaisen osan kuljettimen hankintahinnasta, ja sen vaurioituessa materiaalinsiirtoprosessi pysähtyy. Hihnan valinta tulee tehdä huolellisesti, jotta se täyttää materiaalin ja kuljettimen rakenteen sille asettamat vaatimukset. Hihnan tärkein tehtävä on kestää materiaalin kuljettamiseen vaadittava jännitys ja vaimentaa lastattavan materiaalin aiheuttamat voimat. Kuljetinhihna rakentuu kahdesta osasta: kudusrungosta ja päällysteestä. (1, s. 16.)

Materiaali

Kumia käytetään lähes poikkeuksetta kuljetinhihnan materiaalina. Kumi on helppoa muotoilla tasomaiseksi levyksi. Kumi on kulutuksenkestävää ja joustavaa, joten se kestää kuorman lastauksesta aiheutuvat voimat. Lisäksi kumi kestää hyvin taivutusta. (3.)

Kumista valmistetun hihnan liittäminen voidaan tehdä sulattamalla hihnan päät yhteen tai käyttämällä mekaanista liitosta. Kumista valmistettua hihnaa voidaan korjata sulattamalla paikkoja siihen tai käyttämällä mekaanisia korjauspaloja. Heikkoutena kumilla on sen vetomurtolujuus, joten kumista valmistettuja kuljetinhihnoja on vahvistettava. Seostamalla kumia saadaan sille erilaisia ominaisuuksia, kuten palonkestävyys. (4, s. 3; 1, s. 25.)

Kudusrunko

Kudusrungon tehtävänä on ottaa vastaan hihnaan kohdistuvat voimat. Suurin osa kudusrungoista on tehty yhdestä tai useammasta kudotusta tekstiilikerroksesta. Tekstiilikudoksessa voidaan käyttää myös nylon- tai polyesterikudosta,

jolloin mekaaninen kestävyys on parempi. Raskaammin kuormitetuissa hihnoissa käytetään yhdensuuntaisista teräsvaijereista tehtyä runkoa. Neljä yleisintä kudusrunkotyyppiä ovat monikerrosrunko, vähäkerrosrunko, teräsvaijerirunko ja kiinteäkudoksinen runko. (1, s. 17.) Käytännössä puhutaan kuitenkin vain tekstiilihihnasta ja teräsvaijerihihnasta.

Monikerroksinen hihnarunko on tehty kahdesta tai useammasta kudotusta tekstiilikerroksesta. Hihnan keston vaikuttavat sekä kudosten materiaali että kudokerrosten määrä. (1, s. 17.)

Vähäkerroksinen hihnarunko koostuu lukumääräisesti vähemmistä kerroksista kuin monikerroksiset rungot, mutta on valmistettu synteettisistä tekstiilikuiduista tai kestävämmällä kudusrakenteella. Paremman rakenteensa ansiosta vähäkerroksinen hihnarunko on yhtä kestävä kuin monikerroksinen hihnarunko. (1, s. 17.)

Teräsvaijerirunko koostuu yhdestä kerroksesta samansuuntaisia teräsvaijereita. Teräsvaijerirunkoja on kahta tyyppiä: vaijereista ja kumista koostuvia sekä tekstiilivahvisteisia. Ensin mainitussa kumi sulatetaan teräsvaijereiden ympärille. Tekstiilivahvisteisia käytetään kumin lisäksi tekstiilikudoksia vaijereiden ylä- ja alapuolella. (1, s. 17.)

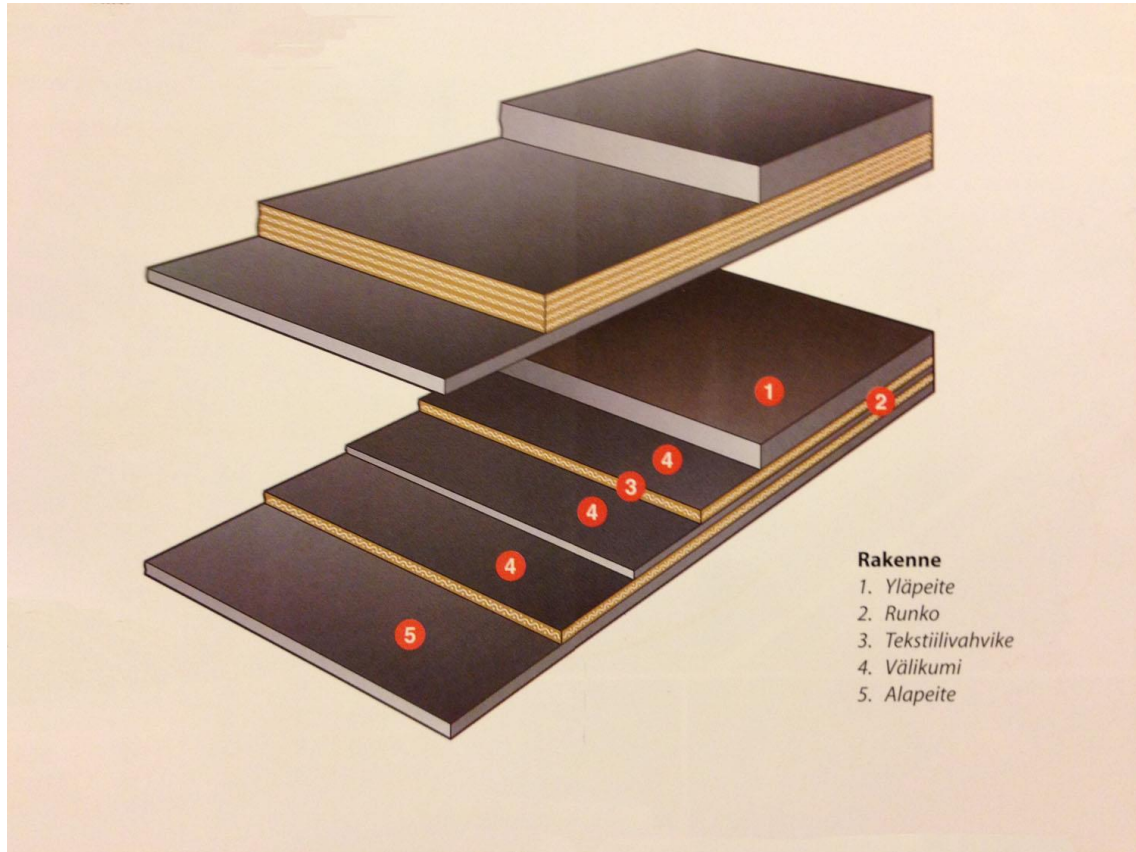
Teräsvaijerirunkoja tehdään usealla eri kokoonpanolla, joissa vaijereiden paksuus ja etäisyys toisistaan vaihtelevat haluttujen ominaisuuksien mukaisesti. Teräsvaijerihhnoja käytetään kohteissa, jotka ovat raskaasti kuormitettuja, tai kohteissa, joissa hihnan venyminen halutaan minimoida. (1, s. 17.)

Kiinteäkudoksiset rungot koostuvat yksittäisestä kerroksesta kiinteäkudoksista tekstiiliä kyllästettynä ja päällystettynä PVC:llä. PVC-päällyste on verrattain ohutta ja rungon molemmat pinnat päällystetään PVC:llä. Kulutuskestävyyttä säädetään PVC:n kombinaatioilla ja pintalankojen materiaalilla. (1, s. 17.)

Päällysteet

Päällysteet suojaavat hihnan runkoa kuorman aiheuttamalta kulumiselta ja ympäristön aiheuttamilta tekijöiltä, jotka aiheuttavat hihnan heikkenemistä. Vain harvoin olosuhteet ovat niin edulliset, ettei päällystettä tarvita. Tätä vastoin ku-

luminen saattaa olla niin runsasta, että yläpuolen päällyste on jopa 12 mm läpimitaltaan. Päällysteen tehtävä on suojata runkoa koko sen käyttöajan. (1, s. 17.) Kuvassa 3 on kuvattu Metson Trellex -tekstiilivahvikehinnan kerrosrakenne.



KUVA 3. Kuljetinhihnan rakenne (4, s. 3)

Päällysteet voidaan tehdä useista elastomeereista, luonnonkumista, synteettisestä kumista, PVC:stä tai muista yhdisteistä. Lisäaineet parantavat öljynkestoa, tulenkestoa ja hankauskulumista. Hihnan pintakumissa käytettävä polymeeri vaihtelee hihnalta vaadittavien ominaisuuksien mukaan. Styreeni-butadieenia tai luonnonkumia käytetään lisäämään kulutuskestävyyttä. Lämmönkestoa parannetaan styreeni-butadieeni-, butyyli- tai etyleeni-propyleenikumipäällysteellä. Mikäli asennuskohde vaati liekinkestävän hihnan, käytetään kloropreeni- tai styreeni-butadieenipäällystettä. Öljynkestävän hihna seostetaan kloropeeni- ja nitriittikumilla. (4, s. 3; 1, s.17.)

Päällysteet tarjoavat hyvin vähän rakenteellista lujuutta hihnalle. Niiden tarkoituksena on suojata runkoa iskuilta ja kulutukselta sekä tarjota kitkapinta hihnan

kuljettamista varten. Yleensä päällyskerros vaatisi paksumman pinnoitteen kuin aluskerros, sillä siihen kohdistuu suuremmat voimat ja kulutus. Ala ja yläkerroksen paksuusero ei kuitenkaan saa kasvaa liian suureksi, sillä muuten hihna alkaa käyristyä. Hihnan käyristymisilmiön vuoksi kerroksista tehdään yleensä saman paksuiset. (1, s. 17.)

Hihnan kuviointi

Tavallisesti hihnan pinta on tasainen. Mikäli materiaali tai kuljettimen rakenne niin vaativat, voidaan hihnan ulkopintaan lisätä kuviointi lisäämään kitkaa. Tämä on tarpeellista esimerkiksi kuljettimen noustessa tai materiaalin ollessa liukasta. (4, s. 10.)

Mikäli hihnan kuviointi ei riitä, voidaan hihnaan asentaa myös ripoja, jolloin hihnan nousukulmaa voidaan edelleen kasvattaa. Erittäin jyrkissä nousuissa on tarpeen käyttää hihnaelevaattoreita. Hihnaelevaattori koostuu tavallisesta kuljetinhihnasta, johon kiinnitetään kauhoja. Hihnaelevaattorilla saavutetaan jopa 90 asteen nousukulmia. (4.)

2.4.2 Rummut

Vetorumpu

Vetorummun tehtävä on nimensä mukaisesti liikuttaa hihnaa. Perinteisen vetorummun voimantuotto toteutetaan erillisellä moottorilla. Vetorummun ulkokuori työstetään koveraksi, millä haetaan hihnan parempaa linjaantumista. Hihnan luistamisen ehkäisemiseksi vetorumpu pinnoitetaan tai siihen asennetaan kumista valmistettuja paljoja kitkan lisäämiseksi. (1, s. 36.)

Rumpumoottorit

Vetorumpuina voidaan käyttää ns. rumpumoottoreita, joissa sähkömoottori ja vaihteisto sijaitsevat rummun sisässä. Rakenteella saavutetaan kompakti ja epäpuhtauksilta suojaava rakenne. (5, s. 21.)

Kääntörumpu

Kääntörumpu sijaitsee vetorumpuun vastakkaisessa päädyssä. Kääntörumpuja voi olla useita riippuen kuljettimen rakenteesta. Yhteen suuntaan kulkevassa hihnakuljettimessa kääntörummun ei ole tarvetta olla vetävää mallia. Tämän

vuoksi kääntörummun ei tarvitse olla pinnoitettu. Kääntörummun yksinkertaisen rakenteen vuoksi hihnan kiristäminen tapahtuu liikuttamalla kääntörumpua. Tällaisessa rakenteessa kääntörumpua voidaan kutsua myös kiristysrummuksi. (1, s. 36.)

Kitarumpu

Kitarumpu sijoitetaan ennen kääntö- ja vetorumpua. Sen tehtävä on ohjata hihnaa veto- tai kääntörummulle. Tämän lisäksi kitarummulla säädetään hihnan tulokulma veto- ja kääntörummuille. Tulokulma vaikuttaa sekä hihnassa vaikuttaviin voimiin että vetorummun kitkapinta-alaan. (1, s. 9.)

2.4.3 Hihnan kannatin- ja paluurullat

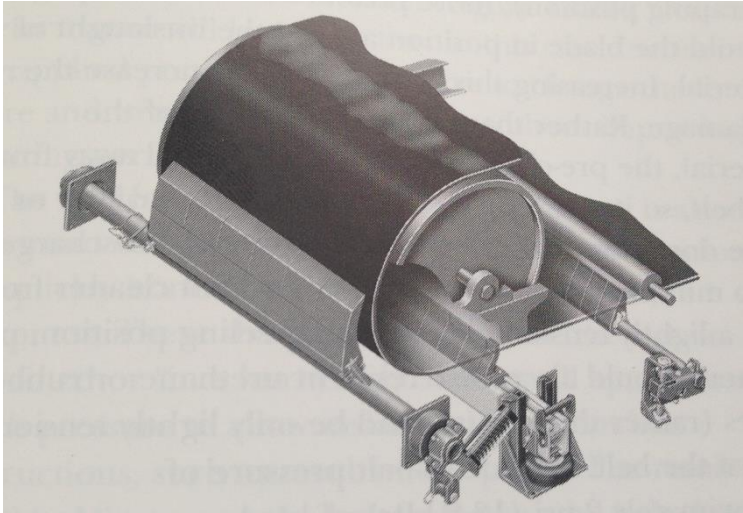
Kannatinrullan tarkoituksena on kasvattaa hihnan kuljetuskapasiteettia tukemalla hihnaa. Kannatinrullat asennetaan niille tarkoitettuun rullatelineeseen. Louhosmateriaalin siirtämiseen tarkoitettujen kannatinrullat asetetaan lähes poikkeuksetta kourun muotoiseen runkoon kuten kuvassa 1 olevassa hihnakuljettimessa. Telineen kourukulma vaihtelee 5–60 asteen välillä, kuljetettavan materiaalin ominaisuuksien mukaan. (6, s. 19; 1, s. 61.)

Paluurullan tehtävänä on niin ikään tukea hihnaa. Koska hihna palaa kuormattomana, on paluurullien rakenne keveämpi kuin kannatinrullien. Nykyaikaiset paluurullat ovat ominaisuuksiltaan hihnaa puhdistavia. (5, s. 10.)

2.4.4 Puhdistuslaitteet

Hihnan puhdistamisella pyritään pidentämään hihnakuljettimen komponenttien ja hihnan käyttöikä. Lisäksi hihnan puhdistimilla varmistetaan, että kuljetettava materiaali poistuu kokonaisuudessaan hihnalta purkupisteessä. (1, s. 132.)

Vetorumpu sijaitsee yleensä hihnakuljettimen purkupäässä, joten se varustetaan esi- ja jälkipuhdistimilla. Kuvassa 4 on esitetty molemmat puhdistuslaitteet asennettuna vetorummun läheisyyteen. (1, s. 143.)



KUVA 4. Esi- ja jälkikaavari (1, s. 143)

Hihnan puhdistuksessa voidaan käyttää myös moottoroituja hihnaharjoja, jotka soveltuvat hyvin kuivan materiaalin poistamiseen hihnalta. Mikäli kuljetettava materiaali on erityisen tarttuvaa, voidaan hihnan puhdistamiseen käyttää myös vettä. (1, s. 149.)

2.4.5 Siirtopisteet

Materiaalia sekä lastataan että puretaan kuljettimelle. Siirtopisteitä tarvitaan, kun materiaalia siirretään varastojen ja prosessien välillä, tai, kun kuljettimen suunta muuttuu. Lastauspisteellä materiaali putoaa kuljettimen päälle, joten lastauspisteessä kuljettimen ja kuljetinrullien rakenne on vahvempi kuin muissa kuljettimen osissa. Materiaalihukan minimoimiseksi siirtopisteissä käytetään materiaalin ohjaimia ja tiivisteitä. (1, s. 49.)

3 HYDRAULIIKKA

3.1 Yleistä hydrauliiikasta

Hydrauliikka on yleiskäsite nesteiden ja kaasujen hydrostaatiikan ja hydrodynamiikan teknisille sovelluksille. Hydrauliikkaa käytetään työkoneissa kuten kaivu-reissa ja pyöräkuormaajissa sekä teollisuuden eri sovelluksissa. Liikkuvan ka-luston hydrauliiikasta käytetään nimitystä mobilehydrauliikka. Tavanomaisessa hydraulijärjestelmässä on kyse energiansiirtoketjusta. Sähkö- tai polttomoottoril-la tai lihasvoimalla tuotettu energia muutetaan hydrauliseksi energiaksi. Hyd-raulinen energia siirretään putkistoa pitkin toimilaitteille. Toimilaitteilla kuten hydraulisylinterillä tai -moottorilla muutetaan energia takaisin mekaaniseksi energiaksi. (7, s. 1–3.)

Hydraulisen järjestelmien etuina muihin energiansiirtoketjuihin on hyvä teho-painosuhde ja järjestelmän monipuolisuus. Hydraulinen järjestelmä voi sisältää useita lineaarisesti liikkuvia sekä pyöriviä toimilaitteita. Voiman, momentin ja liikenopeuden säätö on helppoa toteuttaa ja hydraulijärjestelmää voidaan ohjata sekä mekaanisesti että sähköisesti. Useimmat hydrauliset komponentit ovat standardoituja, mikä helpottaa järjestelmän suunnittelemista ja huoltoa. (7, s. 1-3; 9, s. 1.)

Teollisuuden toimilaitteissa käytetään öljyhydrauliikkaa. Siinä energiaa siirre-tään hyödyntäen väliaineena paineenalaista öljyä. Öljyn kokoonpuristuminen on hyvin pientä, joten öljyn tiheyden voidaan olettaa olevan vakio. Oletuksesta joh-tuen virtausteoria on yksinkertaisempaa kuin kokoonpuristuvilla nesteillä. Ylei-simmin teollisuudessa käytetään mineraaliöljyä, ellei käyttökohde aseta erityis-vaatimuksia, kuten nesteen palamattomuus. (7, s. 6.)

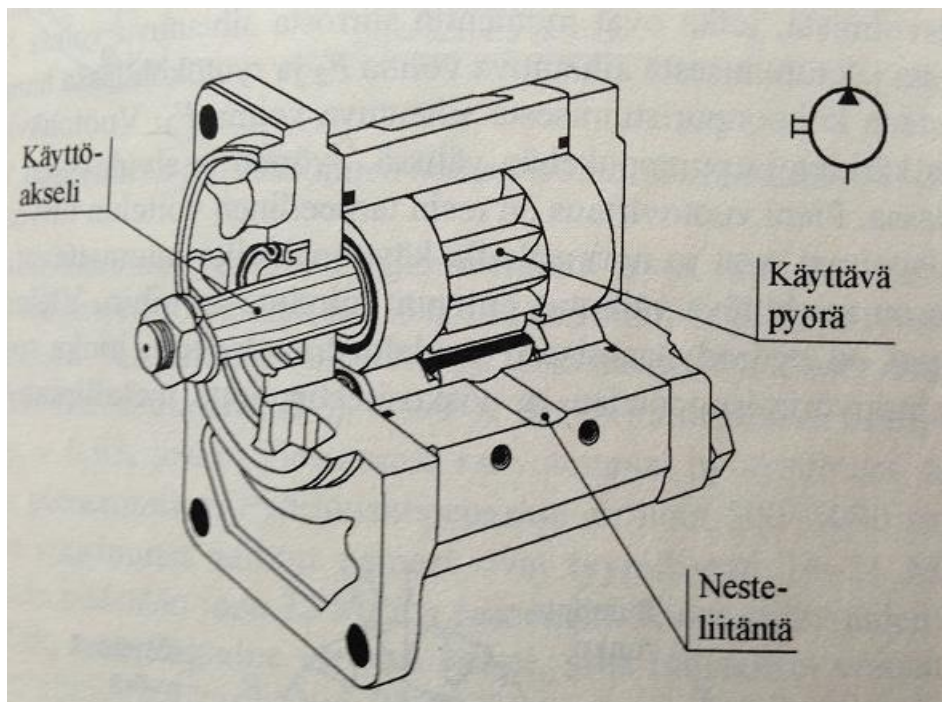
3.2 Hydraulipumput

Hydraulipumput muuttavat mekaanisen tehon hydrauliseksi tehoksi. Pumppua käytetään lähes poikkeuksetta sähkö- tai polttomoottorilla, joten mekaaninen teho on pyörivän liikkeen muodossa. Öljyhydrauliikassa pumput toimivat syrjäy-

tysperiaatteella. Syrjäytyspumppu liikuttaa öljyä ja varsinainen paine syntyy vasta, kun öljyn liikettä vastustetaan. (7, s. 35; 9, s. 137.)

Hydrauliikassa käytettävät pumput voidaan jakaa rakenteensa perusteella hammaspyörä-, ruuvi-, siipi-, ja mäntäpumppuihin. Pumppujen olennaisimmat ominaisuudet ovat hyötysuhde, tilavuusvirta ja pumpun tuottama maksimikäyttöpainne. Hyötysuhde ilmaisee, kuinka monta prosenttia pumpulle tuodusta energiasta saadaan siirrettyä hydraulineesteeseen. (7, s. 35.)

Hammaspyöräpumput jaotellaan rakenteensa mukaan ulko- ja sisähammaspyöräpumppuihin. Ulkohammaspyöräpumppuja on kaksi- ja monipyöräisiä. Sisähammaspyöräpumput voidaan jaotella erottajalla varusteltuihin pumppuihin ja hammasrengaspumppuihin. Yleisin pumpputyyppejä on kaksipyöräinen hammaspyöräpumppu. Hammaspyöräpumppun kierrosluvusta ei voida säätää, mutta se sopii hyvin eri sovelluksiin sen edullisen hinnan, hyvän hyötysuhteen ja laajan painealueensa (10–32 MPa) vuoksi. (7, s. 37.) Kuvasta 5 näkee kaksipyöräisen hammaspyöräpumppun rakenteen.



KUVA 5. Kaksipyöräinen hammaspumppu (9. s. 153)

Ruuvipumppuja on yksi-, kaksi-, ja kolmiruuvisia malleja. Yleisin näistä on kolmiruuvinen malli. Maksimi käyttöpaineet ovat 20 MPa:n luokkaa ja pumpun hyötysuhde on 70–80 %. Ruuvipumput ovat hankintahinnaltaan kalliita, mutta niillä saavutetaan erittäin tasainen tilavuusvirta ja ne ovat pitkäikäisiä. Ruuvipumppuja käytetään esimerkiksi hisseissä. (7, s. 39.)

Siipipumpussa öljyn siirtämiseen käytetään roottoriin kiinnitettyjä pyöriä siipiä. Siipipumput jaetaan tasapainottamattomiin ja tasapainotettuihin pumppuihin. Tasapainottamattomien pumppujen tilavuusvirtaa voidaan muuttaa säätämällä staattorin ja roottorin etäisyyttä. Siipipumppuilla on hyvä hyötysuhde 90 % ja maksimikäyttöpaine on n. 20 MPa. (7, s. 40.)

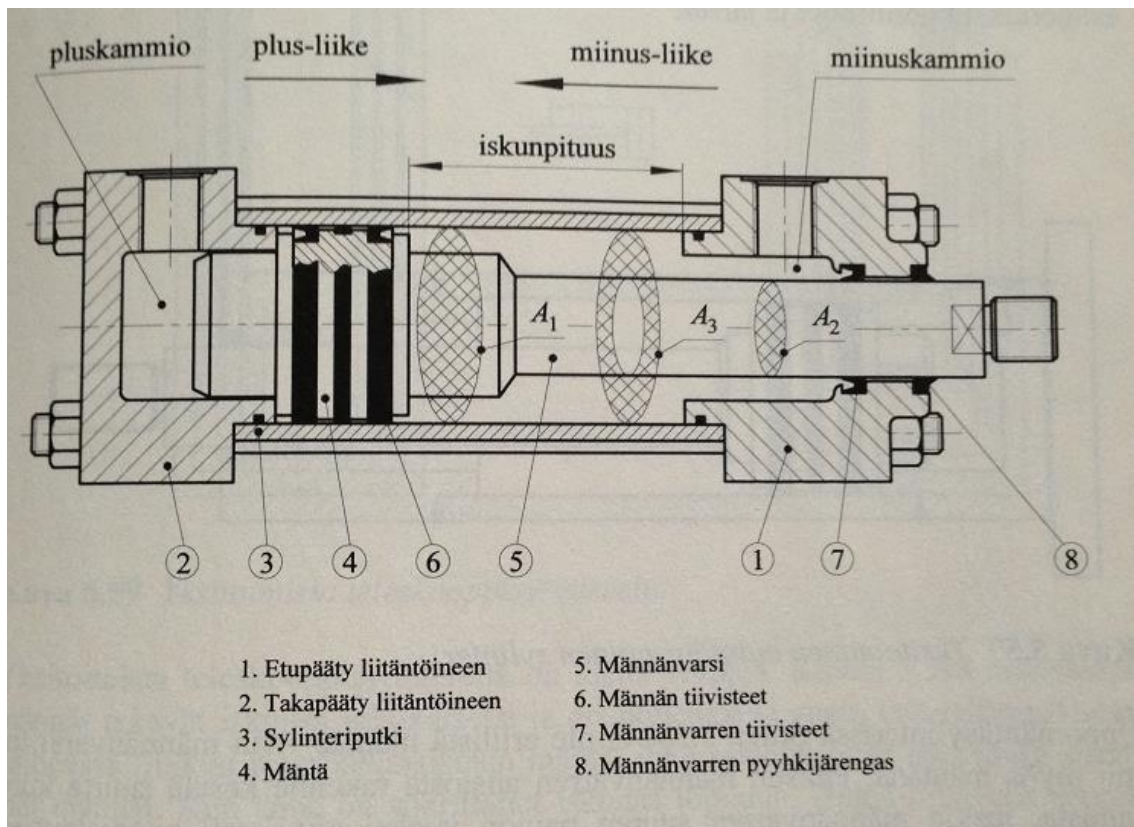
Mäntäpumpuissa öljyä puristetaan mäntien avulla. Pumpuissa on pariton määrä mäntiä, jotta saavutetaan tasaisempi tilavuusvirta. Mäntäpumput jaetaan radiaalili- ja aksiaalimäntäpumppuihin. Radiaalimäntäpumpussa männät sijaitsevat säteittäisesti akseliin nähden. Akselin epäkeskeisyyttä säätämällä vaikutetaan pumpun tuottamaan tilavuusvirtaan. Radiaalimäntäpumpun maksimipaine on jopa 80 MPa ja hyötysuhde 90 %. Mäntäpumppuja käytetään kun tarvitaan korkeaa painetta ja hyvää hyötysuhdetta. (7, s. 42.)

Aksiaalimäntäpumpussa männät, joita on yleensä 5–9 kappaletta, ovat kiinnitettyinä vinolevyyn. Pumpun kierrostilavuutta voidaan säätää muuttamalla vinolevyn astekulmaa. Monimutkaisen rakenteen takia pumput ovat kalliita. Mäntäpumpun käyttöpaine vaihtelee 35–50 MPa:n välillä ja hyötysuhde voi olla jopa 95 %. Aksiaalipumput ovat käyntiääneltään hiljaisia. (9, s. 168–172.)

3.3 Kaksitoiminen hydraulisyylinteri

Hydraulisyylinteri muuttaa pumpun tuottaman hydraulisen energian suoraviivaiseksi mekaaniseksi liike-energiaksi, eli lineaariliikkeeksi. Hydraulisyylinterit voidaan jakaa kahteen pääryhmään: yksi- ja kaksitoimisiin. Yksitoimisella sylinterillä on mahdollista toteuttaa työliike vain yhteen suuntaan. Paluuliike tapahtuu joko kuorman avulla tai jousipalautteisesti. Kaksitoiminen sylinteri mahdollistaa työliikkeet sekä meno- että paluusuuntaan. (7, s. 74; 9, s. 195.)

Kaksitoimisen hydraulisylinterin rakenne näkyy kuvassa 6. Sylinterin rakenteesta johtuen menoliikkeen ja paluuliikkeen voimat ovat erisuuret. Kuvassa 6 on esitetty männän pinta-ala A_2 :na, männänvarren pinta-ala A_3 :na ja männän männänvarren puoleinen pinta-ala A_1 :na. Voimien eron aiheuttaa se, että hydraulinesteen paine vaikuttaa erisuurille pinta-aloille männän ja männänvarren puolella. Männänvarsi pienentää pinta-alaa männänvarren puolella. Pinta-alojen kokoeroista johtuen myös liikkeiden väliset nopeudet ovat erisuuret, sillä pinta-alat vaikuttavat myös öljytilavuuteen. (7, s. 76.)



KUVA 6. Kaksitoimisen hydraulisylinterin rakenne (9, s. 195)

Hydrauliikassa käytettävien suurten paineiden vuoksi sylinterin tiiveyteen tulee kiinnittää erityistä huomiota (kuva 6). Yleisimmin käytetään O-rengastiivisteitä sekä männän että männänvarren tiivistämiseen. Pyyhkijärengas pitää huolen siitä, että paluuliikkeen aikana männänvarren mukana ei pääse epäpuhtauksia varsinaisille tiiviste-pinnoille. Tiivisteiltä vaaditaan erityisesti paineen ja kulumisenkestoa. (7, s. 77.)

Hydraulisyylinterin liikenopeuden ylittäessä 0,1 m/s on syytä käyttää sylinterin päätyasennon vaimennusta. Suurella liike-energialla liikkuva mäntä voi vahingoittaa sylinteriä törmätessään siihen. Päätyasennonvaimennus voidaan toteuttaa ulkoisesti mekaanisella ratkaisulla, mikäli tämä ei ole mahdollista, tulee käyttää sylinterin sisäistä päätyasennon vaimennusta. Sisäinen vaimennus toimii siten, että männän liikkuessa sen syrjäyttämää öljyvirtaa kuristetaan, jolloin männän nopeus laskee ennen sen törmäystä sylinteriin. Päätyvaimennetun sylinterin tunnistaa piirrosmerkistä. (7, s. 78.)

3.4 Paineenalennusventtiili

3.4.1 Yleistä paineventtiileistä

Paineenalennusventtiili kuuluu paineventtiilien ryhmään. Muita paineventtiilejä ovat paineenrajoitus- ja paineenohjausventtiilit. Paineventtiileitä käytetään järjestelmän säätöön sekä toiminnan ohjaukseen. Paine vaikuttaa toimilaitteista saataviin voimiin ja momentteihin. Esimerkiksi pumpun ohjaaminen vapaakierrolle on toiminnan ohjausta. (9, s. 254; 7. s. 50.)

Venttiileissä käytetään kahdenlaista rakennetta, istukkaventtiiliä ja luistiventtiiliä. Istukkaventtiili on rakenteeltaan tiiviimpi, mutta vaatii suuremmat säätövoimat. Luistiventtiilin liikkeet ovat herkempiä, mutta venttiilin ohi tapahtuu aina hieman vuotoa, mikä pitää ottaa huomioon suunniteltaessa järjestelmää. (9, s. 254.)

Hydrauliventtiilit ovat joko normaalisti avoimia tai normaalisti suljettuja. Normaalisti avoin venttiili mahdollistaa nesteen läpivirtauksen lepoasennossaan. Hydraulikaavioon piirretään venttiili lepoasennossaan. (7, s. 51.)

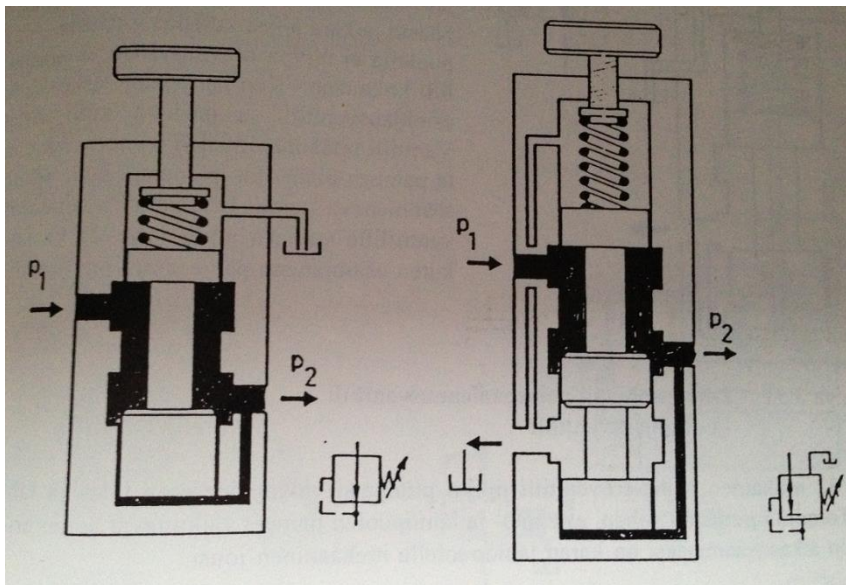
3.4.2 Paineenalennusventtiilin toiminta

Paineenalennusventtiiliä käytetään kun tietyssä järjestelmän osassa halutaan käyttää pääjärjestelmää alemmaa painetta. Paineenalennusventtiilejä on saatavilla sekä kaksi- että kolmitieisinä, ja ne voivat olla joko suoraan tai esiohjattuja. (7, s. 54.)

Paineenalennusventtiilit ovat normaalisti avoimia. Paineenalennusventtiilissä sisäinen ohjauspaine tulee venttiilin lähtöpuolelta. Venttiilin sisällä oleva kara on

jousikuormitteinen ja pyrkii pitämään venttiiliä avoimena. Kun lähtöpuolen paine kasvaa jousivoimaa suuremmaksi, alkaa kara siirtyä kuristaen tulopuolen virtausta. Paineen jatkaessa nousuaan kara sulkee tulopuolen ja estää lähtöpuolen paineen nousun. Lähtöpuolen paineen suuruutta voidaan säätää vaikuttamalla jousen esikiristysvoimaan. Venttiilin toiminnan edellytyksenä on, että lähtöpaine on tulopainetta pienempi. (7, s. 55.)

Kolmitie paineenalennusventtiili on toimintaperiaatteeltaan samanlainen kuin kaksitieventtiili, mutta siinä on lisäksi liitäntä lähtöpuolelta säiliöön, joten lähtöpuolen paine pysyy samana kaikissa tilanteissa. Kolmitieventtiilin käyttö on suositeltavaa erityisesti silloin, kun toimilaitteen kuorma voi vaihdella, mutta toimilaitteen voiman halutaan pysyvän vakiona. (7, s. 55.) Kolmitie- ja kaksitieventtiilien rakenteelliset erot näkyvät kuvassa 7. Kuvassa vasemmalla on kaksitieventtiili ja oikealla kolmitieventtiili.



KUVA 7. Kaksi- ja kolmitiepaineenalennusventtiili (7, s. 55)

Esiohjattua paineenalennusventtiiliä käytetään suurilla tilavuusvirroilla ja paineilla. Esiohjausosa on rakenteeltaan suoraan ohjattu paineenrajoitusventtiili. (7, s. 55.)

3.5 Paineakut

3.5.1 Yleistä

Nesteet eivät puristu kokoon kuten kaasut, joten nesteisiin ei voida varastoida energiaa samalla tavalla kuin kaasuihin. Paineakun tehtävänä hydraulijärjestelmässä on energian varastointi. Paineakussa energiaa voidaan varastoida nostamalla massaa, puristamalla jouta tai yleisimmin puristamalla kaasua kokoon. Paineakkua on mahdollista käyttää pumpun rinnalla tai sen sijasta. (9. s.212; 7, s. 48.)

3.5.2 Käyttökohteet

Paineakkua käytetään hydraulijärjestelmässä moneen tarkoitukseen. Yhtä paineakkua voidaan käyttää useaan eri tarkoitukseen samanaikaisesti, joten paineakut ovat yleisiä etenkin mobile-hydrauliikassa.

Mikäli järjestelmässä tarvitaan tilapäisesti suuria tilavuusvirtoja, voidaan käyttää paineakkua. Tilavuusvirran tarpeen ollessa pieni pumppu täyttää akkua. Vastaavasti tilavuusvirran tarpeen ollessa suuri, akku purkautuu ja pumpun kanssa mahdollistavat hetkellisesti suuren tilavuusvirran. Paineakulla varustetussa järjestelmässä voidaan pumppu mitoittaa keskimääräisen tilavuusvirran mukaan ja saavuttaa korkeampi kokonaishyötysuhde. (7, s. 49.)

Järjestelmissä, missä tarvitaan pelkästään paineen ylläpitoa, eikä tilavuusvirtaa, voidaan paineen ylläpitäjänä käyttää paineakkua pumpun sijasta. Hydraulijärjestelmissä tapahtuu aina pientä vuotoa. Paineakku pystyy kompensoimaan nämä vuodot, joten pumpun ei tarvitse pyöriä jatkuvasti. Vastaavasti mikäli pumpun on tarkoitus tarjota jatkuva paine järjestelmään, voidaan paineakulla varmistaa paine pumpun pysähtymisen varalta. (7, s. 49; 9, s. 217.)

Hydraulijärjestelmissä tapahtuu paineiskuja. Paineiskut aiheutuvat toimilaitteiden liikkeistä ja niitä ohjaavista venttiileistä. Nopeasti sulkeutuvassa venttiilissä neste pyrkii jatkamaan liikettänsä hitausvoimiensa vaikutuksesta ja törmää sulkeutuneeseen venttiiliin. Hydraulimoottorin suunnanvaihdon yhteydessä tapahtuu sama ilmiö. Paineiskut ovat haitallisia järjestelmän komponenteille, sillä pai-

neiskun aikana hetkellinen paine voi nousta huomattavasti järjestelmän nimellispainetta suuremmaksi. Paineakulla voidaan vaimentaa iskuja tehokkaasti kytkemällä paineakku mahdollisimman lähelle paineiskun aiheuttajaa. (9, s. 218; 7, s. 12.)

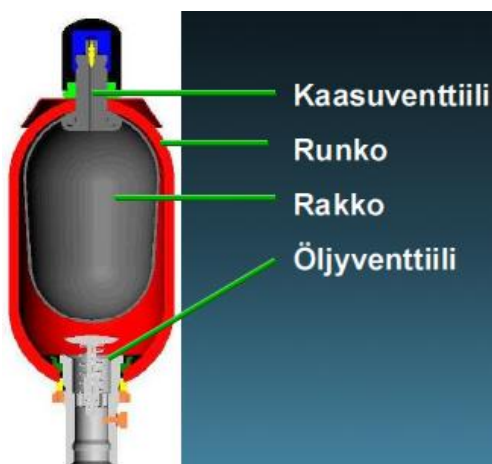
3.5.3 Rakenne

Kaasun puristamiseen perustuvia akkuja kutsutaan hydro-pneumaattisiksi akuiksi. Hydro-pneumaattisissa akuissa käytetään yleisimmin typpikaasua kokoonpuristuvana elementtinä. Typen käyttö on yleistä, koska se on palamaton kaasu. (8.)

Hydro-pneumaattisissa akuissa käytetään yleisesti kolmenlaista rakennetta erottamaan kaasu ja neste toisistaan. Rakkoakussa kaasun ja nesteen erotus tapahtuu suljetulla rakolla. Kalvoakussa erotus toteutetaan kalvolla ja mäntäakussa neste pidetään erillään kaasusta tiivisteillä varustetulla männällä. (8.)

Rakkoakku

Rakkoakku koostuu rungosta, rakosta, sekä kaasu- ja öljyventtiileistä (kuva 8). Tämän lisäksi akku voidaan varustaa latausventtiilillä, asennuspidikkeellä ja painemittarilla. (8.)



KUVA 8. Rakkoakun rakenne (8)

Rakkoakussa kumista valmistettuun rakkoon johdetaan kaasuventtiilin kautta typpeä. Tätä toimenpidettä kutsutaan akun esitäytöksi. Rakkoakussa esitäyttöpaine P_0 saa olla korkeintaan 90 % järjestelmän nimellispaineesta P_1 . Tällä pyri-

tään estämään rakon osuminen öljyventtiiliin ja tätä kautta rakon rikkoutuminen. Esitäyttöpaineen alarajana rakkoakuilla on 25 % järjestelmän maksimipaineesta P_2 . Tällä pyritään varmistamaan akun oikea toiminta. (8.)

Rakkoakun etuina ovat sen tarjoamat suuret virtausnopeudet, kompakti rakenne, vähäinen huollontarve ja korkeataajuuskäytön mahdollisuus. Rajoittavina tekijöinä ovat painesuhde ja rajoitettu asennusasento. Rakkoakku on suunniteltu asennettavaksi pystyasentoon. Mikäli akku asennetaan kulmaan, tulee se huomioida akun koon valinnassa. Mitä suurempaa vinouskulmaa käytetään, sitä vähemmän voidaan hyödyntää akun kapasiteetista. (8.) Akun valinnassa käytetään hyväksi valmistajan tarjoamia kuvaajia.

Kalvoakku

Kalvoakku muistuttaa rakenteeltaan hyvin paljon rakkoakkua (kuvat 8 ja 9). Kalvoakussa rakkoakun rakko on korvattu yksinkertaisemmalla kalvolla, mutta toimintaperiaate on sama.



KUVA 9. Kalvoakun rakenne (8)

Kalvoakku voidaan asentaa mihin tahansa asentoon sen toiminnan häiriintymättä. Tämän lisäksi kalvoakulla on rakkoakkua suurempi painesuhde ($P_2: P_0 = 10:1$), joka kuitenkin vaihtelee hieman akun mallista ja koosta riippuen. Kalvoakkuja on saatavissa myös pieniä kokoja, niillä on pitkä käyttöikä ja vähäinen huollontarve. Yksinkertaisesta rakenteesta johtuen kalvoakut ovat edullisia hankintahinnaltaan. (8.)

Mäntäakku

Mäntäakku koostuu sylinterimäisestä rungosta ja sen sisällä kulkevasta männästä (kuva 10). Tiivistetty mäntä erottaa kaasun nesteestä. Rakenteesta johtuen painesuhdetta ei ole rajoitettu ja akkuja käytetäänkin kohteissa, joissa tarvitaan suurta painetta ja tilavuusvirtaa. Akun voi asentaa mielivaltaiseen asentoon. Selkeänä etuna muihin akkuihin nähden on männän asennon seuraamisen mahdollisuus. Mäntäakut ovat hydro-pneumaattisista akuista kaikkein kalleimpia hinnaltaan. (8.)



KUVA 10. Mäntäakun rakenne (8)

4 KIRISTYSMEKANISMIN KEHITTÄMISVAIHEET

Projekti aloitettiin vuoden 2013 tammikuussa vierailemalla Kiirunassa, jossa pidettiin aloituskokous Eurocon Engineering AB:n edustajan kanssa. Yrityksen edustajalla on kokemusta kuljettimien suunnittelusta ja hänen kanssaan laadittiin aikataulu työlle. Kokouksessa esiteltiin kuljettimien kiristysjärjestelmän nykysovelluksia ja niiden ongelmia. Keskusteltaessa ilmeni myös, että työn valmistuttua tulaisiin se toteuttamaan käytännössä. Tämä seikka lisäsi työn mielenkiintoisuutta.

Aloituskokouksen ja lähtötietomuistion (liite 1) perusteella työstä muotoutui tuotekehitystyyppinen. Aloituskokouksessa työ jaettiin neljään vaiheeseen ja jokaiselle vaiheelle laadittiin aikataulu. Työvaiheiden välillä pidettiin kokous yrityksen edustajan kanssa, jossa käytiin läpi työn senhetkiset tulokset ja niistä seuraavat jatkotoimenpiteet. Työn neljä vaihetta nimettiin seuraavasti: alkutoimet, ideointi, ideoiden kehittäminen ja valitun ratkaisun suunnitteleminen.

4.1 Alkutoimet

Ensimmäinen vaihe sisälsi käytännön asioiden järjestelemistä. Alkutoimien tarkoituksena oli mahdollistaa sujuva työnteko ja tarjota riittävä tietotaito työn tekemiseksi. Alkutoimien aikana tutustuttiin työpaikkaan ja sen toimintatapoihin. Lisäksi kerättiin hihnakuljettimia koskevaan teoretietoa ja sitä käytiin läpi. Kaivosyhtiön tuotantohenkilöitä haastateltiin ja heiltä kyseltiin kehitysehdotuksia. Olemassa olevien kuljettimien rakenteita ja suunnitteluperiaatteita käytiin läpi yrityksen edustajan kanssa.

4.1.1 Vierailu kaivoksella

Työn mahdollistamiseksi oli välttämätöntä vierailla kaivoksella. Toimivan hihnankiristysmekanismin suunnitteleminen vaatii käytännön olosuhteiden tuntemisen. Kaivoksella vierailua varten tuli suorittaa LKAB:n vaatima työ- ja kaivosturvallisuuskortti.

Aloituspalaverissa tulleet asiat konkretisoituivat kaivoksella käynnin yhteydessä. Olosuhteet ovat likaiset ja tilaa on rajallisesti käytettävissä. Prosessien välillä kuljetettava materiaali on märkää metallimurskaa, joka tunkeutuessaan mekanismeihin aiheuttaa niiden jumiutumisen. Kuljettimia on lukuisia. Pääpiirteiltään kuljettimet ovat samanlaisia, mutta kiristysmekanismit on toteutettu hieman eri tavalla kuljettimelta vaadittujen ominaisuuksien mukaisesti.

4.1.2 Tuotantohenkilöiden haastattelemine

Työtä varten haastateltiin kuljetinhihnojen kunnossapitohenkilöitä. Henkilöstön haastattelujen perusteella kuljetinhihnan kiristämisessä käytettävät vastapainot olivat ongelmiseen vaivanneet jo pitkään. Likaiset olosuhteet aiheuttivat mekaniismien toimimattomuutta. Haastattelujen perusteella saatiin selville nykyisten kiristysmekanismien ongelmakohdat, minkä lisäksi tuotantohenkilöstö antoi kehitysehdotuksia.

4.1.3 Kiristysmekanismin kehittämisen lähtökohdat

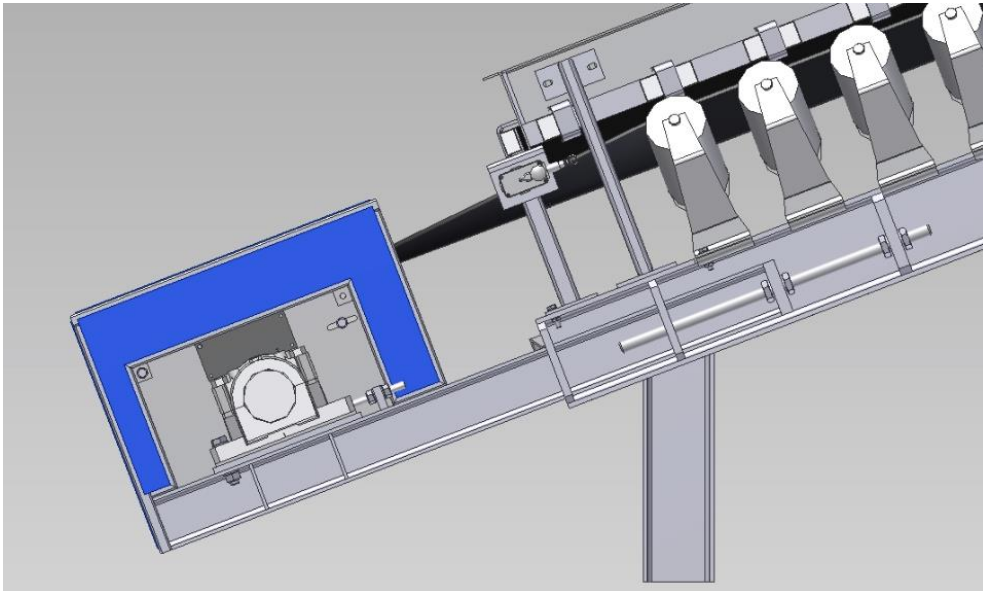
Aloituspalaverin, kaivoksella vierailun ja henkilöiden haastattelun perusteella selväksi ongelmakohdaksi muodostui likaisen ympäristön aiheuttama kiristysmekanismin jumiutuminen. Kiristysmekanismin toimimattomuuden aiheuttaa kaksi tekijää: kiristyskelkan liikkeen jumiutuminen ja kiristysvoiman aiheuttaman mekanismin jumiutuminen. Ongelma on esitelty seuraavaksi.

4.1.4 Hihnan kiristäminen ja siihen liittyvät ongelmat

Hihnakuljettimen hihnaa kiristetään, jotta hihnan ja vetorummun välille syntyy tarvittava kitka hihnan liikuttamista varten. Hihnoja kiristetään hihnan pituudesta ja kuormituksesta riippuen joko kiristysruuvilla tai vastapainolla. Yleensä ruuvikiristystä käytetään lyhyissä kuljettimissa ja vastapainoa pidemmissä kuljettimissa. Vaa'alla varustetut kuljettimet on varustettu yleensä vastapainolla. Tarkkaa määritelmää pitkälle ja lyhyelle kuljettimelle ei ole, mutta karkeana sääntönä voidaan alle 20 metrin pituisia kuljettimia pitää lyhyenä.

Kiristyskelkka

Kaivoksella suurin osa kiristysmekanismeista on varustettu kiristyskelkalla. Kiristyskelkkaan kiinnitetään kääntörumpu ja kelkkaa liikuttamalla säädetään kiristystä. Kelkka liikkuu joko liukumalla tai rullien varassa. Likaisten olosuhteiden vuoksi kelkan liikemekanismit jumiutuvat. Kelkan jumiutuminen paikalleen tekee ruuvikiristyksestä työlästä. Vastapainojärjestelmissä jumiutunut kelkka estää mekanismin toimimisen. Mikäli kelkka ei liiku, ei vastapaino pysty kiristämään hihnaa ja hihna alkaa luistaa. Kiristysmekanismin suunnittelussa olennaista on kehittää ratkaisu, joka toimii likaisessa ympäristössä. Kuvissa 11 ja 12 on esitetty kiristyskelkka erilaisilla kiristysmekanismeilla.



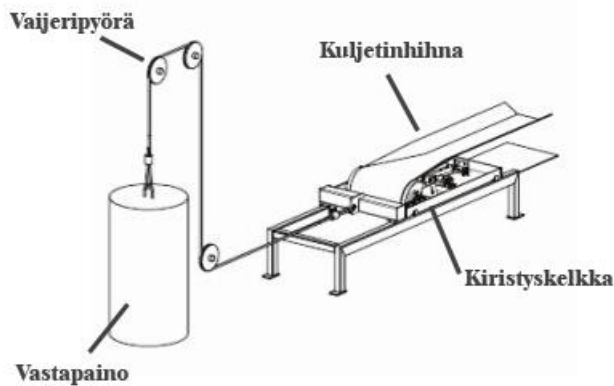
KUVA 11. Ruuvikiristyksellä varustettu kiristysmekanismi

Ruuvikiristys

Ruuvikiristystä käytetään lyhyissä kuljettimissa. Ruuvikiristyksellä saavutetaan portaaton kiristys, jota on helppo säätää. Ongelmana ruuvikiristyksessä on ruuvien ruostuminen. Kiinniruostunutta ruuvia ei ole mahdollista säätää, vaan se korvataan uudella. Lisäksi ruuvikiristys ei joustu kuten vastapainomekanismi, joten sitä ei voida käyttää pitemmissä kuljettimissa. Pitkät kuljettimet tarvitsevat myös kiristykseen suuret voimat, joten ruuvikoon tulisi kasvaa kohtuuttomiin. Kuvassa 11 näkyy ruuvikiristyksellä toimiva mekanismi.

Vastapaino

Vastapaino tarjoaa tasaisen ja jatkuvan kiristysvoiman hihnaan. Tämän lisäksi kiristys on joustava. Joustoa tarvitaan etenkin pitkien kuljettimien käynnistyksen yhteydessä. Mikäli kiristysjärjestelmä ei joustaa, hihna rikkoutuu. Kuvassa 12 on esitelty vastapainolla toteutettu kiristysmekanismi.



KUVA 12. Vastapainorakenne (3, muokattu)

Ideaaliolosuhteissa vastapaino on paras mahdollinen ratkaisu hihnan kiristämiseen. Kuitenkin kaivosteollisuudessa olosuhteet ovat hyvin likaisia, jolloin mekanismi ei toimi halutulla tavalla. Vastapaino tarvitsee tilaa, jota on hyvin rajallisesti tarjolla. Lisäksi vastapaino kerää likaa päälle, jolloin sen todellinen massa kasvaa. Tilantarpeen vuoksi vastapaino voidaan joutua sijoittamaan hyvin kauas itse kuljettimesta, jolloin käytetään vaijeripyöriä (kuva 12). Likainen ympäristö aiheuttaa pyörien jumiutumisen. Lisäksi vaijeripyörien kautta kulkeva vaijeri muotoutuu niiden mukaan, jolloin vaijerin liikkuminen estyy.

Haastattelemieni kunnossapitohenkilöiden mukaan edellä mainitut tekijät tekevät vastapainosta epäluotettavan rakenteen. Hihnaan kohdistuvaa todellista kiristysvoimaa on mahdotonta tietää tarkkaan. Hihnan kiristysvoiman tarkka tunteminen on tärkeää erityisesti hihnoissa, joissa on vaaka. Vaa'an kalibroimista varten tulee tietää hihnan kiristysvoima, jotta vaa'an antama mittatieto olisi luotettavaa.

4.2 Ideointi

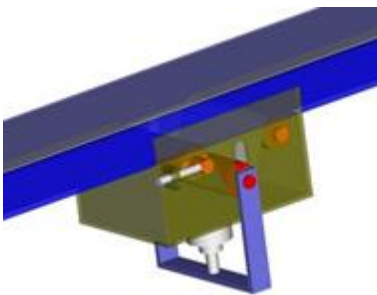
Kiristysmekanismin kehittämisen toisessa vaiheessa ideoitiin kiristysmekanismeja. Ideoinnille ei annettu minkäänlaisia rajoituksia. Tarkoituksena oli löytää mahdollisimman monta keinoa hihnan kiristämisen toteuttamiseksi. Mahdollisia hihnankiristysmenetelmiä etsittiin alan kirjallisuudesta, internetistä ja haastatteleamalla Oulun alueella toimivia yrityksiä.

Hihnan kiristysmekanismeja löytyi useita, mutta käytännön kokemuksia niistä oli vaikea löytää. Ideoiden etsimisessä keskityttiin kahteen asiaan: kiristyskelkan toteuttamistapaan ja kelkan liikkeen aikaansaavan mekanismin toteuttamistapaan. Ideoiden visualisointi tapahtui piirtämällä käsin ja mallintamalla Autodesk Inventor 2013 -ohjelmalla.

4.2.1 Kiristyskelkan ideointi

Kelkan sijainti

Perinteisesti kiristyskelkka sijoitetaan kuljettimen toiseen pätyyn, jossa kääntörumpu sijaitsee. Kiristyslaatikkoideassa mietittiin vaihtoehtoisia kelkan sijoituspaikkoja. Ideoinnin seurauksena huomattiin, että kelkan voisi sijoittaa myös kuljettimen alle. Vastaavia sovelluksia käytetään mm. kappaletavarankuljettimissa. Kuvassa 13 näkyy kiristyslaatikko idean rakenne.



KUVA 13. Kiristyslaatikko (12)

Kelkan liikkuminen

Kelkan liikkumisen toteuttamiseksi löydettiin kaksi yleisesti käytössä olevaa vaihtoehtoa. Kelkka joko liukuu tai kulkee rullilla. Rullilla toteutettu rakenne vaatii pienempiä voimia liikkuaan, mutta on rakenteeltaan monimutkaisempi.

Liukujohteiden rasvaamista sekä erilaisia liukupaloja ideoitiin, jotta voitaisiin pienentää kitkaa liukujohteissa.

Kelkan rakenne

Likaisista olosuhteista johtuen kiristyskelkan rakenteesta pyrittiin ideoimaan liikaahylyvä. Erityisesti liukumekanismien osien muotoiluun keskityttiin. Tasaista pintaa vältettiin, sen likaa keräävän muodon johdosta. Muodon osalta päädyttiin kahteen eri vaihtoehtoon. Liukumekanismien tulisi olla joko pyöreä tai kolmion mallinen, jotta lika ei kertyisi siihen.

4.2.2 Liikemekanismien ideointi

Kelkan liikuttamiseksi löydettiin useita eri vaihtoehtoja. Seuraavassa luettelossa on potentiaalisimmat vaihtoehdon kiristyskelkan liikuttamiseksi:

1. karamoottori
2. kierre- tai lautasjousi
3. trapetsiruuvi
4. hammaspyörä ja hammastanko
5. pneumatiikka
6. hydraulikka
7. sähkövinssi.

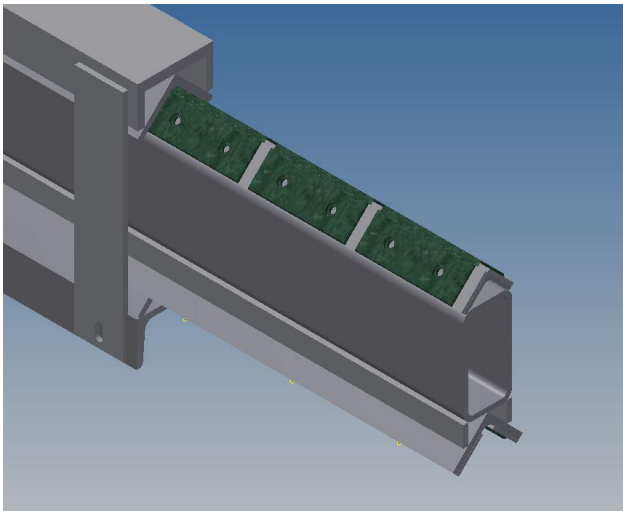
Liikemekanismit jaettiin kahteen kategoriaan: joustaviin ja joustamattomiin. Joustavilla mekanismeilla pystyttäisiin korvaamaan vastapainorakenne ja joustamattomilla mekanismeilla ruuvikiristysrakenne. Koska työn tarkoituksena oli korvata vastapainorakenne, pohdittiin, miten joustamattomista kiristysvaihtoehdoista saataisiin joustavia ja siten käyttökelpoisia.

4.3 Ideoiden kehittäminen

Ideointivaiheen tulokset koottiin yhteen ja ne käytiin läpi yrityksen edustajan kanssa. Toimimattomat ja vaikeasti toteutettavat ideat karsittiin. Kiristyskelkka päätettiin sijoittaa perinteisesti hihnakuljettimen pätyyn, sillä tuotantotilojen layout suosi ratkaisua. Kuljettimen alle sijoitettavalle kiristysmekanismille ei ollut vaadittavaa tilaa. Kiristyskelkkaa on lisäksi helpompi huoltaa, kun se sijaitsee kuljettimen päädystä.

Kiristyskelkan liukukiskon muodoksi valittiin kolmion mallinen rakenne. Rakenne on yksinkertaisempi ja halvempi toteuttaa kuin pyöreä liukukisko. Pyöreässä liukukiskossa jouduttaisiin käyttämään kalliita lineaarijohteita, jotka ovat myös herkkiä likaantumaa. Kolmion muotoinen rakenne voidaan toteuttaa käyttämällä standardin mukaisia profiileja.

Kuvassa 14 on esitetty idea kolmionmuotoisesta liukukiskosta. Kuvassa näkyvät vihreät levyt ovat muoviset liukupalat, joita päädyttiin käyttämään kitkan pienentämiseksi. Rullilla liikkuva kiristyskelkka hylättiin, koska todettiin, että rakenteesta tulisi liian monimutkainen. Rullat tarvitsevat laakerit, joka lisäävät huollon tarvetta.



KUVA 14. Liukukiskon prototyyppi

Kiristyskelkan liikemekanismissa valittiin hydraulikka. Hydraulikalla aikaansaadetaan jatkuva, tasainen ja ennen kaikkea riittävä voima. Kiristysvoimaa voidaan säätää ja mitata helposti. Hydraulijärjestelmä on myös mahdollista tehdä joustavaksi.

Hydraulijärjestelmän suunnittelemisessa käytettiin apuna Hydac Oy:n edustajan ammattitaitoa. Erilaisten kokoonpanojen toimivuutta testattiin Oulun seudun ammattikorkeakoulun hydraulikan laboratoriossa.

4.4 Valitun ratkaisun suunnitleminen

Neljännän vaiheen alussa pidettiin yrityksen edustajan kanssa palaveri, jossa käytiin läpi edellisten vaiheiden tuloksia. Tämän lisäksi kiristyskelkan muotoa ja rakennetta tarkennettiin. Edellisten työvaiheiden ideoita ja tutkimustuloksia hyödyntäen päädyttiin yhteen konseptiin, joka päätettiin toteuttaa.

Kokouksessa tehtiin päätös, mihin kuljettimeen suunniteltu rakenne tullaan asentamaan. Olemassa olevasta kuljettimesta saatiin tarvittavat dokumentit, minkä lisäksi kuljetinta käytiin katsomassa paikan päällä. Kuljettimelle tehtiin tarkistusmittaukset, joilla todettiin piirustusten vastaavan todellisia mittoja. Tarkistusmittauksilla varmistettiin tulevan kiristysmekanismin yhteensopivuus kuljettimeen. Mittausten yhteydessä selvitettiin myös tilan aiheuttamat rajoitukset tulevalle kiristysmekanismille.

Kokouksessa päätettiin lisätä hydraulisen kiristyksen lisäksi rakenteeseen ruuvikiristys. Ruuvikiristys varmistaa, että hihnakuljetin pysyy toimintakuntoisena, mikäli hydraulijärjestelmää huolletaan tai se vikaantuu.

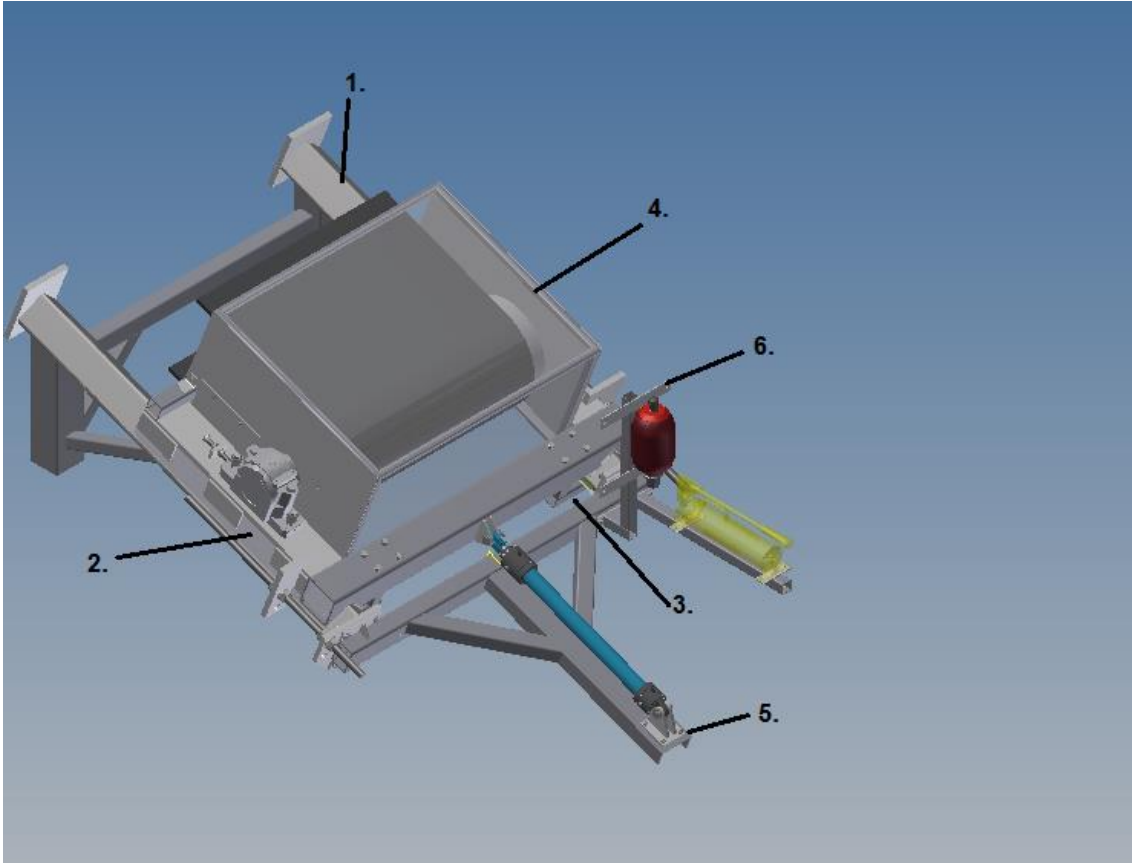
4.4.1 Kiristysmekanismin suunnitleminen ja mallintaminen

Kiristysmekanismin mallintaminen tehtiin Autodesk Inventor 2013 -ohjelmalla. Mallintamisessa pyrittiin rakenteen yksinkertaisuuteen, joten rakenteessa käytettiin paljon standardiprofiileja. Rakenneteräkset ja levyt valittiin Tibnor AB:n varastolaaduista. Rakenteen kestävyys ja vakaus varmistettiin käyttämällä vastaavia profiilikokoja ja ainevahvuuksia kuin olemassa olevassa kiristysmekanismissa. Tämän lisäksi tehtiin lujuustarkastelut Autodesk Inventor 2013 -ohjelman Stress Analysis -lisäosalla.

Kiristysmekanismin päämitat määräytyvät olemassa olevan kuljettimen mukaan. Olennaista mekanismin mitoittamisessa oli lisätä kiristyskelkan liikematkaa eli kiristysvaraa. Nykyisessä mekanismissa on 520 mm kiristysvaraa. Tarvittava kiristysvara on kokemusperäisesti 1,5 % kuljetinhihnan pituudesta. Kyseisessä kuljettimessa on 40 metriä pitkä hihna. Laskennallinen kiristysvara on siis 600 mm. Laskennalliseen kiristysvaraan lisättiin 50 mm varmuusvaraa, joten lopulliseksi kiristysvaraksi saatiin 650 mm.

3-D malli

Kuvassa 15 on esitetty kiristysmekanismi kokonaisuudessaan. Mallissa on lisäksi osa kuljetinhihnasta havainnollistamassa kokonaisuutta.



KUVA 15. Pääkokoonpanon 3D-malli

Kiristysmekanismi sisältää kuusi osakokoonpanoa:

1. runko
2. kiristyskelkka
3. alatuenta
4. suoja
5. hydraulikiristin
6. hydraulikomponenttien kiinnike.

Runko kiinnittyy nykyiseen kuljettimeen ja mahdollistaa kiristyskelkan liikkumisen. Kiristyskelkka kulkee kahta neliöprofiilia pitkin. Profiilien materiaaliksi valittiin ruostumaton teräs EN 1.4307, jotta kiristyskelkan liukuminen olisi jouhevaa.

Kiristyskelkkaan kiinnitetään kääntörumpu laakeripukkeineen. Laakeripukkien hienosäätö tapahtuu kiristyskelkassa olevien pulttien avulla (liite 2). Kiristyskelkka sisältää liukupalkit. Niiden tehtävänä on liukua rungon teräsprofiileja pitkin. Liukupalkeissa olevien liukuelementtien materiaaliksi valittiin Oilon. Oilon on erikoismuovi, jonka huokoiseen rakenteeseen on lisätty öljyä.

Alatuennan tarkoitus on varmistaa liukurungon pysyminen liukukiskoillaan. Alatuenta suunniteltiin irrotettavaksi, jotta rakenteen kokoonpaneminen ja huoltaminen olisi helpompaa. Valmistamisen helpottamiseksi alatuennassa on käytetty samaa liukuelementtiä kuin liukurungossa.

Suojan tehtävänä on estää pääsy liikkuviin osiin. Suojan koon määrää standardi SS-EN 203. Suojasta suunniteltiin mahdollisimman helposti irrotettava, jotta kunnossapito helpottuisi.

Hydraulikiristin kiinnittyy runkoon. Kiristin sisältää paikan sylinterille ja hydraulikomponenttien kiinnikkeelle. Hydraulikomponenttien kiinnike voidaan asentaa sylinterin molemmille puolille. Asennusta helpottamaan kiinnittiminä käytetään pultteja hitsaamisen sijaan. Hydraulikomponenttien kiinnikkeeseen kiinnittyvät paineakku ja käsipumppu.

Ruuvikiristys varmistaa kiristysmekanismin toimimisen kaikissa olosuhteissa. Kierretangolle suunniteltiin kaksi kiinnityspaikkaa molemmille puolille. Mikäli ruuvi ruostuu kiinni, voidaan toiseen kiinnityspaikkaan kiinnittää uusi ruuvi ja vanha leikata irti.

4.4.2 Piirustukset

Piirustukset laadittiin Autodesk Inventor 2013 -ohjelmalla. Työpiirustusten pohjana käytettiin LKAB:n mallia. Merkinnät piirustuksiin tehtiin ruotsin kielellä. Piirustuksiin valittiin hitsausluokaksi SS-EN ISO 5817-c. Toleranssiluokaksi valittiin SS-ISO 2768-m. Standardiluokkien valinta tehtiin yrityksen suositusten mukaisesti. Piirustukset toimitettiin työn tilaajalle, eikä niitä ole sisällytetty tähän työhön. Ainoastaan pääkokoonpanon piirustus on liitteenä (liite 2). Piirustusten lukumäärä on liitteessä 3.

5 HYDRAULIJÄRJESTELMÄN SUUNNITTELEMINEN

Hydraulijärjestelmästä haluttiin mahdollisimman yksinkertainen ja huoltovapaa. Järjestelmä sisältää käsitoimisen hydraulipumpun, paineakun, paineenalennusventtiilin ja kaksitoimisen hydraulisynterin. Hydraulikaavio ja osaluettelo ovat liitteenä (liite 4). Hydraulikaavio piirrettiin Autodesk AutoCad 2011 -ohjelmalla.

5.1 Järjestelmän toiminta

Käsi pumpulla täytetään paineakku. Paineakku pitää järjestelmän paineisena. Paineakun ja hydraulisynterin välillä on paineenalennusventtiili, jolla säädetään paine hydraulisynterille. Mikäli paine pääsee ulkoisesta voimasta kasvamaan, aukeaa venttiilin vuotoliitettä, joka johtaa paineen takaisin säiliöön. Tämä mahdollistaa synterin jouston ja kiristysvoiman pysymisen vakiona kaikissa tilanteissa.

Järjestelmä sisältää kaksi kappaletta painemittareita. Toisesta saadaan selville paineakun varaustaso ja tiedetään, onko paineakku tarve täyttää. Toisesta näkee synterissä vallitsevan paineen, josta voidaan laskea kiristysvoima. Tätä painemittaria käytetään myös järjestelmän säätämiseen.

5.2 Synterin valinta

Kiristysvoima tuotetaan kaksitoimisella hydraulisynterillä. Kahden synterin synkronoidun liikkeen todettiin olevan liian monimutkaista toteuttaa, joten päädyttiin yhteen synteriin. Piironki-ilmion välttämiseksi synteri asennetaan vetäväksi kiristyskelkan perälle (kuva 15). Synterin toinen liitettä liitetään järjestelmän paluulinjaan, jotta männän ohi vuotava öljy ei vuoda ympäristöön (liite 4).

Synterin tuottaman voiman tulee olla samansuuruinen kuin vastapainon aikaansaama voima. Vastapainon massa on 1 500 kg. Tarvittava voima laskettiin kaavalla 1 (10, s. 91). Laskuissa oletetaan, että vastapainon aiheuttama voima kiristää hihnaa ilman häviötä.

$$F = m * g, \text{ jossa } g = 9,81 \frac{m}{s^2} \text{ ja } m = 1\,500 \text{ kg}$$

KAAVA 1

$$F = 1500 \text{ kg} * 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 14715 \text{ N}$$

Tarvittava sylinterin koko lasketaan kaavalla 2 ja 3 (9, s. 14; 10, s. 18). Paineksi valittiin 100 bar, jotta painetta olisi mahdollista säätää.

$$P = \frac{F}{A} \rightarrow A = \frac{F}{P} \quad \text{KAAVA 2}$$

$$A = \frac{14715 \text{ N}}{10 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} = 1471,5 \text{ mm}^2$$

$$A = \frac{\pi * d^2}{4} \rightarrow d = \sqrt{\frac{4 * A}{\pi}} \quad \text{KAAVA 3}$$

$$d = \sqrt{\frac{4 * 1471,5 \text{ mm}^2}{\pi}} = 43,28 \text{ mm}$$

Sylinteriksi valitaan standardikokoinen halkaisijaltaan 50/28 oleva sylinteri. Ensimmäinen luku kuvaa männän halkaisijaa ja jälkimmäinen luku männänvarren halkaisijaa. Vetävässä sylinterissä paine kohdistuu pinta-alaan, joka on näiden halkaisijoiden erotus. Erotus lasketaan kaavalla 3.

$$d_3 = \frac{\pi * d_1^2}{4} - \frac{\pi * d_2^2}{4}$$

$$d_3 = \frac{\pi * (50\text{mm})^2}{4} - \frac{\pi * (28\text{mm})^2}{4} = 1348 \text{ mm}^2$$

Koska valitun sylinterin koko poikkeaa lasketusta, lasketaan tarvittava paine käyttäen kaavaa 2.

$$P = \frac{F}{A} = \frac{14715 \text{ N}}{1348\text{mm}^2} = 10,9 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} = 109 \text{ bar}$$

Sylinterin iskunpituus valitaan kiristyskelkan liikematkan mukaan. Iskunpituudeksi valittiin 650 mm.

Sylinteriksi valittiin PMC-Polarteknikin HCN 16 -sarjan sylinteri, joka valmistajan mukaan on tehty teollisuuden vaativiin sovelluksiin. Sylinteriin valittiin lisäksi

kiinnikkeet etu- ja takapäättyyn. Sylinterin täydellinen malli on liitteessä 4. Sylinterivalmistajan valintaa puoltaa laaja jälleenmyyntiverkosto.

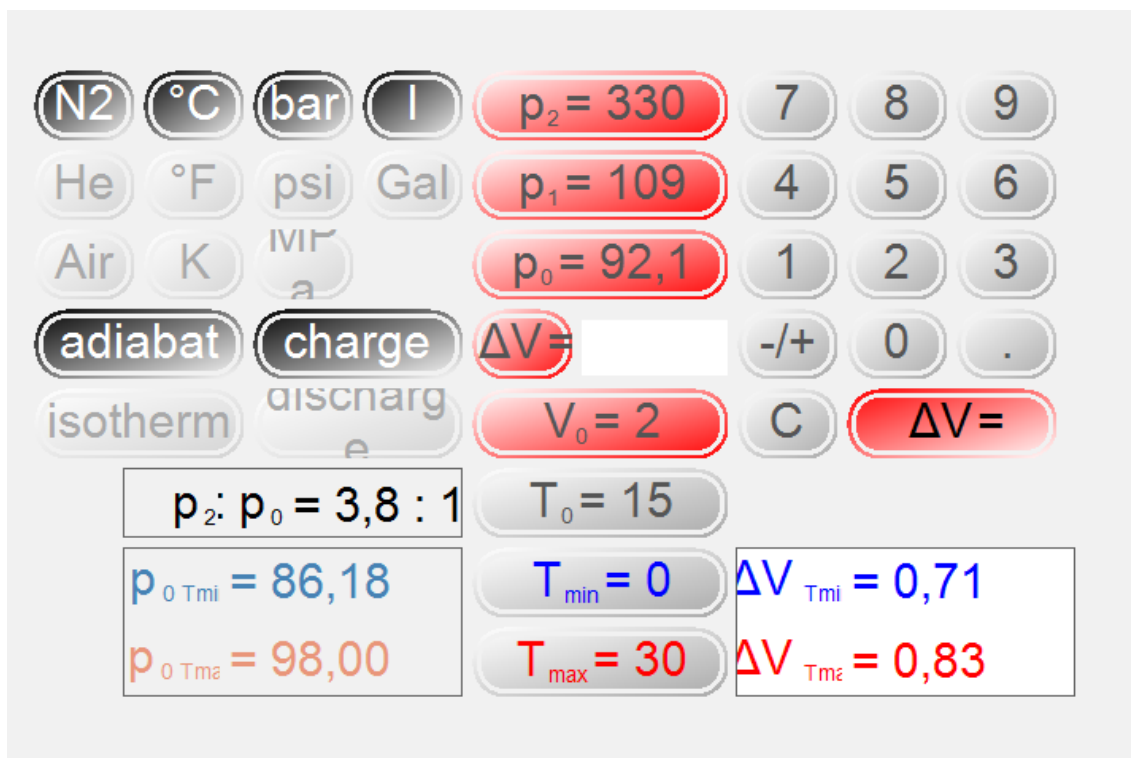
5.3 Pumpun valinta

Koska järjestelmän tulee olla mahdollisimman yksinkertainen, valittiin pumpuksi käsipumppu. Käsipumpun valintakriteereinä ovat riittävä säiliökoko ja paluulinjan kytkentämahdollisuus säiliöön. Käytettävän hydraulisyylinterin paluupuolen tilavuus on 0,94 litraa, minkä lisäksi paineakkuun mahtuu noin 2 litraa öljyä. Tarvittaessa koko järjestelmän öljymäärän on mahdollista säiliöön, joten minimikoko säiliölle on 3 litraa. Hydraulipumpuksi valittiin Enerpacin käsipumppu mallia P-801. Sen säiliökoko on 4,1 litraa.

5.4 Paineakun valinta

Paineakku valittiin Hydac Oy:n valikoimista. Noin puolet paineakun nimellistilavuudesta on käytettävissä öljylle. Paineakun tehtävä on tarjota jatkuva paine sylinterille koko liikematkalla. Sopiva akku olisi 2,5 litran malli sylinterin paluupuolen tilavuuden mukaan. Paineakun täyttämistiheyden pienentämiseksi valittiin pykälää suurempi 4 litran paineakku. Suurempi akku pystyy myös kompensoimaan järjestelmässä esiintyviä pieniä vuotoja. Paineakkutyypiksi valittiin rakkoakku sen huollettavuuden vuoksi.

Akun esitäyttöpaine saa olla korkeintaan 90 % järjestelmän käyttöpainesta. Esitäyttöpaineen tulee kuitenkin olla vähintään 25 % järjestelmän maksimi paineesta. Esitäyttöpaine laskettiin käyttäen Hydac Oy:n ASP 5.0 light -ohjelmistoa (kuva 16). Akun käyttölämpötilaksi arvioitiin 0–30 °C. Esitäyttöpaineeksi laskettiin 92 baria, mikä merkittiin myös hydraulikaavioon (liite 4). Kuvasta 16 näkyy, että esitäyttöpaine pysyy asetetuissa rajoissa, myös 30 °C:n lämpötilassa.



KUVA16. Esitäyttöpaineen laskenta ASP 5.0 light -ohjelmalla

Paineakku valittiin ns. Accuset-mallina. Accuset sisältää tarvittavat kiinnikkeet akun kiinnittämiseksi, minkä lisäksi se sisältää turvalohkoventtiilin. Turvalohkoventtiilin sisältämä sulkuventtiili valittiin käsitoimiseksi. Sulkuventtiilillä voidaan purkaa öljypuolelta paine huollon yhteydessä. Mikäli paineakku huolletaan, tulee ensin tehdä öljypuoli paineettomaksi ja sen jälkeen myös kaasupuoli. Turvalohkoventtiiliin valittiin lisävarusteeksi paineenrajoitusventtiili. Paineenrajoitusventtiiliin aukeamispaineeksi valittiin 250 baria.

Kaasupuolelle valittiin myös turvalohko, joka sisältää paineenrajoitusventtiilin ja painemittarin. Painemittarista voidaan katsoa akun varaustaso. Mikäli akun paine laskee alle järjestelmän paineen, tulee se täyttää käsipumpulla.

5.5 Venttiilien valinta

Sylinterille menevän paineen säätämistä varten järjestelmään valittiin paineenalennusventtiili. Paineenalennusventtiiliksi valittiin Hydac DR-08. Venttiili on normaalisti avoin, ja se on varustettu vuotoliitännällä. Venttiilin valinnassa

kiinnitettiin huomiota sen tiiveyteen. Venttiilin valmistaja ilmoittaa venttiilin olevan vuotovapaa.

Järjestelmässä on kaksi kappaletta käsitoimisia sulkuventtiilejä. Venttiileiksi valittiin Hydac Oy:n KHB -venttiilit. Toinen venttiileistä mahdollistaa painemittarin vaihdon järjestelmän toimiessa ja toisella venttiilillä saadaan purettua paine sylinteriltä.

Järjestelmä sisältää kaksi vastaventtiiliä. Toisen venttiilin tehtävänä on estää virtaus pumpulle ja toisen estää virtaus sylinterin menoliitántään. Venttiileiksi valittiin Hydac Oy:n RV-10.

5.6 Hydrauliputkien valinta

Hydrauliputket mitoitetaan asennuksen yhteydessä. Venttiilit valittiin G3/8-liitännöillä, jotta putkituksesta tulisi mahdollisimman yksinkertaista. Koska sylinteri altistuu värinälle ja voi myös hieman liikkua, valittiin sylinterille letkut putkien sijaan (liite 4).

6 POHDINTA

Tehtävänä oli kehittää ratkaisu, jolla voidaan korvata LKAB:n kaivoksella olevan hihnakuljettimen vastapainokiristysmekanismi. Hihnakuljettimia käytetään kuljetamaan louhosmateriaalia prosessien välillä. Ideaaliolosuhteissa vastapainolla voidaan toteuttaa erinomainen ja yksinkertainen kiristysmekanismi, jolla saavutetaan tasainen kiristysvoima. Kuitenkin käytännön olosuhteet tekevät vastapainorakenteesta ongelmallisen. Kaivoksen likainen ympäristö aiheuttaa vastapainorakenteen jumiutumista, minkä lisäksi vastapaino vaatii paljon tilaa toimiakseen.

Kiristysmekanismin kehittämisen yhteydessä löytyi paljon rakennetta rajoittavia tekijöitä. Kaivoksen likainen ympäristö asetti haasteita suunnittelemiselle. Laakereiden tai lineaarijohteiden käyttö osoittautui miltei mahdottomaksi. Rakenteen tuli olla yksinkertainen ja ennen kaikkea toimintavarma. Kunnossapidettäviä osia tuli välttää. Kiristysvoiman on oltava kaikissa tilanteissa vakio. Käynnistettäessä kuljetinta pitää kiristysjärjestelmän joustaa, jotta hihna ei rikkoutuisi. Kaiken tämän lisäksi kiristysmekanismin tulisi olla sovellettavissa mahdollisimman pienillä muutoksilla myös muihin kuljettimiin.

Työ toteutettiin rajoitteista huolimatta ilman ennakkoluuloja. Alkutoimilla pohjustettiin työ perusteellisesti. Työtä varten hankittiin tietoa hihnakuljettimista ja tutustuttiin kuljettimiin ja LKAB:n kaivokseen.

Ideointivaiheeseen käytettiin paljon aikaa, ja pyrkimyksenä oli tuottaa myös mahdottomalta kuulostavia ideoita. Ideoita karsittiin ja jatkojalostettiin työn eri vaiheissa. Mitä pidemmälle työ eteni, sitä enemmän rajoitteita työn lopulliselle rakenteelle löytyi. Järjestelmällisellä työskentelyllä saavutettiin lopulta kaikkia osapuolia miellyttävä ja toimiva ratkaisu.

Hydraulinen kiristysmekanismi täyttää kaikki sille asetetut vaatimukset (liite 1). Hydraulijärjestelmä on vastapainomekanismia monimutkaisempi, mutta hydraulijärjestelmäksi varsin yksinkertainen. Hydraulikalla saadaan aikaan tasainen kiristysvoima, kuten vastapainolla. Etuna hydraulijärjestelmälle on sen helppo säädettävyys. Mikäli hinnan kiristysvoiman tarve kasvaa, voidaan tar-

peeseen vastata nopeasti ja yksinkertaisesti. Kehitetty hydraulijärjestelmä mahtuu pienempään tilaan kuin vastapaino eikä ole yhtä herkkä lialle. Suurin haaste on saada hydraulijärjestelmästä niin tiivis, ettei paineakku tarvitse täyttää jatkuvasti. Ongelman poistamiseksi käsipumpun tilalle voidaan asentaa hydraulikoneikko. Kunnossapidollisista syistä hydraulijärjestelmä suunniteltiin toteutettavaksi ilman erillistä suodatinta. Suodatin voidaan asentaa jälkikäteen, mikäli hydraulijärjestelmä halutaan toimintavarmemmaksi.

Liikemekanismin toteuttaminen onnistui. Rakenne on yksinkertainen valmistaa ja sisältää ainoastaan standardin mukaisia profiileja. Rakenne mahtuu kokonaisuudessaan sille varattuun tilaan. Mikäli kehitettyä mekanismia halutaan soveltaa muihin kuljettimiin, onnistuu se varsin pienillä muutoksilla. Vaikkakin rakenteen lujuuden tarkasteluun käytettiin paljon aikaa, tuli rakenteesta hieman ylimitoitettu. Toimintavarmuuden kannalta ratkaisu on hyvä. Mikäli rakenteesta olisi tehty keveämpi, oltaisiin materiaalikustannuksissa säästetty.

Työn teoriaosuus tukee käytännön osuutta. Teoriaosuudessa on käsitelty keskeisimmät käytännön osuuden aiheet ja teoriaa on hyödynnetty tehtäessä työtä. Erityisesti hihnakuljettimien rakenteeseen perehtyminen oli hyödyllistä, mutta myös paineenalennusventtiiliä ja paineakku valittaessa teoretiedosta oli runsaasti hyötyä.

Työn tekemiseen kului aikaa odotettua enemmän. Liitteestä 3 näkee työpiirustusten lukumäärän, joka antaa käsityksen tehdystä työmäärästä. Työpiirustusten lisäksi työn kehitysvaiheessa laadittiin runsaasti piirustuksia. Laaditussa aikataulussa kuitenkin pysyttiin, mikä johti pidentyneisiin työpäiviin.

Työ oli ennen kaikkea opettavainen. Työtä tehtäessä opittiin mekaanisen suunnittelun menetelmät sekä hihnakuljettimien toiminta- ja käyttöperiaatteet. Myös hydrauliiikan komponentit ja niiden valintaperiaatteet tulivat työn eri vaiheissa tutuksi. Suunniteltu ratkaisu tullaan toteuttamaan ja on hyvin mielenkiintoista päästä katsomaan lopputulosta.

LÄHTEET

1. Swinderman, R. Todd – Larry, P.E. – Goldbeck, J. – Marti, Andrew D. 2002. Foundations 3. The practical resource for total dust & material control. Illinois U.S.A.: Martin Engineering Neponset.
2. Kumitietoutta. 2007. Kumiteollisuus Ry. Saatavissa: <http://www.kumiteollisuus.fi/fin/kumitietoutta/>. Hakupäivä 12.2.2013.
3. Parikka, Risto – Mäkelä, Kimmo K. – Sarsama, Janne – Virolainen, Kimmo 2000. Hihnakuuljettimien käytön, turvallisuuden ja luotettavuuden parantaminen. VTT. Saatavissa: <http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2000/T2036.pdf>. Hakupäivä 15.2.2013.
4. Trellex-tekstiilivahvistehihnat. 2008. Esite. Metso minerals.
5. Rullia ja komponentteja hihnakuuljettimille massatavaran käsittelyyn. 2007. Esite. Rulmeca Oy.
6. Rollers and components for bulk handling. 2010. 7. painos. Tuoteluettelo. Rulli Rulmeca SpA.
7. Fonselius, Jaakko 1993. Koneautomaatio. Hydraulikka. 8., tarkistettu painos. Helsinki: Painatuskeskus Oy.
8. Akkutekniikan perusteita. Hydac Oy.
9. Kajaste, Jyrki – Kauranne, Heikki – Vilenius, Matti 2008. Hydrauliteknikka. Helsinki: WSOY.
10. Tekniikan kaavasto. 2000. Tampere: Tammertekniikka Oy.
11. Short facts about LKAB. 2013. LKAB. Saatavissa: <http://www.lkab.com/en/About-us/Short-Facts/>. Hakupäivä 17.4.2013
12. Belt tensioning methods for small package conveyors. 2011. IEN. Saatavissa: <http://www.iem.com/article/belt-tensioning-methods/163654>. Hakupäivä 1.2.2013



LÄHTÖTIETOMUISTIO

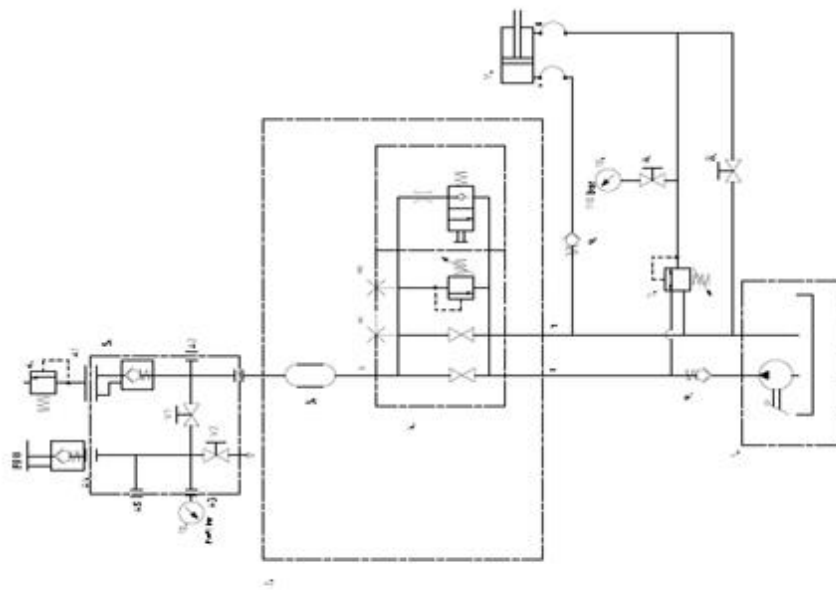
Työn tiedot	Tekijä ¹	Tilaja ²
	Sakari Viitala	Eurocon Engineering AB
	Tilajan yhdyshenkilö ja yhteystiedot ³	
	Daniel Zakrisson	
	Työn nimi ⁴	
	Utveckling och konstruktion av spännanordning för bandtransportörer Hihnakuljettimien kiristysmekanismin kehitys ja suunnittelu	
	Työn kuvaus ⁵	
	<p>Utveckla och ta fram en lösning för att ersätta motvikt som spännanordning till bandtransportörer där dessa tillämpas. De bandtransportörer som har en spännanordning med motvikt är främst långa transportörer samt transportörer med bandvåg. En transportör med bandvåg har som krav att bandspänningen ska vara konstant varför motviktslösningen tillämpas. Lösningen med motvikten är platskrävande och är därför svår att placera i en del fall, den kräver också mycket underhåll och då främst rengörning för att fungera tillfredsställande. Idén är att mekaniskt kunna ersätta motvikten och ändå erhalla en tillräckligt bra bandspänning.</p> <p>Työn tarkoituksena on kehittää ratkaisu, jolla voidaan korvata nykyinen vastapainorakenne. Vastapainon avulla kiristettävät kuljettimet ovat yleensä pitkiä tai vaihtoehtoisesti vaa'alla varustettuja. Vaa'alla varustetuissa kuljettimissa hihnan on oltava jatkuvasti oikeassa jännityksessä, minkä takia kiristykseen käytetään vastapainoa. Vastapainorakenne vaatii paljon tilaa ja on monissa paikoissa vaikeasti sijoitettava. Se vaatii myös paljon kunnossapitoa ja etenkin puhdistusta toimiakseen oikein. Ajatuksena on korvata vastapaino ja säilyttää samalla riittävän hyvä ja jatkuva jännitys hihnassa.</p>	
Työn tavoitteet ⁶		
<p>Utveckla, konstruera samt dokumentera ett fungerande koncept och ta fram färdiga konstruktionsunderlag för en befintlig transportör.</p> <p>Työn tavoitteena on kehittää, suunnitella ja dokumentoida toimiva konsepti sekä laatia työpiirustukset olemassa olevalle kuljettimelle.</p>		
Tavoiteaikataulu ⁷		
Työn tekijä laatii aikataulun.		
Päiväys ja allekirjoitus ⁸		
Tekijän allekirjoitus		8/1/2013 Kiruna Tilajan allekirjoitus 
<ol style="list-style-type: none"> 1. Tekijän nimi, puhelinnumero ja sähköpostiosoite. 2. Työn teettävän yrityksen virallinen nimi. 3. Sen henkilön nimi ja yhteystiedot, joka yrityksessä valvoo työn suoritusta. 4. Työn nimi voi olla tässä vaiheessa työnimi, jota myöhemmin tarkennetaan. 5. Työ kuvataan lyhyesti. Siinä esitetään muun muassa työn tausta, lähtötilanne ja työssä ratkaistavat ongelmat. 6. Esitetään lyhyesti ja selvästi työn tavoitteet. 7. Esitetään projektin tavoiteaikataulu. Silloin, kun työllä on välitavoitteita, myös ne merkitään aikatauluun. Tavoiteaikataulun ja oppilaitoksen yleisaikataulun perusteella tekijä laatii oman aikataulunsa. 8. Lähtötielomistio päivätään ja sen allekirjoittavat tekijä ja tilaajan yhdyshenkilö 		

N:o	OSAN NIMI	MÄÄRÄ	OSAN NIMI	MÄÄRÄ	OSAN NIMI	MÄÄRÄ
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22

ILMON VAIK. 8003 JGD
 EUROCON
 OY

1. pääkoonpano
2. runko, 8 osaa
3. kiristyskelkka, 11 osaa
 - a. alakoonpano: liukupalkki, 3 osaa
4. alatuenta, 6 osaa
5. suoja, 8 osaa
6. hydraulikiristin, 7 osaa
7. hydraulikomponenttien kiinnike, 6 osaa
8. hydraulikaavio

Yhteensä 8 kokoonpanopiirustusta, joissa 49 osapiirustusta. Hydraulikaaviossa on 11 komponenttia.



Nro	Kuvaus	Määrä	Yksikkö	Osittainen hinta	Kokonaishinta
1	Hydraulinen painepumppu	1	ks	100,00	100,00
2	4/3-venttiili	1	ks	150,00	150,00
3	Painepumppu	1	ks	50,00	50,00
4	Hydraulinen sylinteri	1	ks	200,00	200,00
5	Painepumppu	1	ks	50,00	50,00
6	Hydraulinen painepumppu	1	ks	50,00	50,00
7	Hydraulinen painepumppu	1	ks	50,00	50,00
8	Hydraulinen painepumppu	1	ks	50,00	50,00
9	Hydraulinen painepumppu	1	ks	50,00	50,00
10	Hydraulinen painepumppu	1	ks	50,00	50,00
11	Hydraulinen painepumppu	1	ks	50,00	50,00
12	Hydraulinen painepumppu	1	ks	50,00	50,00
13	Hydraulinen painepumppu	1	ks	50,00	50,00
14	Hydraulinen painepumppu	1	ks	50,00	50,00
15	Hydraulinen painepumppu	1	ks	50,00	50,00
16	Hydraulinen painepumppu	1	ks	50,00	50,00
17	Hydraulinen painepumppu	1	ks	50,00	50,00
18	Hydraulinen painepumppu	1	ks	50,00	50,00
19	Hydraulinen painepumppu	1	ks	50,00	50,00
20	Hydraulinen painepumppu	1	ks	50,00	50,00
21	Hydraulinen painepumppu	1	ks	50,00	50,00
22	Hydraulinen painepumppu	1	ks	50,00	50,00
23	Hydraulinen painepumppu	1	ks	50,00	50,00
24	Hydraulinen painepumppu	1	ks	50,00	50,00
25	Hydraulinen painepumppu	1	ks	50,00	50,00
26	Hydraulinen painepumppu	1	ks	50,00	50,00
27	Hydraulinen painepumppu	1	ks	50,00	50,00
28	Hydraulinen painepumppu	1	ks	50,00	50,00
29	Hydraulinen painepumppu	1	ks	50,00	50,00
30	Hydraulinen painepumppu	1	ks	50,00	50,00
31	Hydraulinen painepumppu	1	ks	50,00	50,00
32	Hydraulinen painepumppu	1	ks	50,00	50,00
33	Hydraulinen painepumppu	1	ks	50,00	50,00
34	Hydraulinen painepumppu	1	ks	50,00	50,00
35	Hydraulinen painepumppu	1	ks	50,00	50,00
36	Hydraulinen painepumppu	1	ks	50,00	50,00
37	Hydraulinen painepumppu	1	ks	50,00	50,00
38	Hydraulinen painepumppu	1	ks	50,00	50,00
39	Hydraulinen painepumppu	1	ks	50,00	50,00
40	Hydraulinen painepumppu	1	ks	50,00	50,00
41	Hydraulinen painepumppu	1	ks	50,00	50,00
42	Hydraulinen painepumppu	1	ks	50,00	50,00
43	Hydraulinen painepumppu	1	ks	50,00	50,00
44	Hydraulinen painepumppu	1	ks	50,00	50,00
45	Hydraulinen painepumppu	1	ks	50,00	50,00
46	Hydraulinen painepumppu	1	ks	50,00	50,00
47	Hydraulinen painepumppu	1	ks	50,00	50,00
48	Hydraulinen painepumppu	1	ks	50,00	50,00
49	Hydraulinen painepumppu	1	ks	50,00	50,00
50	Hydraulinen painepumppu	1	ks	50,00	50,00

Osoite: ...

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----