

# VAUNUSYÖTTIMEN AKSELISTON KEHITYS

LAHDEN AMMATTIKORKEAKOULU  
Kone- ja tuotantotekniikka  
Suunnittelupainotteinen mekatroniikka  
Opinnäytetyö  
24.4.2007  
Henri Tyyskä

Lahden ammattikorkeakoulu  
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma

TYYSKÄ, HENRI: Vaunusyöttimen akseliston kehitys

Suunnittelupainotteisen mekatroniikan opinnäytetyö, 28 sivua, 3 liitesivua

Kevät 2007

## TIIVISTELMÄ

---

Tämän opinnäytetyön aiheena oli hydraulisen vaunusyöttimen akselistorakenteen parantaminen. Alkuperäisessä ratkaisussa akselit menivät syöttimen alla puolelta toiselle yhtenä akselina. Akseliston kehitystyö oli tarpeen, sillä alkuperäinen akselisto on hankala säätää, huoltaa sekä kustomoida asiakkaan tarpeita vastaamaan.

Akseliston muutostyö alkoi määrittelemällä aiemman ratkaisun ongelmakohdat. Työ jatkui listaamalla erilaisia vaihtoehtoja uudesta akselistokokoonpanosta. Näistä vaihtoehtoista valittiin luotettavin sekä käyttäjäystävällisin vaihtoehto jatkokehittelyä varten. Seuraava vaihe oli 3D-mallin teko valitusta akselistosta sekä itse syöttimestä. Mallin pohjalta laskettiin akseliston lujuuslaskennat sekä sen varmuuskerroin. Akselistossa käytettyjen laakereiden kestoikä määritettiin lujuuslaskennan jälkeen.

Työssä käytettiin apuna Solid Works 3D-suunnitteluohjelmaa. Lujuuslaskennoissa ja varmuuskertoimen määrittämisessä työkaluna oli Solid Worksin lisäosa Cosmos Works. Työn lopputuloksena on valmiit valmistuskuvat uudesta akselistosta, prototyypin valmistusta varten.

Avainsanat: Vaunusyötin, Kaivostyö, Akselisto

Lahti University of Applied Sciences  
Degree Programme in Mechanical and Production Engineering

TYYSKÄ, HENRI: Axle development of plate feeder

Bachelor's thesis in Mechatronics, 28 pages, 3 appendices  
Spring 2007

## ABSTRACT

---

The topic of this thesis was to improve the axle construction of a plate feeder. The main objective was to plan modification of the support shafts. At the moment, the axles go through the feeder as one solid shaft. It was necessary to change this axle construction because it is difficult to service and customize to meet the client's needs.

The modification work started by determining the problems of the original solution. The conclusion was that separate axles on both sides of the feeder had to be designed to make it more functional. Work continued with listing several different options for the new axle construction and choosing the most reliable and user friendly alternative for further development. Next phase was to create a 3D-model of the new axle and make some strength calculations. After the strength calculations, the estimated life time of the bearings were calculated.

The design work was done using by 3D design program Solid works. Factor of safety distribution and strength calculations were made by using Cosmos works design check program. Results of the study are detailed production drawings for the new axle ready for manufacturing the prototype.

Key words: plate feeder, mill, support shaft

# SISÄLLYS

## LASKENNOISSA ESIINTYVÄT LYHENTEET JA TUNNUKSET

1	JOHDANTO	1
2	SANDVIK KONSERNI	2
2.1	Roxonin historia	2
3	VAUNUSYÖTIN	3
3.1	Syöttimen toimintaperiaate	3
3.2	Käyttökohteet	4
4	SYITÄ SYÖTTIMEN KEHITYKSEEN	4
4.1	Huolto	4
4.2	Kestävyys	5
4.3	Säädettävyys	5
4.4	Suunnittelu	5
4.5	Hinta	6
5	UUDEN AKSELISTON SUUNNITTELU	6
5.1	Vaihtoehto 1	7
5.2	Vaihtoehto 2	8
5.3	Vaihtoehto 3	9
5.4	Valittu akselistovaihtoehto	10
6	KESTÄVYYS	10
6.1	Liikuteltava massa	11
6.2	Leikkausrasitus	11
6.3	Tietokoneavusteinen lujuuslaskenta	13
6.3.1	Alkuperäinen akseli	13
6.3.2	Uusi akselisto	15
6.3.3	Aksiaalivoima	16
7	LAAKERIT	17
7.1	Dynaaminen kuormitus	18
7.2	Staattinen kuormitus	19

8	KORKEUSSÄÄTÖ	20
8.1	Säätövaihtoehto 1	21
8.2	Säätövaihtoehto 2	22
8.3	Säätövaihtoehto 3	23
	LÄHTEET	26
	LIITTEET	27

## LASKENNOISSA ESIINTYVÄT LYHENTEET JA TUNNUKSET

$m$  = Massa

$W$  = Leveys

$L$  = Pituus

$Q$  = Aineen tiheys, leikkausvoima

$F$  = Voima

$F_r$  = Sylinterin paluuvoima

$m$  = Massa

$g$  = Gravitaatiovakio  $9,81\text{m/s}^2$

$\tau$  = Leikkausjännitys

$\tau_{\text{sall}}$  = Suurin sallittu leikkausjännitys

$\eta$  = Varmuuskerroin

$C$  = Laakerin dynaaminen kantavuusluku

$C_0$  = Laakerin staattinen kantavuusluku

$P_0$  = Laakerin staattinen ekvivalenttikuormitus

$P$  = Laakerin dynaaminen ekvivalenttikuormitus

$p$  = Eksponentti, jonka arvo kuulalaakereille on 3, ja rullalaakereille  $10/3$

$F_r$  = Radiaalivoima

$F_a$  = Aksiaalivoima

$n$  = Pyörimisnopeus

$L_{10h}$  = Laakerin nimelliskestoikä käyttötunteina

# 1 JOHDANTO

Sandvik on Ruotsalainen suurkonserni, joka toimii monella eri teollisuuden alalla. Sandvik Mining & Construction Hollola suunnittelee ja valmistaa laitteita maan- alaiseen sekä -päälliseen kaivostyöhön eripuolille maailmaa.

Hollolan toimipisteen tuotteista yksi on hydraulinen vaunusyötin. Syöttimen kestävyudessa on todettu puutteita, joiden aiheuttajaksi on paikallistettu vaunun kannatusakselisto. Opinnäytetyön tarkoitus on kehittää syöttimen akselistoa ja sen säädettävyyttä siten, että syöttimen kestävyys, huollettavuus ja kustomointimahdollisuudet parantuvat. Työssä, sekä sen liitteissä esiintyvissä valmistuskuvissa on esitetty ainoastaan laskentojen kannalta tärkeät mitat.

## 2 SANDVIK-KONSERNI

Sandvik on monialainen konserni, jossa työskentelee 130 eri maassa yli 42 000 työntekijää ja sen liikevaihto vuonna 2006 oli 7700 M EUR. Ruotsalainen Göran Fredrik perusti Sandvikin vuonna 1862. Alkuvuosina liiketoiminta koostui lähinnä kiviporien materiaalin valmistuksesta. Ruostumattoman teräksen valmistus aloitettiin vuonna 1921. Vuonna 1999 sahojen ja työkalujen valmistus siirrettiin siivuun, ja Sandvikin toiminta keskitettiin kolmeen osa-alueeseen, joita ovat Tooling, Mining and Construction ja Speciality Steels. Speciality Steels muutti nimensä vuoden 2003 alussa Sandvik Materials Technology:ksi. (Sandvik Group)

### 2.1 Roxonin historia

Roxon perustettiin vuonna 1965, jolloin sen päätoimialana oli louhinnassa käytettävien laitteiden kehittäminen ja valmistus. Reilun kymmenen vuoden yritystoiminnan jälkeen, vuonna 1977, Roxon liittyi osaksi Kone-yhtymää. Vuonna 1986 yritys kuitenkin irtaantui Kone-yhtymästä ja aloitti toimintansa Outokumpuyhtymän tytäryhtiönä. Samaan aikaan yrityksen nimi vaihdettiin takaisin Roxoniksi. Kaivostoimintaan keskittyneeseen Tamrockiin Roxon liittyi vuonna 1995, ja jo vuonna 1998 Tamrock ja Roxon liittyivätkin yhdessä osaksi Sandvik-konsernia. Tammikuussa 2007 Roxon-nimi poistui käytöstä, ja sen nimeksi tuli Sandvik Mining and Construction Hollola. Sandvik Mining and Construction Hollolan osuus koko konsernin liikevaihdosta on noin 40 MEUR, ja sen nykyinen työntekijämäärä on noin 90.

Hollolan toimipisteen tuotteisiin kuuluvat kuljetinjärjestelmät, kuljetinkomponentit, seulat sekä syöttimet. Laitteet suunnitellaan Hollolassa ja valmistetaan pääasiassa alihankkijoilla, pois lukien kuljetinrullien tuotanto. Yrityksen asiakkaita ovat erilaiset maanrakennus- sekä kaivosteollisuuden yritykset. Lisäksi Hollolan toimipisteen tuotteita käytetään voimalaitoksissa, satamissa sekä erilaisissa louhimoissa.



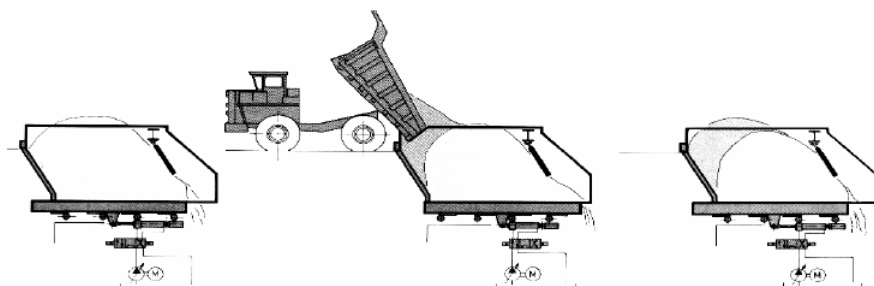
### 3 VAUNUSYÖTIN

#### 3.1 Syöttimen toimintaperiaate

Vaunusyötin on osa kaivosmateriaalin käsittelyketjua. Vaunusyöttimen vaunu liikkuu edestakaisin hydraulisylinterin voimin. Vaunun liikkuesssa eteenpäin pääsee sen yläpuolella olevasta suppilosta putoamaan materiaalia vaunun päälle syntyneeseen vapaaseen tilaan. Vaunun palatessa takaisin syöttimelle pudonnut materiaali työntää aiemmin tuotua materiaalia vaunulta alas (KUVIO 1).

Vaunun iskunpituus määräytyy syötettävän materiaalin, kappalekoon ja holvaustaipumuksen sekä vaaditun syöttötehon mukaan. Vaunusyötintä voidaan operoida paikallisesti paikallisohjaukskotelolta, tai kauko-ohjattuna valvomosta. (Roxon Oy, Vaunusyöttimen huolto- ja käyttöohje)

Syöttimen tarkoitus on annostella materiaalia siten, ettei suuri materiaalimäärä pääse suoraan maansiirtokoneelta murskaimelle tai seulalle ylikuormittaen tai vaurioittaen laitetta. Vaunusyöttimessä on monia etuja samaan tehtävään tarkoitettuun tärysyöttimeen verrattuna. Vaunun päällä on jatkuvasti jonkin verran materiaalia, joka pehmentää syöttimelle putoavan materiaalin iskuja. Mikäli tulee tarvetta pysäyttää syötin, pysähtyy vaunusyötin välittömästi, sen sijaan tärysyötin käy kymmeniä sekunteja sammuttamisen jälkeen. Vaunusyöttimellä voidaan käsitellä tarttuvampia materiaaleja kuin tärysyöttimillä.



KUVIO 1. Vaunusyöttimen toiminta

### 3.2 Käyttökohteet

Vaunusyöttimiä käytetään kaivoksissa monenlaisien materiaalien syöttämiseen jatkokäsittelyä varten. Maanalainen louhinta ei ole ainoa syöttimen käyttökohte, vaan sitä käytetään myös maanpäällisillä louhoksilla. Sandvikin valmistamia vaunusyöttimiä käytetään louhoksilla ympäri maailmaa useissa kymmenissä eri maissa. Hollolan toimipisteen syöttimiä on myyty maailman jokaiselle mantereelle vuodesta 1967 lähtien yhteensä 378 kpl, kevääseen 2007 mennessä. Syöttimet suunnitellaan yleensä yksilöllisesti käyttökohteensa mukaan siten, että ne sopivat asiakkaan tekemään tilaan ja käyttötarkoituksen ilman ongelmia.

## 4 SYÖTTIMEN KEHITYSTARPEET

Akseloinnin kehittämiseen tuli aihetta, kun todettiin, että syöttimissä oli ilmennyt vaurioita normaalissa käytössä. Kannatusakselisto kulkee vaunusyöttimen alla koko syöttimen leveydeltä, minkä todettiin olevan pääsyy vaunun pohjassa sijaitsevan sylinterikorvakkeen huonoon kestävyYTEEN. Itse akselisto ei ole vaurioitunut, vaan se on ollut myötävaikuttajana syöttimen muun rakenteen rikkoutumiseen. Yhtenäisen akselin käyttöön ei ole mitään pakottavaa tarvetta, jonka vuoksi tässä työssä tarkastellaan vaihtoehtoja akseliston muuttamiseksi parempaan suuntaan.

### 4.1 Huolto

Nykyisen akseliston huolto on raskas toimenpide, joka saattaa vaatia laitteen leveydestä riippuen sen pitkääkin seisokkia. Akselisto on niin painava, että sen irrottamiseksi tarvitaan usein kaksi miestä. Laakerin vaihdossa noin 200 kg painoinen akselisto on irrotettava ja toimitettava asiakkaan verstaalle. Toinen vaihtoehto laakerin vaihtoon on tehdä se paikan päällä, akseliston ollessa toisesta päästä kiinni alustassa. Tässä vaihtoehdossa ei raskasta akselistoa tarvitse liikuttaa mihinkään, mutta työskentelyolosuhteet ovat epämukavat. Mikäli akselisto on erilli-

nen molemmilla puolilla vaunua, on yksi akselisto kevyt paketti, jonka jaksaa yksikin mies kantaa pajaan laakerinvaihtoa varten.

#### 4.2 Kestävyys

Akselistojen rakenne ja niiden lukumäärä syöttimessä vaikuttaa suuresti koko laitteen kestävyYTEEN, vaikkei akseliston toimintaperiaate muuttuisikaan paljoa alkuperäisestä. Akseliston sijoittelu vaikuttaa laitteen kokonaiskorkeuteen ja vaunussa olevan sylinterin korvakkeeseen kohdistuvaan rasitukseen. Akseliston muutoksen tarkoituksena on mahdollistaa akselistojen sijoittelu syöttimeen niin lähelle toisiaan kuin on tarpeen.

#### 4.3 Säädetävyys

Vaunusyöttimen akselistot säädetään siten, että jokainen akseli kannattelee kuormaa tasavertaisesti. Sääto tehdään nostamalla säädetävää akselistoa tunkilla tai nosturilla siten, että akseliston rullat ovat kiinni vaunussa. Akseliston kiinnitysalustoiden alle asetetaan säätölevyjä tarvittava määrä, minkä jälkeen se kiristetään pulteilla paikoilleen.

Tämä säätötoimenpide on aikaa vievää sekä todella hankala toteuttaa ahtaissa olosuhteissa. Säätoön tulee kehittää nopeampi ja vaivattomampi tapa, jolloin asiakkaalla ei kulu turhaa aikaa yksinkertaiseen säätötoimenpiteeseen.

#### 4.4 Suunnittelu

Yhtenäinen vaunun levyinen akselisto vaikeuttaa syöttimen suunnittelua asiakkaan vaatimuksien mukaiseksi. Vaunun poikki kulkeva akselisto rajoittaa radikaalisti vaunun korvakkeen muotoa, koska korvakkeen tulee liikkua akselistojen välissä siten, ettei se törmää akseleihin. Vaunun korvake välittää sylinterin voiman alusrungosta vaunuun, joten korvakkeeseen kohdistuu voimakas edestakainen

voima. Korvakkeen liikkuminen akselistojen välissä merkitsee myös sitä, että akselistojen välit on tarkkaan määrätty korvakkeen muodon sekä syöttimen iskunpituuden mukaan.

Mikäli akselisto on erillinen molemmin puolin vaunua, ei korvakkeen suunnittelu ole millään lailla riippuvainen akselistojen sijoitteluun. Korvake voidaan sijoittaa mihin kohtaan vaunua tahansa, ja se voidaan muotoilla kestävämmän mahdollisimman hyvin sylinterin aiheuttamia voimia. Pitkän akseliston poisjääminen mahdollistaa myös akselistojen sijoittamisen niin lähelle toisiaan kuin on tarpeellista.

#### 4.5 Hinta

Pitkässä akselistossa vaunun alla pyörii turhaan raskas ja kallis akseli. 120 kg:n painoinen akseli aiheuttaa kustannuksia valmistus- sekä kokoonpanovaiheessa. Koska syöttimiä on erilevyisiä, ei samaa akselia voida käyttää monenkokoisissa laitteissa.

Lyhyt, erillinen akselisto mahdollistaa samanlaisen akselin käytön monenlaisissa syöttimissä syöttimen koosta riippumatta. Tällöin voidaan harkita, kannattaako akselistoja pitää valmiiksi varastossa.

### 5 UUDEN AKSELISTON SUUNNITTELU

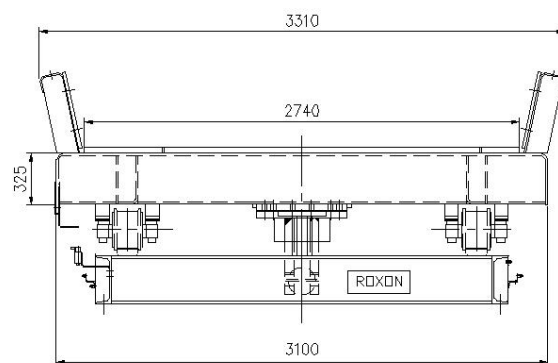
Alkajaisiksi mainittakoon, että nykyinen akselisto on rakenteeltaan todettu toimivaksi ratkaisuksi. Tästä johtuen uuden akseliston kehityksessä on käytetty mahdollisimman paljon samoja tai lähes samanlaisia komponentteja.

Akseliston kehitys alkoi kartoittamalla erilaiset akselistovaihtoehdot. Akselistovaihtoehtojen samankaltaisuudesta huolimatta esiin tuli huomattavia toiminnallisia ja kestävyysellisiä eroja. Lähtökohtana suunnittelulle oli se, että molemmille puolille vaunua on saatava omat akselistonsa jotta saadaan sylinterin korvakkeelle enemmän vapaata tilaa liikkua.

## 5.1 Vaihtoehto 1

Ensimmäisessä akselistovaihtoehdossa akselit ovat sijoitettuna vaunuun, eikä alusrunkoon, kuten alkuperäisessä akselistossa. Akselin rulla liikkuu alusrunkoon kiinnitettyä kulutuskiskoa pitkin. Akselisto on helppo valmistaa ja se eroaa rakenteeltaan melko vähän alkuperäisestä. Akseliston säätäminen helpottuu alkuperäisestä, sillä rulla saadaan kulutuskiskoon kiinni painovoiman avulla avaamalla sen kiinnityspultit.

Huonoina puolina mainittakoon se, että akseliston kiinnittäminen vaunuun vaatii huomattavia vahvistuksia vaunun pohjalevyn rakenteeseen. Lisäksi vaunun mukana liikkuvat akselistot on huomioitava rungon suunnittelussa, jotta syöttimen rungon rakenne ei estä laitetta toimimasta. Laitteen rasvausta ei voida tehdä sen käydessä, sillä vaunuun kiinnitetyt akselistot ovat jatkuvassa liikkeessä. Huomioitavan arvoinen seikka on myös se, että rullan ja kiskon väliin jää nyt ”nielu”, johon kertyy helposti kiveä ja soraa. Rullan eteen tulisi asettaa kaavin, joka puhdistaa kulutuskiskon rullan edellä. Akselistoratkaisu vaatisi myös jonkinlaisen turvasuojuksen, ettei sivusta päin pääsisi työntämään käsiään rullan alle. Kuviosta 2 nähdään selkeästi akseleiden sijoittelu.

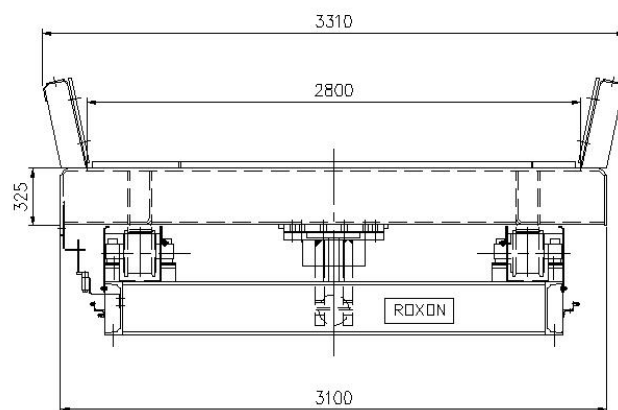


KUVIO 2. Akselistovaihtoehto 1

## 5.2 Vaihtoehto 2

Tämä akselistovaihtoehto muistuttaa paljon edellistä vaihtoehtoa. Erona kuitenkin on, että rullat ovat sijoitettu kuvion 3 mukaisesti runkoon, kuten alkuperäisessä akselistossakin. Akseleiden kiinnityksessä runkoon voitaisiin osaksi hyödyntää rungon vahvikepalkkeja. Akselit on helppo asentaa ja valmistaa alkuperäisestä akselistosta tutulla tavalla. Tämä akselisto eroaa kiinnityksiltään melko vähän alkuperäisestä. Mikäli akselisto halutaan sijoittaa syöttimeen, jossa on alkuperäinen akselistorakenne, eivät muutokset runkoon ole kovinkaan suuria.

Huonoina puolina tässä rakenteessa mainittakoon se, että sivuttaistuennan määrä ei kasva alkuperäiseen nähden laisinkaan. Akselisto vaatii lisätuentoja alusrunkoon, sillä kaikkia akseleita ei ole mahdollista kiinnittää hyödyntämällä jo olemassa olevia rungon tukipalkkeja. Säädetäessä akseliston korkeutta tarvitaan sovittelevyjä tuplaten alkuperäiseen rakenteeseen nähden. Akselistojen sisempien kiinnityspisteiden säätäminen saattaa koitua hankalaksi laitteen ollessa jo paikoillaan.

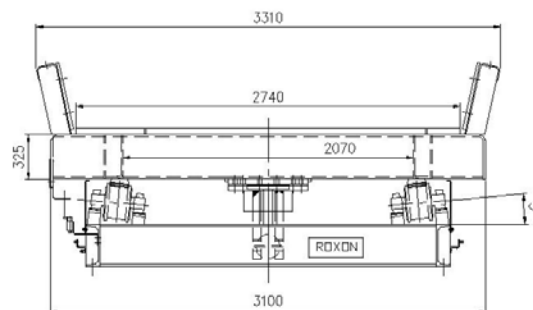


KUVIO 3. Vaihtoehto 2

### 5.3 Vaihtoehto 3

Vaunusyöttimen liikettä sivuttain ei ole tutkittu tai mitattu juuri lainkaan. Tästä johtuen ei tiedetä, kuinka suuren sivuttaistuen se vaatii toimiakseen. Tässä akselistovaihtoehdossa akselit on sijoitettu kulmittain keskittämään paremmin vaunun liikettä. Akseleiden kallistuskulma on oltava maltillinen, jotta kulutuskiskoja ei tarvitse siirtää kesemmälle vaunua. Koska sivuttaistuennan tarve vähenee, voisi miettiä, tarvitaanko alkuperäisissä rullissa olevia sivuttaistukia tässä vaihtoehdossa lainkaan. Akseliston korkeussäätöä tehtäessä, pieniä korkeussäätöjä voitaisiin tehdä nostamalla tai laskemalla ainoastaan toista akselin päätä, toisin sanoen kallistuskulmaa muuttamalla.

Myös tässä akselistossa on huonot puolensa: akseliston kiinnitysosien ja kulutuskiskojen valmistuskustannukset kohoavat huomattavasti, sillä ne on koneistettava samaan kulmaan halutun kallistuskulman kanssa. Kulutuskiskot ovat kulutusterästä, joten niiden koneistus on kalliista ja hidasta verrattuna yleiseen rakenneteräkseen. Tämä akselistoratkaisu pyrkii levittämään runkoa, joten se luultavasti vaatisi jonkinlaisia vahvistuksia kestääkseen käytössä. Suurin huolenaihe kuitenkin on se, ettei kyseinen akselisto käy mitenkään alkuperäiseen syöttimeen vaan vaatii radikaaleja muutoksia runkoon sekä vaunuun esim. jos akselisto halutaan sijoittaa vanhan tilalle varaosana. Kuviosta 4 nähdään, kuinka rullat on sijoitettu syöttimeen. Kuviosta nähdään myös, kuinka rullien suurempi kallistuskulma pakottaa sijoittamaan vaunun kulutuskiskot kesemmälle vaunua.



KUVIO 4. Akselistovaihtoehto 3

#### 5.4 Valittu akselistovaihtoehto

Akselistovaihtoehto 2 tuntui järkevimältä ratkaisulta ottaa lähempään tarkasteluun. Akselisto ei eroa liian radikaalisti vanhasta akselistosta, ja sen käyttömahdollisuus jo olemassa olevissa syöttimissä kiinnosti Sandvikin asiantuntijoita. Akselistovaihtoehto ei lisää laitteen valmistuskustannuksia suuremmin, eikä luo vaaratekijöitä laitteen läheisyydessä työskenteleville, toisin kuten esim. akselistovaihtoehto 1. Sandvikin asiantuntijan Kimmo Luukkosen mukaan muutkin akselistovaihtoehdot ovat varteenotettavia, mutta niiden kehitystä pidemmälle voidaan jatkaa myöhemmin mikäli tarpeen.

Kulmittain sijoitettu akselistovaihtoehto 3. olisi vaatinut turhan monimutkaisia muutoksia rakenteeseen. Sivuttaistuennan tarvetta akselistossa ei tiedetä, joten ei ole tarpeellista kulmittaisille akselistoille, sillä vaakatasossakin olevat akselistot ovat kestäneet niihin kohdistuneen aksiaalivoiman. Lisäksi korkeussäätö on työlästä, mikäli säätöä tarvitsee tehdä useita millimetrejä.

Vaunuun sijoitettu akselisto oli muuten hyvä vaihtoehto, mutta sen tuomat edut rungossa olevaan akselistoon verrattuna olivat hyvin pienet. Haittoja vaunussa olevat akselistot olisivat tuoneet tullessaan kuitenkin useita, kuten jo aiemmin kerrottiin.

## 6 KESTÄVYYS

Kestävyys näyttelee suurta osaa suuressa syöttimessä. Laite koostuu pääosin teräs- ja palkkirakenteista, ja siksi teknologian kehittyminen ei juuri ole edistänyt syöttimen varmuutta vuosien saatossa. Kehitys on kuitenkin tuonut tullessaan nerokkaita tietokoneohjelmia lujuuslaskennan helpottamiseksi. Tässä kappaleessa on tarkasteltu vanhan sekä uuden akseliston kestävyyttä käsin laskemalla sekä tietokoneavusteisilla laskennoilla.



## 6.1 Liikuteltava massa

Vaunusyöttimen rasitukset syntyvät sen päälle lastatun kuorman massasta sekä kuorman aiheuttamasta kitkavoimasta sylinterin liikuttaessa vaunua. Perusperiaatteena kuorman laskennassa voidaan pitää, että vaunussa on aina kaksi kertaa leveytensä korkuiselta kiveä kyydissä, jolloin liikuteltava massa saadaan kaavasta 1.

$$m = W \cdot L \cdot 2 \cdot W \cdot Q$$

$$m = 3m \cdot 7m \cdot 2 \cdot 3m \cdot 2,7 \frac{t}{m^3} = 340 \text{ tonnia}$$

KAAVA 1.

Lujuuslaskennoissa on käytetty massana 350 tonnia, sillä vaunu itsessään painaa 15000 kg. Vaunusyötin ja sen sylinteri tulee mitoittaa myös siten, ettei sylinterillä saada tuhottua syötintä annetulla käyttöpaineella.

Sylinterin mitoitukseen Sandvikilla on käytössään suuntaa-antava kaava 2, jossa hyödynnetään samoja muuttujia, kuin liikuteltavan massan laskennassa.

$$Fr = W \times L \times H \times g \times \mu \cdot 1000[kN]$$

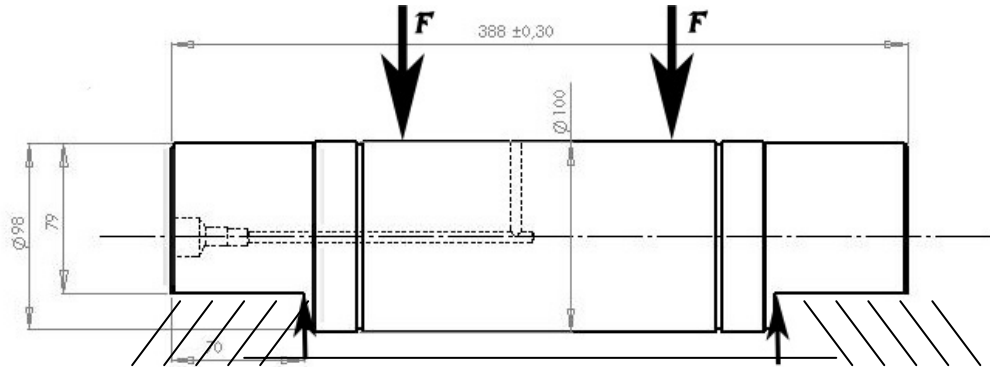
$$3m \times 7m \times 6m \times 9.81m/s^2 \times 0.6 \cdot 1000[kN] = 742kN$$

KAAVA 2.

## 6.2 Leikkausrasitus

Akseli on tuettu molemmista päistään hyvin läheltä laakeroiteja, ja tästä johtuen suurin akselistoon kohdistuva rasitus syntyy leikkausvoimasta. Suurimpana sallittuna leikkausjännityksenä laskuissa on käytetty arvoa 50MPa. Akseliin kohdistuu myös hyvin pieni määrä taivutusrasitusta, joka on huomioitu jo  $\tau_{sall}$ :n suuruudessa.

Voimien kohdistumiset akseliin, voimien vastavoimat sekä akselin mitat nähdään kuvioista 5. Leikkausrasituksen suuruus saadaan laskettua kaavalla 4, jossa käytetty leikkausvoima saadaan määriteltystä kaavalla 3, sillä tässä tapauksessa leikkausvoima on sama kuin laakeriin kohdistuva voima.



KUVIO 5. Akselin rasitukset ja mitat.

$$Q = F = \frac{mg}{(8 \times 4)} \quad Q = F = \frac{350 \times 10^3 \text{ kg} \times 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}{(8 \times 4)} = 107,3 \text{ kN}$$

KAAVA 3.

$$\tau = \frac{Q}{A} \quad \tau = \frac{107300 \text{ N}}{6515,8 \text{ mm}^2} = 16,5 \text{ MPa}$$

KAAVA 4.

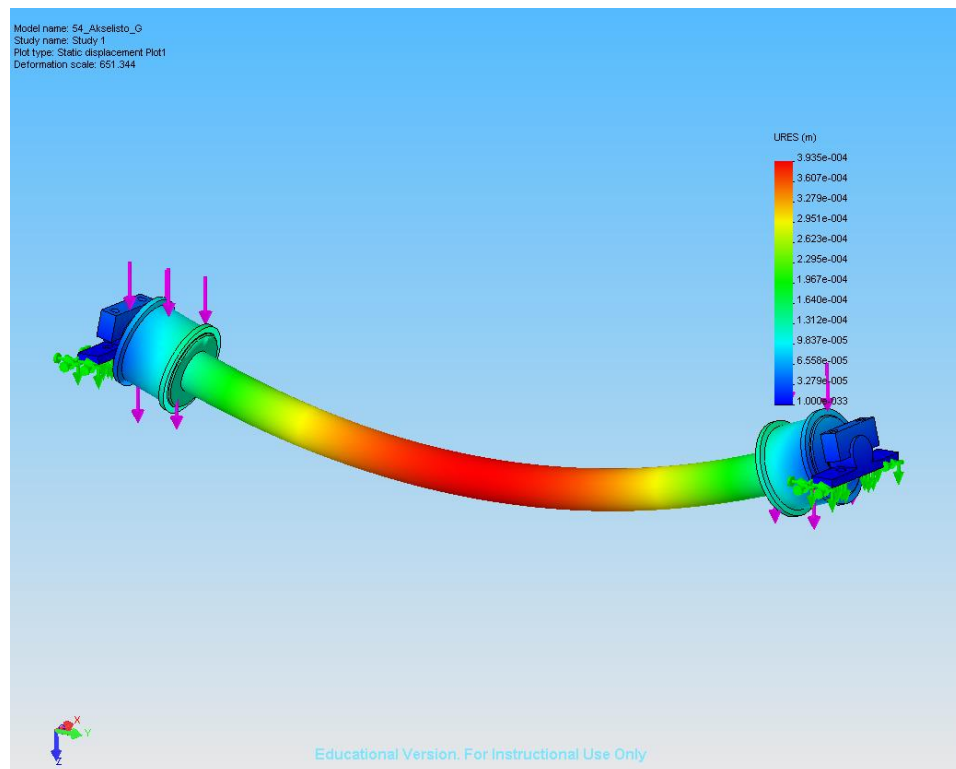
$$\tau_{sall} = 50 \text{ MPa} > 16,5 \text{ MPa}$$

### 6.3 Tietokoneavusteinen lujuuslaskenta

Nykyteknologia mahdollistaa sen, että koneenrakennuksessa voidaan hyödyntää tietokoneavusteista lujuuslaskentaa. Käsien laskemalla on todella työlästä laskea etenkin kokoonpanojen lujuuksia. Lujuuslaskennassa on käytetty apuna Solid-Works2006-ohjelman lisäohjelmaa nimeltään CosmosWorks.

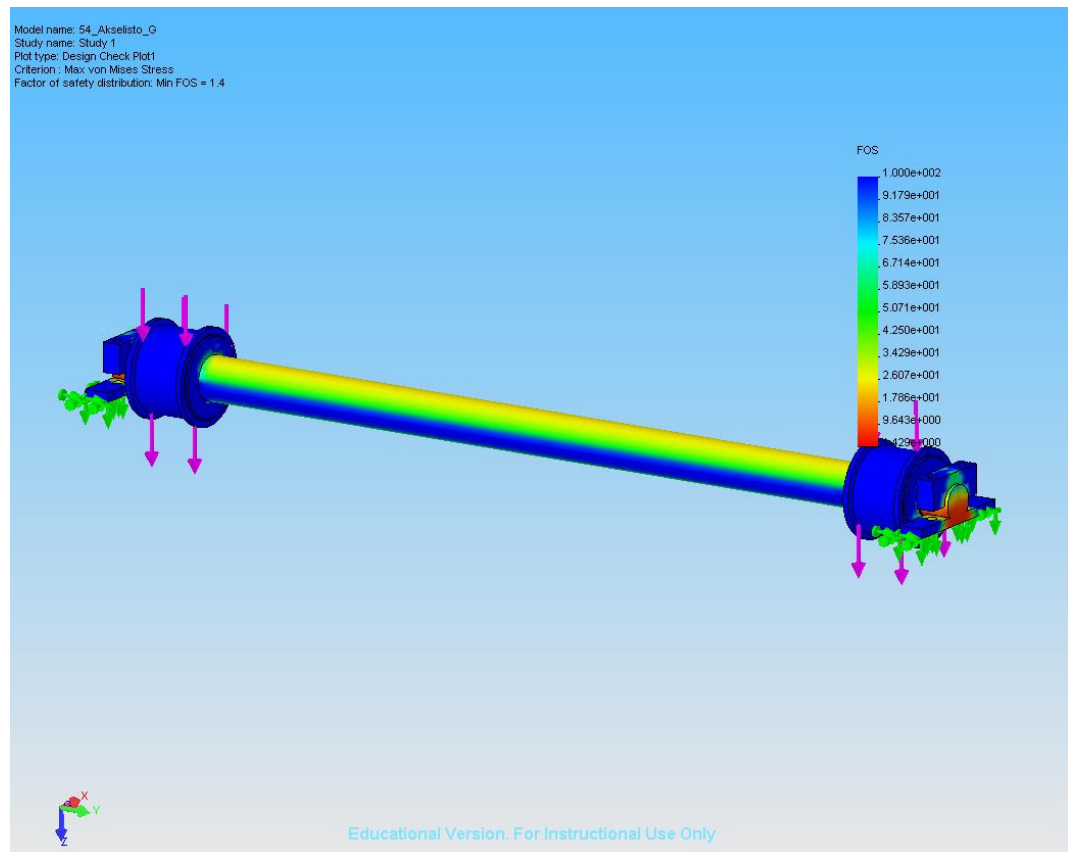
#### 6.3.1 Alkuperäinen akseli

Alkuperäisessä kokoonpanossa akseleita oli ainoastaan seitsemän kappaletta, jolloin yhdelle akselille kohdistuva voima on hieman suurempi kuin uudella ratkaisulla. Alkuperäisellä akseliratkaisulla akseli taipuu voiman kasvaessa. Kuvio 6 voidaan todeta, että taipuminen kuitenkin on niin pientä, ettei se juurikaan vaikuta akseliston kestävyyskykyyn. Suurin taipuma akselissa on 0,4mm.



KUVIO 6. Alkuperäisen akselin taipuma 651 kertaisena suurennoksena.

Akselistolla on tukipisteet akselin päissä kaukana toisistaan. Tästä johtuen akseli joutuu kovemman rasituksen kohteeksi. Akseleiden määrä vaikuttaa myös omalta osaltaan siihen, että alkuperäisen akseliston varmuus on huomattavasti pienempi kuin uudella ratkaisulla. Akseliston varmuus on 1.4, joka on aika pieni näinkin suuressa laitteessa. Kuvio 7 voidaan nähdä, että suurin rasitus akselistossa kohdistuu tukipisteiden läheisyyteen.

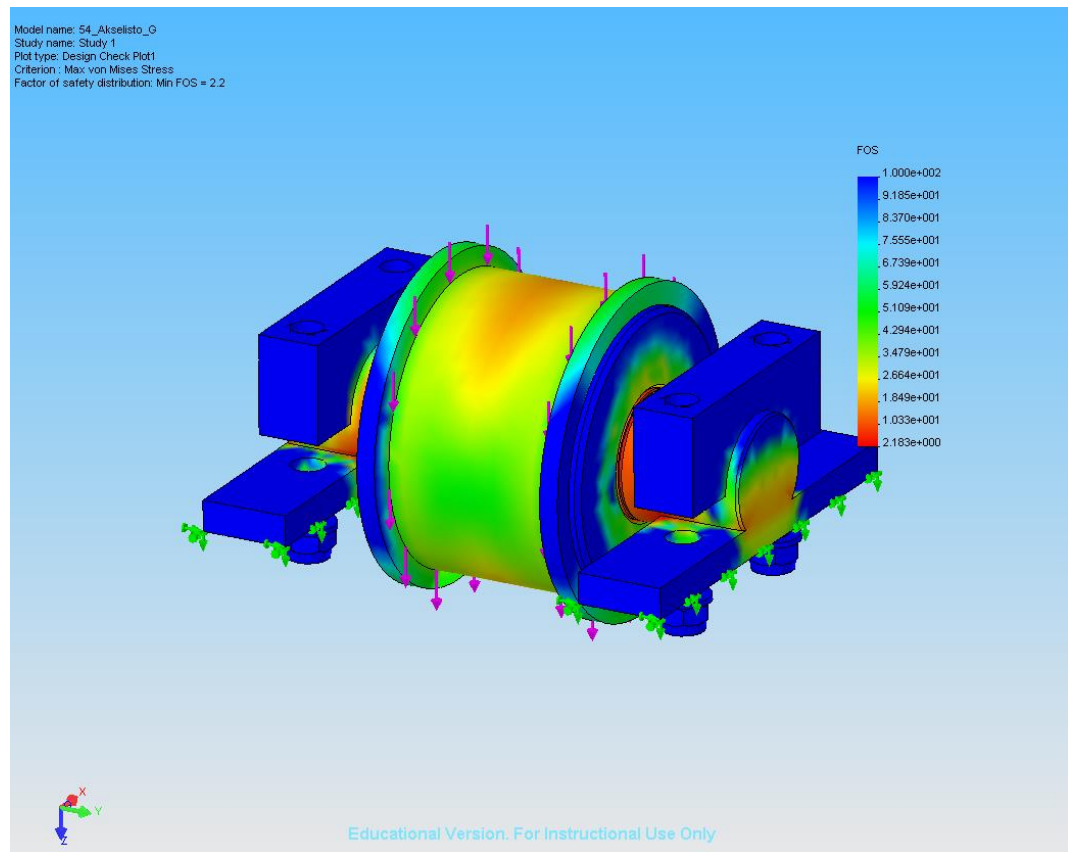


KUVIO 7. Alkuperäisen akseliston varmuuskerroin.

### 6.3.2 Uusi akselisto

Akseliston kestävyyttä tarkasteltaessa on voima määritelty siten, että laitteessa on kahdeksassa rivissä akseleita, jolloin massa jakautuu tasaisemmin alusrunkoon ja laitteen kestävyys paranee.

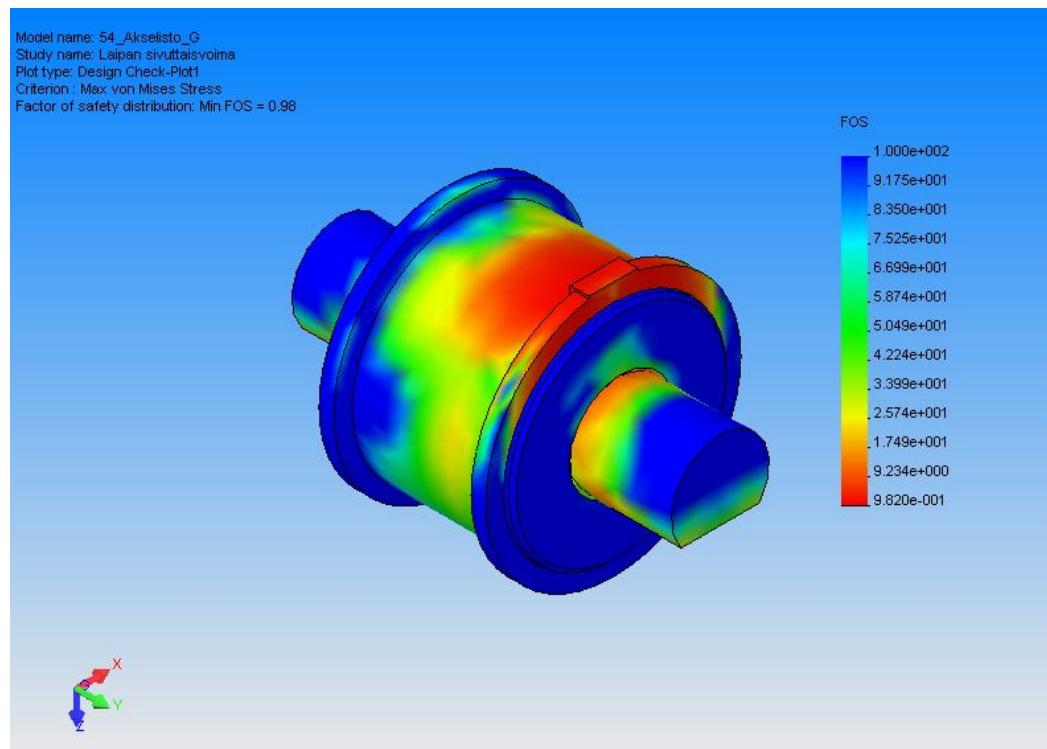
Uuden akseliratkaisun taipumaa en tässä työssä määrittänyt, sillä se on vain murto-osa alkuperäisen ratkaisun taipumasta, joka sekään ei ollut merkittävän suuri. Varmuuskerroin uudella akselistolla parani huomattavasti alkuperäisestä ratkaisusta. Suurimmat rasitukset kohdistuvat edelleen Kuvion 8 mukaisesti akselin kiinnityspisteiden läheisyyteen. Varmuuskertoimeksi ohjelma laski 2.2, jota voidaan pitää jo hyvänä varmuuskertoimena koneenrakennuksessa.



KUVIO 8. Uuden akseliston varmuuskerroin.

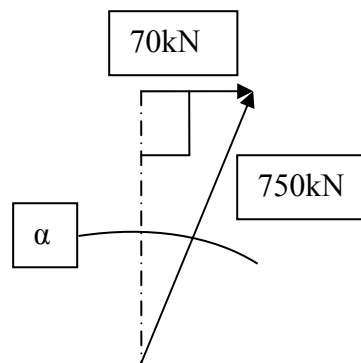
### 6.3.3 Aksiaalivoima

Akselin sivulaippaan kohdistuvaa voimaa ei saada käytännön kokeilla testattua, joten laippaan kohdistuva suurin sallittu kuormitus on määritelty kokeilemalla erilaisia voima-arvoja. Kuviosta 9 voidaan nähdä, että laippaan on mallinnettu suorakulmion muotoinen kohta laskennan mahdollistamiseksi. Käyttämällä voimaa 70kN akseliston varmuuskertoimesta tuli hieman alle yksi, joten sillä voimalla laippa hajoaa. Laipat ovat samanlaiset kuin alkuperäisessä akselistossa.



KUVIO 9. Akselin varmuuskerroin aksiaalivoimalla 70kN.

Vaunusyöttimen liikkeen aikaansaava hydraulisylinteri on nivelöity molemmista päistään, joten vaunu pääsee elämään sivuttaissuunnassa. Suurin sallittu kulma-  
virhe vaunun liikkeessä saadaan määriteltyä kuvion 10 esittämällä tavalla kaavan 5 mukaisesti, jakamalla sylinterin voima x- ja y-komponentteihin, joista x-komponenttina on suurin sallittu aksiaalivoima sekä voimien resultanttina sylinterin voima. Vaunun liikkeessä sen tulee olla alle 5.3° virhekulmassa, jotta sivuttaisvoima ei kasvaisi liian suureksi.



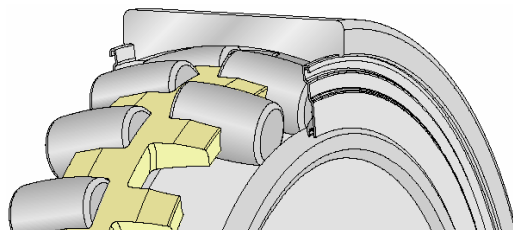
KUVIO 10. Sylinterin voiman jako komponentteihin.

$$\alpha = \sin^{-1} \frac{70}{750} = 5.3^\circ$$

KAAVA 5.

## 7 LAAKERIT

Syöttimen akselistossa on neljä kartiorullalaakeria, kaksi kummallakin puolella. Kartiorullalaakeri soveltuu käyttökohteeseen hyvin, sillä se sallii rajallisen määrän myös aksiaalis-suuntaista kuormitusta. Vaunun liikkeen aiheuttamaa aksiaalisuuntaista laakerin rasitusta ei kuitenkaan ole mahdollista määritellä, joten on syytä luottaa nykyisen laakerin arvoihin. Kuviosta 11 nähdään, että laakerissa on kahdessa rivissä vastakkain kulmaan asetetut, tynnyrin muotoiset rullat.



KUVIO 11. Kannatusakseliston laakeri.

## 7.1 Dynaaminen kuormitus

Dynaaminen eli tasainen kuormitus saadaan laskettua kaavojen avulla. Kestoikää laskettaessa on tärkeää tietää laakeriin kohdistuvat voimat. Normaalivoima on jo määriteltynä aikaisemmin tässä työssä. Aksiaalivoimaa taas ei voida kuin arvioida. Laskussa aksiaalivoimana on käytetty 10kN. Pyörimisnopeus saadaan laskettua, kun tiedetään iskunpituus (450mm), kannatusrullan kehän pituus (723mm) sekä iskujen määrä/min (19kpl). Laskentoja tarkasteltaessa on otettava huomioon, että saatuja arvoja voidaan pitää ainoastaan suuntaa-antavina. Kaavat on tarkoitettu jatkuvasti pyöriville laakereille, ja tässä tapauksessa laakerit pyörivät hieman yli puolikkaan kierroksen kerrallaan. Laakerin kestoikää dynaamisen kuormituksen mukaan laskiessa on selvitettävä laakerin ekvivalentti kuormitus kaavan 6 avulla.

$$n = \frac{(0,450m \cdot 2 \cdot 19 \text{ isku}/\text{min})}{0,723m} = 24 \text{ r}/\text{min}$$

$$P = F_r + Y_1 F_a$$

$$P = 107,3kN + 2,8 \times 10kN = 135,3kN$$

KAAVA 6. (SKF laakerikirja 1999, 467.)

Laakerin kestoikä staattisen kuormituksen mukaan saadaan laskettua C, P, sekä p arvojen avulla kaavaa 7 hyödyntäen. (SKF laakerikirja 1999, 28)

$$L_{10h} = \frac{1000000}{60n} \times \left( \frac{C}{P} \right)^p$$

$$\frac{1000000}{60 \cdot 24} \times \left( \frac{368000N}{135300N} \right)^{10/3} = 19504h = 27kk$$

KAAVA 7.

Laskuissa käytetyt arvot 22220E kartiorullalaakerille ovat:

$$C = 368000N$$

$$Y_1 = 2,8$$



## 7.2 Staattinen kuormitus

Staattisen, eli iskumaisen kuormituksen määrittäminen on tässä tapauksessa mahdotonta tai ainakin äärimmäisen hankalaa. Syöttimen päällä on tarkoitus olla jatkuvasti materiaalipatja, joka pehmentää vaunuun kohdistuvia iskuja sekä suojaa vaunun pohjaa liialliselta kulumiselta. Materiaalipatjan paksuus, raekoko sekä materiaali voivat vaihdella paljon käyttökohteesta riippuen. Mikäli kuitenkin halutaan arvioida laakerin kestävyyttä, voidaan se tehdä kaavojen 7 ja 8 avulla.

Mikäli laskettu  $S_0$  arvo alittaa kyseiselle laakerityypille annetun ohjearvon (Pyörimättömät rullalaakerit, ohjearvona on:  $S_0 \geq 3$ ), on valittava laakeri, jonka staattinen kantavuusluku on suurempi. (SKF Laakerikirja 1999, 53.)

$$P_0 = F_r + Y_0 F_a \quad (107,3 \times 1,1) + [2,8 \times (10 \text{ kN} \times 1,1)] = 148,8 \text{ kN}$$

KAAVA 8.

$$S_0 = \frac{C_0}{P_0} \quad \frac{490000 \text{ N}}{148800 \text{ N}} = 3,3 > 3$$

KAAVA 9.

Laskuissa käytetty  $C_0$  arvo 22220E kartiorullalaakerille on 490kN.

Akselistossa käytetyn laakerin staattinen kantokyky on laskentojen mukaan riittävä. Laskennat ovat ainoastaan suuntaa antavia, sillä iskujen voimakkuutta ei tiedetä. Mikäli laakereiden kestävyys kuitenkin osoittautuu käytännössä riittämättömäksi, voisi harkita käytössä olevien 22220E laakereiden korvaamista 22320E laakereilla, joiden edellä mainitulla tavalla laskettu  $S_0 = 6,8 > 3$ .

## 8 KORKEUSSÄÄTÖ

Akseliston rakenteen ohella työhön kuului pikainen eri korkeussäätövaihtoehtojen tarkastelu. Nykyinen ratkaisu on hidas ja kömpelö käyttää. Korkeussäätöön ei ole minkäänlaista mekanismia käytössä, vaan se tehdään nostureita, tunkkeja ja sovitelevyjä apuna käyttäen. Akselistoa säädettäessä se nostetaan haluttuun korkeuteen nostimien avulla, jonka jälkeen jokaisen akseliston alle asetetaan tarvittava määrä eripaksuisia sovitelevyjä.

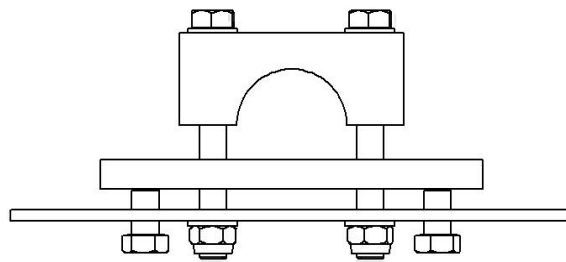
Vaunusyötin on suuri kokonaisuus, joka on valmistettu pääosin valmiista teräspalkeista. Palkkien toleranssit ovat suuret, jolloin syötin on mahdotonta valmistaa siten, ettei säätöä tarvittaisi. Rullat ja kiskot saattavat kulua käytössä myös keskenään eri tahtiin, jolloin säätö tulee tarpeelliseksi.

Säätömekanismin tulisi olla mahdollisimman yksinkertainen, luotettava sekä kestävä. Säätömekanismiin ei ole syytä panostaa suuria määriä aikaa, eivätkä sen valmistuskustannukset saa kohota suuriksi. Syöttimien säätö ei ole jokapäiväistä, vaan ne säädetään tehtaalla kohdalleen, minkä jälkeen säätöä tarvitsee tehdä ainoastaan kiskojen tai rullien kuluessa. Tässä työn osuudessa on listattu erilaisia säätövaihtoehtoja sekä tarkasteltu niiden etuja ja haittoja. Säätömekanismeista on tehty yleinen pohdinta periaatekuvineen, mutta valmistuskuviin asti mekanismeja ei ole kehitelty.

## 8.1 Säätvaihtoehto 1

Aluslevystä, jonka päällä akseli lepää, tehdään pidempi, jotta molempiin päihin jää säätöpulteille pieni tila, kuvion 12. mukaisesti. Akseliston kiinnityspalkkeihin on tehtävä kierre säätöpultille. Sääto tapahtuu kiertämällä säätöpultteja kiinnipäin. Kun pultilla on nostettu akseli oikeaan korkeuteensa, laitetaan väliin sopiva määrä sovitelevyjä. Tämän jälkeen säätöpultit löysätään, etteivät pultit jää kantamaan kuormaa. Sääto pultit joudutaan luultavasti poistamaan säädön jälkeen, jotta ne eivät putoaisi ajan saatossa syöttimen tärinän vaikutuksesta. Sääto on helppo, edullinen sekä kevyt sekä kompakti käyttää ja toteuttaa.

Vaihtoehdon varjopuolina voidaan mainita se, ettei sovitelevyjen käytöstä päästä eroon. Sääto pulttien avulla ei voida korottaa vaunun paikkaa, sillä pulttien kierteet eivät kestä sen painoa. Sääto pultit on tarkoitettu ainoastaan nostamaan akselistot kulutuskiskoon asti, ei nostamaan koko vaunua ylemmäs.

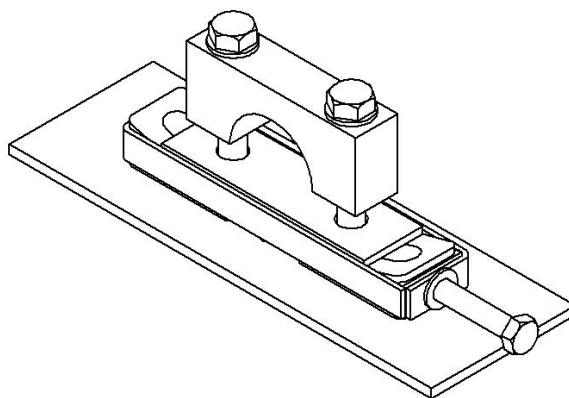


KUVIO 12. Säätvaihtoehto 1

## 8.2 Säätvaihtoehto 2

Akseliston aluslevystä muotoillaan kolmiomainen kiila. Kolmion alle jysytään samassa kulmassa olevat kiilat, joissa on urat kiinnityspultteja varten. Kiilaa ympäröi teräksinen panta, joka on kiinnitetty esim. hitsaamalla toiseen kiilaan. Toiseen kiilaan on kiinnitetty säätöpultti siten, että pultti pääsee pyörimään sitä pyörittäessä, mutta pulttia ei voida vetää kiilasta irti. Kiiloja kiristetään pultilla yhteen, jolloin akselisto nousee haluttuun korkeuteen. Akseliston laskeminen tapahtuu kiertämällä säätöpulttia auki päin. Korkeuden säätö on vaivaton toimenpide, joka voidaan tehdä yhtä pulttia kiertämällä joko käsin tai pulttipyssyä apuna käyttäen. Erillisiä sovitelevyjä ei tässä säädössä tarvita laisinkaan. Säätomekanismin rakenne on kompakti mutta samalla jykevä.

Säätomekanismin säätömahdollisuudet ovat kuitenkin rajalliset, sillä kiilan kulman on noudatettava sääntöä  $\tan^{-1} \mu \geq \alpha$ , jotta kiila olisi itsepidättyvä. Mekanismin toiminta todellisuudessa selviää vasta rakentamalla prototyyppi, sillä sen rakenne saattaa todellisuudessa olla hyvinkin epävakaa. Kuviossa 13 näkyvät kiilan urat akseliston kiinnityspultteja varten täyttyvät helposti soralla ja lialla, jolloin säätö ei enää toimi halutulla tavalla. Urien puhdistukselle tai niiden suojaukselle on rakennettava erillinen mekanismi. Mikäli akselistoa halutaan säätää myös alaspäin, olisi säätöpultin oltava kiinni kiilassa. Pultin kiinnitys voi koostua ongelmaksi, sillä pultin kiinnitys kiilaan ei saa estää sen pyörimistä.



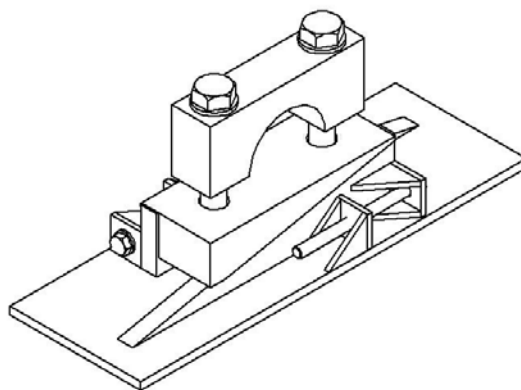
KUVIO 13. Säätvaihtoehto 2

### 8.3 Säätvaihtoehto 3

Säätö toimii siten, että aluslevyn pohjaan jyrsitään viistot pinnat. Viistoihin pintoihin puolestaan koneistetaan vastaavassa kulmassa olevat kiilat. Kiiloihin kiinnitetään hitsaamalla laipat säätöpultteja varten. Sädön kiinnitysalustaan kiinnitetään vastalaipat, joissa on kiertetät säätöpulttia varten. Sätöpultteja kiristettäessä akseli nousee ja puolestaan löysättäessä pultteja, akseli laskee alaspäin. Kuvista 14 nähdään mekanismin toimintaperiaate.

Molempia säätöpultteja tulee kiertää samaa tahtia, jotta akselisto nousee suoraan ylöspäin. Etuna tässä vaihtoehdossa on se, ettei rakenteessa ole likaa kerääviä uria, vaan akselin kiinnityspultit saavat olla rauhassa. Kiiloilla toteutettuun vaihtoehtoon 2 verrattuna voidaan korkeutta säätää paljon vapaammin. Mikäli halutaan suurempi säätövara, valmistetaan vain pidemmät kiilat.

Jotta säätöpultteihin ei kohdistuisi vetoa laitteen toimiessa, on kiilojen kulman noudatettava tässäkin vaihtoehdossa sääntöä:  $\tan^{-1} \mu \geq \alpha$ . Runkopalkkiin on hitsattava leveä rauta kiinnitysalustaksi säädölle, jolloin rungon tukipalkkikin on syytä vaihtaa leveämpään. Kiilojen kapeasta muodosta johtuen tulee mekanismin toimivuutta testata prototyypin tai pienoismallin avulla. Kapeat kiilat saattavat "kaatua" äkkinäisessä vaunun sivuttaisheilahduksessa.

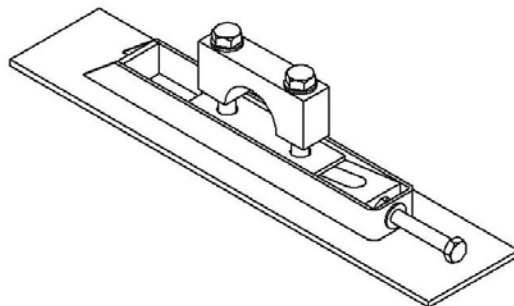


KUVIO 14. Säätvaihtoehto 3

#### 8.4 Säätvaihtoehto 4

Aluslevystä muotoillaan kiilamainen. Aluslevyn alle koneistetaan samassa kulmassa oleva vastakiila. Kuvion 15 mukaisesti aluslevyä ympäröi kiinteästi kiinnitetty panta. Pannan toisessa päässä on kierteet säätöpulttia varten. Säätopultti on kiinnitetty kiilaan siten että pultti pääsee pyörimään vapaasti, mutta ei pääse liikkumaan kiilan suuntaisesti. Sääto tapahtuu säätöpulttia kiertämällä joko kiinni tai auki päin. Säätotapahtuma on vaivaton ja nopea, sillä tässäkin vaihtoehdossa ei tarvita sovitelevyjä eikä yhtä kiintoavainta enempää työkaluja. Mekanismi on kompakti akselin suuntaisesti, eikä täten kasvata laitteen leveyttä tai häiritse rullien pyörimistä. Tässäkin vaihtoehdossa kiilaa pidentämällä voidaan kasvattaa säädettävää matkaa. Sama  $\tan^{-1} \mu \geq \alpha$  itsepidättyväisyysääntö kuin edellisissä vaihtoehdoissa pätee myös tämän vaihtoehdon kiilan muotoa tehtäessä.

Huonoja puolia tässä mekanismissa on useita. Sama liankeräämisilmiö kuin säätövaihtoehto 2:ssa, toistuu tässäkin vaihtoehdossa. Mikäli säätömatkaa halutaan useampia millimetrejä, alkaa mekanismin pituus kasvaa ongelmallisen pitkäksi. Rullia saatetaan jossain tilanteessa joutua säätämään alaspäin, joka aiheuttaa ongelmia pultin kiinnityksessä kiilaan. Mekanismissa on useita koneistettavia osia, jotka nostavat laitteen kokonaiskustannusta jonkin verran, sillä mekanismeja 16 akseliseen syöttimeen tulisi tehdä 32 kappaletta. Suurin huolenaihe säädettäessä luultavasti syntyy siitä, että kiila ei nosta akselistoa ylöspäin vaan työntää sitä edellään.



KUVIO 15. Säätvaihtoehto 4

## 9 YHTEENVETO

Opinnäytetyön aiheena oli suunnitella Sandvik Mining & Constructionille uudenlainen akselisto hydrauliseen vaunusyöttimeen.

Työ onnistui odotusten mukaisesti, sillä Sandvikin asiantuntijoiden palaute akseliston suunnittelusta oli positiivista. Opinnäytetyön suorituksen edetessä huomioitiin työn toimeksiantajan toiveita sekä asiantuntevia ohjeita. Lopputulokseksi saadusta akselistosta tuli vaatimusten mukainen, sillä sen käyttö vaunusyöttimessä helpottaa monia asioita sen suunnittelussa, valmistuksessa, käytössä sekä huollossa. Akselistoa suunniteltaessa työssä avustavia lähteitä oli hankala löytää. Kilpailu alalla kovenee jatkuvasti joten, jokainen asiantuntijayritys haluaa pitää tietotaitonsa omana yksinoikeutenaan.

Uusi akselisto tuo mukanaan huomattavan materiaalisäästön syöttimen valmistuksessa kompaktin rakenteensa ansiosta. Akseliston huolto helpottuu sen pudonneen painon vuoksi. Akselistojen rasvaus helpottuu edellisestä huomattavasti, kunhan akselistot asennetaan syöttimeen akselin rasvauspää sisäänpäin suunnattuna. Lyhyen akseliston suurin hyöty syntyy siitä, että vaunun sylinterin kiinnityskorvakkeen suunnittelu on vapaata, täysin riippumatonta akselistoista. Uusi akselisto mahdollistaa myös rullien lukumäärän valinnan vapauden täysin riippumatta muista tekijöistä.

Opinnäytetyön edetessä oli mietittävä jatkuvasti parasta vaihtoehtoa sekä sen tuomia etuja, joista osa mainittiin jo aikaisemmin. Uuden akseliston rakenne mahdollistaisi sen, että sylinteri voitaisiin nostaa akseleiden kanssa samalle korkeudelle lähemmäs vaunua. Tällä saavutettaisiin se, että sylinterin korvakkeen pituus ei aiheuttaisi niin suurta vääntövartta vaunun pohjaan. Sylinterin sijoitus ylemmäs mahdollistaisi myös pienin runkomuutoksin sen, että vaunu voitaisiin vetää pois rullien päätä huoltoa varten ainoastaan irrottamalla sylinteri korvakkeistaan.

## LÄHTEET

SKF Laakerikirja. Luettelo 4000 Fi. P.1999.

Stamperia Artistica Nazionale, Torino

Valtanen, Esko. P. 2002. Tekniikan taulukkokirja. 12. Uudistettu painos.

Gummerus kirjapaino Oy, Jyväskylä

Roxon Oy. Vaunusyötimen huolto- ja käyttöohje

Sandvik Group [online]. [Viitattu 15.3.2007]. Saatavissa:

<http://www.sandvik.com/>



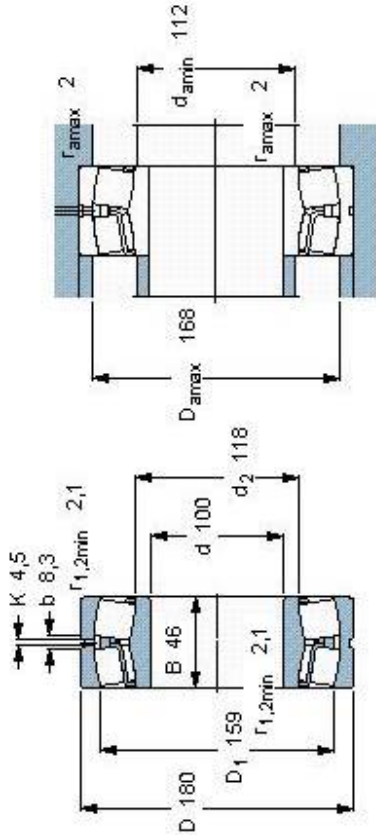
## LIITTEET

### LIITE 1. 22220E kartiorullalaakerin datalehti

# Spherical roller bearings, cylindrical and tapered bore

Tolerances, see also text.  
Radial internal clearance, cylindrical bore, tapered bore, see also text.  
Recommended fits  
Shaft and housing tolerances

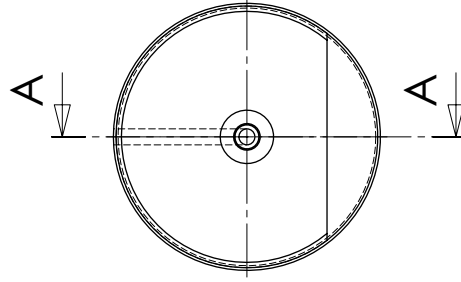
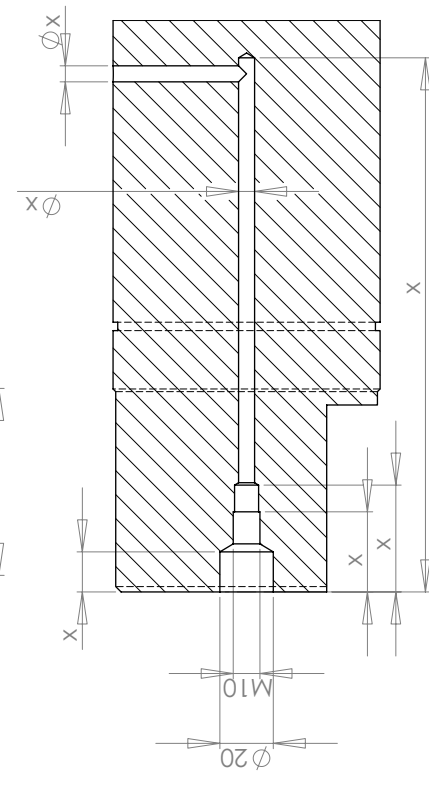
Principal dimensions			Basic load ratings		Fatigue load limit	Speed ratings		Mass	Designation
d	D	B	dynamic	static	$P_u$	Reference speed	Limiting speed	kg	
mm			kN	C <sub>0</sub>	kN	r/min			
100	180	46	425	490	49	3400	4500	4,90	22220 E *



## Calculation factors

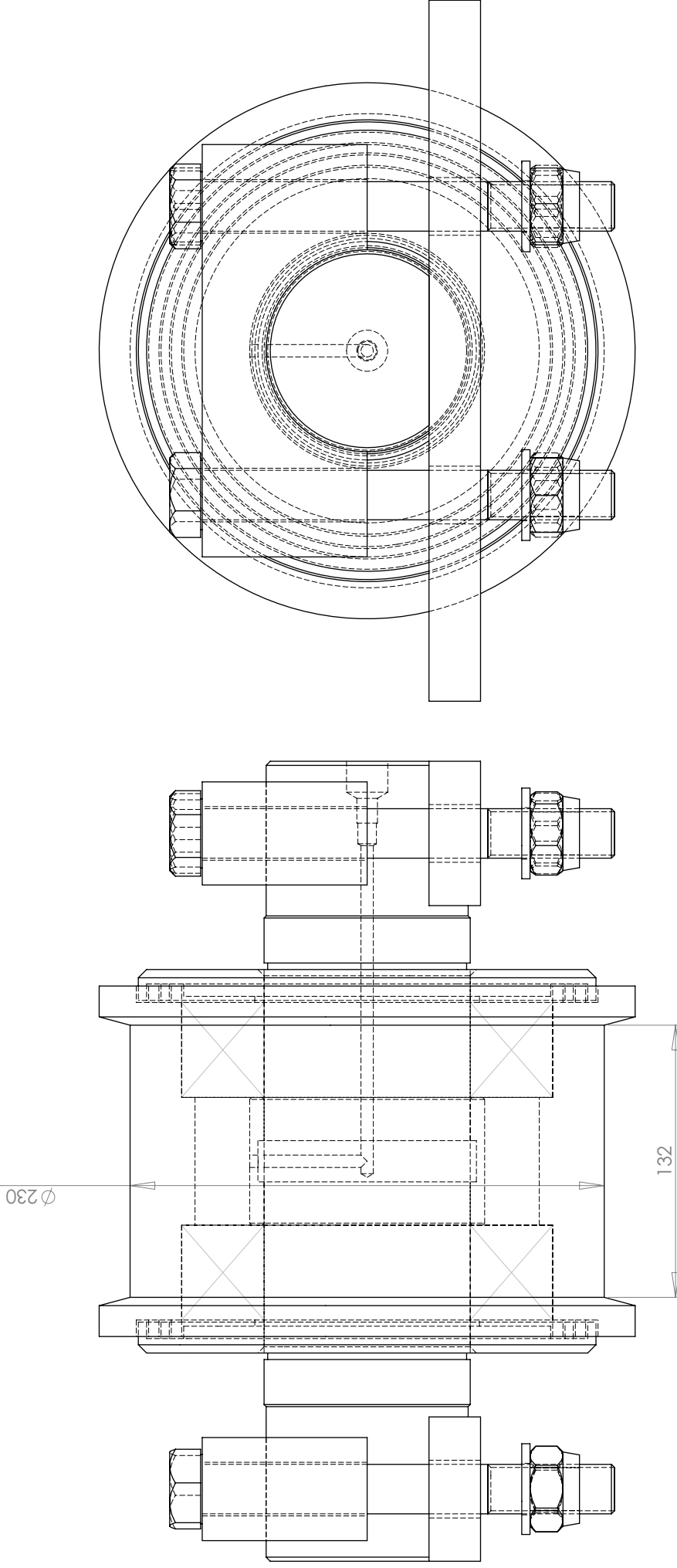
e 0,24  
Y<sub>1</sub> 2,8  
Y<sub>2</sub> 4,2  
Y<sub>0</sub> 2,8


## LIITE 2. Akseliston valmistuskuvat


$$\frac{\text{Ray}}{\text{Ray}} \left( \frac{\text{Ray}}{\text{Ray}} \right)$$


## SECTION A-A

[illegible]

[illegible]

Quantity		Designed	Drawn	Planned	Checked	Approved	Scale 1:2	E Profile P10, m10 thread	Replaces Replaced by
				<h1>Akselisto</h1>					Weight (kg)
									Origin
									Date
				Drawing No.					Issue
Sandvik Rock Processing				Format A3					Sheet 1 of 1