

Pekka Virsiheimo

**ÖLJY-ILMAVOITELUN SOVELTAMINEN
RUUKKI RAAHEN TEHTAALLA**

ÖLJY-ILMAVOITELUN SOVELTAMINEN
RUUKKI RAAHEN TEHTAALLA

Pekka Virsiheimo

Opinnäytetyö

Kevät 2011

Kone- ja tuotantotekniikka

Oulun seudun ammattikorkeakoulu

ALKULAUSE

Tämä opinnäytetyö on tehty Rautaruukki Oyj:n Raahen tehtaan toimeksiannosta talvella 2010–11. Opinnäytetyön kirjallista osiota tehtiin Raahen terästehtaan tiloissa sekä tietoja kerättiin valssaamolta, terässulatolta ja muualta terästeollisuudelta.

Opinnäytetyön valvojana toimi Oulun seudun ammattikorkeakoulun Raahen tekniikan ja talouden kampuksen tuntiopettaja Kari Penson ja Rautaruukki Oyj:n kehitysinsinööri Timo Tilus sekä työnsoijapuolena terästuotannon kunnossapidon kehityspäällikkö Markus Jauhola. Yhteistyössä toimi em. lisäksi myös REBS:n öljy-ilmavoitelun konsultti Anders Brink. Opinnäytetyön valvoja opasti tiedon hankkimisessa ja käsittelyssä sekä työssä käsiteltävien asioiden määrittelemisessä. Sopijapuolen edustaja opasti ideoiden ja tietojen hankinnoista.

Haluan kiittää erityisesti opinnäytetyön valvojia Timo Tilusta ja Markus Jauholaan sekä OAMK:n puolelta Kari Pensonia. Haluan kiittää myös Anders Brinkiä arvokkaista tiedoista ja materiaaleista. Lisäksi haluan kiittää tasapuolisesti kaikkia opinnäytetyön valmistumiseen osallistuneita henkilöitä.

Raahessa 20.3.2011

Pekka Virsiheimo
Rantakatu 4D5
92100 Raahen
+35844 5940 118

TIIVISTELMÄ

Oulun seudun ammattikorkeakoulu
Raahen tekniikan ja talouden kampus

Tekijä: Pekka Virsiheimo
Opinnäytetyön nimi: Öljy-ilmavoitelun soveltaminen Ruukki Raahen tehtaalla
Työn ohjaajat: Kari Penson, Timo Tilus ja Markus Jauhola
Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Kevät 2011
Sivumäärä: 100 + 26 liitesivua

Opinnäytetyö on tehty Rautaruukki Oyj:n toimeksiannosta. Työn aiheena on öljy-ilmavoitelun soveltaminen Ruukki Raahen tehtaalla.

Raahen tehtaalla käytetään teräsaihioiden valamiseen kolmea jatkuvavalukonetta, joiden vierintäelimiä voidellaan voitelurasvalla. Voitelujärjestelmän suuri rasvankulutus aiheuttaa useita erilaisia puhdistus-, kunnossapito- ja ympäristökustannuksia. Näiden pohjalta on pyritty etsimään edullisempaa ja ympäristöystävällisempää ratkaisua, kuten öljy-ilmavoitelua.

Öljy-ilmavoitelussa öljy kulkeutuu paineilman avulla aaltomaisesti putken sisäseiniä pitkin kohti vierintäelintä. Paineilma toimii öljyn kuljettamisen lisäksi laakeripesän jäähdyttäjänä ja tiivistäjänä.

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää ja tutkia jatkuvavalukoneiden muuttaminen rasvavoitelusta öljy-ilmavoiteluun. Selvitysvaiheessa on käytetty hyväksi Raahen tehtaan lisäksi myös muiden kansainvälisten terästehtaiden käyttökokemuksia. Erityisesti Pohjois-Amerikasta saadut käyttökokemukset ovat olleet erittäin positiivisia käyttövarmuuden ja säästöjen suhteen. Öljy-ilmavoitelulla saavutetaan yli 30 %:n vuotuiset voiteluainesäästöt rasvavoiteluun verrattuna. Lisäksi menetelmä pienentää merkittävästi kunnossapitokustannuksia sekä jätteiden kierrätys- ja veden puhdistuskustannuksia.

Voitelusovelluksen vaihto rasvavoitelusta öljy-ilmavoiteluun säästää yhdessä Raahen tehtaan jatkuvavalukoneessa yli 100.000 € vuodessa ja voitelusovelluksen takaisinmaksuaika on noin 3,8 vuotta.

Asiasanat: öljy-ilmavoitelu, jatkuvavalukone, rasva, vierintäelin

ABSTRACT

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

Author: Pekka Virsiheimo

Title of thesis: Applying of the air/oil lubrication at the Ruukki's Raahe Steel Works

Supervisors: Kari Penson, Timo Tilus and Markus Jauhola

Term and year of completion: Spring 2011

Number of pages: 100 + 26 appendices

This Bachelor's thesis was made for Rautaruukki Plc. The subject of the thesis is applying of the air/oil lubrication at Ruukki's Raahe Steel Works.

Raahe Steel Works uses three continuous slab casters, the bearings of are lubricated with grease, for the casting of steel slabs. The high grease consumption of the lubricant system causes many different cleaning, maintenance and environmental costs. Based on these, an attempt was made to find more advantageous and more environmentally friendly solutions like an air/oil lubrication.

In the air/oil lubrication system the compressed air is used to transmit the oil in the spiral waves inside the wall of the pipe to the bearings. In addition to the transporting of oil, the compressed air serves as a cooling and tighter of the bearing housing.

The target of the thesis was to clarify and examine the changing of the continuous slab caster bearing lubrication system from the grease type to the air/oil type. At the report stage the use experiences of other international steel works were also utilized in addition to Raahe Steel Works. Particularly, the use experiences received from North America were extremely positive in regard to the reliability and savings. The Air/oil lubrication saves annually more than 30% of lubricant compared to the grease lubrication. Furthermore, the system reduces significantly maintenance costs and costs of recycling and treatment of the waste water.

Changing the lubrication system from the grease type to the air-oil type in one continuous slab caster saves more than 100,000 euros per year at Raahe Steel Works. The payback time of the system changing is approximately 3.8 years

Keywords: air/oil lubricant, continuous slab caster, grease, bearing

SISÄLLYS

ALKULAUSE	2
SISÄLLYS	5
1 JOHDANTO	9
2 TYÖN TAVOITTEET	10
3 RAUTARUUKKI OYJ	11
3.1 Ruukki Suomessa	11
3.2 Raahen tehdas	12
3.2.1 Jatkuvaluvaluprosessi	13
3.2.2 Levy- ja nauhavalssauslinja	15
4 RASVAVOITELU	16
4.1 Rasvavoitelu lyhyesti	16
4.2 Jatkuvalukoneen rasvavoitelu	17
4.2.1 Käyttökokemukset	18
4.2.2 Ongelmat	19
5 ÖLJY-ILMAVOITELU	22
5.1 Toimintaperiaate	24
5.2 Laitteisto	25
5.2.1 Keskus	25
5.2.2 Pääjakaja	26
5.2.3 Sekoitusyksikkö	26
5.2.4 Jakajat (VTLM ja TLR)	28
5.2.4 Paineilma	29
5.2.5 Voiteluprosessin valvonta	30
5.3 Toimittajat	32

5.3.1 REBS	32
5.3.2 Dropsa Inc.	32
5.3.3 SKF	33
6 KÄYTTÖKOKEMUKSET RAAHEN TEHTAALLA	34
6.1 Nauhavalssauslinja	34
6.1.1 Uunien panostusrullarata	34
6.1.1 Kelaimien kelaustuurnat	35
6.2 Levyvalssauslinja	38
6.2.1 Esioikaisukone	38
6.2.2 Kuumaoikaisukone 1	40
6.2.3 Kuumaoikaisukone 3	42
6.2.4 Yhteenveto oikaisukoneet	43
6.3 Terässulatto, JVK 2 -vetorullasto	46
7 ULKOPUOLISET KÄYTTÖKOKEMUKSET	47
7.1 Hämeenlinnan tehdas	47
7.1.1 Tandemvalssien työrullat	47
7.1.2 Tempervalssaus	49
7.2 Pohjois-Amerikka	50
7.2.1 Valukone, Dofasco, inc.	50
7.2.2 Jatkuvavalukone, Nucor Corporation	51
7.2.3 Jatkuvavalukoneet, Bethlehem Steel Corporation	52
7.2.4 Yhteenveto valukoneet	56
8 ANALYYSI KÄYTTÖKOKEMUKSISTA	57
8.1 Vahvuudet	58
8.2 Heikkoudet	59
8.3 Mahdollisuudet	60
8.4 Uhat	61

9 ÖLJY-ILMAVOITELUN SOVELTAMINEN JVK 6:SSA	62
9.1 Öljyn valinta	62
9.2 Öljyn kulutus	64
9.3 Laitteistohankinnat	66
9.3.1 Keskus	66
9.3.2 Sekoitusyksiköt	67
9.3.3 Jakajat	69
9.3.4 Virtausvahdit	70
9.3.5 Paineilma	70
9.4 Valukoneeseen tehtävät muutokset	72
9.4.1 Laitteistojen sijoitus	72
9.4.2 Öljyputket	73
9.4.3 Öljy-ilmaputket	74
9.4.4 Paineilmaputket	74
9.4.5 Suojaus	75
9.4.6 Putkituksien työmäärät	75
9.5 Segmentteihin tehtävät muutokset	75
9.5.1 Runkoon tehtävät muutokset	75
9.5.2 Rulliin tehtävät muutokset	77
9.6 Koekäyttö	79
10 KUSTANNUKSIEN JAKAUTUMINEN JVK 6	81
10.1 Rasvavoitelun kustannukset	81
10.1.1 Segmenttien kunnossapitokustannukset	81
10.1.2 Rasvan hankinta- ja poistokustannukset	83
10.1.3 Hiekkasuodattimien puhdistuskustannukset	83
10.1.4 Ruokasuolan hankintakustannukset	84
10.1.5 Rasvavoitelun kustannukset yhteensä	84

10.2 Öljy-ilmavoitelun investointikustannukset	85
10.2.1 Laitteistohankinnat	85
10.2.2 Materiaalihankinnat	86
10.2.3 Asennuskustannukset	86
10.2.4 Investointikustannukset yhteensä	87
10.3 Öljy-ilmavoitelun jatkokustannukset	87
10.3.1 Segmenttien kunnossapitokustannukset	87
10.3.2 Öljyn hankintakustannukset	89
10.3.3 Paineilman kustannukset	90
10.3.4 Ruokasuolan hankintakustannukset	90
10.3.5 Öljy-ilmavoitelun kustannuksien yhteenveto	90
10.4 Öljy-ilmavoitelun takaisinmaksuaika	91
10.5 Koekäytön investointikustannukset	92
11 YHTEENVETO	93
LÄHDELUETTELO	95
LIITTEET	100

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön aiheena on öljy-ilmavoitelun soveltaminen Ruukki Raahan tehtaalla. Opinnäytetyö koostuu selvitys- ja kehitysvaiheesta. Selvitysvaiheessa kerätään öljy-ilmavoitelun käyttökokemuksia ja niiden avulla analysoidaan sen soveltuvuutta eri käyttökohteisiin. Kehitysvaiheessa tutkitaan Ruukki Raahan tehtaan jatkuvavalukoneiden voitelun muuttaminen rasvavoitelusta öljy-ilmavoiteluun.

Nykyään Raahan tehtaan jatkuvavalukoneiden vierintäelimiä voidellaan rasvavoitelulla, joka on osoittautunut suhteellisen hyväksi ja luotettavaksi menetelmäksi. Ongelmiksi ovat muodostuneet suuri rasvankulutus, legionellabakteerit, rasvan kulkeutuminen jäähdytysvesiin sekä rasvan kovettuminen linjastoon. Näiden ongelmien poistaminen on kallista ja lisäksi ongelmat aiheuttavat huomattavia ympäristöhaittoja.

Kansainvälisessä terästeollisuudessa jatkuvavalukoneiden suuri rasvankulutus on saanut aikaan rasvavoitelun korvaamisen ympäristöystävällisemmällä öljy-ilmavoitelulla. Herkimmin voitelujärjestelmän muutokseen ovat reagoineet Aasian ja Yhdysvaltojen terästeollisuudet. Euroopassa voitelujärjestelmän muutokseen on reagoitu selvästi hitaammin ja Suomessa toistaiseksi ei ollenkaan.

2 TYÖN TAVOITTEET

Opinnäytetyön tavoitteena on laatia mahdollisimman selkeä ja luotettava kokonaisuus, joka koostuu selvitys- ja kehitysvaiheesta.

Tutkimusvaihe jaetaan kahteen osioon. Ensimmäisen osion tavoitteena on koota kaikki Ruukki Raahen tehtaan öljy-ilmavoitelun käyttökokemukset. Toisen osion tavoitteena on koota mahdollisimman laajalta alueelta käyttökokemuksia muualta kansainvälisestä terästeollisuudesta. Molempien osioiden päätavoitteena on analysoida käyttökokemusten perusteella öljy-ilmavoitelun soveltuvuutta jatkuvavalukoneiden voitelussa.

Kehitysvaihe jaetaan neljään osioon. Ensimmäisen osion tavoitteena on suunnitella jatkuvavalukoneiden voitelurasvan korvaaminen öljy-ilmavoitelulla sekä laskea tarvittavien laitteistojen hankinnat voitelujärjestelmälle. Toisena tavoitteena on suunnitella jatkuvavalukoneisiin tehtävät muutokset öljy-ilmavoitelulle. Kolmantena tavoitteena on suunnitella segmentteihin tehtävät muutokset. Viimeisenä tavoitteena on laskea em. osioiden investointi-, käyttö- ja muutoskustannukset sekä laatia niiden avulla luotettava takaisinmaksuaika järjestelmälle.

3 RAUTARUUKKI OYJ

Rautaruukki Oyj eli markkinanimeltä Ruukki on kansainvälinen pörssiyhtiö, jonka tehtävänä on toimittaa metalliin perustuvia komponentteja, järjestelmiä ja kokonaistoimituksia rakentamiseen ja konepajateollisuudelle. Metallituotteissa yhtiöllä on laaja tuote- ja palveluvalikoima. Rautaruukki Oyj perustettiin 1960. Tarkoituksena oli turvata kotimaisen telakka- ja muun metalliteollisuuden raaka-ainehuolto. Ruukki on vuosikymmenien aikana muuttunut perinteisestä terästuottajasta kansainväliseksi teräs- ja konepajateollisuuden moniosaajaksi. Nykyään Ruukilla on toimintoja 27 maassa ja henkilömäärä marraskuussa 2010 11 800. Liikevaihto oli vuonna 2009 2,0 miljardia euroa. Rautaruukin osake on noteerattu Nasdaq OMX Helsingissä (Rautaruukki Oyj: RTRKS). /1,2/

3.1 Ruukki Suomessa

Ruukilla on toimipaikkoja ja tuotantoa 29 paikkakunnalla Suomessa ja yhtiön palveluksessa on Suomessa yli 7000 henkilöä. Ruukin liiketoiminta jakautuu kolmeen divisionaan.

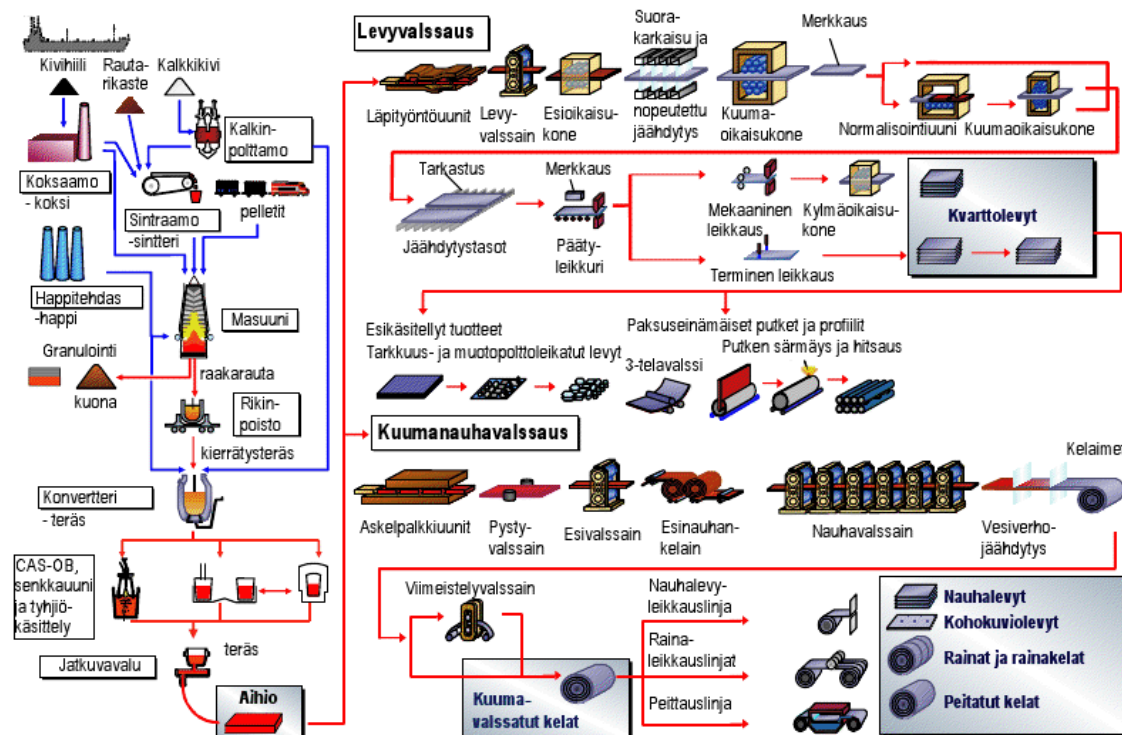
- Rakentamisen liiketoiminnot, Ruukki Construction
- Konepajaliiketoiminnot, Ruukki Engineering
- Teräслиiketoiminnot, Ruukki Metals

Ruukki Construction toimittaa teräsrakenteita (esim. runko- ja kuorirakenteet, sekä perustukset) ja palveluita talonrakentamisen ja infrastruktuurirakentamisen asiakkaille. Ruukki Construction osuus liikevaihdosta on 30 %. Ruukki Engineering toimittaa metalliin pohjautuvia ratkaisuja nosto- ja kuljetusvälineiteollisuudelle, energiateollisuudelle, meriteollisuudelle sekä paperi- että puunjalostusteollisuudelle. Ruukki Engineering osuus yhtiön liikevaihdosta on 16 %.

Ruukki Metals toimittaa asiakkailleen kuuma- ja kylmävalssattua sekä metalli- että maaliinnoitettua terästä eri muodoissa: levy-, nauha-, putki- ja profiilituotteina sekä kokoonpanoon valmiina osina ja komponentteina. Divisionan osuus on suurin, 54 % liikevaihdosta. Kaikkien näiden kolmen divisionan asiantuntemusalueiden perustana toimii Ruukin tuotanto. /1,2/

3.2 Raahen tehdas

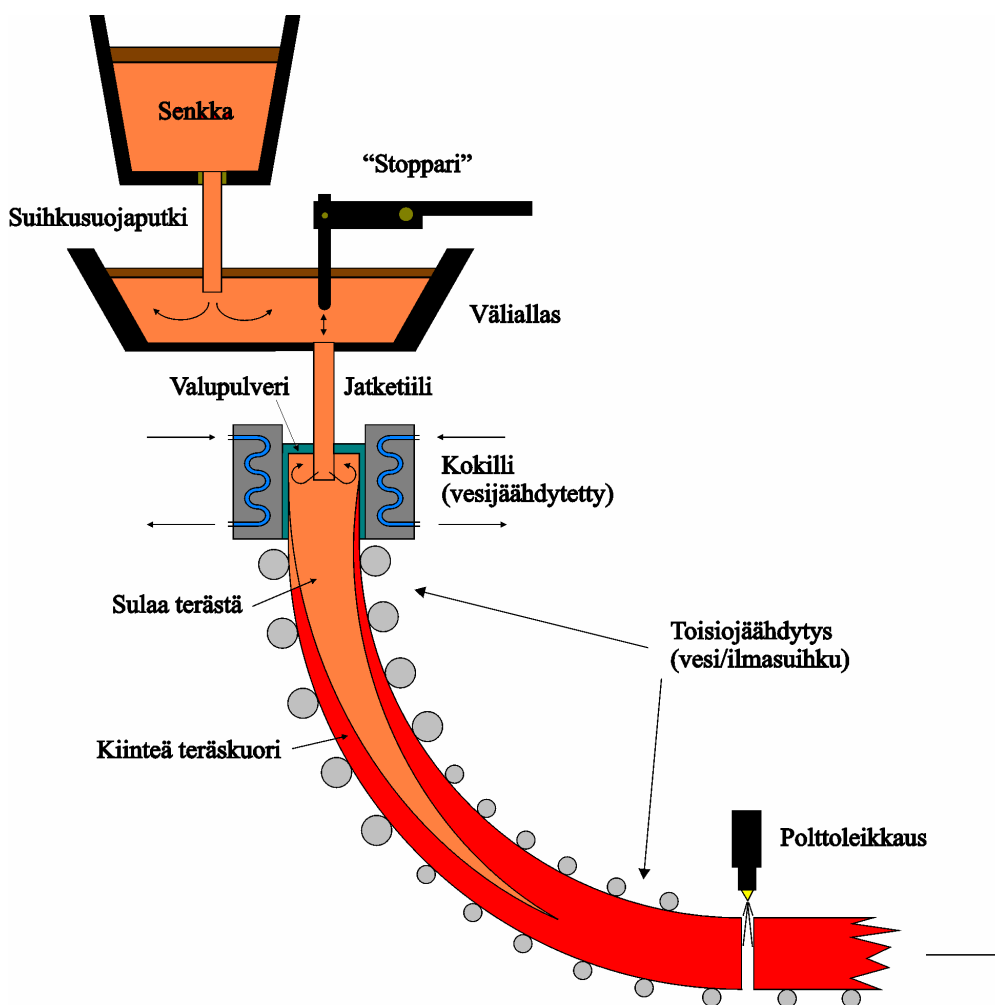
Ruukin suurin tuotantolaitos, Raahen tehtaan rakentaminen aloitettiin 1961 ja rautatuotanto aloitti toimintansa yhdellä masuunilla 1964. Teräksen ja kuumavalssattujen levyjen tuotanto alkoi kolme vuotta myöhemmin 1.8.1967. Ensimmäinen jatkuvavalu suoritettiin 31.8.1967. Toinen masuuni otettiin käyttöön samana vuonna. Vuonna 2009 Raahessa tuotettiin terästä noin 1,9 miljoonaa tonnia ja työntekijöitä tuotannossa oli noin 2 800 henkilöä. Raahen tehtaan tuotanto kattaa standardituotteista aina vaativiin erikoisteräksiin. Raahen tehdas kuului aikaisemmin Ruukki Production -divisioonaan, mutta helmikuussa 2009 alussa se siirtyi Metals -divisioonaan. /3/



Kuva 1 Raahen tehtaan prosessikaavio

3.2.1 Jatkuvavaluprosessi

Jatkuvavaluprosessissa valetaan sulasta teräksestä esiaihoita, jotka menevät varastoinnin kautta jatkokäsittelyihin. Jatkuvavaluprosessi on nimensä mukaisesti jatkuvaa valamista. Prosessissa sulaa terästä lasketaan jatkuvasti terässenkasta suihkusuojaletkun läpi välivarastona toimivaan välisenkkaan ja siitä edelleen jatketiilin läpi muottiin eli kokilliin. Kokilli on vesijäähdytteinen ja pohjaton ja siinä sula ehtii jähmettyä. Jähmettynyttä terästä vedetään alaspäin kylmäaihioiden avulla. Kylmäaiho kulkee valukoneen läpi segmenttien vetämänä koneen loppupäähän, missä se irrotetaan. Valuprosessin lopussa valunauha leikataan sopivan pituisiksi esiaihoiksi. /4 s.46/



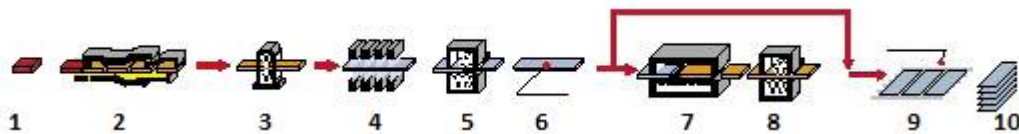
Kuva 2 Jatkuvavaluprosessi ja teräksen jähmettyminen

Ruukki Raahen tehtaassa terässulatolla oli käytössä kaksi pystyvalukonetta JVK 2 ja JVK 3, mutta ne poistettiin käytöstä huonon laadun ja tuoton takia. Nykyään Raahen tehtaalla on käytössä kolme kaarevaa jatkuvavalukonetta, joista käytetään nimitystä JVK 4, JVK 5 ja JVK 6, joista jälkimmäinen on rakennettu vanhan JVK 3 paikalle. /16/

JVK 4 / 5 (ks. liite 1) kaarevuussäde on 10 metriä. Koneet koostuvat kokillista ja segmenteistä. Valukoneen segmentit jaetaan nollasegmentteihin (2 kpl), kaarisegmentteihin (5 kpl), oikaisusegmentteihin (3 kpl) ja vaakasegmentteihin (6 kpl). Rakenteellisina eroina JVK 6:ssa on pystysuora kokilli ja 01-segmentti eli vertikaali ja ensimmäinen taivuttava segmentti eli benderi, sekä segmenttien rullaväli on hydraulisesti säädetty. JVK 6:n (ks. liite 2) segmentit jaetaan vertikaaliin, benderiin, kaarisegmentteihin (6 kpl), oikaisusegmentteihin (3 kpl) ja vaakasegmentteihin (5 kpl).

3.2.2 Levy- ja nauhavalssauslinja

Levyvalssauslinjan alkupään prosessin kulku on havaittavissa kuvassa 3. Leikatut aihiot (1) kuumennetaan läpityöntöuunissa (2). Tämän jälkeen aihioista pestään hilseet pois ja valssataan raakalevyksi (3), jonka jälkeen levy jatkaa matkaa esioikaisukoneen kautta nopeutettuun jäädytykseen eli suorakarkaisuun (4). Levyt oikaistaan kuumaokaisukoneella (5), jossa ne samalla merkataan ja stanssataan (6). Oikaisuista levyistä osa menee suoraan ja osa normalisointiuunin (7) ja kuumaokaisukoneen (8) kautta jäähdystasolle (9). Tämän jälkeen jäähdytetyt levyt tarkastetaan, merkataan ja stanssataan, jonka jälkeen niistä leikataan päätyromut ja näytteet. Jos levyt tarvitsevat vielä oikaisua tarkastuksien jälkeen, ne menevät kylmäoikaisuun ja muussa tapauksessa niputtajan kautta varastoon. /5/



Kuva 3 Levyvalssauslinjan alkupää

Nauhavalssausprosessin kulku on havaittavissa kuvassa 4. Nauhavalssauslinjan alussa leikatut aihiot (1) lämmitetään askelpalkkiuunissa (2), jonka jälkeen aihio menee pystyvalssin (3) ja esivalssin (4) läpi, jossa se valssataan esinauhaksi, joka puolestaan kelataan kelalle esinauhakelaimella (coilbox) (5). Tästä valssaaminen jatkuu nauhavalssilla (6), joka koostuu kuudesta valssituolista. Viimeisen valssituolin jälkeen nauha ajetaan vesiverhojäähdätyksen läpi (7) toiselle kahdesta kelaimesta (8) ja nauha kelataan maksimissaan 30 tonnin nauhaketaksi. /5/



Kuva 4 Nauhavalssausprosessi

4 RASVAVOITELU

4.1 Rasvavoitelu lyhyesti

Rasvavoitelu on yksi Ruukki Raahen tehtaassa yleisimmin käytetty voiteluainesovellus. Voiteluaineen tehtävä on vähentää toistensa suhteen liikkuvien kosketuspintojen välistä kitkaa voiteluainekalvolla. Voiteluaine on välttämätöntä ja pienikin puute voi aiheuttaa laitteiden rikkoutumisia ja tuotantotappioita. Oikealla voitelulla saadaan aikaan merkittäviä taloudellisia hyötyjä mm. alhaisella kitkalla säästetään energiaa ja kohotetaan suoritustehokkuutta. Vähäinen kuluminen puolestaan mahdollistaa laitteiden eliniän merkittävän pidentämisen. Voitelun tärkeimmät tehtävät terästeollisuudessa ovat:

- pintojen erottaminen toisistaan
- kitkan ja siitä aiheutuvan häviötehon pienentäminen
- kulumisen vähentäminen
- epäpuhtauksien tulon estäminen voideltavaan kohteeseen
- epäpuhtauksien ja kulumishiukkasten kuljettaminen pois
- värähtelyn vaimentaminen
- osien suojaaminen korroosiolta /6/

Voitelurasva koostuu saentimesta ja perusöljystä. Perusöljyn määrä vaihtelee rasvatyyppistä riippuen 70...95 %. Perusöljy voi olla joko mineraali- tai synteettinen öljy. Saentimet ovat tyypillisesti metallisaippuaperustaisia. Lisäksi rasvoissa käytetään lisäaineita mm. vanhenemisen ja korroosionestoaineita.
/7 s.18/

Voitelurasvojen etuja öljyyn verrattuna ovat mm. laaja käyttölämpötila-alue, määräänsä nähden pitkät voiteluvälit ja voideltavassa kohteessa pysyminen.
/7 s.214/

4.2 Jatkuvalukoneen rasvavoitelu

Jatkuvalukoneiden segmenttien rullat ovat neljästä pisteestä laakeroituja (kuva 5), lukuun ottamatta JVK 4 ja 5 01- ja 02-segmentit, jotka ovat kolmesta pisteestä. Lisäksi JVK 6:n vertikaali koostuu kolmesta vaipasta ja jokainen vaippa on kahdesta pisteestä laakeroitu.



Kuva 5 Kaarisegmentin alarullasarja huollossa

Segmentin rullan vierintäelimen tyyppi riippuu rullan halkaisijasta ja siitä, onko rulla vetävä vai vapaa. Myös laakerin sijainnilla rullassa on merkitystä. Kaikkia jatkuvalukoneiden vierintäelimiä voitelee Safematic ST-1400 -keskusvoitelujärjestelmä (ks. liite 3). Järjestelmä siirtää paineilmatoisilla pumpuilla voiteluainetta putkistoa pitkin valukoneiden segmenttien vierintäelimille (kuva 6). /8 s.26/



Kuva 6 Vaakasegmentin laakeripesän rasvan- ja jäähdytysveden sisääntulo

Nykyään jatkuvavalukoneiden voiteluaineena käytetään Mobilgrease XHP 461, joka on korkeisiin lämpötiloihin ja kosteisiin olosuhteisiin kehitetty voitelurasva. /10/

4.2.1 Käyttökokemukset

Jatkuvavalukoneiden rasvavoitelu on osoittautunut suhteellisen luotettavaksi voitelumenetelmäksi. Vierintäelimet ovat olleet huoltojen yhteydessä pääasiassa hyväkuntoisia. Keskimäärin yhdestä segmentin rullasarjasta menee 4 kpl vierintäelimiä romuun. Hyväkuntoiset vierintäelimet menevät kunnostuksen kautta uudelleen käyttöön. Yhden vierintäelimen elinkaari rajoittuu kunnosta riippuen yhdestä kahteen kunnostukseen, jonka jälkeen ne romutetaan. /11,12/

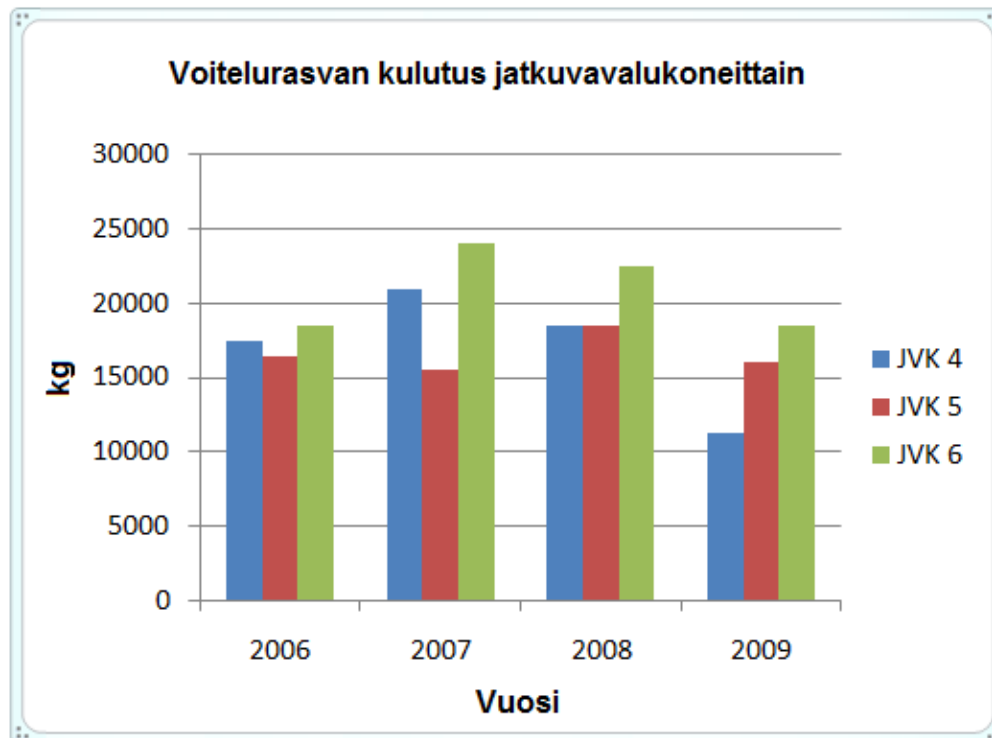
Taulukko 1 Ennenaikaiset segmenttien vaihdot 2006–2010 /13/

Kone	Yks.nro	Paikalta	Asennettu	Irroitettu	Valuluku (t)	Vaihdon syy
JVK 5	S 1/1	Oikaiseva 6	28.4.2010	22.12.2010	552078	Epäilty laakerivika
JVK 5	02-sektio 1	Sektio 02	30.3.2010	23.9.2010	392828	Laakerivika
JVK 4	02-sektio 6	Sektio 02	18.3.2010	23.6.2010	1262037	Laakerivaurio rullissa
JVK 4	H10	Vaaka 13	5.6.2008	3.12.2009	1029744	Laakerivaurio rullissa
JVK 5	01-sektio 7	Sektio 01	19.11.2009	31.3.2009	146784	Rullia jumissa
JVK 4	H2	Vaaka 14	16.4.2008	1.12.2008	591812	Laakerivaurio rullissa
JVK 4	H12	Vaaka 11	5.6.2008	2.10.2008	315032	Laakerivaurio rullissa
JVK 4	01-sektio 8	Sektio 01	21.4.2008	14.7.2008	221924	Laakerivaurio rullissa
JVK 4	01-sektio 2	Sektio 01	25.3.2008	21.4.2008	70548	Rulla poikki
JVK 4	01-sektio 5	Sektio 01	9.8.2007	25.3.2008	529492	Rulla poikki
JVK 6	10-14/5	Vaaka 10	15.3.2007	8.1.2008	618 744	Laakeri tullut ulos pesästä
JVK 5	H4	Vaaka 14	23.5.2006	13.9.2007	1220500	Rulla jumissa
JVK 4	H6	Vaaka 12	4.1.2007	2.8.2007	555452	Rulla jumissa
JVK 6	4	Oikaiseva 8	13.7.2006	5.7.2007	826006	Rulla jumissa
JVK 5	B6	Kaari 3	15.3.2007	7.6.2007	218889	Mahdollinen voiteluongelma
JVK 5	02-sektio 4	Sektio 02	23.3.2007	17.5.2007	144456	Rulla jumissa
JVK 4	02-sektio 1	Sektio 02	13.9.2006	21.4.2007	608527	Laakerivaurio rullissa
JVK 4	01-sektio 5	Sektio 01	5.6.2006	19.11.2006	447240	Rulla jumissa
JVK 4	H9	Vaaka 14	6.2.2006	9.11.2006	743581	Rulla jumissa
JVK 5	02-sektio 6	Sektio 02	22.6.2006	14.9.2006	231385	laakeririkko
JVK 5	01-sektio 2	Sektio 01	9.3.2006	5.6.2006	245235	Rulla jumissa
JVK 5	H5	Vaaka 14	24.1.2006	23.5.2006	336772	Rulla jumissa

4.2.2 Ongelmat

Jatkuvavalukoneiden rasvavoitelun ongelmaksi on muodostunut ylimääräisen rasvan kulkeutuminen jäähdytysvesien mukana jäähdytysvesiverkoston toimilaitteisiin, kuten vesilaitoksen hiekkasuodattimiin ja selkeytin altaisiin. Altaisiin kulkeutunut rasva sitoo itseensä altaasta sakkaa, eikä sakka pääse kulkeutumaan kouruun, vaan takertuu altaan pohjaan. Selkeytinaltaan puhdistaminen vaatii koko terässulaton täysseisokin, mikä yleensä on mahdollista vain kaksi kertaa vuodessa. /8 s.37,16/

Kaaviossa 1 on esitetty koneittain rasvan kulutus viime vuosilta. Vuonna 2009 rasvan kulutus laski edelliseltä vuodelta yli 10 000 kilogrammalla, mutta vastaavasti teräsaihioiden tuotantomäärä laski noin 700 000 tonnilla, joten voitelurasvan kulutus suhteessa tuotettuun terästönneihin nousi noin 7 %. /13,14/



Kaavio 1 Voitelurasvan kulutus 2006–2009

Rasvavoitelun yhdeksi ongelmaksi on muodostunut jäähdytysvesiin pesiytyvä legionellabakteeri, joka voi lisääntyä vesijärjestelmissä ja kulkeutua aerosolien mukana hengitysilmaan. Legionella voi aiheuttaa ihmiselle infektioaudin, jota kutsutaan legionelloosiksi. Ihminen saa tartunnan hengittäessään legionellabakteereja sisältävää aerosolia. Taudinkuva voi vaihdella oireettomasta infektiosta vaikeaan keuhkokuumeeseen. /15/

Bakteerimäärät ovat viime vuosina hieman kasvaneet, kun käyttöön on otettu täyssynteettisen Mobilith SHC 460 -voitelurasvan tilalle Mobilgrease XHP 461. Tämä viittaa siihen, että bakteerit käyttävät jäähdytysvesien mukana kulkeutuvaa rasvaa ravintoaineenaan. /16/

Legionellabakteerikantaa ehkäistiin ennen lisäämällä jäähdytysveteen Actibromia ja Natriumhypokloriittia, jotka tuhoavat bakteerikantaa. Vuonna 2009 Actibromi ja Natriumhypokloriitti korvattiin Oxiacwa -laitteella, jolla valmistetaan ruokasuolasta sähkön avulla kaasumaista oksidanttien seosta, joka toimii biosidina ja tuhoaa bakteerikantaa. Ruokasuolan kulutus vuonna 2009 oli noin 18 000 kg. /14,16/

Jatkuvavalukoneiden haasteelliset olosuhteet ovat tehneet myös rasvan kulkeutumisen voiteluainelinjoissa ongelmalliseksi. Osa linjastoista saattaa talvisaikaan jähmettyä sillä seuraamuksella, että rasva jumiutuu putkistoihin huonon juoksevuuden takia. Korjaavina toimenpiteinä JVK 4 / 5 -toiminta-alueella on eristetty alhaisissa lämpötiloissa olevia voitelurunkolinjoja. Lisäksi segmenttien rasvajakajilta laakereille meneviä voiteluainelinjoja on suurennettu kuuden millimetrin halkaisijasta 8 mm:n halkaisijaan. /17/

5 ÖLJY-ILMAVOITELU

Öllyvoitelua käytetään rasvan sijaan niissä tapauksissa, joissa rasvavoitelu on teknisesti tai taloudellisesti sopimatonta. Öljyä käytetään yleensä korkeammissa käyttölämpötiloissa. Korkeat käyttölämpötilat voivat johtua suuresta pyörimisnopeudesta, raskaasta kuormituksesta tai ympäristön korkeasta lämpötilasta. /9 s.234/

Voitelukohteissa käytetyt öljyt jaetaan kolmeen osaa: mineraaliöljyt, synteettiset öljyt sekä eläin- ja kasviöljyt. Vierintälaakereiden voiteluun sovelletaan yleensä mineraaliöljyä, sekä korkeissa yli 90 °C lämpötiloissa tai vastaavasti alhaisissa lämpötiloissa erikoislaakereiden voiteluun käytetään yleensä synteettisiä öljyjä. /9 s.234/

Voideltavaa öljyä voidaan toimittaa voitelukohteelle monella eri tapaa. Yleisin tapa on öljykylpyvoitelu, jossa esim. laakeripesän öljyn pinta nostetaan pyörivän vierintälaakerin tasolle, jolloin laakeri pyöriessään kerää mukaansa voiteluainetta. Ellei öljykylpyvoitelua ole suunniteltu, on öljy syötettävä laitteilla laakeriin. Pienien määrien öljyvoitelussa (minimimäärävoitelu) käytetään tippavoitelua, öljysumuvoitelua tai öljy-ilmavoitelua. Tippavoitelua sovelletaan yleensä ketjujen voiteluun, jossa öljy tuodaan tippamuodossa suoraan voideltavan ketjun päälle. Öljysumuvoitelussa öljy kulkeutuu paineilman avulla, samoin kuin öljy-ilmavoitelussa, mutta öljy on pisaramuodossa sekoittuneena kuljettavaan ilmaan, joiden koko vaihtelee 0,5...2 µm. Öljysumu on helppo kuljettaa putkistoissa, mutta se kostuttaa huonosti voitelukohdetta. Siksi juuri ennen voideltavaa laakeria sumupisarot tiivistetään takaisin tiivistys- tai sumunpalautussuuttimessa, niin että erottunut öljy siirtyy pisaroina ilmavirrasta laakeriin. /18/

Öljy-ilmavoitelussa öljy kulkeutuu paineilman avulla aaltomaisesti putken sisäseiniä pitkin kohti laakeria, eikä öljy sekoitu ilmaan öljysumuvoitelun tavoin. Öljy-ilmavoitelulla on öljysumuvoiteluun verrattuna se etu, että suuremmat öljypisarat tarttuvat paremmin laakeripintoihin, niin että ilman ulosvirtauksen yhteydessä ympäristöön leviää vain vähän öljyä. /18/

Öljy-ilmavoiteluperiaatetta käytetään seuraavissa kohteissa:

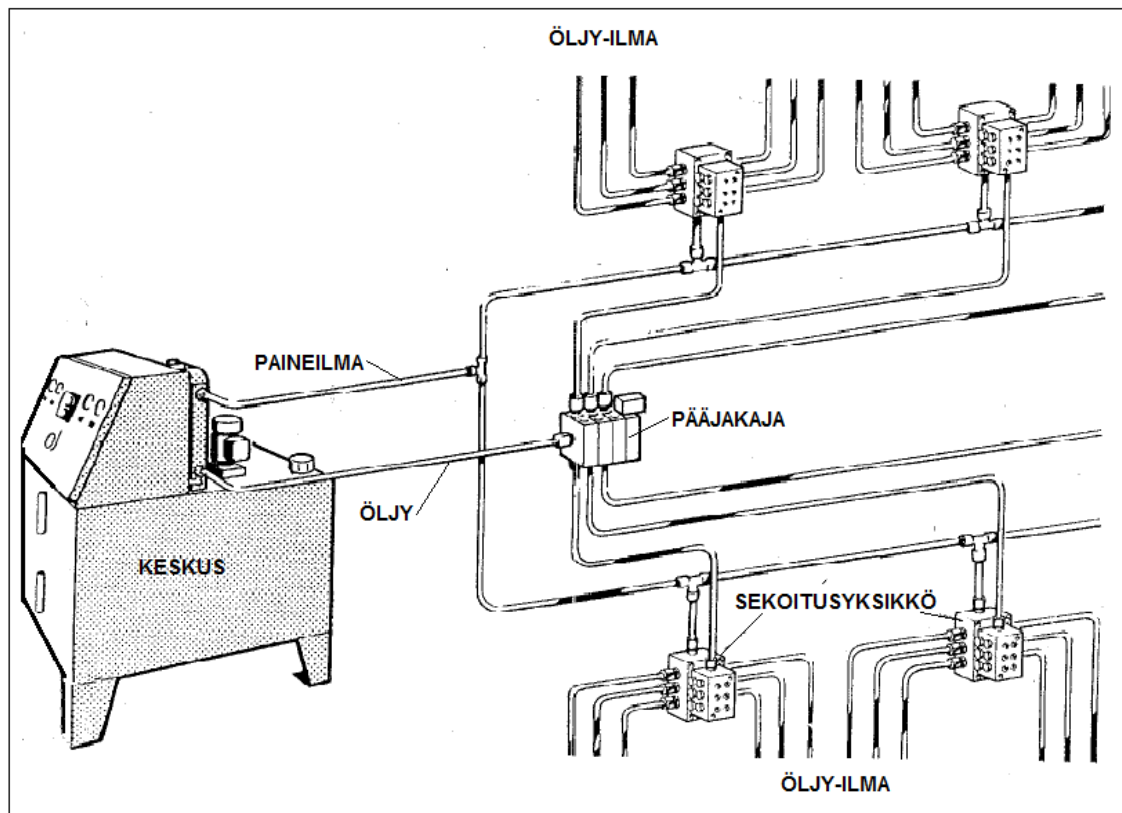
- Korkeissa lämpötiloissa olevissa laakereissa, esim. teräsvalssaimissa ja jatkuvavalukoneissa.
- Korkeakierroksisissa laakereissa kuten erityyppisissä työstökoneissa.
- Epäpuhtauksille, kuten pölylle, jäähdytysvedelle ja haitallisille kaasuille altistuvissa laakereissa. /19/

Öljy-ilma-voiteluperiaate täyttää seuraavat vaatimukset:

- Toimittaa tarkoin mitoitettun määrän voiteluainetta voitelupisteeseen.
- Levittää mahdollisimman ohuen voiteluainekalvon kitkapintojen väliin.
- Jäähdyttää voitelukohdetta (laakeria/kitkapintaa).
- Ylivoitelusta johtuvaa lisälämpöä ei synny.
- Tukee laakeritiivistyksiä. /19/

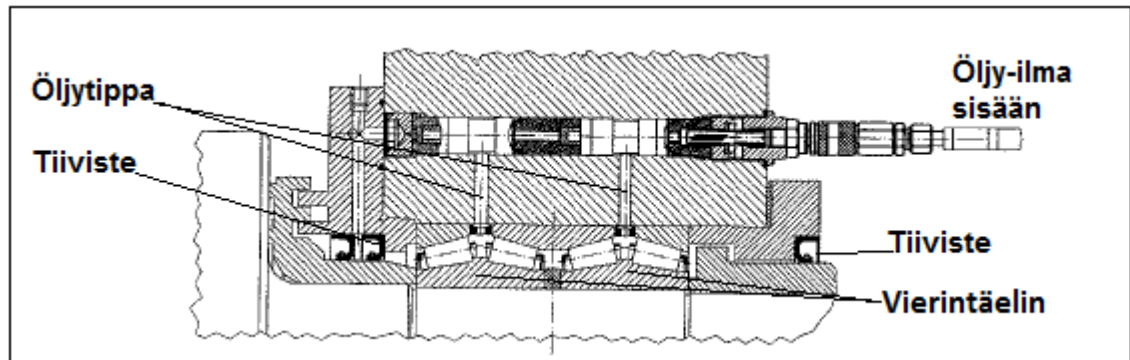
5.1 Toimintaperiaate

Öljy-ilmavoitelu perustuu paineilmaan, joka kuljettaa oikean määrän öljyä putkia pitkin voitelukohteisiin (Kuva 7). Öljy-ilmavoitelussa öljy tuodaan keskuksen öljysäiliöstä pneumaattisella tai sähköisellä pumpulla, mahdollisesti pääjakajan kautta sekoitusyksikölle, joka on kytketty paineilma- ja öljyverkostoon paineen alennusventtiilin avulla. Sekoitussyksikössä öljy annostellaan ja paineilma jaetaan ilmayksikössä useampaan öljy-ilmaputkeen, johon syntyy paineilma- ja öljyilmasta johtuen tasainen aaltomainen öljykalvo. Öljy kulkeutuu öljy-ilmaputken seiniä pitkin jakajaan, jossa öljy jaetaan edelleen useampiin voiteluainelinjoihin, jotka johdattavat öljyn kohti voitelupistettä.



Kuva 7 Öljy-ilmavoitelun peruseriaate

Öljy purkautuu putken seiniltä laakeripesään asennetun voiteluannostimen (kuva 8) avulla tippamuotoon ja voitelee kohdetta. Ylimääräinen paineilma poistuu tiivisteiden välistä ja estää samalla lian pääsyn voitelukohteeseen.



Kuva 8 Voiteluannostimen toimintaperiaate

Voiteluannostimia on monenlaisia esim. kuvan pyöreä patruuna porattuna laakeripesään. Tällä pyritään annostelemaan voiteluainetta usealle voitelupisteelle yhdestä liittimestä, ilman liikkuvia osia. /19,20/

5.2 Laitteisto

5.2.1 Keskus

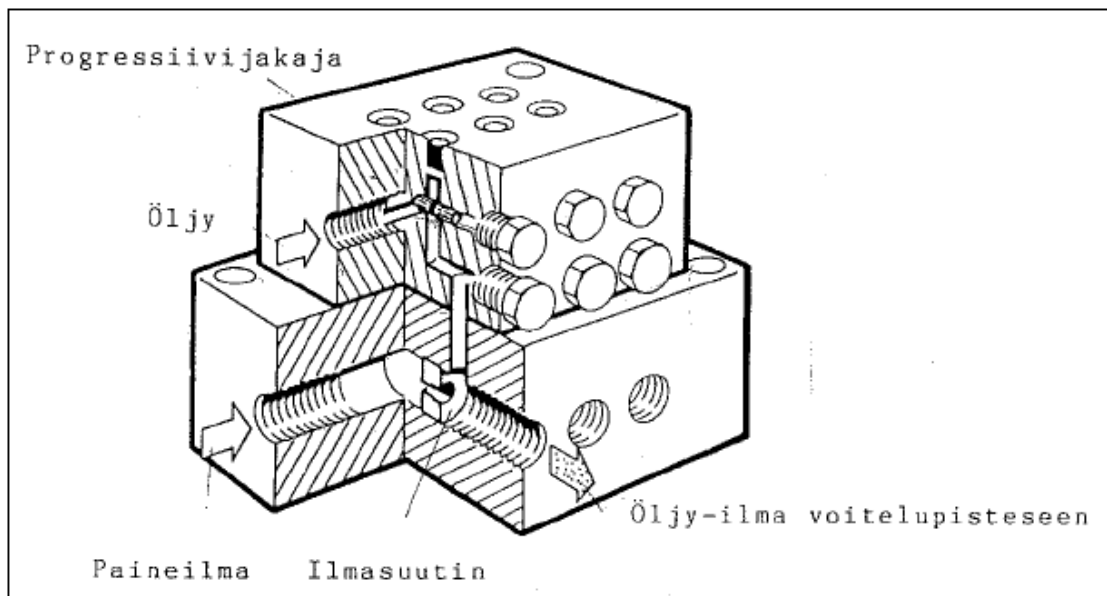
Päyksikkö eli keskus (kuva 7) on teräksinen yksikkö, joka sisältää öljysäiliön ja kaksi pumppua, joista toinen on varalla. Pumppu voi olla joko pneumaattinen kiertomäntäpumppu tai sähköisesti toimiva vaihdemoottoripumppu. Pneumaattista pumppua ohjataan sähköisesti magneettiventtiilillä, joka päästää paineilman pumppuun aiheuttaen männän siirtymisen eli sykäyksen, joka puolestaan työntää öljyä linjastoon. Pumpun sykähdyksien tiheyksiä eli käyttöjaksoja säädetään elektronisesti voitelukohteelle sopivaksi. Taukojaksoilla pumppu imee säiliöstä uutta öljyä seuraavaa sykäystä varten. Sähköisessä pumpussa syöttömäärää säädellään elektronisesti voitelupisteille sopivaksi yksikössä cm^3 / min . Yleensä suositellaan käyttämään useammin toistuvia voitelujaksoja pienillä öljymäärillä tasaisen öljynsyötön ylläpitämiseksi kitkakohteisiin. /19,33/

5.2.2 Pääjakaja

Öljyä syötetään öljysäiliöstä pumpulla pääjakajaan (kuva 7), jossa öljymäärä jaetaan ja johdetaan sekoitusyksikköön. Öljymäärä voidaan määrätä pääjakajassa erisuuruiseksi eri ulosottoihin. Pääjakaja sijaitsee yleensä keskuksen sisällä. /19/

5.2.3 Sekoitusyksikkö

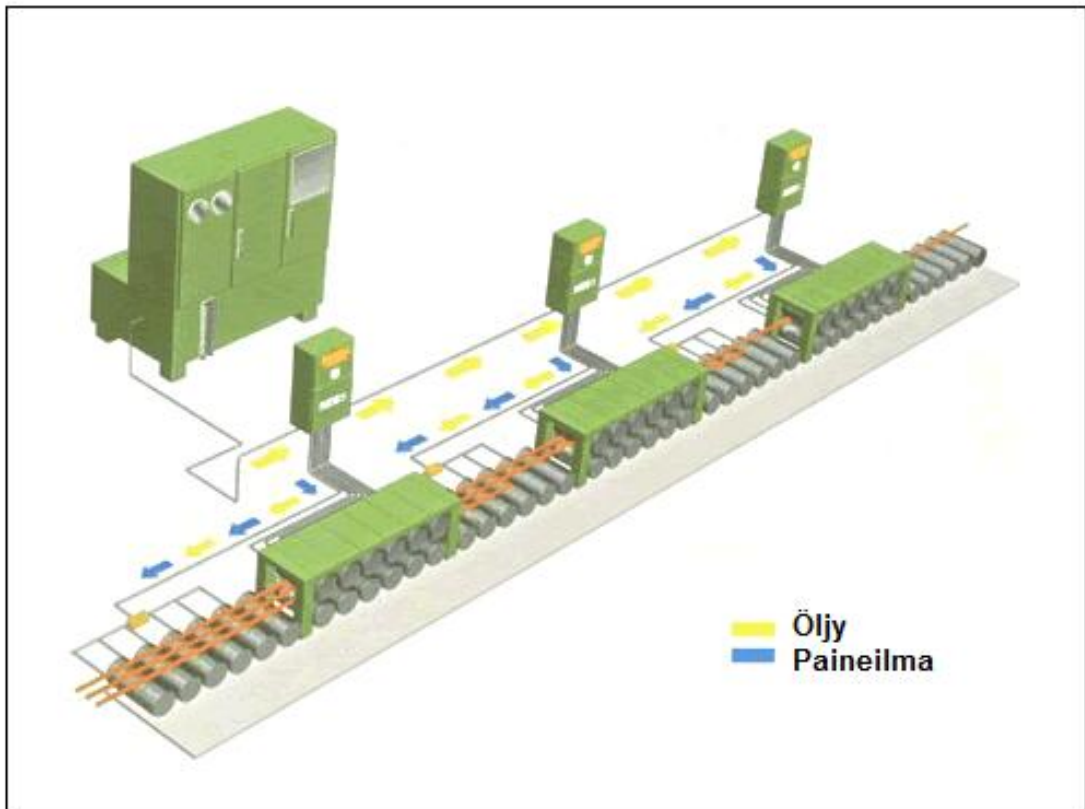
Sekoitusyksikkö koostuu progressiivijakajasta ja siihen kiinnitetystä ilmayksiköstä. Kuvassa 9 pääjakajasta annosteltu öljy jakautuu progressiivijakajassa jokaiseen ilmayksiköstä lähtevään putkiliitännään, jossa paineilma kuljettaa voiteluaineen voitelukohteeseen. /19/



Kuva 9 Sekoitusyksikkö periaate

Pienemmissä voitelukohteissa, sekoitusyksikkö on yleensä sijoitettu keskuksen sisälle yhdessä pääjakajan kanssa. Tässä tapauksessa keskuksen sisällä sekoitettu öljy ja ilma johdetaan öljy-ilmaputkella suoraan voitelupisteille. Etuina erillisiin sekoitusyksikköihin on yksinkertaisempi laitteisto ja vähemmän voiteluaineputkia.

Suurimmissa voitelukohteissa (kuva 10), käytetään erillisiä sekoitusyksiköitä. Tällöin puhutaan satelliittiyksiköistä. SAT-yksiköiden etuina on lähes rajaton voitelukohteen laajuus. Yleensä suurimmissa kohteissa käytetään yhtä keskusta varustettuna jopa 2000 litran öljysäiliöllä ja useampaa sekoitus- eli satelliittiyksikköä. /19/



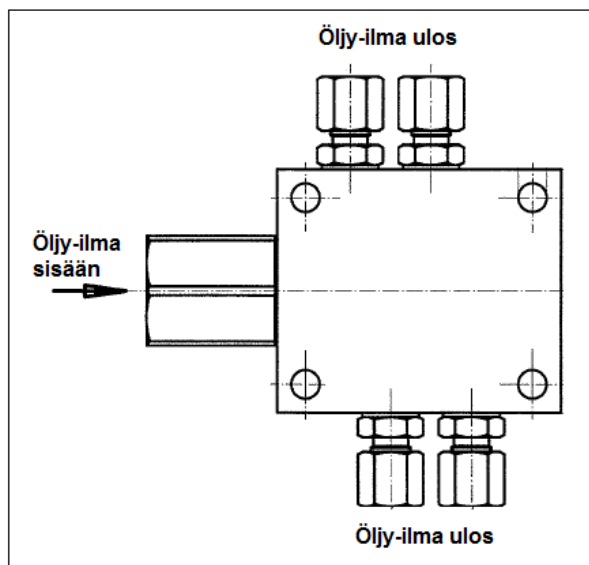
Kuva 10 Keskus varustettuna kolmella SAT-yksiköllä

Satelliittiyksiköstä öljy voidaan jakaa jopa kymmeneen öljy-ilmaputkeen voitelukohteesta riippuen, jotka puolestaan lähempänä voitelukohdetta jaetaan erillisellä jakajalla jälleen useampaan öljy-ilmaputkeen. Tällä tavalla yksi satelliittiyksikkö voi voidella luotettavasti vielä 300 vierintäelintä.

5.2.4 Jakajat (VTLM ja TLR)

Sekoitusyksiköltä johdetut öljy-ilmaputket jaetaan VTLM- tai TLR-jakajilla useampiin öljy-ilmaputkiin. Jakajat ovat pronssista valmistettuja porajakajia, joiden avulla saadaan jaettua yksi voiteluainelinja luotettavasti jopa 50 pienempään voiteluainelinjaan.

VTLM-jakaja (kuva 11) on tarkoitettu liitettävän öljy-ilmaputkeen, jonka halkaisijat ovat \varnothing 12, 18 tai 22 mm. Jakaja jakaa öljyn tyypistä riippuen jopa seitsemään pienempään öljy-ilmaputkeen. Pienempien putkien halkaisijavaihtoehdot ovat yleensä \varnothing 10 tai 12 mm.



Kuva 11 VTLM-jakelijan toimintaperiaate

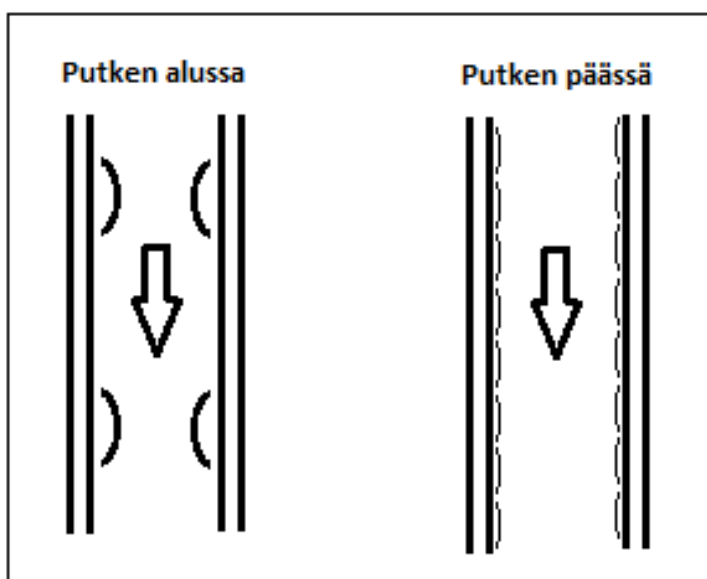
TLR-jakaja toimii täysin samalla tavalla kuin kuvan 11 VTLM-jakelija. Rakenteellisena erona VTLM-jakajaan TLR-jakaja on suunniteltu ohuemmille voiteluaineputkille. Jakelijan sisääntuloputken halkaisijat ovat \varnothing 6, 8, 10 tai 12 mm. Vastaavasti pienemmät lähtöputket ovat suunniteltu \varnothing 4, 6 tai 8 mm:n öljy-ilmaputkille.

5.2.4 Paineilma

Seuraavassa paineilmajärjestelmän peruseriaate lyhyesti. Kompressor imee ilmaa ja puristaa sitä tyypillisesti 5 - 20 bar paineeseen. Puristettu kostea ja likainen ilma jälkikäsitellään suodattimilla ja kuivaimella. Lopuksi ilma syötetään putkilinjoja pitkin loppukäyttäjälle.

Öljy-ilmavoitelussa voiteluaine kulkeutuu paineilman avulla kohti tiettyjä voitelupisteitä. Yleensä paineilma tuotetaan erillisellä kompressorilla, joka otetaan käyttöön tehtaan paineilmaverkosta. Voitelujärjestelmän paineilmalaitte koostuu yleensä pysähdyskanasta, vedenerottimesta, magneettiventtiilistä, paineenalennusventtiilistä, painekytimestä ja painemittarista.

Puhdistettu paineilma alennetaan paineen alennusventtiilin avulla yleensä 3 - 4 bar paineeseen ennen progressiivijakajan ilmayksikköä. Yksiköstä paineilma jakautuu öljy-ilmaputkeen, johon myös öljy johdetaan. Putken alussa (Kuva 12) öljy kulkeutuu putken sisäreunoilla tippoina ja paineen avulla tipat leviävät putken seinämille tasaiseksi aaltomaiseksi kalvoksi, joka liikkuu kohti voitelukohdetta.



Kuva 12 Öljyn kulku öljy-ilmaputkessa

Paineilman virtausnopeutta pyritään pitämään 1 - 3 m / s. Tämä takaa sen, että voitelupisteet saavat jatkuvasti tuoretta voiteluainetta. Lisäksi suurinopeuksisten laakereiden voitelemiseen paineilman tulee voittaa laakerin aiheuttama vastapaine. Näissä ratkaisuissa öljy-ilmasuuttimien sijainnilla on suuri merkitys. Yli 3 m / s virtausta ei taas suositella, koska se voi johtaa laakeritiivisteiden lämpenemiseen. Paineilman oikea virtaus mahdollistaa öljyn optimaalisen virtausnopeuden, joka vaihtelee voitelukohteesta riippuen 2 - 5 cm / s.

Öljyn kuljettimena toimiessaan paineilma myös jäädyttää voitelukohtetta ja mikäli kohteena on laakeri, se myös tiivistää laakeripesää. Lopuksi paineilma poistuu lähes öljyttömänä voitelukohteesta ja estää samalla lian pääsemisen sisään. /19/

Öljy-ilmavoiteluun suositellaan hankittavaksi oma syrjäytyskompressori, joiden paineen nosto vastaa voiteluun käytettävää painetta. Tässä tapauksessa suuria paineenalennuksia ei tarvitse tehdä, mikä tarkoittaa paineilman kustannuksien putoamista. Lisäksi voitelukohte ei ole riippuvainen tehtaan yleisestä verkosta, joka on aina silloin tällöin kunnossapitotoimien takia poissa käytöstä.

5.2.5 Voiteluprosessin valvonta

Öljy-ilmavoitelun valvontajärjestelmä on laajempi kuin automaattisen rasvavoitelun. Kaikki vikasignaalit aiheuttavat häiriövalon syttymisen keskuksen yllä ja käyttöpöytäpaneeliin tulee vikakoodi.

Voitelujärjestelmän öljysäiliön pinnan korkeutta valvotaan pintakytkimellä. Keltainen pinnanvaroitus aktivoituu, kun 1 / 3 säiliön öljystä on jäljellä. Tämä varoitusvalo palaa keskuksen yläpuolella, kunnes öljyä lisätään ja vika kuitataan käyttöpöytään. Punainen merkkivalo puolestaan aktivoituu, kun säiliön öljystä on jäljellä 1 / 4. Tämä signaali pysäyttää yleensä laitteen toiminnan, kunnes öljyä on lisätty ja häiriö kuitattu. /33/

Paineilmaa valvotaan säädettävällä painekytkimellä. Vikasignaali aktivoituu, jos alennettu paine laskee alle 2 bar. Vikasignaali aktivoi keskuksen punaisen merkkivalon. /33/

Voiteluaineen kulkeutumista pumpulta sekoitusyksikköön valvotaan jakajavalvonnalla, joka aktivoituu, jos kohteessa olevaan jakajaan ilmenee vikoja syöttömäärissä. Yleensä vika on tukos, joka estää voiteluaineen kulkeutumisen. Tällöin kontrollijärjestelmän valvonta-ajan kuluttua loppuun, vikasignaali aktivoi keskuksen punaisen merkkivalon. /33/

Voiteluaineen minimi- ja maksimivirtausta valvotaan säädettävällä virtausvalvonnalla. Mikäli virtaus ei pysy vaadituissa arvoissa, vikasignaali aktivoituu ja keskuksen punainen merkkivalo syttyy. Virtausvahdit sijaitsevat yleensä öljy-ilmaputkissa mahdollisimman lähellä voitelukohtetta. /33/

Lisäksi voitelujärjestelmän sähköistä kontrollijärjestelmää valvotaan esim. sähkövian tai käyttöpöydässä ilmenneessä viasta. Tällöin ylijännite-vikasignaali aktivoituu ja keskuksen punainen merkkivalo syttyy. /33,19/

5.3 Toimittajat

Tässä luvussa käsitellään öljy-ilmavoitelun toimittajia, jotka pystyvät tarjoamaan toimivan ratkaisun jatkuvavalukoneen voiteluun.

5.3.1 REBS

REBS Zentralschmiertechnik GmbH on perustettu vuonna 1948, Düsseldorfissa, Saksassa. Yrityksen perustaja Alexander Rebs, sai kansainvälistä mainetta keksittyään progressiivijakajan.

Nykyään perheyrittys toimii jo kolmannessa sukupolvessa, ja se työllistää noin 80 henkilöä. Perustamisestaan lähtien yritys on laajentunut tasaisesti ja on aina ollut kehityksen ja soveltamisen eturintamassa. Yrityksen tarjonta on painotettu:

- TURBOLUB ® öljy-ilmavoitelujärjestelmä
- automaattinen ketjun voitelu
- keskusvoitelu.

Yrityksen tavoitteena on yhteistyössä asiakkaiden kanssa ratkaista vaikeimmatkin tekniset ongelmat rajuista voiteluainekulutuksista huolimatta. Marraskuussa 1994, yhtiö sai ISO 9001 -sertifikaatin, joka on uusittava joka kolmas vuosi. /21/

5.3.2 Dropsa Inc.

Dropsa USA, inc. on perustettu vuonna 1946 Milanossa, Italiassa. Yritys on kasvanut vuosien varrella yhdeksi maailman johtavimmista keskusvoitelujärjestelmien ja komponenttien yritykseksi. Dropsa on kehittänyt tuotteita teollisuudessa 60 vuoden aikana ja avaa nykyään uusia markkinoita teollisuuden voiteluaine sovelluksien valmistajana.

Yrityksen tuotevalikoima on keskitetty: rasvavoiteluun, öljyn kierrättämiseen ja Öljy-ilmavoiteluun. Yhtiö tarjoaa laajan tuotevalikoiman erilaisin voitelusovelluksin mm. työstö-, paino-, ja paperikoneet, sekä terästehtaat. /22/

5.3.3 SKF

SKF perustettiin vuonna 1907 ja yritys kasvoi nopeasti maailman laajuiseksi. Vuonna 1920 yhtiö oli jo hyvin tunnettu Euroopassa, Pohjois- ja Latinalaisessa Amerikassa, Aasiassa ja Afrikassa ja nykyään yritys on edustettuna useammassa kuin 130 maassa. Yhtiöllä on yli 100 tuotantolaitosta ja noin 15 000 jälleenmyyjää. /24/

Yritys on erikoistunut vierintäelimien lisäksi voiteluaine- ja automaattijärjestelmien valmistajana. Yritys valmistaa myös öljy-ilmavoitelusovelluksia teollisuuden käyttöön. Yrityksen öljy-ilmavoitelujärjestelmät ovat tarkoitettu kohteisiin, joiden voitelupisteiden lukumäärä on alle kymmenen. /24,25/

Yritys valmistaa myös öljy-ruiskutussovelluksia, jotka on puolestaan tarkoitettu useampien voitelupisteiden esim. rullaratojen tai valukoneiden öljyvoiteluun. /26,27/

6 KÄYTTÖKOKEMUKSET RAAHEN TEHTAALLA

Tässä luvussa käsitellään öljy-ilmavoitelun käyttökokemuksia Ruukki Raahen tehtaalta. Öljy-ilmavoitelun käyttökokemuksia on nauha- ja levyvalssauslinjan lisäksi terässulatolta.

6.1 Nauhavalssauslinja

6.1.1 Uunien panostusrullarata

Nauhavalssauslinjan vanhan läpityöntöuunin panostusrullarata koostui 23 rullasta (ks. liite 4), joiden tehtävänä oli syöttää aihio läpityöntöuuniin. Rullaradan rullat olivat kahdesta pisteestä laakeroituja pallomaisilla rullalaakereilla. Kaikkiaan 46 vierintäelimen voiteluun sovellettiin REBS:n öljy-ilmavoitelua. /31/

Panostusrullaradan voitelujärjestelmä (ks. liite 5) koostui keskuksesta, josta öljy syötettiin sekoitusyksikön kautta vierintäelimille. Voitelujärjestelmä toimi hyvin, eikä voiteluaineen puutteesta aiheutuneita vierintäelimien vaurioita juuri ollut. Vaurioita vierintäelimissä aiheuttivat puolestaan kohtuuttoman suuret voimat, jotka johtuivat painavan aihion pudotuksesta rullaradan päälle. 20 tonnin aihion pienikin putoaminen rullaradalle ylittää vierintäelimille suunnitellut voimat ja se on vaarassa rikkoutua. /31/

Panostusrullaradan öljy-ilmavoitelussa havaittiin hyvien käyttökokemusten johtuneen luotettavasta voitelusovelluksesta sekä paineilman kyvystä jäähdyttää vierintäelintä. /31,32/

Vanha läpityöntöuuni purettiin uusien askelpalkkiuunien takia. Uusien askelpalkkiuunien panostusrullaradan rullissa käytetään rasvavoideltuja vierintäelimiä, jotka ovat myös osoittautuneet toimivaksi kokonaisuudeksi. /31/

6.1.1 Kelaimien kelaustuurnat

Nauhavalssauslinjalla rullaradan päätepisteenä on kaksi kelainta: kelain 3 ja kelain 4. Niiden tarkoitus on kelata valmis teräsnauha kelalle varastointia, kuljetusta sekä sijoitusta varten. Nämä sijaitsevat peräkkäin, kulkusuuntaan nähden kelain 4 ensimmäisenä ja kelain 3 sen perässä. Molemmat kelaimet on varustettu omilla kelaustuurnilla (kuva 13), joilla varsinainen kelaaminen tapahtuu. Tuurnien pyörimisnopeus vaihtelee nauhan paksuuden mukaan 71–432 kierrosta minuutissa. /28/



Kuva 13 Kelaustuurna purettuna huoltotelineessä. Tuurnan laakerit näkyvät punaisella merkinnällä.

Kelaustuurnien ja niiden liukupintojen voiteluun käytetään Mobilgrease XHP 461 voitelurasvaa, jota syötetään Safematic 1440 -keskusvoitelujärjestelmällä. Molemmissa kelaintuurnissa on kaksi kartiorullalaakeria, joita voidellaan REBS:n öljy-ilmavoitelujärjestelmällä. Laakereiden voiteluun käytetään Mobilgear 600 XP 460 -vaihteistoöljyä, joka on korkealuokkainen mineraaliöljy. Öljyn viskositeetti 40 °C lämpötilassa on 460 cSt ja 100 °C lämpötilassa 30.6 cSt. /29/

Öljy-ilmavoitelun keskuksena on REBS:n A01/100 -tyyppinen yksikkö (kuva 14), joka on varustettu 100 litran öljysäiliöllä ja kahdella pneumaattisella pumpulla. Keskuksessa öljy jaetaan öljy-ilmaputkeen, joka kuljettaa voiteluainetta kohti voitelupisteitä.

4. Kelaimen yksi kartiorullalaakeri sisältää yhden voitelupisteen, josta syötetään 40 cm³ tunnissa. 3. kelaimella puolestaan yhdelle laakerille syötetään 105 cm³ tunnissa kolmesta voitelupisteestä. Yhden keskuksen ilmankulutus on noin $18 \frac{Nm^3}{h}$ (1bar) /33/



Kuva 14 Keskus sisäänrakennetulla öljysäiliöllä, kahdella pumpulla, sekä pääjakajalla että sekoitusyksiköllä.

Öljy-ilmavoitelun toimivuutta valvotaan jatkuvasti ohjaamosta, jonne tulee hälytykset öljysäiliön voiteluaineen sekä paineilman minimirajan alittumisista. Lisäksi voiteluaineen virtausvahdit valvovat jatkuvasti öljyn kulkeutumista voitelupisteille. /28/

Öljy-ilmavoitelu on osoittautunut luotettavaksi voitelusovellukseksi kelaustuurnissa. Viimeisen kymmenen vuoden aikana tuurnaa ei ole vaihdettu kertaakaan ennenaikaisesti laakerivian takia.

Öljy-ilmavoitelun valvontajärjestelmä on pysäyttänyt tuurnan muutamia kertoja, kun öljysäiliön öljynpinta on päässyt laskemaan liian alas. Lisäksi talvella, kun kelaimen ympäristön lämpötila on laskenut lähelle 0 °C, tuurnassa on ilmennyt käynnistysongelmia öljyn jäykkyyden takia. /28,30/

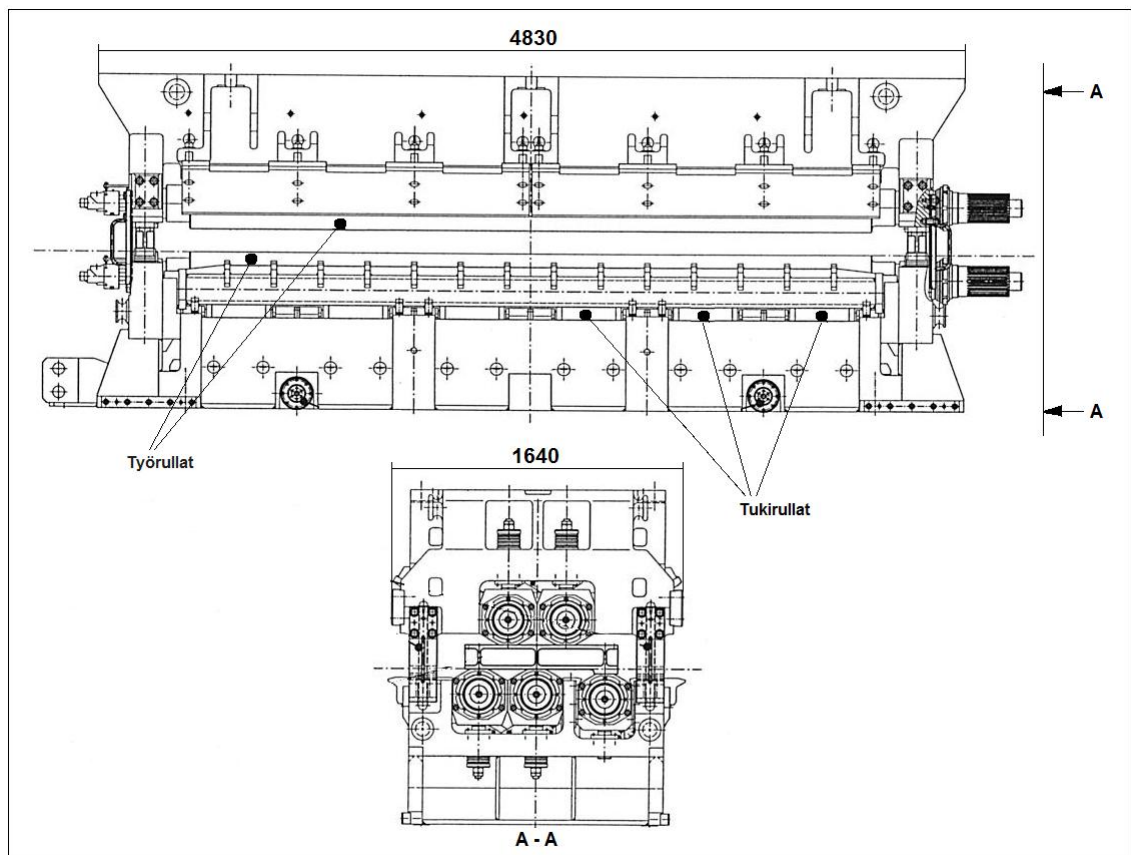
Aikaisemmin laakereista poistunut ylimääräinen öljy kulkeutui kelaimen ympäristöön. Ongelma on ratkaistu keräyslinjalla (ks. liite 6), joilla ylimääräinen öljy kerätään laakerilta paluulinjaa pitkin erilliseen 1000 litran säiliöön, joka täyttyy reilussa vuodessa. Suurin syy säiliön täyttymiseen on voitelusovelluksen pitäminen pääsääntöisesti toiminnassa käytöstä huolimatta. Lämpimillä ilmoilla huoltopäivinä voitelujärjestelmä kytketään pois päältä, kun öljyn jäykkyydestä ei tule ongelmaa käynnistettäessä.

Öljy-ilmavoitelun käytössä on havaittu, että tiivisteen välistä poistuva paineilma sisältää pieniä määriä öljyä, jotka kastelevat vähissä määrin kelaustuurnan ympäristöä. /28/

6.2 Levyvalssauslinja

6.2.1 Esioikaisukone

Levyvalssauslinjan esivalssilla raakavalssattu levy tulee esioikaisukoneelle (kuva 15), jossa levy oikaistaan hydraulisen raon säätöjärjestelmän avulla ennen jäähtykseen siirtymistä. Esioikaisukone koostuu viidestä työ- ja 24 tukirullasta. Pidemmät rullat ovat työrullia ja lyhyemmät puolestaan tukirullia. Tukirullien tehtävänä on estää työrullien taipuminen oikaisussa (kuva 16). /34/



Kuva 15 Esioikaisukone

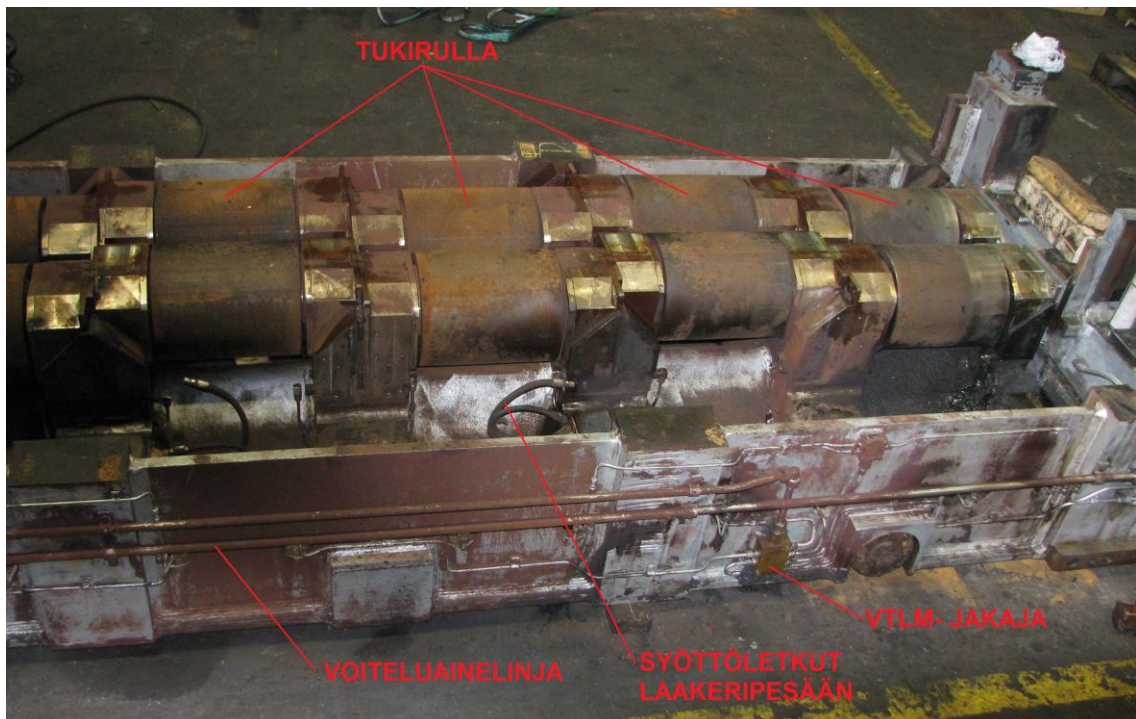
Esioikaisukoneen työ- ja tukirullat ovat laakeroitu kahdesta pisteestä pallomaisilla rullalaakereilla, joita voidellaan REBS:n öljyilmavoitelulla. Voitelujärjestelmän keskuksena on A04/400 -tyyppinen yksikkö, joka on varustettu 400 litran öljysäiliöllä.

Voiteluöljynä käytetään korkealuokkaista mineraaliöljyä Mobilgear 600XP 220, jonka viskositeetti 40 °C lämpötilassa on 220 cSt ja 100 °C lämpötilassa 29 cSt.

/34/

Öljyä pumpataan 120 cm³ minuutissa keskuksen sähköisellä syöttöpumpulla erilliseen sekoitusyksikköön, johon myös paineilma on liitetty. Sekoitussyksikössä öljy jaetaan pienempiin öljy-ilmaputkiin, jotka kuljettavat noin 2 cm³ tunnissa voiteluainetta jokaista vierintälaakeria kohden. Paineilman kulutus järjestelmässä on 168 Nm³ / h (1bar)

/34,29/



Kuva 16 Oikaisukoneen alapuolen tukirullat sekä öljy-ilmavoitelun voiteluainelinjat laakereille

Öljy-ilmavoitelu on osoittautunut suhteellisen hyväksi voitelumenetelmäksi ja laakerit ovat olleet hyväkuntoisia vaihdon yhteydessä. Suurimmaksi ongelmaksi ovat muodostuneet tiivistyksen heikkous ja niiden vaikea asennettavuus. Esioikaisukoneen yhden työrullan tiivistämiseen tarvitaan yhteensä 12 tiivistettä. Monimutkainen rakenne ja suuri tiivistemäärä lisäävät mahdollisia vuotoja.

/17,35/

Asennusvaiheessa tukirullaan liimattava holkki joudutaan työntämään O-rengasuran läpi, jonka terävät reunat saattavat vahingoittaa O-rengasta aiheuttaen öljyvuotoja. Mahdollinen O-renkaan vaurioituminen kasauksessa havaitaan vasta oikaisukoneen ollessa koeponnistuksessa. Tässä vaiheessa tiivisteiden vaihtaminen tuottaa paljon ylimääräistä työtä. Lisäksi on huomattu, että tiivistämiseen tarkoitettu liima tahtoo irrota rullasta ja öljy pääsee vuotamaan rullan ja holkin välistä. /30,17/

Ongelmaksi on myös osoittautunut valssihilse, joka kantautuu tukirullien tiivisteiden väliin ja pyörivässä liikkeessä kuluttaa nitrilikumista valmistetun tiivisteiden käyttökelvottomaksi. Vioittunut tiiviste ei kykene pitämään öljyä sisäpuolella, vaan valuttaa sitä hiljalleen työrulliin, johon myös valssihilse tarttuu. Työrulliin tarttuneet partikkelit painavat puolestaan kovan paineen alla levyyn jälkiä, jotka vaikuttavat tuotteen laatuun. /35/

Tulevaisuudessa ollaan siirtymässä em. ongelmien takia kestovoideltuihin laakereihin kuuma-oikaisukone 1:n positiivisten käyttökokemuksia johdosta. Kestovoidellut laakerit ovat kestäneet rullien käyttöä luotettavammin aiheuttaen vähemmän laatuvirheitä. /36,30/

6.2.2 Kuuma-oikaisukone 1

Levyvalssauslinjalla esioikaistu levy tulee suorakarkaisun jälkeen kuuma-oikaisukoneelle, jossa jäädytetty levy oikaistaan ennen merkkausta. Kuuma-oikaisukone 1 (kuva 17) koostuu 11 työ- ja 72 tukirullasta. Pidemmät rullat ovat työrullia ja lyhyemmät puolestaan tukirullia. Tukirullien tehtävänä on estää työrullien taipuminen oikaisussa. /29/

Kuuma-oikaisukoneen työ- ja tukirullat ovat laakeroitu kahdesta pisteestä SKF:n kestovoidelluilla pallomaisilla rullalaakereilla. Yhteensä 166 kestovoidellun rullalaakerin voiteluaineena on SKF:n LGHB2 voitelurasva, joka on suuren viskositeetin omaava mineraaliöljyperustainen rasva. /37/



Kuva 17 Kuumaoikaisukone 1 huollettuna. Kuvassa nähtävissä työrullien jäähdytysvesiputket

Rautaruukki Oyj tilasi kuumaoikaisukoneen öljy-ilmavoitelulla. Vuonna 2009 perushuollon yhteydessä päätettiin kokeilla kestavoideltuja laakereita. Voitelusovellus vaihdettiin satunnaisten tiivisteiden vuotamisen takia. Suurin syy öljyvuotoihin oli valssihilse, joka kantautui rullan pyörivässä liikkeessä tiivisteiden väliin ja kulutti sen käyttökelvottomaksi. /35/ Vioittunut tiiviste ei kyennyt pitämään öljyä sisäpuolella, vaan valutti sitä hiljalleen työrulliin, johon myös valssihilse tarttui. Työrulliin tarttuneet partikkelit painoivat kovan paineen alla levyyn jälkiä, jotka vaikuttivat tuotteen laatuun. Joissakin tapauksissa vuotanut öljy on valunut suoraan tuotteen päälle aiheuttaen sen hylkäämisen. /30/

Nykyisin käytössä olevat kestavoidellut laakerit ovat kestäneet rullien käyttöä lähes ongelmitta. Vuodesta 2009 lähtien vain yksi kestavoideltu laakeri on laskenut rasvat tiivisteiden välistä ulos, se on jouduttu vaihtamaan ennenaikaisesti. /35/

6.2.3 Kuumaoikaisukone 3

Levyvalssauslinjalla normalisoitu eli lämpökäsitelty levy tulee kuumaoikaisukoneelle, jossa tuote oikaistaan ennen siirtymistä jäähdytystasolle odottamaan tarkastusta. Kuumaoikaisukone 3 koostuu 11 työ- ja 18 tukirullasta. Satunnaisen käytön sekä kuuman teräksen pehmyden vuoksi huoltoväli on noin 3 vuotta, kun vastaavasti kuumaoikaisukone 1:n noin 6 kk. /35,29/

Kuumaoikaisukoneen tukirullat ovat laakeroitu pallomaisilla rullalaakereilla ja työrullat laakeripronssista valmistetuilla liukulaakereilla. Laakereita voideltiin REBS:n öljy-ilmavoitelulla (ks. liite 7), joka sisälsi keskuksen lisäksi yhden pääjakajan ja neljä sekoitusyksikköä. Keskuksen 450 litran öljysäiliöstä pumpattiin Ø 8 mm:n putkea pitkin 120 cm³ minuutissa sekoitusyksikköön, jossa voiteluaine jaettiin seuraavassa suhteessa: vierintälaakereille yksi ja liukulaakereille kaksi annosta. Öljy johdettiin Ø 6 mm:n öljy-ilmaputkessa sekoitusyksiköltä voitelupisteeseen. /29/

Samoin kuin aiemmissa esi- ja kuumaoikaisukoneissa, öljy-ilmavoitelun ongelmaksi muodostui tukirullien tiivisteiden vuotaminen. Levylinjan loppupäässä tuotteessa ei juuri ole tiivistettä kuluttavaa valssihilsettä. Toisaalta laitteen pitkä huoltoväli aiheuttaa pienempiä vuotoja, jotka voimistuvat ja aiheuttavat ajansaatossa öljyn valumisia mm. tuotteelle. Järjestelmän epäluotettavuutta aiheuttivat myös satunnaiset häiriöt valvonnassa. /30/

Vuonna 2005 tukirullissa siirryttiin käyttämään SKF:n kestavoideltuja laakereita ja työrullien liukulaakereissa pitäydettiin öljy-ilmavoitelussa. Kestavoideltujen laakereiden voiteluaineena on LGHB2 -voitelurasva. Vastaavasti liukulaakereiden voiteluaineena käytetään Mobil Glygoyle -sarjan öljyä. Voiteluaine on kehitetty käyttöolosuhteisiin, joissa muiden synteettisten voiteluaineiden ja mineraaliöljyjen ominaisuudet eivät riitä. Öljyn kulutus on noin 30 litraa kuukaudessa. /10,38/

Kestovoidellut laakerit ovat osoittautuneet kokeilussa hyviksi ja näyttävät kestävän tukirullienrullien käyttöiän verran. Kerran koneen käyttöönnotossa liukulaakerit vioittuivat nopeasti käyttökelvottomaksi, koska öljy-ilmavoitelun voitelulaite ei ollut kytkettynä. /39/

Levyvalssauslinjan uuden kylmäoikaisukoneen rullalaakereita voidellaan keskusrasvavoitelulla. Alussa japanilainen voiteluaine tuli tiivisteiden välistä ulos. Silloin epäiltiin voiteluaineen olevan liian paksua, jolloin laakeripesien paine kasvoi ja ylimääräinen voiteluaine poistui tiivisteiden välistä keräyslinjojen sijasta. Myöhemmin huomattiin, että O-renkaat olivat vioittuneet kasausvaiheessa. Nykyään voiteluaineena käytetään Mobilgrease XHP 461, joka on korkealuokkainen vaseliini ja toimii moitteettomasti oikaisukoneen voiteluaineena. /39/

6.2.4 Yhteenveto oikaisukoneet

Öljy-ilmavoitelujärjestelmä on osoittautunut hyväksi ja suhteellisen luotettavaksi voitelusovellukseksi oikaisukoneissa ja vierintäelimet ovat olleet hyväkuntoisia huoltojen yhteydessä.

Käyttökokemuksien perusteella on huomattu, että puhtaampi käyttöympäristö toimii varmemmin kuin hilseinen. Tämän takia levylinjan alkupään hilseinen käyttöympäristö on aiheuttanut huomattavasti enemmän tiivistyksen kulumista pyörivässä liikkeessä kuin linjan loppupäässä oleva kuuma oikaisukone. Yleensä em. vuodot alkavat koneen alapuolelta, mikä tukee myös hilseen vaikutusta tiivistykseen.

Rullastojen yläpuoliset vuodot ovat huomattavasti harvempia kuin alapuolen. Yläpuolen vuodoissa on havaittu kahdenlaisia ongelmia. Harvemmassa tapauksessa öljy on valunut suoraan tuotteen päälle aiheuttaen levyn hylkäämisiä (taulukko 2).

Huomattavasti suuremmassa määrin öljy on valunut hiljalleen työrulliin, jotka keräävät mukaansa hilsettä, ja kovan paineen alla se painaa tuotteeseen jäljen. Levyyn tulleiden painaumien takia levyvalssaamalla hylätään paljon tuotteita (taulukko 3). Painaumien takia hylätyistä tuotteista öljy-ilmavoitelun osuus on pieni. Suurin syy painaumiin on levyn hilseinen pinta ja puutteellinen puhdistus ennen oikaisua.

Taulukko 2 Öljyn tai rasvan takia hylätyt tuotteet 2007–2010 /40/

Vuosi	tn
2007	1
2008	0
2009	0
2010	7

Taulukko 3 Levypainauksen takia hylätyt tuotteet 2007–2010. /40/

Vuosi	tn
2007	91.8
2008	80.1
2009	22.2
2010	806.6

Hilseen aiheuttamia painaumia on alettu estämään ilmapuhallusjärjestelmällä syksyllä 2010. Järjestelmän tehtävänä on puhaltaa levyn pinnasta ylimääräiset hilseet ja pölyt pois ennen partikkeleiden joutumista koneeseen ja sitä kautta työrullan ja levyn väliin. /30/

Öljy-ilmavoitelu tarvitsee laajan voiteluaineverkoston, jossa on paljon putkiliitoksia. Oikaisukoneiden putkistojen liitoksilla on taipumusta alkaa ajan saatossa vuotamaan oikaisussa syntyneen värinän voimasta. Tämä aiheuttaa turhia kunnossapito- ja puhdistustöitä seisokkien aikana.

Ylimääräisiä vuotoja on aiheuttanut myös oikaisukoneiden monimutkainen tiivistys. Suuret tiivistemäärät ja vaikea asennettavuus aiheuttavat suuren vaaran tiivisteiden pitämättömyydelle käytössä. Lisäksi monimutkaisen rakenteen huoltaminen aiheuttaa ylimääräisiä työtunteja, jotka viivästyttävät huoltoa.

Oikaisukoneissa on kokeiltu kestovoideltuja vierintäelimiä luotettavamman ja kunnossapitovapaan voitelujärjestelmän johdosta. Kokeilussa vierintäelimet ovat kestäneet hyvin rullien käyttöön, lukuun ottamatta yhtä vierintäelintä. Tässä tapauksessa vioittunut tiiviste ei kyennyt pitämään voitelurasvaa sisäpuolella.

Kestovoidellut vierintäelimet ovat olleet huoltovapaita ja luotettavia, joten positiivisten käyttökokemusten takia Ruukki tulee käyttämään jatkossakin oikaisukoneissa kestovoideltuja vierintäelimiä.

6.3 Terässulatto, JVK 2 -vetorullasto

Terässulatolla käytettiin esiaihioiden valamiseen pystyvalukoneita JVK 2 ja 3 ennen uusia kaarevia jatkuvavalukoneita. JVK 3 purettiin 1996 ja tilalle rakennettiin JVK 6. JVK 2 on edelleen purkamatta ja kyseisen valukoneen vetorullaston laakereiden voiteluun on sovellettu öljy-ilmavoitelua. Sovellusta ei ehditty juuri kokeilla koneiden poistuttua käytöstä huonon tuottavuuden takia.

Idea rasvavoitelun korvaamisesta öljy-ilmalla lähti muualta teollisuudesta saaduista positiivisista käyttökokemuksista. Suurimpana etuna pidettiin voiteluaineen huomattavaa vähenemistä ja paineilman jäähdyttävää vaikutusta laakereissa. Muutokset suunniteltiin toteutettavan pienissä erissä, aluksi JVK 2 -vetorullapareissa ja tarvittavan kokeilujakson päätyttyä laajennettaisiin kaikkiin jatkuvavalukoneen rulliin. /41/

Suunnitteluvaiheessa havaittiin, ettei tiivistystä ja öljy-ilmaliitääntää isompaa muutosta laakeripesiin tarvitse tehdä. Tarvittavat muutokset tehtiin korjaamalla kahteen pariin eli neljään rullaan. Suurin muutos koettiin sulatolla, missä suoritettiin tarvittavien laitteistojen hankinnat, sijoittelu sekä voiteluaineputkitukset. Voiteluun hankittiin keskus ja sekoitusyksiköt REBS:ltä Saksasta. Keskus sijoitettiin käyttökoneiston puoleiselle seinälle hieman kauemmas valukoneesta, sekoitusyksiköt vastaavasti lähemmäs voitelukohdetta. /41/

Ensimmäinen kokeilu uudella voitelumenetelmällä jäi lyhyeksi. Laakereita ei muistettu voidella uudella voitelusovelluksella, joten ne olivat pilalla alle vuorokaudessa. Toinen rullapari ei ehtinyt kokeiluun valukoneen poistuttua käytöstä huonon tuottavuuden takia. /41,30/

Uudet kaarevat jatkuvavalukoneet toimitettiin rasvavoitelujärjestelmällä, eivätkä muut voitelukohteet tulleet esille hankinnan yhteydessä. Tämän takia öljy-ilmavoitelun soveltaminen jatkuvavalukoneessa jäi suunnitteluasteelle. /41/

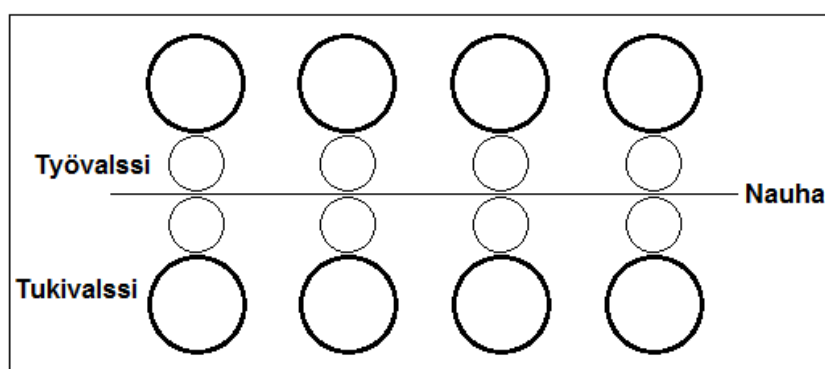
7 ULKOPUOLISET KÄYTTÖKOKEMUKSET

Tässä luvussa käsitellään Hämeenlinnan tehtaan Tandem- ja tempervalssauslinjan öljy-ilmavoitelun käyttökokemuksia. Lisäksi luvun loppupuolella käsitellään kolmen eri Pohjois-Amerikassa sijaitsevan terästehtaan jatkuvavalukoneiden muuttaminen rasvavoitelusta öljy-ilmavoiteluun.

7.1 Hämeenlinnan tehdas

7.1.1 Tandemvalssien työrullat

Rautaruukin Oyj:n Hämeenlinnan tehtaalla on käytössä neljätuolinen kylmävalssaus eli tandemvalssaus (kuva 18). Yksi valssituoli sisältää kaksi työvalssia ja kaksi tukivalssia. Pienemmät ovat työvalsseja ja suuremmat puolestaan tukivalsseja. Tukivalssien tehtävänä on estää työvalssien taipuminen. Teräsnauhan valssaukseen eli ohentamiseen käytetään kussakin valssituolissa 5000 - 20000 kN:n puristusvoimaa valssien pyöriessä maksimissaan 1250 kierrosta minuutissa. /42/



Kuva 18 Neljätuolinen valssauslinja

Hämeenlinnan kylmävalssauslinjan työvalssien kartiorullalaakereita voideltiin alkuun rasvavoitelulla. Kasausvaiheessa suljettu laakeripesä täytettiin voitelurasvalla. Vastaavasti huollon yhteydessä rasvat jouduttiin puhdistamaan ennen laakereiden tarkistusta. Rasvavoitelu toimi suhteellisen luotettavasti, mutta huoltojen yhteydessä laakereiden puhdistustyöt tuottivat ylimääräistä työtä. 80-luvun loppupuolella on otettu kokeiluun REBS:n öljy-ilmavoitelujärjestelmä (ks. liite 8). /20,42/

Voitelujärjestelmä kattaa yhden keskuksen. Tämä sisältää pääjakajan, josta öljy pumpataan neljää Ø 10 mm:n öljyputkea pitkin neljään sekoitusyksikköön. Neljästä sekoitusyksiköstä öljy-ilma johdetaan neljään Ø 10 mm:n öljy-ilmaputkeen, jotka on kiinnitetty pikaliittimellä kuuteentoista laakeripesään. Liittimestä öljy johdetaan Turbolub-voiteluannostimen kautta laakerille (ks. liite 9). Jokainen kartiorullalaakeri sisältää kaksi voitelupistettä eli yhteensä työvalssien voiteluun on kohdistettu 32 voitelupistettä (ks. liite 10). /42/

Sovelluksen toimivuutta valvotaan jatkuvasti ohjaamosta, jonne tulevat hälytykset öljysäiliön voiteluaineen sekä paineilman minimirajan alittumisista. Lisäksi jokaiselle työvalssille on sijoitettu virtausvahti, jotka valvovat öljyn virtausta työvalssille. /42/

Öljy-ilmavoitelu on osoittautunut luotettavaksi voitelusovellukseksi tandemvalssauksessa, eikä järjestelmästä johtuneita laakerivaurioita ole syntynyt yli 20 vuoteen. Erityisesti palautetta on tullut kunnossapidon puolelta puhtaammista laakereista ja niiden kunnon tarkastaminen on huomattavasti helpompaa ja jouhevampaa. Ainoaksi heikkoudeksi ovat osoittautuneet joustavat pikaliitinletkut, jotka murtuvat silloin tällöin liittimiä irrottaessa ennen valssien vaihtoa. Liitinletkut ovat helppo ja nopea vaihtaa uusiin, joten viivästyksiä tuotannossa ei tule. /42, 20/

7.1.2 Tempervalssaus

Rautaruukki Oyj:n Hämeenlinnan tehtaalla on käytössä oikaisuvalssain eli tempervalssain. Tempervalssaus on kylmävalssausprosessi, jonka pääasiallisena tarkoituksena on tasoittaa ja venyttää materiaalia, jotta päästään hyvään tasomaisuuteen ja alhaiseen jäännösjännitystilaan.

Oikaisuvalssainta säädetään hydraulisten pääsylinterien aikaansaamalla valssausvoimalla, joka välittyy tukivalssien kautta työvalssille ja siten nauhaan. Oikaisuvalssaimen kuuluu kaksi tuki- ja kaksi työvalssia. /42/

Oikaisuvalssain oli alkujaan rasvavoideltu, samalla tavalla kuin kohdan 7.1.1 tandemvalssaus. Samassa yhteydessä tandemvalssaimen kanssa myös tempervalssauksessa otettiin käyttöön REBS:n öljy-ilmavoitelu. /42/

Voitelujärjestelmä sisältää yhden keskuksen. Tämä sisältää pääjakajan, josta öljy pumpataan yhdestä Ø 10 mm:n öljy putkea pitkin yhteen sekoitusyksikköön. Sekoitussyksiköstä öljy-ilma johdetaan neljään Ø10 mm:n öljy-ilmaputkeen, joka on kiinnitettyä pikaliittimellä neljään laakeripesään. Liittimestä öljy johdetaan Turbolub-voiteluannostimen kautta vierintäelimille. Jokainen kartiorullalaakeri sisältää kaksi voitelupistettä eli yhteensä työvalssien voiteluun on kohdistettu 8 voitelupistettä. /42/

Öljy-ilmavoitelun soveltaminen oikaisuvalssaimessa on osoittautunut erittäin hyväksi ja luotettavaksi voitelusovellukseksi. Järjestelmän käyttökokemukset ovat lähes identtiset tandemvalssauksen kanssa, jotka ovat selitetty kohdassa 7.1.1. /42/

7.2 Pohjois-Amerikka

Tässä luvussa käsitellään öljy-ilmavoitelun käyttökokemuksia Pohjois-Amerikasta. Voiteluainesovelluksien säästöt ja investoinnit ovat julkistettu USA:n dollareina (USD). Valuutat ovat muunnettu euroiksi 24.3.2011 olevan kurssin mukaan (1 EUR = 1.4128 USD).

7.2.1 Valukone, Dofasco, inc.

Dofasco Inc. toimittaa levy- ja putkituotteita Pohjois-Amerikassa. Yhtiössä teräsaihion valamiseen käytetään valukonetta, jonka yhdessä segmentissä on 20–88 laakeria - koko koneessa yhteensä 1320. Näiden laakereiden voitelemiseen tarvittiin yli 90 tonnia rasvaa vuodessa. /43/

Vuonna 1992 käynnistyi 1,1 miljoonan dollarin (778.030 €) viisivaiheinen hanke, jonka tehtävänä oli korvata valukoneen rasvavoitelu öljy-ilmavoitelulla ensimmäisenä Pohjois-Amerikassa ja kolmantena koko maailmassa. Intek:n sovelluksessa käytetään 40–50 psi (2,7 - 3,4 bar) ilmanpainetta öljyn kuljettamiseen putkia pitkin voitelukohteisiin. Öljy annostellaan ja jaetaan tarkasti, jotta jokaiselle laakerille tulee 3 cm³ voiteluainetta tunnissa. /43/

Suuren hankkeen pyrkimys oli vähentää radikaalisti voiteluaine- ja puhdistuskustannuksia sekä eliminoida jätteen hävittämiskustannukset. Lisäksi tavoitteena oli parantaa laakereiden ikää ympäristöystävällisesti. /43/

Tiedotteen mennessä painoon 4. huhtikuuta 1994 hankkeesta oli takana kolme viidesosaa. Tarkkojen kustannusarvioiden ansiosta vuotuisen voiteluaineen kulutuksen ennustettiin laskevan 277 000 dollarista (195.978 €) 24 000 dollariin (16.927 €). Lisäksi puhdistuskulutuksien puolittuvan 14 000 dollarista (9.906 €) 7000 dollariin (4.953 €). Lisäksi 17 000 dollarin (12.029 €) hävittämiskustannukset jäävät kokonaan pois. Kunnossapitokustannuksien ennustettiin vähenevän 27 000 (19.105 €) dollarista 2000 dollariin (1.415 €).

Lisäksi laakereiden vaihtokustannuksien ennustettiin puolittuvan 160 000 dollarista (113.264 €) 80 000 dollariin (56.608 €). Yhteensä on laskettu, että rasvavoitelun korvaaminen öljy-ilmavoitelulla säästi 382 000 dollaria (270.380 €) vuodessa. /43/

7.2.2 Jatkuvalukone, Nucor Corporation

Nucor Corporation yritys on perustettu 1940. Yhtiön nykyinen pääkonttori sijaitsee Yhdysvaltojen osavaltiossa Pohjois-Carolinassa. Yhtiön toiminta on jakautunut 200 toimipisteeseen. Nucor tunnetaan yhdestä suurimmista teräksen tuottajista Yhdysvalloissa. Nucor valmisti yli 14 miljoonaa tonnia terästä ja se työllisti 20 400 henkilöä vuonna 2009. Yhtiö omistaa tytäryhtiöitä, joista tunnetuin on Yhdysvaltalainen Harris Steel Group. /44,45/

Nucor tunnetaan ympäristöystävällisyydestä. Yhtiössä kierrätetään joka toinen sekunti tonnin edestä terästä valokaariuunissa. Nucorin merkittävin ympäristön kehityshanke toteutui vuonna 2003, kun yritys korvasi rasvavoitelun öljy-ilmavoitelulla jatkuvavalukoneissa. /44,45/

Jatkuvalukone toimi aiemmin automaattisella rasvavoitelulla. Valukoneen segmenttien keski-ikä oli noin 500–700 valua eli 20–30 päivää. Suurin syy segmenttien vaihtoon oli pallomaisten rullalaakereiden vioittuminen. Tutkinnassa selvisi, etteivät kaikki laakerit olleet vioittuneita, joten ongelmina olivat saasteet ja tehoton voitelu.

Näiden tutkimuksien perusteella segmenttien rulliin tehtiin tiivistysmuutoksia. Muutoksien ansiosta valuluku nousi 1500 valuun, joka on 60–70 käyttöpäivää. /46/

1500 valua ei täyttänyt kaikkia tavoitteita, joten järjestelmää oli kehitettävä radikaalimmin. Merkittävin muutos tuli helmikuussa 2003 kun Dropsan modulaarinen kaksilinjainen öljy-ilmavoitelu otettiin kokeiluun segmentissä

nro 2. Öljyksi oli valittu VG 460 -vaihteistoöljy, jota syötetään yksi sykli joka kolmas minuutti. Alkuun päivän kulutus oli 26 gallonia, joka on noin 98 litraa. Uudella sovelluksella päästiin heti 3000 valuun, joten toukokuussa päätettiin korvata rasvavoitelu öljy-ilmavoitelulla koko valukoneessa. /46/

Syyskuussa 2003 koko jatkuvavalukone oli täysin muutettu öljy-ilmavoitelulle. Segmentteihin syötettiin yksi sykli kahdenkymmenen minuutin välein. Tällöin päivänkulutukseksi saatiin 4.5 gallonia eli noin 17 litraa. /46/

Segmenttien valuluku nousi vuoteen 2004 mennessä 3500–4000, joka on 150–180 käyttöpäivää. Järjestelmän takaisinmaksuaika oli 8 kuukautta, joka perustuu vain voiteluainesäästöihin ja koko sulaton rasvankulutus väheni 56 %. Rullalaakereiden ja rullien vaihtoväli väheni puolestaan 50–60%. Vedenkäsittelyyn on tullut 35 % vähemmän lietettä. Tämä lyhentää seisokkeja 1,5 päivää, mikä puolestaan tarkoittaa enemmän tuotantoaika. Puhdistuskustannukset ovat myös pienentyneet, koska segmentit eivät ole enää rasvakalvon peitossa. /46/

7.2.3 Jatkuvavalukoneet, Bethlehem Steel Corporation

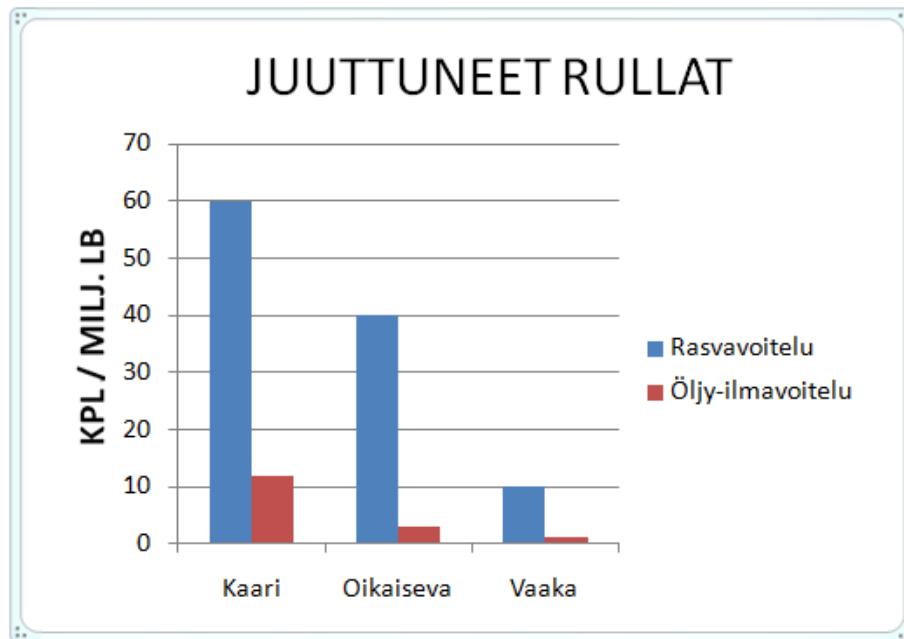
Bethlehem Steel Corporation perustettiin 1857 Pennsylvaniassa. Yhtiö oli toiseksi suurin teräksen tuottaja Pohjois-Amerikassa sekä Amerikan tunnetuimpia siltapalkkien valmistajia. Lisäksi ensimmäisen maailmasodan aikana Bethlehem Steel oli merkittävimpiä sotakalustojen valmistajia.

Yhtiö osti 1916 Baltimoresta Marylandista Sparrow Point -terästehtaan, joka oli erikoistunut laivojen valmistukseen. Yhtiö työllisti kymmeniä tuhansia työntekijöitä. /47/

Taantuman aiheuttamat hallinnolliset ongelmat johtivat Bethlehem Steelin konkurssiin 2001. Tämän seurauksena yhtiö purettiin ja jäljelle jääneet varat myytiin International Steel Groupille 8. helmikuuta 2003. Yhtiö työllisti 147 vuoden aikana satoja tuhansia työntekijöitä. /47/

Sparrow Point terästehtaalla oli kaksi jatkuvavalukonetta, nro 1 ja 2. Vuonna 1997 yhtiössä koettiin merkittävä neljän vaiheen muutoshanke. Jatkuvavalukoneissa otettiin käyttöön REBS:n öljy-ilmavoitelu. Alkuun valukoneiden voiteluun käytettiin synteettistä öljyä. Valukoneessa nro 2 otettiin koekäyttöön tavallinen perusöljy. Kahden kuukauden koekäytön jälkeen ei vierintäelimien vaurioita syntynyt, joten yhtiö päätti muuttaa toisenkin jatkuvavalukoneen perusöljylle halvemmän voiteluaineen takia. /48/

Öljy-ilmavoitelun ansiosta rullien juuttumiset ovat vähentyneet huomattavasti alle tavoitteiden (Kaavio 2).



Kaavio 2 Jatkuvavalukone 1:n juuttuneet rullat /48/

Kaaviossa on havaittavissa kaarisegmenttien rullien juuttumiset vähentyneen miljoonan paunan (453 592 kg) tuotannon aikana 60:stä kahteentoista. Tämä tekee 20 % säästön. Vastaavasti oikaisevien segmenttien juuttumiset ovat vähentyneet 40:stä kolmeen, joka on 7,5 %. Vaakasegmenttien parannus on 10:stä yhteen, joka on 10 % säästö. Öljy-ilmavoitelu vähensi rullien jumiutumisia keskimäärin 12,5 %. /48/

Rullien juuttumisien vähentyminen näkyi välittömästi kunnossapitokustannuksissa. Taulukossa 4 on eritelty juuttuneiden rullien kunnossapitokustannuksien vähenemiset molemmissa jatkuvavalukoneissa.

Taulukko 4 Juuttuneiden rullien kustannussäästöt /48/

		HALKAISIJA	JUUTTUNEET	KUSTANNUKSET/	KUSTANNUKSET	SÄÄSTÖ	HYÖTY
		RULLA	RULLAT	RULLA	YHTEENSÄ	[%]	[\$]
Nro. 1	Kaari	8"	66	\$5,950	\$392,700	20 %	\$78,540
		10"	67	\$7,370	\$493,790	20 %	\$98,758
	Oikaiseva	12"	68	\$9,713	\$680,484	30 %	\$198,145
	Vaaka 1	12"	19	\$9,713	\$184,547	30 %	\$55,384
	Vaaka 2	12"	17	\$9,713	\$165,121	30 %	\$49,536
	Vaaka 3	12"	11	\$9,713	\$108,843	60 %	\$64,106
Nro. 2	Kaari	8"	39	\$5,950	\$232,050	20 %	\$46,410
		10"	51	\$7,370	\$375,870	20 %	\$75,174
	Oikaiseva	12"	53	\$9,713	\$514,789	30 %	\$154,437
	Vaaka 1	12"	28	\$9,713	\$271,964	30 %	\$81,589
	Vaaka 2	12"	19	\$9,713	\$184,547	60 %	\$110,728
	Vaaka 3	12"	19	\$9,713	\$184,547	60 %	\$110,728
YHTEENSÄ [\$]							\$1,123,516
YHTEENSÄ [€]							794.888 €
							1 EUR = 1.4128 USD

Rasvavoitelun korvaaminen öljy-ilmavoitelulla aiheutti suuret säästöt kunnossapitokustannuksien lisäksi myös voiteluainekulutuksissa. Taulukossa 5 on eritelty segmenteittäin jatkuvavalukoneiden rasvan- ja öljynkulutuksien eroavaisuudet ja niiden säästöt.

Taulukko 5 Voiteluainesäästöt /48/

		Kustannukset		
		Rasva	Öljy	Säästö
Nro.1	Kaari	\$45,853	\$21,114	\$24,739
	Oikaiseva	\$23,849	\$10,216	\$13,633
	Vaaka 1	\$14,619	\$7,089	\$7,530
	Vaaka 2	\$14,619	\$7,089	\$7,530
	Vaaka 3	\$11,152	\$7,089	\$4,063
Nro.2	Kaari	\$43,969	\$21,114	\$22,855
	Oikaiseva	\$29,199	\$10,216	\$18,983
	Vaaka 1	\$14,769	\$7,089	\$7,680
	Vaaka 2	\$14,619	\$7,089	\$7,530
	Vaaka 3	\$11,002	\$7,089	\$3,913
Yhteensä [\$]				\$118,456
Yhteensä [€] 1 EUR= 1.4128 USD				83.559 €

Pienempi voiteluaineen kulutus pienentää vastaavasti vedenpuhdistuskustannuksia. Taulukossa 6 on eritelty vedenpuhdistuskustannuksien väheneminen öljy-ilmavoitelulla.

Taulukko 6 Vedenpuhdistuksen kustannukset /48/

KOHDE	VÄHENNYS	YHTEENSÄ
Hiekkasuodattimien vaihto	80 %	\$ 115,149
Lämmönvaihtimen kunnossapito	80 %	\$ 30,338
Puhdistukset	50 %	\$ 11,500
Yhteensä [\$]		\$ 156,987
Yhteensä [€] 1 EUR= 1.4128 USD		110.723 €

Taulukoiden perusteella Sparrow Point -tehtaalla saavutettiin huomattavat säästöt pelkällä voitelusovelluksen vaihdolla. Suurimmat säästöt tulivat kunnossapitokustannuksien huomattavalla vähenemisellä. Lisäksi voitelurasvan korvaaminen öljy-ilmavoitelulla saavutti huomattavia kustannussäästöjä voiteluainekulutuksien lisäksi vedenpuhdistuksessa.

7.2.4 Yhteenveto valukoneet

Opinnäytetyöhön on kerätty käyttökokemuksia kolmesta Pohjois-Amerikassa sijaitsevan terästehtaasta, joissa oli muutettu valukone rasvavoitelusta öljyilmavoiteluun.

Dofascolla oli käynnissä viisivaiheinen hanke, jonka tehtävänä oli rasvavoitelun korvaaminen öljyilmavoitelulla, joten tulokset ovat osaksi arvioituja. Vastaavasti Nucorilla ja Sparrow Pointilla muutoshankkeet olivat saatu päätökseen, joten niiden tulokset ovat käyttökokemuksilla todistettu.

Kaikissa käyttökokemuksissa tuotiin esille massiiviset voiteluainesäästöt. Dofasco oli arvioinut voiteluaineiden vuotuisien kulutuksien laskevan 253.000 dollaria (178.466 €). Vastaavasti Nucorilla oli todistettu voiteluaineen kulutuksen laskevan koko sulatolla 56 % ja öljyilmavoitelun takaisinmaksuaika oli 8 kk pelkkien voiteluainesäästöjen johdosta. Sparrow Pointin vuotuiset voiteluainesäästöt olivat yli 118.456 dollaria (83.570 €).

Kaikissa tapauksissa nostettiin esille puhdistus- ja kunnossapitokustannuksien merkittävä laskeminen sekä laakereiden käyttöiän pidentyminen. Sparrow Point tehtaalla vedenpuhdistus kustannukset laskivat noin 157.000 dollaria (110.764 €) sekä kunnossapitokustannukset 1,1 miljoonaa dollaria (776.050 €) vuodessa.

8 ANALYYSI KÄYTTÖKOKEMUKSISTA

Opinnäytetyön selvitysvaiheen tarkoituksena oli kartoittaa öljy-ilmavoitelun käyttökokemuksia Ruukki Raahen tehtaalta sekä kansainvälisestä terästeollisuudesta. Jälkimmäisen tiedon kerääminen oli haasteellista terästehtaiden niukan informaation takia.

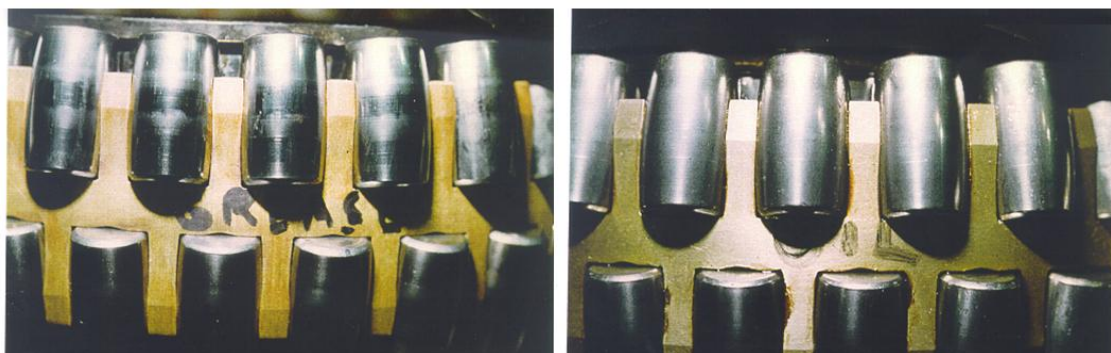
Käyttökokemuksien analysoinnissa käytetään SWOT-analyysiä (kuva 19), jossa tuodaan esille öljy-ilmavoitelun vahvuudet, heikkoudet, mahdollisuudet ja uhat.

VAHVUUDET Hyvä voitelukyky Jäähdyttävä vaikutus Paineilma tiivistää	HEIKKOUEDET Paineilman kulutus Laajat voiteluainelinjat Jatkuva käyttö ja valvonta
MAHDOLLISUUDET Suuret säästöt - kunnossapito - vedenpuhdistus - voiteluaine	UHAT Vuodot Herkkä voiteluaineen puutteelle

Kuva 19 SWOT-analyysi

8.1 Vahvuudet

Öljy-ilmavoitelun vahvuudeksi käyttökokemusten perusteella on osoittautunut hyvät voiteluominaisuudet. Kuvassa 20 on verrattu terästehdas Dofascon valukoneen rullalaakereita tietyn valumäärän jälkeen rasva- sekä öljy-ilmavoideltuina. Rasvavoidellun vierintäelimen voitelurasva oli osittain palanut ja vierintäelimessä oli havaittavissa kulumisen jälkiä. Vastaavasti öljy-ilmavoidellun vierintäelimen vierintäpinnoissa oli havaittavissa vielä valmistajan koneistusjäljet. /20/



Kuva 20 Vasemmalla rasvavoideltu ja oikealla öljy-ilmavoideltu rullalaakeri

Aluksi Nucorin terästehtaalla oli ongelmana joidenkin vierintäelimien lyhyt käyttöikä. Tämä viittaa siihen, että voitelurasva ei ole voidellut kaikkia vierintäelimiä tasaisesti tai laakeripesään on päässyt epäpuhtauksia. Kun siirryttiin, öljy-ilmavoiteluun em. ongelmat vähenivät huomattavasti. Tämä tukee myös sitä, että paineilma toimii öljyn kuljettimena sekä myös jäähdyttäjänä ja laakeripesän tiivistäjänä.

8.2 Heikkoudet

Öljy-ilmavoitelu tarvitsee suhteellisen yksinkertaisen tiivistyksen toimiakseen luotettavasti. Monimutkainen tiivistys on herkempi altistumaan vuodoille, jotka saattavat aiheuttaa ennenaikaisia vierintäelimien vaurioita.

Öljy-ilmavoitelu tarvitsee laajan voiteluaine- ja jakajaverkon. Tämä lisää vuotojen mahdollisuutta liitoksissa, jotka saattavat aiheuttaa vierintäelimien rikkoutumisia.

Lähes kaikissa Ruukki Raahen tehtaan öljy-ilmavoidelluissa kohteissa on havaittu tiivisteiden välistä poistuvan paineilman sisältävän pienissä määrin öljyä, joka sotkee ympäristöä. Tämä ei kuitenkaan vaikuta jatkuvavalukoneen voiteluun.

Öljy-ilmavoitelun heikkous on myös em. lisäksi korkea paineilman kulutus. Puhdistetun paineilman tuotto tehtaan verkostoon on kallista ja tarvitsee yleensä erilliset kompressorit apulaitteineen. Lisäksi tehtaan yleisen paineilman hyödyntäminen voiteluun aiheuttaa voitelujärjestelmään riippuvuutta tehtaan paineilma-verkosta. Tämä saattaa tuoda ongelmia paineilma-verkon kunnossapitoajankohtana, jolloin paineilmaa ei ole välttämättä saatavilla.

Öljy-ilmavoitelu vaatii myös voitelujärjestelmän jatkuvaa ohjeiden mukaista käyttöä ja valvontaa, myös seisokeissa. Tämä tarkoittaa, ettei paineilmaa voi kytkeä kokonaan pois päältä valukoneen seisokkien aikana, koska laakeripesään muodostuisi ”alipaine”, joka saattaisi imeä epäpuhtauksia sisään. Jos vastaavasti öljyn syöttö kytketään pois päältä ja paineilma on päällä, niin paineilma puhaltaa voiteluaineputket kuiviksi ja aiheuttaa vierintäelimien alivoitelua seuraavassa käynnistyksessä. Oikea paineilman ja öljyn kulutus seisokeissa täytyy varmistaa laitekohtaisesti laitteistojen valmistajilta, jotka laskevat optimaaliset kulutukset. /20/

8.3 Mahdollisuudet

Käyttökokemuksien perusteella voidaan todeta öljy-ilmavoitelun mahdollisuuksina:

- Öljy-ilmavoitelu toimittaa tarkoin mitoitettun määrän voiteluainetta voitelupisteeseen.
- Levittää optimaalisen voiteluainekalvon kitkapintojen väliin.
- Paineilma jäähdyttää ja suojaa jatkuvan ylipaineen takia voitelukohtetta.
- Voiteluaineen aiheuttama kitka vähenee 40. osaan rasvavoiteluun verrattuna ja vähentää vierintäelimien sisäistä kulutusta huomattavasti.

/19/

Esim. Sparrow Point -terästehtaan voiteluainesäästöt olivat noin 83.237 € vuodessa. Lisäksi pienentyneestä voiteluainemäärästä vedenpuhdistuskustannukset laskivat noin 110.764 € sekä kunnossapitokustannukset 776.050 € vuodessa.

Raahen terästehtaan jatkuvavalukoneen vuotuinen säästö ja järjestelmän takaisinmaksuaika on laskettu luvussa 10.4.

8.4 Uhat

Öljy-ilmavoitelun suurin uhka on voitelulinjaston tiiviys sekä järjestelmän toimimattomuus. Pienikin voiteluaineen puute minimivoitelussa aiheuttaa käyttökokemuksien perusteella vuorokaudessa vierintäelimen vaurioitumisen ja segmentin ennenaikaisen vaihdon. Pahimmassa tapauksessa voitelujärjestelmän hetkellinen toimimattomuus saattaa aiheuttaa kaikkien jatkuvavalukoneen segmenttien vaurioitumisen. Tämän laajuisen vaurion korjaamiseen menee kuukausia, joka aiheuttaa huomattavia tuotannonmenetyksiä terästuotannossa.

Vastaavasti rasvavoideltu vierintäelin ei ole niin herkkä voiteluaineen puutteelle, koska laakeripesä on esitäytetty kokoamisvaiheessa. Tämän takia pesä on lähes aina täynnä voitelurasvaa. Segmentin kunnostuksen yhteydessä on huomattu, että vierintäelin on pyörinyt jopa kuukauden esitäytetyllä voiteluaineella. Syynä voiteluaineen puutteelle on ollut linjaston tukkeutuminen tai vioittunut rasvaliitin, joka ei ole päästänyt uutta voiteluainetta vierintäelimelle.

9 ÖLJY-ILMAVOITELUN SOVELTAMINEN JVK 6:SSA

Tässä luvussa käsitellään jatkuvavalukone 6:n muuttaminen rasvavoitelusta öljy-ilmavoiteluun. Voitelusovelluksen vaihtoon käytetään laitevalmistaja REBS:n antamia tietoja ja arvoja.

JVK 6 koostuu 16 segmentistä ja 13 varasegmentistä taulukon 7 mukaan.

Segmentti	Sulatolla		Korjaamolla	Yhteensä
	Koneessa	Varalla		
Vertikaali	1	2	3	6
Bender	1		2	3
Kaari	6		2	8
Oikaiseva	3		2	5
Vaaka	5		2	7
Yhteensä				29

Taulukko 7 Segmenttien lukumäärä

9.1 Öljyn valinta

Jatkuvavalukoneiden voitelussa käytetään Mobilgrease XHP 461 -voitelurasvaa. Mobilgrease XHP 460 -rasvat perustuvat ISO VG 460 -viskositeettiluokan perusöljyyn. Positiivisten käyttökokemusten johdosta öljy-ilmavoitelun soveltamiseen vaaditaan vastaavan viskositeettiluokan öljy. Ruukin voiteluaineiden päätoimittajan ExxonMobilin mallistosta löytyy kolmea eri sarjan öljyä kyseisellä luokalla: Mobilgear 600 XP 460, Mobilgear XMP 460 sekä Mobil Glygoyle 460.

Mobilgear 600 XP -sarjan mineraaliöljyt ovat erittäin suorituskykyisiä vaihteistoöljyjä, joilla on erinomaiset korkeapaineominaisuudet ja hyvä kuormankantokyky. Ne on suunniteltu erilaisiin suljettuihin vaihteistoihin, joissa käytetään kierto- tai roiskevoitelujärjestelmää. Mobilgear 600 XP auttaa pitämään voitelukohteen tiivisteet kunnossa.

Mobilgear XMP -sarjan öljyt ovat erittäin suorituskykyisiä teollisuuden vaihteistoöljyjä. Öljyissä käytetään korkealaatuisia mineraaliperusöljyjä ja tarkkaan harkittua lisäaineistusta, joka antaa erinomaisen suojan tavanomaista kulumista vastaan. Lisäksi Mobilgear XMP -sarjan öljyt suojaavat poikkeuksellisen hyvin ruostumiselta ja korroosiolta. Öljy toimii sujuvasti korkeissakin lämpötiloissa ja järjestelmissä, joihin on päässyt vettä.

Mobil Glygoyle -sarjan täyssynteettiset öljyt ovat ensiluokkaisen suorituskyvyn omaavia vaihteistojen, laakereiden ja kompressoreiden voiteluöljyjä, jotka on suunniteltu tarjoamaan ensiluokkainen tehokkuus, pitkä öljyn käyttöikä ja suoja vierintäelimille.

Voiteluaineen valintaa tehtäessä, ratkaiseviksi tekijöiksi nousevat öljyn hinta, viskositeetti ja terässulaton öljylinjastojen lämpötilavaihtelut.

Mobil:in mallistosta löytyy kolme ISO VG 460-viskositeettiluokan öljyä, jotka sopivat käyttökohteeseemme. Taulukossa 8 on vertailtu öljyjen ominaisuuksia tuotetietojen avulla.

Taulukko 8 JVK:n voiteluun sopivat öljyt

ISO VG 460	Öljyn laatu	Viskositeetti		Jähmepiste	Hinta
		CSt/ 40 °C	CSt/ 100 °C	°C	X
Mobil 600 XP 460	Mineraaliöljy	460	30,6	-15	X
Mobil Glygoyle 460	Täyssynteettinen	460	77,2	-33	4,6X
Mobil XMP 460	Mineraaliöljy	460	30,6	-12	9,1 X

Hyvän jähmepisteen, korkean viskositeetin ja alhaisen hinnan takia Mobil 600 XP 460 on sopivin vaihtoehto jatkuvavalukoneen voiteluun. Glygoyle-sarjan öljy on hyvä alhaisiin lämpötiloihin, mutta hinta on 4,6 kertaa kalliimpaa kuin Mobil 600 XP 460. Vastaavasti Mobil XMP 460 hinta on jo 9,1-kertainen halvimpaan Mobil 600 XP 460 verrattuna.

9.2 Öljyn kulutus

Öljy-ilmavoitelun soveltaminen jatkuvavalukoneen aloitetaan selvittämällä vierintäelimien lukumäärät (taulukko 9) ja tyypit (taulukko 10). Näiden tietojen perusteella pystytään laskemaan tarvittava voiteluaineen kulutus.

Taulukko 9 Vierintäelimien lukumäärä

JVK 6	Rulla/segmentti	Laakeri/rulla	Yhteensä
Vertikaali	16	6	96
Bender	16	4	64
Kaari 6kpl	14	4	336
Oikaiseva 3kpl	12	4	144
Vaaka 5kpl	10	4	200
Yhteensä			840

Taulukko 10 Vierintäelimien tyypit segmentteittäin

SEGMENTTI	RULLA		LAAKERIN SIJAINTI		TYYPPI	KOKO [mm]	MALLI
	Vapaa	Vetävä	Reunassa	Keskellä			
Vertikaali	X		X	X	Neulalaakeri	75 x 105 x 58	NA 6915
Benderi	X		X		Pallomainen Rullalaakeri	75 x 105 x 69	BS2B 243359
Benderi	X			X	Lieriömäinen rullalaakeri	110 x 150 x 62	FARO 2.2293
Kaari	X		X		Pallomainen Rullalaakeri	100 x 180 x 60	23220 CC/C4 W33
Kaari	X			X	Pallomainen Rullalaakeri	120 x 180 x 60	24024 CC/C4 VE
Kaari		X	X	X	Pallomainen Rullalaakeri	110 x 180 x 69	24122 CC/C4 W33
Oikaiseva	X		X		Pallomainen Rullalaakeri	110 x 180 x 69	24122 CC/C4 W33
Oikaiseva	X			X	Pallomainen Rullalaakeri	130 x 200 x 69	24026 CC/C4 W33
Oikaiseva		X	X		Pallomainen Rullalaakeri	110 x 180 x 69	24122 CC/C4 W33
Oikaiseva		X		X	Pallomainen Rullalaakeri	130 x 200 x 69	24026 CC/C4 W33
Vaaka	X			X	Pallomainen Rullalaakeri	160 x 240 x 80	24032 CC/C4 W33
Vaaka	X		X		Pallomainen Rullalaakeri	140 x 210 x 69	24028 CC/C4 W33
Vaaka		X	X		Pallomainen Rullalaakeri	140 x 210 x 69	24028 CC/C4 W33
Vaaka		X		X	Pallomainen Rullalaakeri	160 x 240 x 80	24032 CC/C4 W33

Jatkuvavalukoneen yhden vierintäelimen öljyn tarve saadaan laskettua yhtälöstä: /19/

$$Q_{LX} = C \times D_X \times B_X$$

$$Q_{LX} = \text{Öljymäärä} \left[\frac{\text{cm}^3}{\text{h}} \right]$$

$$C = \text{Kerroin} \begin{cases} \text{Normaali } 0,00005 \\ \text{Minimi } 0,00003 \end{cases}$$

$$D_X = \text{Laakerin ulkohalkaisija [mm]}$$

$$B_X = \text{Laakerin leveys [mm]}$$

Öljy-ilmavoitelu on minimivoitelua, jolloin puhutaan pienistä öljymääristä. Riittävä öljyn määrä tulee esille vertikaalissa, jossa yhden rullan kuudelle vierintäelimelle syötetään voiteluainetta akselin molemmista päistä, yhteensä neljästä porausreiästä. Tämä tarkoittaa, että pienemmän vastapaineen takia ensimmäisille laakereille menee suurempi osa voiteluaineesta. Laskelmassa lasketaan öljynkulutus isoimman (160 x 240 x 80 mm) vierintäelimen mukaan, jolloin myös vertikaalin keskilaakereiden voiteluaineen määrä on riittävä.

Tarvittava öljyn määrä saadaan kertomalla vierintäelimen ulkohalkaisija (240 mm) vierintäelimen leveydellä (80 mm) sekä kertoimella (0,00005):

$$Q_{LX} = 0,00005 \times 240\text{mm} \times 80\text{mm}$$

$$Q_{LX} = 0,96 \frac{\text{cm}^3}{\text{h}} \approx 1,00 \frac{\text{cm}^3}{\text{h}}$$

Yhden vierintäelimen voiteluaineen tarve on keskimäärin 1 cm³ tunnissa. Kertomalla saatu tulos valukoneen vierintäelimien lukumäärällä (840 kpl) saadaan kokonaiskulutus tunnissa.

$$\text{Laskelma } (1 \text{ cm}^3 / \text{h} \times 840 \text{ kpl}) = 840 \text{ cm}^3 / \text{h}$$

9.3 Laitteistohankinnat

Voitelujärjestelmä kannattaa toteuttaa erillisellä keskuksella, josta sähkökäyttöinen pumppu syöttää öljyn voitelupisteiden lähelle sijoitettuihin sekoitusyksiköihin. Voitelupisteiden lähelle sijoitetuista sekoitusyksiköistä öljy jaetaan öljy-ilmaputkiin, jotka jaetaan aluksi VTLM-jakajassa ja myöhemmin TLR-jakajassa pienempiin voiteluaineputkiin ennen voitelukohtetta.

9.3.1 Keskus

REBS:llä on laaja valikoima erilaisia keskuksia. Käyttökohteen perusteella järjevin vaihtoehto on hankkia A04-tyyppinen keskus (ks. liite 11). A04-tyyppisessä keskuksessa öljy pumpataan sähkökäyttöisellä (RZM) pumpulla yhteen erilliseen voiteluaineputkeen, joka jaetaan myöhemmin jokaiselle sekoitusyksikölle.

Keskuksen öljysäiliön täyttöväliksi suositellaan kuukaudesta puoleen vuoteen voitelukohteesta riippuen. REBS:n suurin öljysäiliö on tilavuudeltaan 2000 litraa. Seuraavaksi tarkastellaan laskelman avulla öljysäiliön tilavuuden riittämistä valukoneen 73 %:n käyttöasteella:

$$840 \frac{\text{cm}^3}{\text{h}} = 0.840 \frac{\text{l}}{\text{h}}$$

$$\frac{\left(\frac{2000 \text{ l}}{0.840 \frac{\text{l}}{\text{h}}} \right)}{0,73} = \frac{2\,381 \text{ h}}{0,73} \approx 3\,262 \text{ h} \approx 136 \text{ pv} \approx 4,5 \text{ kk}$$

Laskelman perusteella öljysäiliön täyttöväli on lähes viisi kuukautta, joten 2000 litran öljysäiliö on riittävä voitelukohteeseen.

9.3.2 Sekoitusyksiköt

Jatkuvavalukoneen voitelussa öljy syötetään pumpulla erilliseen sekoitusyksikköön eli satelliittiyksikköön, josta paineilma kuljettaa öljyn vierintäelimille.

Satelliittiyksiköitä on saatavilla 2–10 ulostulolla. Lähtökohtaisesti jokaiselle VTLM-jakajalle tulee yksi voiteluainelinja SAT-yksiköltä. Tämä tarkoittaa, että yksi segmentti tarvitsee kaksi ulostuloa: toinen ylä- ja toinen alapuolelle. Poikkeuksena ovat 0-segmentit, koska VTLM-jakajaa on saatavilla maksimissaan seitsemällä ulostulolla eli voitelu voidaan suorittaa maksimissaan 14 rullaan. 0-segmenteissä on 16 rullaa, joten näihin pitää laittaa 4 kpl neljän ulostulon VTLM-jakajia.

Jatkuvavalukoneen 16 segmentin voiteluun tarvittavien voitelulinjojen lukumäärä saadaan kertomalla segmenttien lukumäärä voiteluainelinjojen lukumäärällä:

14 segmenttiä x 2 linjaa / segmentti + 2 segmenttiä x 4 linjaa / segmentti = 36 voiteluainelinjaa.

Satelliittiyksiköiden lukumäärä saadaan voiteluainelinjojen lukumäärä (36 kpl) jaettuna satelliittiyksiköiden maksimi ulostulojen määrällä (10 kpl):

$$\frac{36 \frac{\text{linjaa}}{\text{JVK } 6}}{10 \frac{\text{linjaa}}{\text{SAT}}} = 3.6 \frac{\text{SAT}}{\text{JVK } 6} \approx 4 \text{ kpl}$$

Laskelman mukaan neljä satelliittiyksikköä riittää JVK 6:n voitelemiseen, mutta järkevän ”nipputtamisen” takia voitelukohde kannattaa toteuttaa viiden satelliittiyksikön järjestelmällä taulukon 11 mukaan.

Taulukko 11 Satelliittiyksiköiden niputtaminen

	SEGMENTIT	Voitelupisteiden lkm.	Öljyn kulutus cm ³ /h
SAT #1	V+B	160	160
SAT #2	1-3	168	168
SAT #3	4-6	168	168
SAT #4	7-9	144	144
SAT #5	10-14	200	200
Yhteensä		840	840

Viiden SAT-yksikön järjestelmässä ulostulojen määrä jakautuu taulukon 12 mukaan.

Taulukko 12 Satelliittiyksiköiden ulostulojen lukumäärä

	A	B	C
SAT #1	2	4	8
SAT #2	3	2	6
SAT #3	3	2	6
SAT #4	3	2	6
SAT #5	5	2	10
YHTEENSÄ			36

A= Voideltavien segmenttien lkm
 B= Voiteluainelinja / segmentti
 C= SAT-yksikön ulostulojen lkm

Viiden satelliittiyksikön järjestelmällä saadaan aikaan järkevä ja luotettava niputus valukoneen voiteluun. Satelliittiyksiköiden tyypit ja piirustukset:

- SAT8 # 1 (ks. liite 12)
- SAT6 # 2 (ks. liite 13)
- SAT6 # 3 (ks. liite 14)
- SAT6 # 4 (ks. liite 15)
- SAT10 # 5 (ks. liite 16)

9.3.3 Jakajat

Satelliittiyksiköistä tulee kaksi voitelulinjaa segmenttiä kohden. Poikkeuksena O-segmentit, joihin tulee neljä voitelulinjaa satelliittiyksiköltä.

Lähtökohtana on jakaa yksi satelliittiyksiköltä tuleva voiteluainelinja VTLM-jakajalla jokaiselle rullalle. Tämä tarkoittaa, että vaakasegmentti tarvitsee kaksi viiden ulostulon VTLM-jakajaa. Vastaavasti oikaisusegmentti tarvitsee kaksi kuuden ja kaarisegmentti kaksi seitsemän ulostulon VTLM-jakajaa. Poikkeuksena ovat O-segmentit, koska niissä on yhteensä 16 rullaa ja VTLM-jakajaa on saatavilla seitsemällä ulostulolla. Tämän takia O-segmentteihin täytyy asentaa neljä neljän ulostulon VTLM-jakajaa, joista kaksi on luonnollisesti alapuolella ja kaksi yläpuolella.

JVK 6:n rullat ovat neljästä pisteestä laakeroituja, joten jokaiselle rullalle tuleva oma voiteluainelinja on järkevin jakaa pienemmällä TLR-jakajalla neljään osaan. (ks. liitteet 17–21, osa 19)

Taulukossa 13 esitetään valukoneessa ja varalla olevien segmenttien VTLM- ja TLR-jakajien tyypit ja lukumäärät.

Taulukko 13 VTLM ja TLR jakelijoiden määrät

	JVK 6	Varasegmentit	Yhteensä
VTLM 4	8	28	36
VTLM 5	10	4	14
VTLM 6	6	4	10
VTLM 7	12	4	16
TLR 4	202	184	386

9.3.4 Virtausvahdit

Voiteluaineen valvonta on erittäin tärkeä osa luotettavaa voiteluprosessia. Tämän takia jokaiselle valukoneen segmentille kannattaa sijoittaa kaksi virtausvahtia luotettavan valvonnan takaamiseksi. Toisella valvotaan segmentin alapuolen ja toisella yläpuolen voiteluaineen virtausta. Valvottavat vahdit kannattaa sijoittaa öljy-ilmaputkiin satelliittiyksiköiden sisälle.

(ks. liitteet 12–16, osa 16)

Yhteensä JVK 6:n voiteluun tarvitaan (16 x 2 kpl / segmentti) = 32 virtausvahtia.

9.3.5 Paineilma

Öljy-ilmavoitelun laitevalmistaja lupaa laakerikohtaisen paineilman kulutuksen olevan noin:

$$25 \frac{l}{min} = 1,5 \frac{m^3}{h}$$

Paineilmankulutus kerrottuna vierintäelimien lukumäärällä (840 kpl) saadaan laskettua JVK 6 paineilman kokonaiskulutus:

$$1,5 \frac{m^3}{h} \times 840 = 1\,260 \frac{m^3}{h}$$

Jatkuvavalukoneen kulutus kerrottuna vuoden käyttötunneilla (käyttöaste 73 %) saadaan tulokseksi vuodessa kulutettu paineilman määrä:

$$\begin{aligned} & 1\,260 \frac{m^3}{h} \times 24h \\ &= 30\,240 \frac{m^3}{vrk} \times 365 \\ &= 11\,037\,600 \frac{m^3}{a} \times 0,73 \\ &= 8\,057\,448 \frac{m^3}{a} \end{aligned}$$

Raahen tehtaalla on käytettävissä ilman lisäinvestointeja 40 m³ / min ylimääräistä adsorptiokuivattua paineilmaa, jonka kastepiste on – 30 °C.

Paineilman riittävyys saadaan laskettua vähentämällä ylimääräisen paineilman määrästä JVK 6:n tarvitsema määrä.

$$40 \frac{m^3}{min} | \times 60min$$

$$= 2400 \frac{m^3}{h}$$

$$2400 \frac{m^3}{h} - 1260 \frac{m^3}{h} = 1140 \frac{m^3}{h}$$

Laskelman perusteella paineilman kapasiteetti riittää jopa kahden valukoneen voiteluun. Suuri paineilman kulutus lisää kompressoreiden ja paineilmajärjestelmän kunnossapitokustannuksia noin 20 %.

9.4 Valukoneeseen tehtävät muutokset

Tässä luvussa käsitellään öljy-ilmavoitelun vaatimia muutoksia terässulaton valulaitokselle, jonne sijoitetaan voitelulaitteet sekä voiteluaine- ja paineilmalinjat. Luvun loppupuolella käsitellään öljyputkien suojaamista vaihtelevilta olosuhteilta.

9.4.1 Laitteistojen sijoitus

Keskuksen ja satelliittiyksiköiden sijoittelu jatkuvavalukoneiden ympäristöön on tärkeä saada mahdollisimman optimaaliseksi luotettavan toimivuuden, pienempien kustannuksien ja tilan säästämisen takia. Sijoittelua vaikeuttaa merkittävästi järjestelmän suuret korkeus- ja lämpötilaerot sekä tilan puute.

Laitteiston valmistajan mukaan öljyputken pituudella ja korkeuserolla ei ole juuri merkitystä valukoneen mittakaavassa. Vastaavasti öljy-ilmaputkiston suunnittelu asettaa omia haasteita, koska paineilman aiheuttama kitka voiteluaineputkistoissa lisääntyy korkeuseron ja voitelulinjan pituuden kasvaessa. Tämä lisää merkittävästi paineilman kulutusta ja kustannuksia. Paineilma on järjestelmän suurin kustannustekijä, joten sen optimoiminen kannattaa tehdä mahdollisimman tarkasti. Tämän takia öljy-ilmaputket pyritään pitämään mahdollisimman lyhyinä ja korkeuserot vientielimiin mahdollisimman pieninä.

Jatkuvavalukone 6:n voitelukeskus kannattaa sijoittaa jatkuvavalulaitos yhden itäpuolen tiiliseinän taakse vaakasegmentti #12:n kohdalle 1,7 metrin korkeudelle 0-tasosta (ks. liite 22). Tällöin keskus sijaitsee noin 7 metrin etäisyydellä valukoneesta ja olisi kylmyydeltä ja epäpuhtauksilta suhteellisen suojaisessa paikassa.

Satelliittiyksiköt (5 kpl) kannattaa sijoittaa mahdollisimman lähelle voideltavia segmenttejä piirustuksen mukaan. (ks. liite 23)

SAT # 1 ja #2 kannattaa sijoittaa valukoneen kaarisegmentin #1 taakse kokillin kaapelin kytkentätilaan. Sopiva tila on noin 9 metrin korkeudella ja noin 19 metrin etäisyydellä keskukselta. SAT #1 voitelee vertikaalin, benderin ja SAT # 2 kaarisegmentit (1, 2 ja 3).

SAT #3 ja #4 kannattaa sijoittaa neljännen kaarisegmentin alapuolelle lähelle 0-tasoa, siten että SAT #3 sijaitsee oven pohjoispuolella ja voitelee kaarisegmentit (4, 5, ja 6). SAT #4 sijaitsee vastaavasti oven eteläpuolella ja voitelee kaikki kolme oikaisusegmenttiä. SAT #5 kannattaa sijoittaa vaakasegmentti 13:n kohdalle 0-tasolle toisiohöyrykanavan alle ja se voitelee kaikki valukoneen vaakasegmentit.

Terässulaton vaihteleva ilmasto tulee olemaan voitelun luotettavuuden haaste ilman lämmitys- ja suojaustoimenpiteitä. Talvella seisokkien aikaan koneen loppupään ympäristön lämpötila laskee nollan alapuolelle. Tämä aiheuttaa öljyn viskositeetin kasvua ja mahdollisesti alivoitelua, joka on otettu huomioon osaksi öljynlaatua valittaessa. Lisäksi öljysäiliöön kannattaa laittaa öljynlämmitin sekä alkupään öljyputkiin lämpöeriste.

9.4.2 Öljyputket

Öljyputki johtaa öljyn keskukselta satelliittiyksiköihin laitteiston valmistajan suosittelemalla Ø 22 x 1,5 mm:n ruostumattomalla teräsputkella.

Piirustuksien (ks. liite 22 ja 23) mukaan valulaitoksen öljyputkituksiin tarvitaan noin 53 metriä Ø 22 x 1,5 mm (AISI 316) ruostumatonta teräsputkea.

9.4.3 Öljy-ilmaputket

Öljy-ilmaputket johtavat öljyn paineilman avulla satelliittiyksiköiltä segmenttien VTLM-jakajille laitteiston valmistajan suosittelemalla Ø 22 x 1,5 mm:n ruostumattomalla teräsputkella.

Piirustuksien (ks. liite 22 ja 23) mukaan valulaitoksen öljy-ilmaputkituksiin tarvitaan noin 350 metriä Ø 22 x 1,5 mm:n (AISI 316) ruostumatonta teräsputkea.

9.4.4 Paineilmaputket

Jatkuvavalukoneen pitkän valusarjan aikana paineilmaputkien lämpötilojen kasvu saattaa aiheuttaa hapettumista ja syöpymistä normaaleissa rakenneteräsputkissa. Tämän takia on järkevintä käyttää ruostumattomia teräsputkia myös paineilmalinjan rakentamisessa.

Adsorptiokuivatun paineilman runkoputki sijoitetaan valukoneen viereen segmenttien vetoakseleiden alle. Runkoputki johdetaan vanhan JVK 2 pystyvalukoneen kohdalta Ø 88,9 x 3,2 mm:n putkella. Paineilman runkoputki jaetaan satelliittiyksiköiden kohdalla pienempiin Ø 48,3 x 2,6 mm:n putkiin, jotka johtavat paineilman sekoitusyksiköille.

Piirustuksien (Liite 22 ja 23) mukaan valulaitoksen paineilmaputkituksiin tarvitaan noin 42 metriä Ø 88,9 x 3,2 mm:n (AISI 316) sekä 20 metriä Ø 48,3 x 2,6 mm:n (AISI 321) ruostumatonta teräsputkea.

9.4.5 Suojaus

JVK 6 sijaitsee huomattavasti kylmemmässä ympäristössä kuin JVK 4 ja 5. Tämän takia JVK 6 -voitelukeskuksen öljysäiliöön kannattaa asentaa REBS:n erillinen öljynlämmitin, joka lämmittää öljyn juoksevaksi myös kylmässä ympäristössä. Lisäksi keskukselta satelliittiyksiköille menevät öljyputket kannattaa suojata lämpöeristeellä, jotta lämmitetty öljy ei jähmety putkistoon suuren viskositeetin takia.

9.4.6 Putkituksien työmäärät

Jatkuvavalulaitoksen putkituksiin ja laitteiden asennuksiin on laskettu viiden päivän työtunnit neljältä mieheltä. Kertomalla työntekijöiden lukumäärän (4 kpl) tehdyillä päivillä (5 pv) sekä työpäivien työtunneilla (8 h / pv) saadaan tulokseksi putkituksien miestyötunneiksi 160 h.

9.5 Segmentteihin tehtävät muutokset

Tässä luvussa käsitellään öljy-ilmavoitelun vaatimia muutoksia segmenttien runkoon ja rulliin. Runkoon asennetaan voitelulinjaston lisäksi VTLM- ja TLR-jakajat ja rulliin suunnitellaan tiivistyksen muutostarvetta.

9.5.1 Runkoon tehtävät muutokset

Segmentteihin rakennetaan kokonaan uudet voiteluainelinjat, jotka pyritään sijoittamaan nykyisten voiteluainelinjojen mukaisesti hyvien käyttökokemusten takia.

Segmenttien (bender, kaari, oikaisu ja vaaka) alapuolen VTLM- ja TLR-jakajat sijoitetaan segmenttien päätyihin piirustuksen mukaan (ks. liite 24). Erityisesti benderissä jakajat kannattaa sijoittaa päällekkäin tilan vähäisyyden takia.

Segmenttien (bender, kaari, oikaisu ja vaaka) yläpuolen VTLM-jakajat sijoitetaan myös segmentin käyttöakselin puolelle. Erityisesti benderissä jakajat kannattaa sijoittaa päällekkäin tilan vähäisyyden takia.

Segmenttien (bender, kaari, oikaisu ja vaaka) yläpuolen TLR-jakajat sijoitetaan sitä voitelevan rullan yläpuoleiseen seinään suihkuputkien viereen suojaiseen paikkaan. Lisäksi jakajat ovat huollon yhteydessä helppo tarkistaa ja vaihtaa tarvittaessa uusiin (ks. liite 24).

Vertikaalissa jakajat kannattaa sijoittaa hieman eri tavalla rullan päädyistä lähtevien voitelulinjojen takia. Vertikaalissa VTLM-jakajat on järkevintä sijoittaa piirustuksen mukaan sivuilla oleviin runkoihin ja TLR-jakajat vastaavasti segmentin päätyyn piirustuksen mukaan (ks. liite 25). Tällä tavalla voiteluputket saadaan suojaiseen paikkaan sekä optimoitua mahdollisimman lyhyiksi.

Kaikkien segmenttien voiteluaineputket toteutetaan jakajien ja vierintäelimien välillä kahdella erikokoisilla ruostumattomilla teräsputkilla. Segmenttien voiteluainelinjasto alkaa VTLM-jakajalta, josta öljy johdetaan Ø12 x 1 mm:n (AISI 316) putkella TLR-jakajiin. Tästä öljy johdetaan Ø 6 x 1 mm:n (AISI 316) putkella suoraan laakeripesään. Ø 6 x 1 mm:n voiteluaineputki liitetään laakeripesään vanhojen voiteluaineputkien tilalle ruostumattomilla kulmalähtöliittimillä. (Kulmalähtöliittimen tyyppi: S-WEV 6LR1/4KSS).

Taulukossa 14 on laskettu segmenttikohtaisesti voiteluaineputkien määrät ja putkikoot.

Taulukko 14 Segmenttien voiteluaineputkien määrät

	Materiaalit / segmentti		Segmentit				
	AISI Putki	AISI Putki	JVK 6	Varalla	Yhteensä	Yhteensä	Yhteensä
	Ø 6 x 1 mm	Ø 12 x 1 mm	Kpl	Kpl	Kpl	Ø 6 x 1 mm	Ø 12 x 1 mm
Vertikaali	100m	40m	1	5	6	600m	240m
Bender	139m	50m	1	2	3	417m	150m
Kaari	129m	48m	6	2	8	1032m	384m
Oikaiseva	115m	39m	3	2	5	575m	195m
Vaaka	110m	32m	5	2	7	770m	224m
Yhteensä					29	3394m	1 193m

Laskelmien mukaan yhden segmentin voiteluainelinjojen rakentaminen kestää keskimäärin 6 päivää. Kertomalla päivien lukumäärän päivän työtunneilla (8 h / pv) saadaan tulokseksi yhden segmentin putkituksien vaatimat työtunnit: (6 pv x 8 h / pv) = 48 h.

Kaikkien segmenttien putkituksien työtunnit saadaan kertomalla yhden segmentin työtunnit (48 h) kaikkien segmenttien lukumäärällä (29 kpl): (48 h / kpl x 29 kpl) = 1 392 h.

9.5.2 Rulliin tehtävät muutokset

Luotettavan voitelun saavuttamiseksi täytyy olla erittäin luotettava ja tarpeisiin soveltuva tiiviste, joka toimii halutulla tavalla. Tiivisteiden toiminnan edellytys on voiteluainekalvo tiivisteiden huulen ja akselin välissä. Voiteluainekalvo estää kumisen huulen kulumista pyörivässä liikkeessä. Öljy-ilmavoitelussa paineilma poistuu tiivisteiden öljykalvon lävitse, jolloin tiivisteiden huuli ei ole kosketuksessa akseliin. Öljy-ilmavoitelussa on tärkeää, että huuli päästää voitelussa käytetyn paineilman (3–4 bar) luotettavasti ulos ja estää samalla ylimääräisten partikkeleiden pääsyn sisään.

Jatkuvavalukoneiden segmenttien (bender, kaari, oikaisu ja vaaka) tiivistämiseen käytetään SKF:n nitrilikumista valmistettua HMS5-sarjan yksihuulista tiivistettä. Vertikaalissa käytetään FK5ASD-sarjan lamellitivistettä, jonka lamellikerroksen paksuus on 1,96 mm.

Yleensä vastaavien voitelusovelluksien vaihdoissa ei tarvitse tehdä erillisiä tiivistyksen muutoksia, koska rasvavoitelussa käytetty jäykkähuulinen tiiviste aukeaa rullan pyöriessä. Ongelmaksi jäykkähuulisessa tiivisteessä on havaittu äänitason nousu. Tämä tarkoittaa, että tiivisteen pieni välys akselin suhteen muokkaa paineilmaa turbulenssin aikaansaamiseksi, joka aiheuttaa vihellystä.

/49/

Tiivisteiden soveltuvuutta öljy-ilmavoiteluun voidaan kokeilla paineilmakokeella, jossa laakeripesä paineistetaan varovasti ja katsotaan tiivisteen kykyä päästää paineilma lävitse. Kokeilu on suuntaa-antava, koska akseli ei pyöri kokeessa tiivisteen ympärillä, jolloin staattinen voima on huomattavasti suurempi kuin pyöriessä. /20/

Suoritimme kokeilun RKT:lla 14.3.2011, jossa kokeiluun otettiin yksi valmiiksi koottu vaakasegmentin rulla. Paineistimme laakeripesän ja havaitsimme tiivisteen avautuvan staattisessa kuormassa n. 4 bar paineessa. Toistimme kokeen muutamia kertoja ja osa kokeista tehtiin eri laakeripesällä. Kaikki tulokset olivat keskenään identtisiä. Tämä tarkoittaa, ettei paineilma riitä ihan avaamaan tiivisteen huulta staattisessa kuormassa.

Vastaavasti rullan pyöriessä tiivisteen huuli aukeaa huomattavasti pienemmällä ilmanpaineella ja paineilma pääsee luotettavasti poistumaan. Tämä tarkoittaa, että segmentin nykyinen tiivistys toimii luotettavasti myös öljy-ilmavoitelulla eikä tiivistysmuutoksia tarvitse tehdä.

9.6 Koekäyttö

Öljy-ilmavoitelun kokeilu kannattaa aloittaa yhdestä segmentistä. Voitelukohteeksi on järkevintä valita mahdollisimman kriittinen kohde, joka ei kuitenkaan ole alttiina mahdollisille aihion puhkeamille valun aikana. JVK:n ensimmäiset segmentit ovat erittäin alttiita puhkeamien aiheuttamille ennenaikaisille vaihdoille. Tämän seurauksena koekäyttöjakso jäisi turhan lyhyeksi. Vastaavasti koneen loppupään vaakasegmentit eivät ole niin kriittisissä paikoissa, joten siellä öljy-ilmavoitelun tuomat edut eivät pääse niin merkittävästi esille. Tämän takia koekäyttö olisi hyvä tehdä koneen segmentille #7, joka on ensimmäinen oikaisusegmentti.

Oikaisusegmentin voitelun kokeiluun tarvitaan seuraavat investoinnit REBS:ltä:

- 1 kpl Keskus A04/2000/2RZM/S7-TP177A
- 1 kpl SAT2 (sis. virtausvahdit 2kpl)
- 2 kpl VTLM 6-22/12
- 12 kpl TLR 4.

Laitehankinnoissa on otettu huomioon koekäytön mahdollinen laajentuminen kaikkiin segmentteihin. Tämän takia järjestelmän keskukseksi valitaan ”täysiverinen” keskus, joka pystyy sellaisenaan voitelemaan koko JVK 6:n vierintäelimet. Ainostaan satelliittiyksikköön joudutaan tekemään pieniä muutoksia, mikäli halutaan voidella useampia segmenttejä. Laitehankintojen lisäksi tarvitaan taulukon 15 mukaiset putket.

Taulukko 15 Koekäytön putkien määrät

Kaari	∅	Materiaali	Määrä
	[mm]		
Valukone	48.3x2,6	321	20
	22x1,5	316	70
Segmentti	12x1	316	39
	6x1	316	115

Voiteluaineputki liitetään laakeripesiin ruostumattomilla kulmalähtöliittimillä (tyyppi: S-WEV 6LR1/4KSS). Voiteluaine toimitetaan kahdesta linjasta vierintäelimeen, jolloin jokainen vierintäelin tarvitsee kaksi liittintä. Liittimiä tarvitaan yhteensä (12 rullaa x 8 kpl / rulla) = 96 kpl

Yhden segmentin öljy-ilmaputkitukseen kuluu aikaa laskelmien mukaan noin 48 h. Vastaavasti valulaitokselle tehtäviin kuluu aikaa noin 40 h. Segmentteihin tehtäviin muutoksiin kuluu sama aika kuin nykyäänkin, joten niiden työtunteja ei tarvitse ottaa huomioon.

10 KUSTANNUKSIEN JAKAUTUMINEN JVK 6

Tässä luvussa lasketaan rasva- ja öljy-ilmavoitelun kunnossapito- ja käyttökustannukset sekä öljy-ilmavoitelun investointikustannukset. Kustannuksien avulla lasketaan edelleen öljy-ilmavoitelujärjestelmän takaisinmaksuaika sekä luvun loppupuolella koekäytön investointikustannukset.

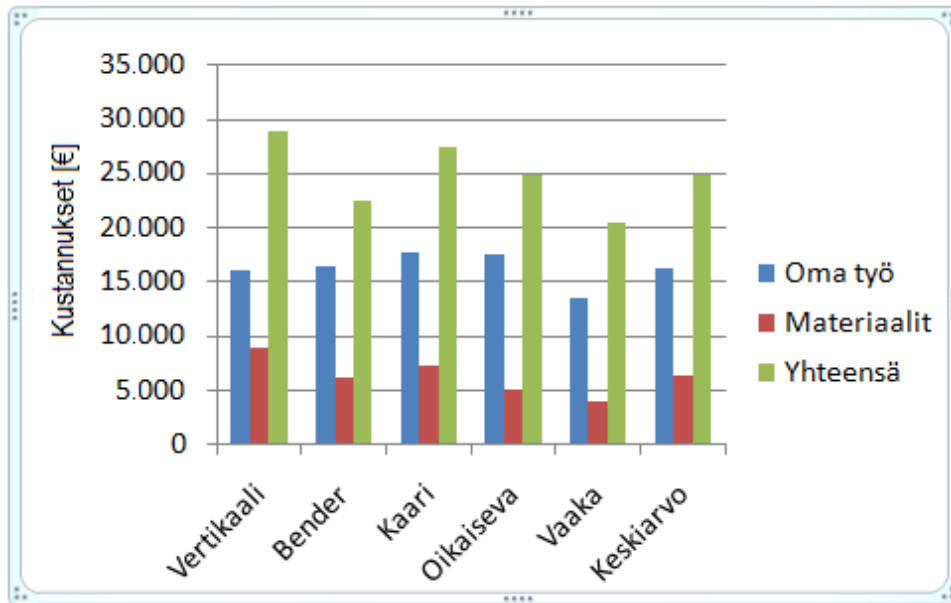
10.1 Rasvavoitelun kustannukset

Rasvavoitelun kustannukset koostuvat segmenttien kunnossapitokustannuksien lisäksi rasvan hankinta- ja jätteenpoistokustannuksista, hiekkasuodattimien puhdistuskustannuksista ja legionellabakteerien torjuntaan käytettävän ruokasuolan hankintakustannuksista.

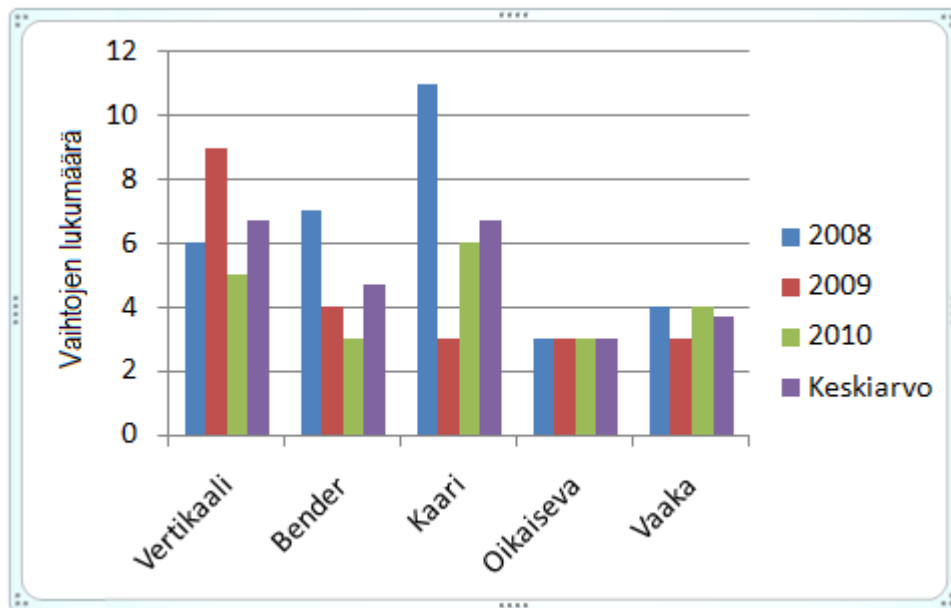
10.1.1 Segmenttien kunnossapitokustannukset

Ruukin keskuskorjaamo huoltaa kaikki jatkuvavalukoneiden segmentit. Huoltokustannukset jakautuvat segmenttikohtaisille töille, joten niitä voidaan seurata Ruukin kunnossapitojärjestelmästä. Kaaviossa 3 on laskettu segmenttien keskimääräiset huoltokustannukset vuosien 2007–2010 väliseltä ajalta. /29/

Terässulaton oman käyttöjärjestelmän Neuvon mukaan JVK 6:ssa on suoritettu yhteensä 74 segmentin vaihtoa vuosina 2008 – 2010. Kaaviossa 4 on eritelty kokonaishuoltokertojen määrä segmenteittäin vuosille 2008 – 2010.



Kaavio 3 Segmenttikohtainen huoltokustannus



Kaavio 4 JVK 6 segmenttien vaihtojen lukumäärä

Segmenttien vuosittaiset huoltokustannukset saadaan kertomalla segmenttien vaihtojen lukumäärä (kaavio 4) segmenttikohtaisella huoltokustannuksella (kaavio 3) saadaan 632.936 € / v.

10.1.2 Rasvan hankinta- ja poistokustannukset

JVK 6:n voiteluun on käytetty vuosien 2007 – 2009 aikana yhteensä n. 65 000 kg voitelurasvaa. Jakamalla voiteluainemäärä vuosien lukumäärällä saadaan vuosittaiseksi kulutukseksi 21 700 kg.

Valukoneiden ylimääräisen voitelurasvan hävittää Ekokem. Viime vuosien keskimääräinen poistomäärä on ollut noin 10 000 kg. Jakamalla poistomäärä kolmella saadaan yhtä valukonetta kohti 3 333 kg.

Taulukossa 16 on laskettu voitelurasvan vuosittaiset hankinta- ja poistokustannukset. Voiteluaineiden hankinta- ja poistokustannuksien yksikköhinnat ovat julistettu salaisiksi voiteluainetoimittajan pyynnöstä.

Taulukko 16 Voiteluaineen hankinta- ja poistokustannukset

JVK 6	Määrä	Hinta
	kg / a	€ / kg
Voiteluaineen hankinta	21 700	###
Voiteluaineen poisto	3 333	###
Yhteensä		81.760 €

10.1.3 Hiekkasuodattimien puhdistuskustannukset

Jatkuvavalukoneiden jäähdytysveden puhdistuskustannukset koostuvat altaan tyhjennyksistä, pesusta, hiekkasuodattimien vaihdoista ja kunnossapitotöistä. Näiden käsittelyiden vuosittaiset kustannukset ovat noin 34.747 €. /14/

Jakamalla kokonaismäärä kolmella saadaan yhden valukoneen hiekkasuodattimien puhdistuskustannuksiksi 11.582 €. Lisäksi altaan tyhjennyskustannukset ovat n. 5.000 €. /14/

Yhteensä yhden valukoneen veden puhdistuskustannukset ovat vuodessa (11.582 € + 5.000 €) = 16.582 €.

10.1.4 Ruokasuolan hankintakustannukset

Legionellabakteerien torjumiseen käytetään Oxiacwa-laitetta, jolla valmistetaan ruokasuolasta sähkön avulla kaasumaista oksidanttien seosta. Kyseinen seos toimii biosidina ja estää bakteerikannan lisääntymistä. Suolaa kuluu vuodessa noin 18 000 kg. Jakamalla määrä kolmella saadaan yhden valukoneen osuudeksi 6 000 kg. Ruokasuolan hankintahinta on 0,34 € / kg, joten konekohtaiseksi osuudeksi tulee 2.040 €.

10.1.5 Rasvavoitelun kustannukset yhteensä

Taulukossa 17 on eritelty JVK 6 rasvavoitelun aiheuttamat vuosikustannukset.

Taulukko 17 Rasvavoitelun vuosikustannukset

Segmenttien kunnossapitokustannus	632.936 €
Rasvan hankinta- ja jätteenpoistokustannus	81.460 €
Hiekkasuodattimien puhdistuskustannus	16.582 €
Ruokasuolan hankintakustannus	2.040 €
Yhteensä	733.018 €

10.2 Öljy-ilmavoitelun investointikustannukset

Öljy-ilmavoitelun investointikustannukset koostuvat laite-, materiaali- ja asennuskustannuksista.

10.2.1 Laitteistohankinnat

JVK 6:n soveltaminen öljy-ilmavoitelulle aiheuttaa suuret investoinnit. Taulukossa 18 on eritelty kaikki REBS:ltä tilattavat laitteet kaikkiin 29 segmenttiin yksikkö- ja yhteishintoineen.

LAITEHANKINNAT JVK 6	Määrä	Hinta	Yhteensä
REBS	[kpl]	[€/kpl]	[€]
Keskus A04/2000	1	26.875	26.875
SAT 6	3	12.208	36.624
SAT 8	1	13.686	13.686
SAT 10	1	15.164	15.164
VTLM 7-22/12	16	704	9.252
VTLM 6-22/12	10	628,8	6.288
VTLM 5-22/12	14	552,8	7.739
VTLM 4-22/12	36	477,6	17.194
TLR 4-12/6	386	275	106.150
Yhteensä			238.972

Taulukko 18 REBS:n laitehankinnat

10.2.2 Materiaalihankinnat

Öljy-ilmavoitelu vaatii laajan voiteluaineverkon rakentamista. Taulukossa 19 on eritelty voiteluverkoston tarvittavat materiaalit sekä niiden hinnat.

Taulukko 19 Materiaalihankinnat

MATERIAALIT JVK 6	Määrä	Hinta	Yhteensä
	[kpl]	[€/kpl]	[€]
AISI316 Ø6x1mm	3 394	3,57	12.117
AISI316 Ø12x1mm	1 193	5,6	6.681
AISI 316 Ø22x1,5	403	10,63	4.284
AISI321 Ø48.3x2,6	20	38,67	773
AISI321 Ø88,9x3,2	42	44,98	1.889
Kulmalähtöliitin S-WEV 6LR1/4KSS	2 704	6,5	17.576
Yhteensä			43.320

10.2.3 Asennuskustannukset

Kaikki öljy-ilmavoitelun asennukset tehdään Ruukin omalla henkilöstöllä (30 € / h).

Taulukossa 20 on laskettu putkituksien ja asennuksien aiheuttamat kustannukset valukoneeseen sekä kaikkiin segmentteihin.

Taulukko 20 Valukoneen ja segmenttien asennukset

ASENNUSKUSTANNUKSET	Määrä	Hinta	Yhteensä
	[kpl]	[€/kpl]	[€]
Putkitus / Asennus (segmentti)	29	1.440	41.760
Putkitus / Asennus (valukone)	1	4.800	4.800
Yhteensä			46.560

10.2.4 Investointikustannukset yhteensä

Öljy-ilmavoitelun investointikustannukset koostuvat:

- Laitehankinnoista (238.972 €).
- Materiaalihankinnoista (43.320 €).
- Asennuskustannuksista (46.560 €).

Summaamalla hankinnat ja asennukset saadaan JVK 6 öljy-ilmavoitelun investointikustannukseksi (238.972 € + 43.320 € + 46.560 €) = 328.852 €.

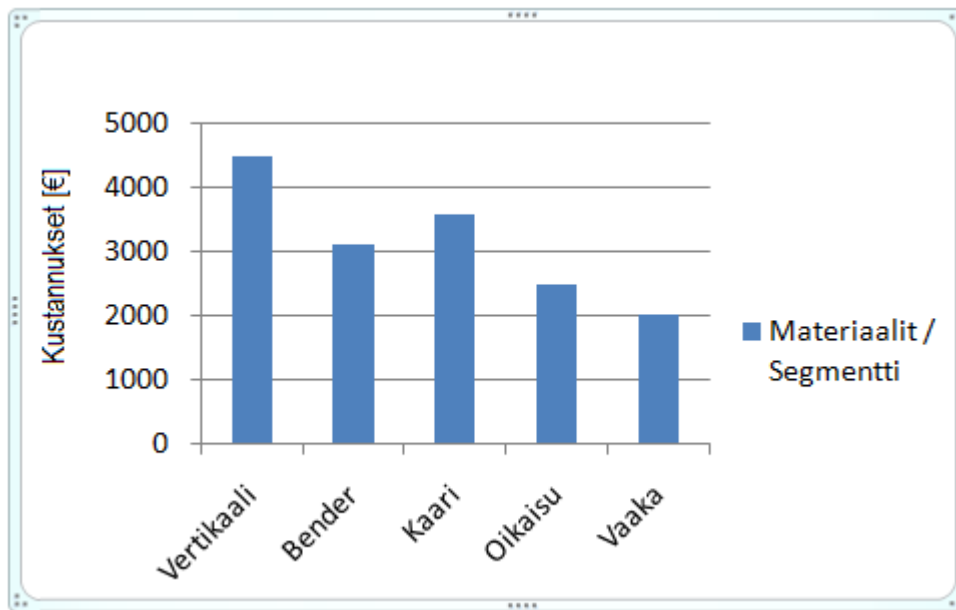
10.3 Öljy-ilmavoitelun jatkokustannukset

Tässä luvussa käsitellään öljy-ilmavoitelun jatkokustannuksia. Öljy-ilmavoitelun kustannukset koostuvat segmenttien kunnossapitokustannuksien lisäksi öljyn hankinta- ja paineilmakustannuksista sekä legionellabakteerien torjuntaan käytettävän ruokasuolan hankintakustannuksista. Hiekkasuodattimien puhdistuskustannukset poistuvat puhtaamman voitelusovelluksen takia.

10.3.1 Segmenttien kunnossapitokustannukset

Öljy-ilmavoitelun laitevalmistajat lupaavat vierintäelimien toiminta-ajan kasvavan vähintään kaksinkertaiseksi rasvavoiteluun verrattuna. Laskelmissa käytetään tätä arvoa määriteltäessä materiaalikustannuksia.

Segmenttien kunnossapidon materiaalikustannukset lasketaan segmenttikohtaisella materiaalikustannuksella (kaavio 5) kerrottuna segmenttien vaihtojen lukumäärällä (kaavio 4). Laskelman tulokseksi saadaan 83.665 €.



Kaavio 5 Segmenttien materiaalikustannukset öljy-ilmavoitelulla

Taulukossa 1 on esitetty Rasvavoideltujen vierintäelimien rikkoutumisesta johtuvat ennenaikaiset segmenttien vaihdot aikaväliltä 2006 – 2010. Neljän vuoden aikana segmenttejä on vaihdettu 22 kertaa voittuneen vierintäelimen takia. Jakamalla vierintäelimien rikkoutumiset jokaiselle vuodelle saadaan keskimäärin vuotta kohti 5.5 vaihtoa. Jakamalla luku 3:lla saadaan valukonekohtaiseksi luvuksi 1.83 vaihtoa vuodessa.

Öljy-ilmavoitelu vähentää vierintäelimien rikkoutumisia ja siten vähentää segmenttien ennenaikaisia vaihtoja. Vertailukohteenä olevan Sparrow Point -terästehtaan kaarevien segmenttien rullien jumiutuminen pieneni 20 % öljy-ilmavoitelulla (ks. kaavio 2). Tämä tarkoittaa Ruukki Raahen tehtaan valukoneiden ennenaikaisien vaihtojen pienenevän öljy-ilmavoitelulla $(0.8 \times 1.83) = 1.46$ kpl:seen vuodessa jokaista valukonetta kohden.

Vähentämällä rasvavoitelun jumiutumiset öljy-ilmavoitelun teoreettisilla jumiutumisilla saadaan erotukseksi $(1.83 - 1.46) = 0.37$ jumiutumista vähemmän.

Kerrottuna luku kaarevan segmentin huoltokustannuksilla saadaan tulokseksi yhden valukoneen öljy-ilmavoitelun segmenttien kunnossapidon kustannussäästöt vuodessa. Laskelma $(0.37 \times 27.400 \text{ €}) = 10.138 \text{ €}$

Öljy-ilmavoitelun segmenttien huoltokustannukset saadaan vähentämällä rasvavoitelun kunnostuskustannuksista öljy-ilmavoitelun materiaali- ja kunnossapitosäästöt.

Laskelma $(632.936 \text{ €} - (83.665 \text{ €} + 10.138 \text{ €})) = 539.133 \text{ €}$

10.3.2 Öljyn hankintakustannukset

JVK 6:n öljynkulutus on $840 \text{ cm}^3 / \text{h}$. Öljynkulutus vuodessa 73 %:n käyttöasteella saadaan laskelmasta:

$$\begin{aligned}
 & 840 \frac{\text{cm}^3}{\text{h}} | \times 24 \text{ h} \\
 & = 20\,160 \frac{\text{cm}^3}{\text{vrk}} | \times 365 \text{ vrk} \\
 & = 7\,358\,400 \frac{\text{cm}^3}{\text{a}} | \times 0.73 \\
 & = 5\,371\,632 \frac{\text{cm}^3}{\text{a}} | : 1000 \\
 & = 5\,372 \frac{\text{dm}^3}{\text{a}} = 5\,372 \frac{\text{litraa}}{\text{vuosi}}
 \end{aligned}$$

Voitelusovelluksen vaihto rasvavoitelusta öljy-ilmavoiteluun pienentää pelkkien voiteluainekustannuksia 64.467 € vuodessa.

10.3.3 Paineilman kustannukset

Paineilman kulutus 73 %:n käyttöasteella on laskettu osiossa 9.3.5, jonka mukaan paineilman kulutus JVK 6:ssa on 8 057 448 m³ vuodessa.

Yhden kuution (1m³) tuottaminen tehtaalla 6 bar linjastoon maksaa 0.8 snt.

Kertomalla yksikköhinta vuoden kulutuksella saadaan vuosikustannukseksi 64.460 €. Paineilman suuri kulutus lisää kunnossapito- ja varaosakustannuksia noin 20 %, jolloin lopullinen kustannus on 77.352 €.

10.3.4 Ruokasuolan hankintakustannukset

Legionellabakteerien torjuntaan käytettävää Oxiaqua-laitetta ei voida poistaa öljy-ilmavoitelussa, koska jäähdytysvesi on otollinen paikka bakteerikannalle öljy-ilmavoitelussakin.

Tämä tarkoittaa, että ruokasuolan kulutus ei muutu merkittävästi rasvavoiteluun verrattuna, joten laskelmissa käytetään samaa kustannusta (2.040 € / vuosi) kuin rasvavoitelussa (ks. luku 10.1.4).

10.3.5 Öljy-ilmavoitelun kustannuksien yhteenveto

Taulukossa 21 on eritelty JVK 6 öljy-ilmavoitelun aiheuttamat kustannukset vuodessa.

Taulukko 21 Öljy-ilmavoitelun kustannukset vuodessa

Segmenttien kunnossapitokustannukset	539.133 €
Öljyn hankinta- ja jätteenpoistokustannus	7.360 €
Hiekkasuodattimien puhdistuskustannus	-
Paineilman hankinta- ja kunnossapitokustannus	77.352 €
Ruokasuolan hankintakustannus	2.040 €
Yhteensä	625.885 €

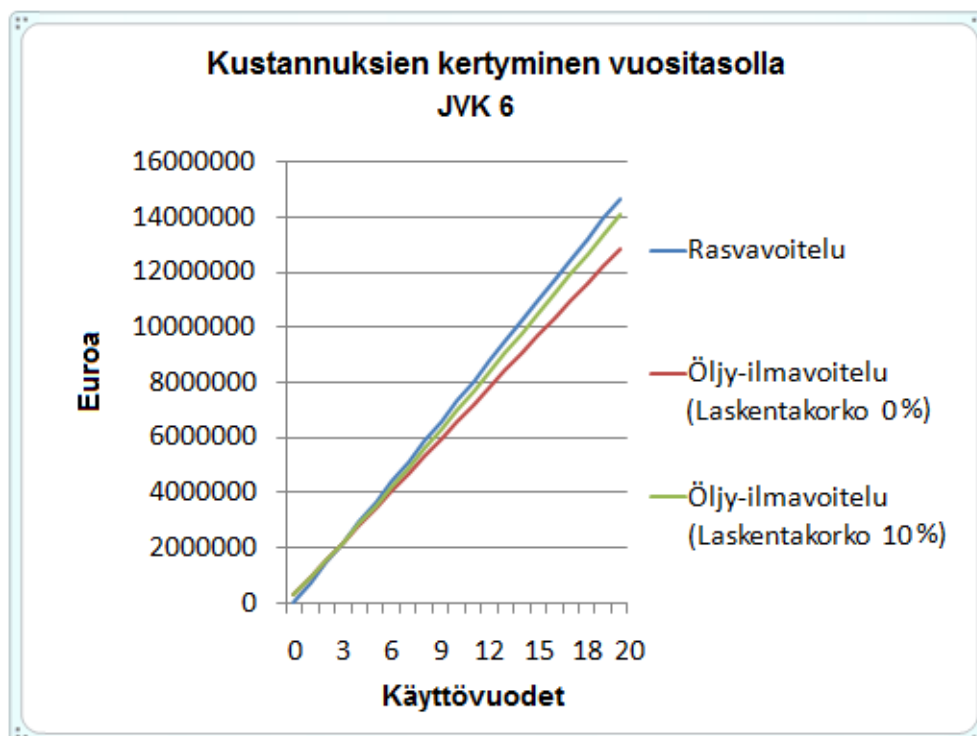
10.4 Öljy-ilmavoitelun takaisinmaksuaika

Rasvavoitelun kokonaiskulut vuodessa on laskettu luvussa 10.1, josta on saatu kustannuksien summaksi 733.018 €. Vastaavasti öljy-ilmavoitelun kokonaiskulut vuodessa on laskettu luvussa 10.4, josta on saatu kustannuksien summaksi 625.885 €. Öljy-ilmavoitelun hankintakustannukset ovat laskettu luvussa 10.3, josta on saatu kustannuksien summaksi 328.852 €.

Öljy-ilmavoitelun ja rasvavoitelun käyttökustannuksien erotukseksi saadaan 107.133 €. Jakamalla investointikulut vuoden käyttökulujen erotuksella saadaan takaisinmaksuaika öljy-ilmavoitelulle.

$$\frac{328.852 \text{ €}}{107.133 \frac{\text{€}}{\text{vuosi}}} = 3.07 \text{ vuotta} \approx 3 \text{ v}$$

Rautaruukki Oyj:n sisäisen kannattavuuslaskentataulukon mukaan 10 %:n laskentakorolla takaisinmaksuaika on 3.8 vuotta. Voitelusovelluksien kustannuksien kertymistä vuositasolla on esitetty kaaviossa 6.



Kaavio 6 JVK 6 Kustannuksien kertyminen vuositasolla

10.5 Koekäytön investointikustannukset

Koekäytön investointi- ja asennuskustannukset ovat eritelty taulukossa 22.

Taulukko 22 Koekäytön investointi- ja asennuskustannukset

KOEKÄYTTÖ JVK 6	Määrä	Hinta	Yhteensä
	[kp]	[€ / kpl]	[€]
Keskus A04/2000	1	26.875	26.875
SAT 2	1	9.252	9.252
VTLM 6-22/12	2	628,8	1.258
TLR 4-12/6	12	275	3.300
Materiaalit			
AISI316 Ø6x1mm	115	3,57	411
AISI316 Ø12x1mm	39	5,6	218
AISI316 Ø12x1,5mm	50	10,63	532
AISI321 Ø48.3x2,6	20	38,67	773
AISI 316 Ø22x1,5	70	10,63	744
Kulmalähtöliitin S-WEV 6LR1/4KSS	96	6,5	624
Oma työ			
Putkitus / Asennus (segmentti)	48	30	1.440
Putkitus / Asennus (valukone)	40	30	1.200
Yhteensä			46.627

11 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tavoitteena on ollut selvittää öljy-ilmavoitelun toimintaperiaate sekä kerätä mahdollisimman laajalta alueelta käyttökokemuksia. Opinnäytetyön päätavoite on ollut tutkia rasvavoitelun korvaaminen öljy-ilmavoitelulla jatkuvavalukoneessa sekä laskea investointi- ja asennuskustannuksien lisäksi järjestelmän takaisinmaksuaika.

Käyttökokemusten perusteella todetaan öljy-ilmavoitelun olevan huomattavasti ympäristöystävällisempi ja taloudellisesti edullisempi ratkaisu kuin rasvavoitelu. Pohjois-Amerikan valukoneiden voitelusovelluksien vaihdoissa on havaittu suuret voiteluainesäästöt. Dofasco oli arvioinut voiteluaineiden vuotuisien kulutuksien laskevan noin 178.365 €. Vastaavasti Nucorilla voiteluaineen kulutus oli laskenut koko sulatolla 56 % ja öljy-ilmavoitelujärjestelmän takaisinmaksuaika oli 8 kk pelkkien voiteluainesäästöjen johdosta. Sparrow Pointin vuotuiset voiteluainesäästöt olivat noin 83.511 €. Ruukki Raahen tehtaan yhden jatkuvavalukoneen voiteluainesäästöt poistoinen ovat 74.467 € vuodessa.

Pohjois-Amerikan käyttökokemuksissa tuotiin esille puhdistus- ja kunnossapitokustannuksien merkittävä laskeminen sekä laakereiden käyttöiän pidentyminen. Sparrow Point -tehtaan vedenpuhdistuskustannukset laskivat noin 110.764 € sekä kunnossapitokustannukset noin 776.050 € vuodessa.

Öljy-ilmavoitelun soveltaminen Ruukki Raahen tehtaan yhdessä jatkuvavalukoneessa pienentää vedenpuhdistuskustannuksia 16.582 € vuodessa. Kunnossapitokustannuksien osuus laskee materiaalikustannuksien ja arvioitujen segmenttien vähentyneiden laakerivaurioiden takia 84.803 €.

Ruukki Raahen tehtaan JVK 6 öljy-ilmavoitelun yhteenlasketut investointi- ja asennuskustannukset ovat 328.852 €.

Voitelujärjestelmän säästö vuodessa rasvavoiteluun verrattuna on 107.133 € ja voitelusovelluksen takaisinmaksuaika on 3.8 vuotta 10 %:n laskentakorolla.

Öljy-ilmavoitelun suurin haaste on järjestelmän jatkuva valvonta ja kunnossapito, koska pienikin voiteluainepuute minimimäärävoitelussa aiheuttaa käyttökokemuksien perusteella vuorokaudessa vierintäelimen vaurioitumisen. Vastaavasti rasvavoidellun vierintäelimen on havaittu pyörivän esitäytetyllä laakeripesällä jopa kuukauden.

Kaikissa laskuissa on käytetty laitevalmistajan antamia lukuja, joilla päästään mahdollisimman luotettaviin teoreettisiin kannattavuuksiin. Todellinen kannattavuus on ollut käyttökokemuksien perusteella huomattavasti suurempi kuin laskuissa esitetyt. Tämä tukee myös tietoa siitä, että öljy-ilmavoitelulla säästetään ympäristön lisäksi huomattavasti resursseja ja erilaisia kuluja.

LÄHDELUETTELO

1. Rautaruukki Oyj: Ruukki lyhyesti, saatavissa:

<http://www.ruukki.com/www/corporate.nsf/Documents/B4EBD31498867F53C225757B00433370?OpenDocument&lang=2>

Tiedot haettu 5.11.2010

2. Rautaruukki Oyj: Ruukki suomessa, saatavissa:

<http://www3.ruukki.com/www/finland.nsf/Documents/8C84CF92A247D085C225720900298157?OpenDocument&lang=1>

Tiedot haettu 10.11.2010

3. Rautaruukki Oyj: Historia 1960-luvulta nykypäivään, saatavissa

<http://www.ruukki.com/About-Ruukki/Historia>

Tiedot haettu 11.11.2010

4. Teräskirja, Metallinjalostajat Ry 2009

5. Ruukki Oyj: kuumavalssatut tuotteet, saatavissa

[http://www.ruukki.com/www/materials.nsf/materials/ACD95983ED58603EC22572280036DAC4/\\$File/Kuumavalssatut_tuotteet_FI.pdf?openElement](http://www.ruukki.com/www/materials.nsf/materials/ACD95983ED58603EC22572280036DAC4/$File/Kuumavalssatut_tuotteet_FI.pdf?openElement)

Tiedot haettu 11.11.2010

6. Opetushallitus, kunnossapito menestystekijä, saatavissa:

http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/kunnossapito/mekaniikka_e01_voiteluaineet_perusteet.html

Tiedot haettu 5.11.2010

7. Teollisuusvoitelu, Kunnossapitoyhdistys ry, n:o 8

8. Jatkuvavalukoneiden rasvavoitelun optimointi, Insinööriyö, Jarmo Nissinen 2009, Oulun seudun ammattikorkeakoulu

9. Safematic-keskusvoitelujärjestelmä, käyttö- ja huolto-ohjeet

10. Ruukki Tilus Timo

11. Ruukki Ilmola Mikko

12. RKT Takalo Markku

13. NEUVO, Terässulaton käyttöjärjestelmä.

14. Ruukki Lohikoski Kalevi

15. Kansanterveyslaitos: Legionellabakteeri, saatavissa:

http://www.ktl.fi/portal/suomi/tietoa_terveydesta/terveys_ja_sairaudet/infektiotaudit/hengitystieinfektiot/legionella

Tiedot haettu 15.11.2010

16. Ruukki Jauhola Markus

17. Ruukki Haapala Jaakko

18. FAG Vierintälaakereiden voitelu, Julkaisu no. WL 81 115/4 Fib

19. REBS Zentralschmieranlagen (keskusvoitelujärjestelmä) kansio

Lähettänyt Anders Brink 11–2010

20. REBS Brink Anders

21. REBS, about us, saatavissa:

<http://www.rebs.de/english/company/ueber-uns.php>

Tiedot haettu 28.12.2010

22. DropsA USA, Inc, about Dropsa, saatavissa:
<http://www.dropsa.com/flex/cm/pages/ServeBLOB.php/L/EN/IDPagina/661>
Tiedot haettu 28.12.2010
23. Dave Stoyanoff, General Manager of DropsA USA, Inc, saatavissa:
<http://www.mfrtech.com/articles/3530.html>
Tiedot haettu 28.12.2010
24. SKF: About SKF, saatavissa:
http://www.skf.com/portal/skf_lub/home/about?contentId=867936&lang=en
Tiedot haettu 31.12.2010
25. SKF, Oil+air 1-5012-3-US.pdf
Lähettänyt Heikki Niittylä 28.12.2010
26. SKF Oil Injection 1-5012-4-EN.pdf
Lähettänyt Heikki Niittylä 29.12.2010
- 27 SKF Niittylä Heikki
28. Ruukki Valtanen Toni
29. ARTTU, Ruukin kunnossapitojärjestelmä
30. Ruukki Pärri Esa
31. Ruukki Kokko Matti
32. Ruukki Hannila Kauko
33. KELAIN 4: tuurnan laakereiden voitelu, käyttö- ja huolto-ohjeet

34. LEVYVALSSAAMO: esioikaisukone ja suorakarkaisulaitteet, Käyttö- ja huolto-ohjeet/

35. Ruukki Markus Jarno

36. Ruukki Aunola Esa

37. SKF: Medialibrary, saatavissa:

www.skf.com/medialibrary/asset/0901d19680063600/

Tiedot haettu 15.12.2010

38. Ruukki Pehkonen Marko

39. Ruukki Tanskala Mikko

40. Ruukki Kangas Ossi

41. Ruukki Leinonen Pertti

42. Ruukki Leho Timo

43. Canada's Industrial Newspaper, April 4, 1994 by Steve Gahbauer,
Changing lubrication system saves tidy sum for steelmaker

44. Nucor: Responsibility, Saatavissa:

<http://www.nucor.com/responsibility/environment/>

Tiedot haettu 12.12.2010

45. Nucor: products, saatavissa:

<http://www.nucor.com/products/>

Tiedot haettu 15.12.2010

46. Artikkelit: AISTech 2004 Proceedings – volume II

Improved Reliability and Reduced Operating Cost of the Nucor Berkeley CSP
Caster by Design and Lubrication System Improvements

Artikkeli tilattu Ruukin kirjastolle 30.12.2010

47. Lehigh Valley, dokumentti: Bethlehem Steel, The People Who Built America

Saatavissa: <http://www.youtube.com/watch?v=2QTGiHOZZFU>

Dokumentti katsottu 5.2.2011

48. Bethlehem Steel Corporation, Sparrow Point Division, Julkaisu 23.
kesäkuuta 1997. Julkaisu saatu 21.10.2010 Markus Jauholalta.

49. SKF Laine Jorma

LIITTEET

Liite 1 Jatkuvavalukone 4 ja 5

Liite 2 Jatkuvavalukone 6

Liite 3 Safematic-keskusvoitelujärjestelmä

Liite 4 Panostusrullaradan rullat

Liite 5 Panostusrullaradan voitelu REBS

Liite 6 Kelaustuurnan öljyn keräys

Liite 7 Kuumaoikaisukone 3 REBS öljy-ilmavoitelu

Liite 8 Tandemvalssaimen työrullien öljy-ilmavoitelu

Liite 9 Tandemvalssaimen työrullien öljy-ilmaliitäntä

Liite 10 Tandemvalssaimen öljyn syöttö laakerille

Liite 11 REBS A04/2000/2RZM/S7

Liite 12 SAT # 1

Liite 13 SAT # 2

Liite 14 SAT # 3

Liite 15 SAT # 4

Liite 16 SAT # 5

Liite 17 0-segmentit VTLM (osa 18) TLR (osa 19)

Liite 18 Kaarisegmentit 1 – 3 VTLM (osa 18) TLR (osa 19)

Liite 19 kaarisegmentit 4 – 6 VTLM (osa 18) TLR (osa 19)

Liite 20 Oikaisusegmentit VTLM (osa 18) TLR (osa 19)

Liite 21 Vaakasegmentit VTLM (osa 18) TLR (osa 19)

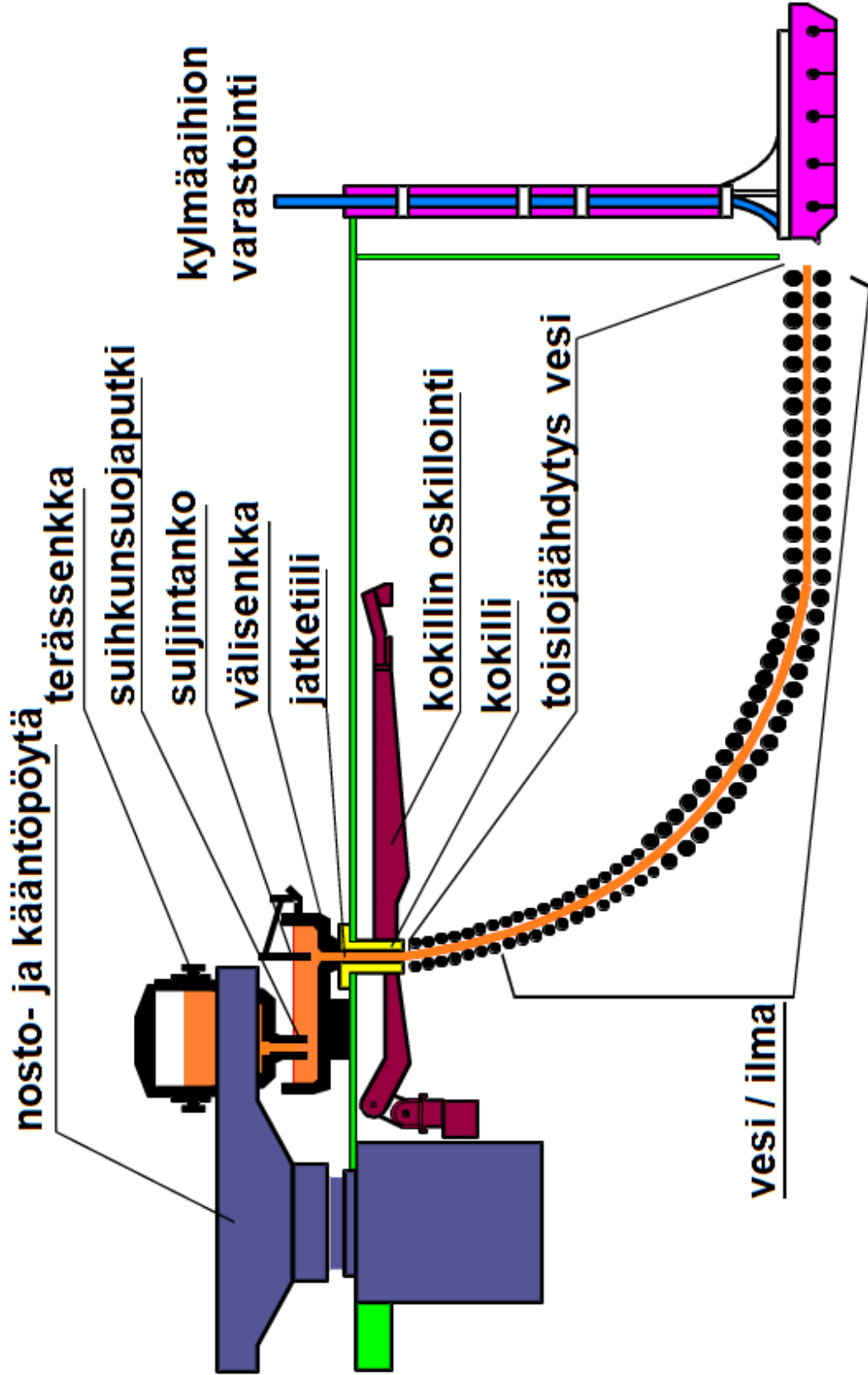
Liite 22 Keskuksen sijoitus

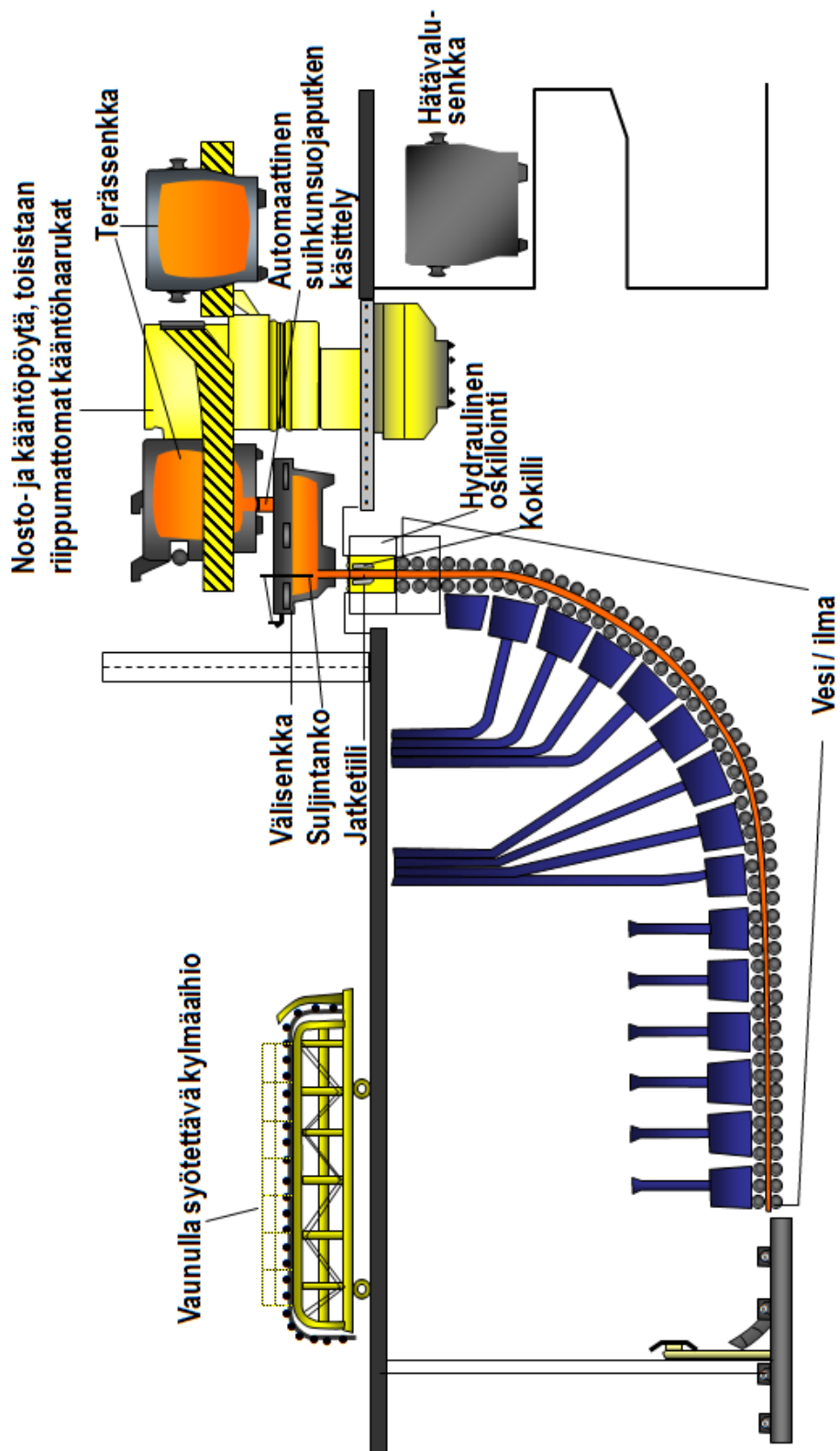
Liite 23 SAT-yksiköiden sijoitus

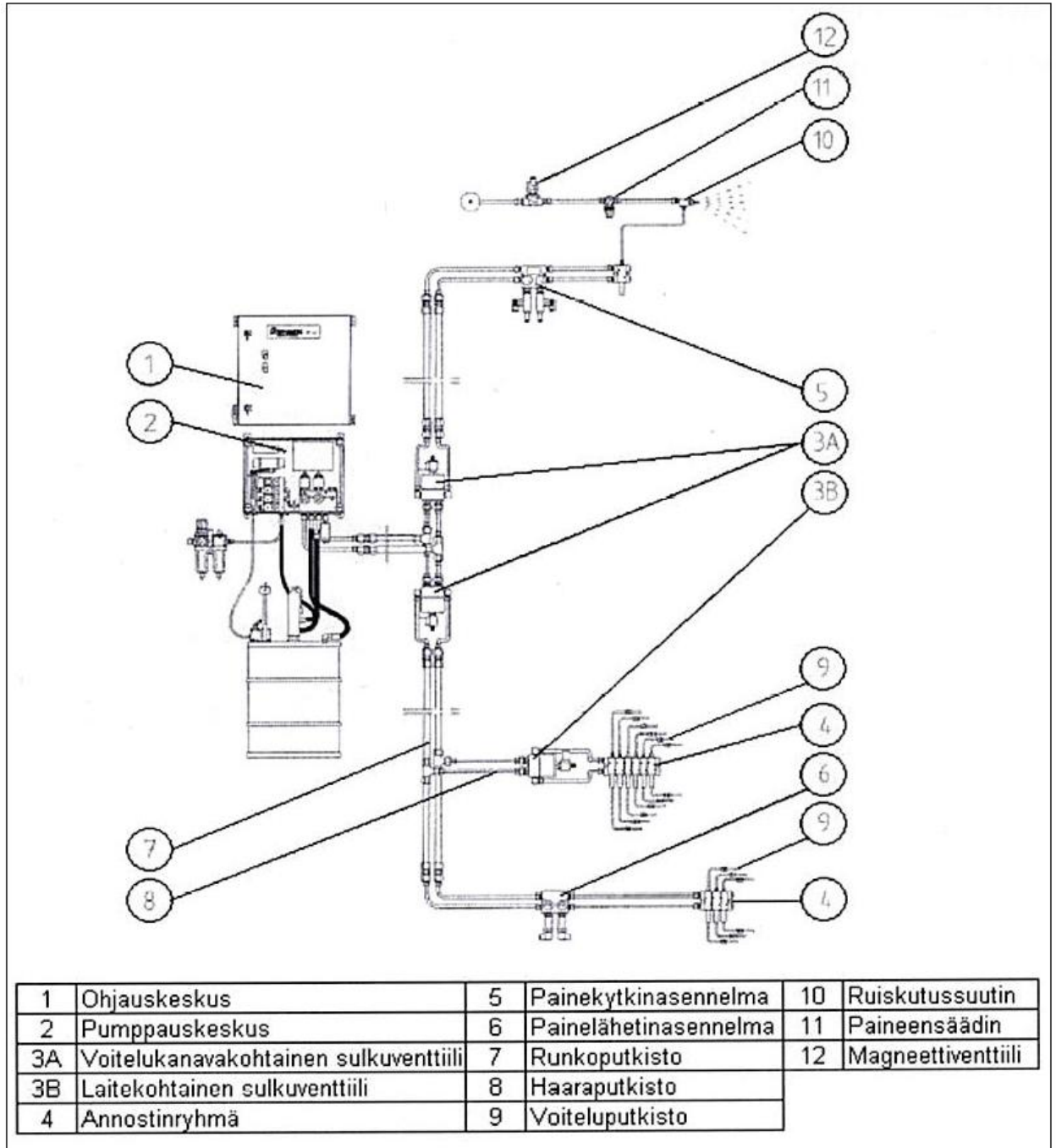
Liite 24 VTLM- ja TLR-jakajien sijoittelu segmentteihin

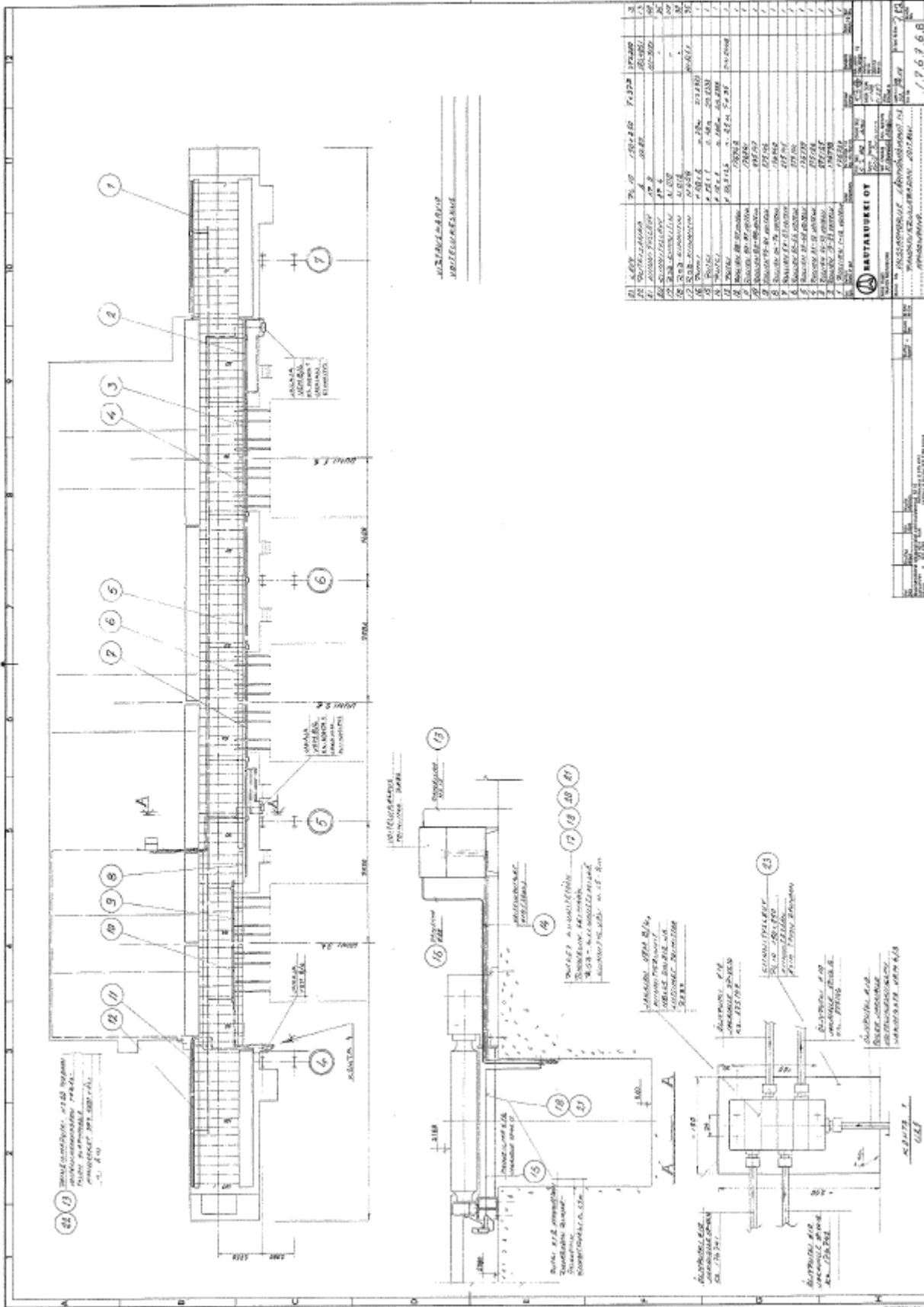
Liite 25 VTLM- ja TLR-jakajien sijoittelu vertikaaliin

Liite 26 Benderin rulla



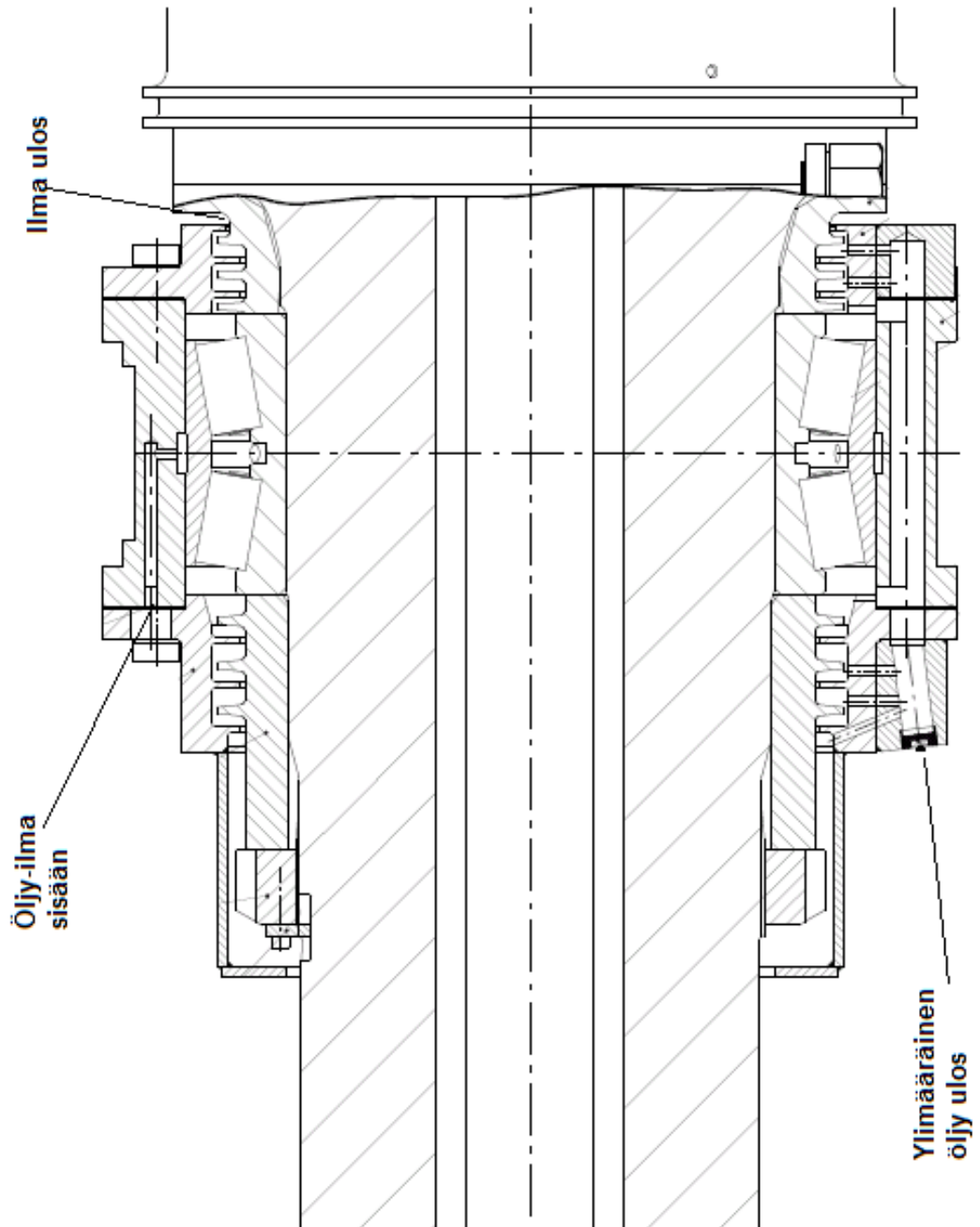


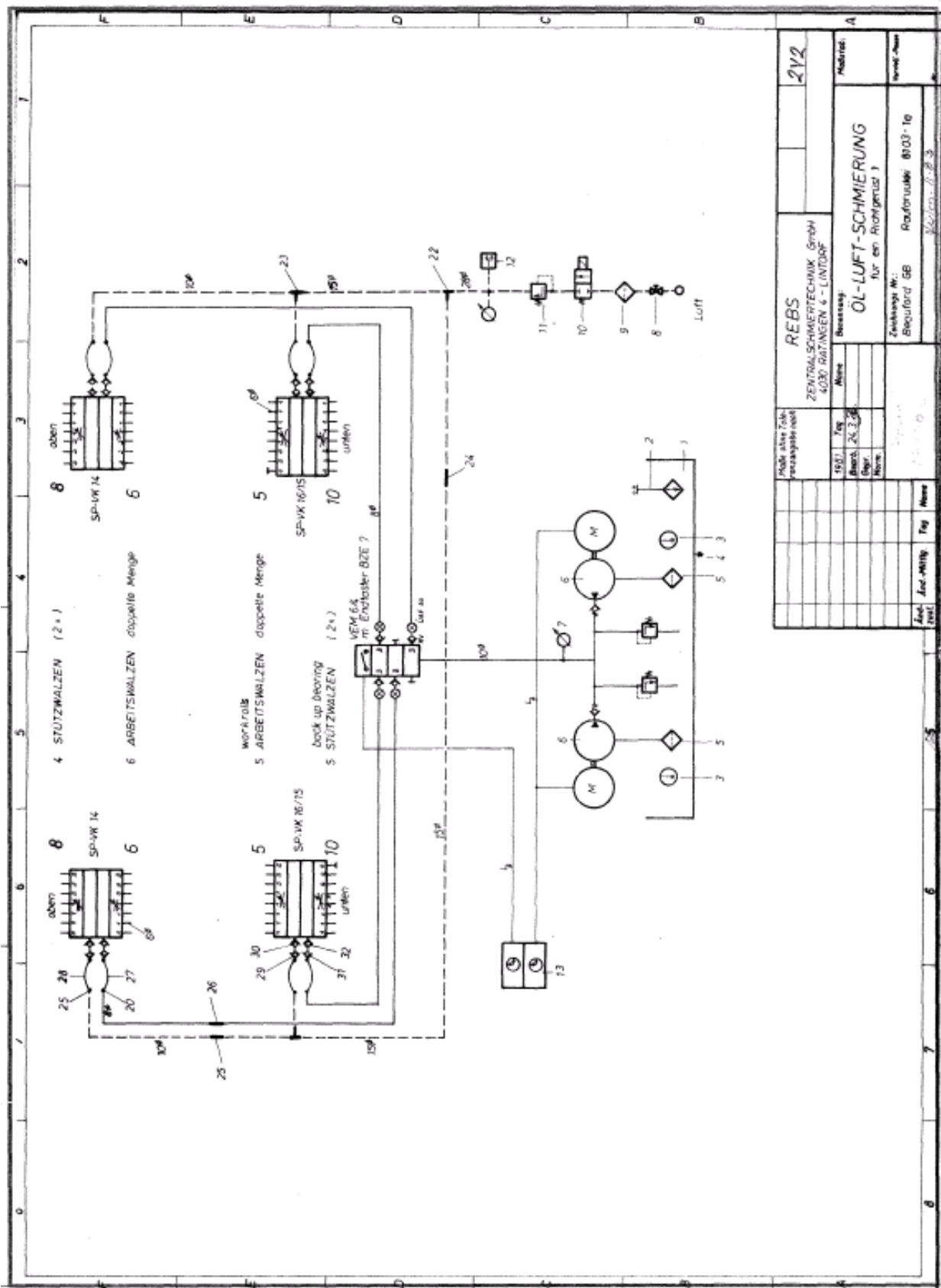




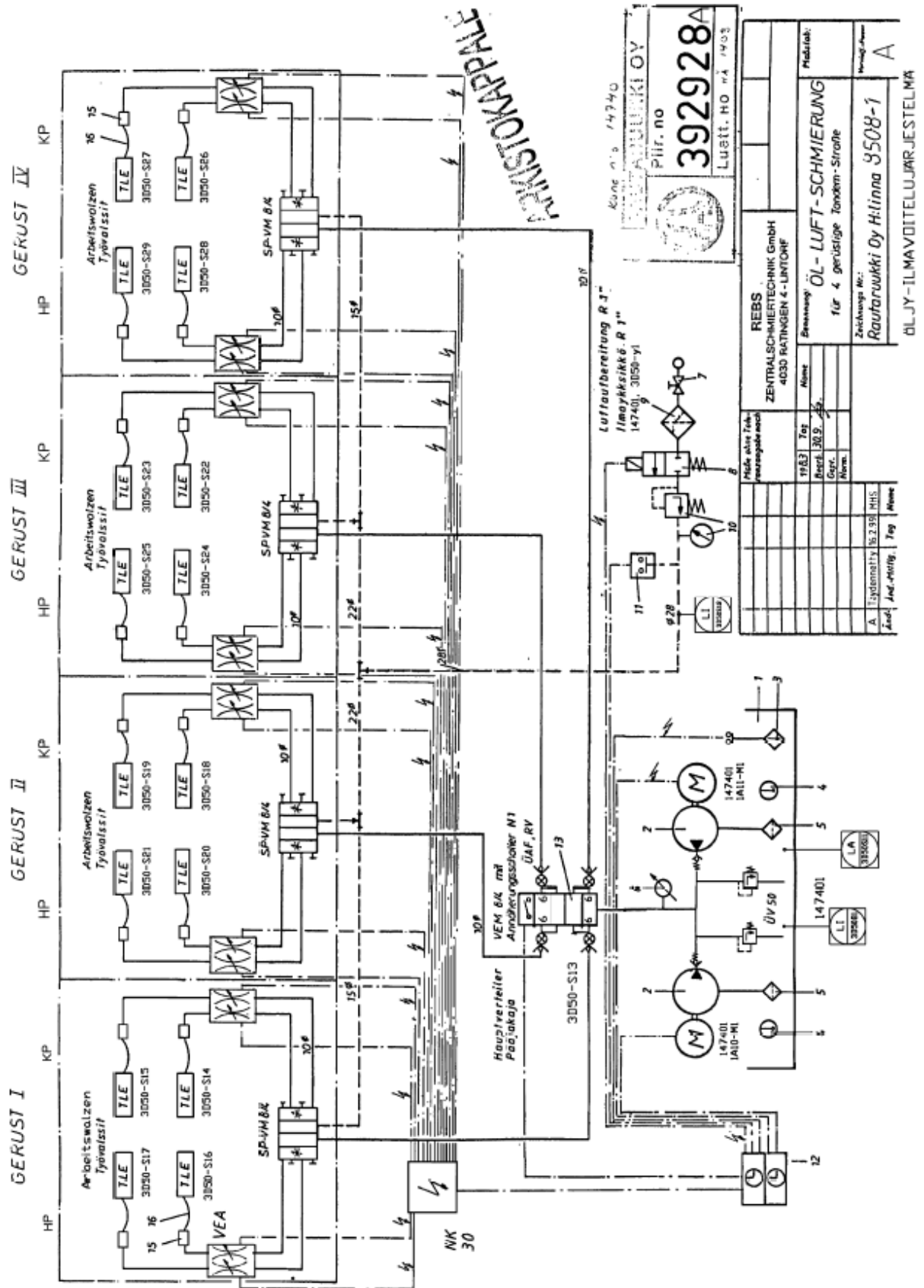
N:o	Nimi	Määrä	Kok.	Kuva	Yks.	Käyt.	Yks.	Kok.	Materiaali	Huom.
1	Käyttö- ja huoltoohje	1								
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23

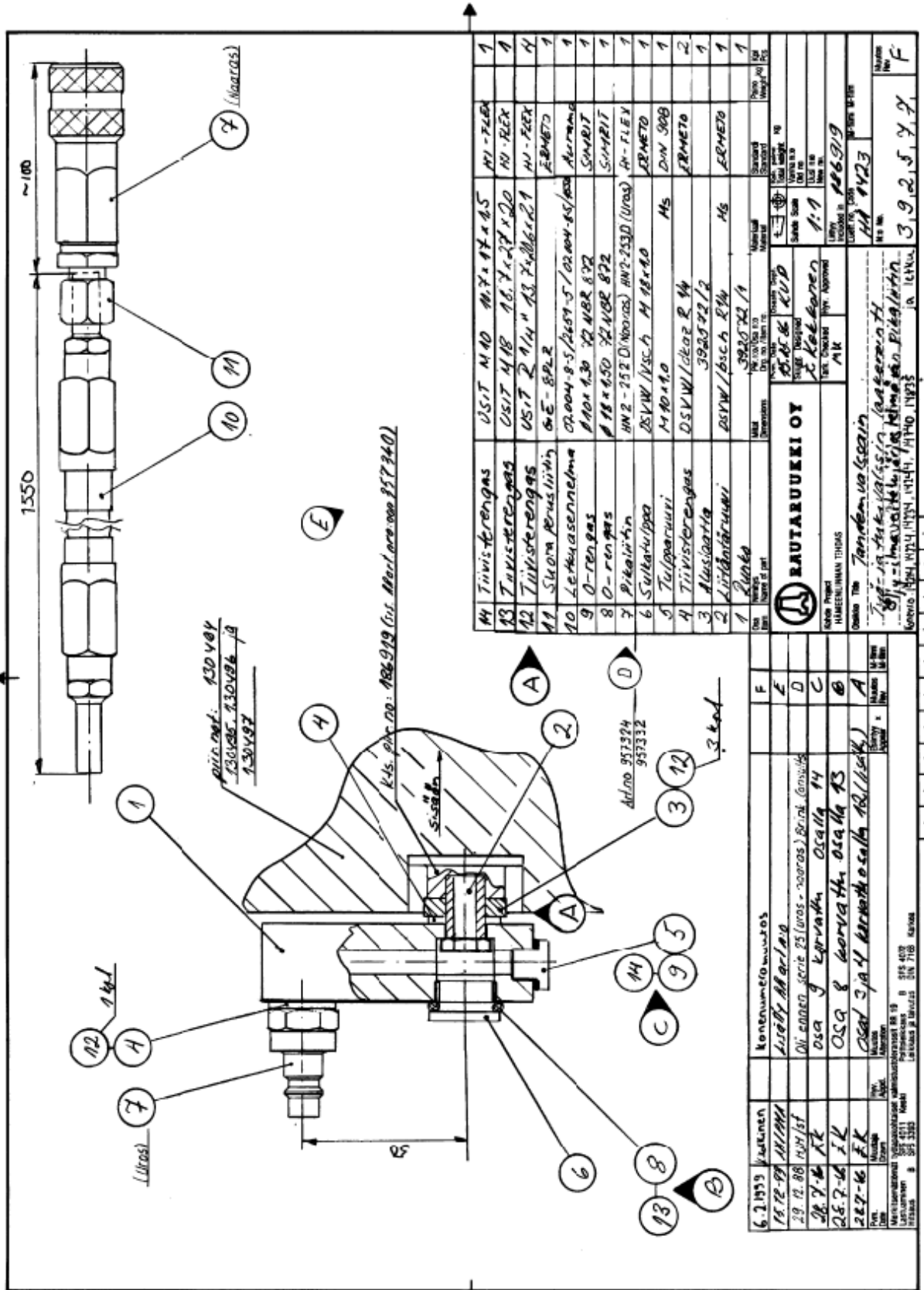
KÄYTTÖ- JA HUOLTO-OHJE		KÄYTTÖ- JA HUOLTO-OHJE	
...
...
...
...





Mod. alle Teil- zeichnungen		Name		2V2	
1987	Trg	Name		REBS	
Blatt	Zs. 3. 26	Name		ZENTRALSCHMIERTECHNIK GmbH	
Drgr.		Name		4030 RATINGSEN 4 - LINDTAF	
Name		Name		OL-LUFT-SCHMIERUNG	
		Name		für ein Hochtemperat.	
		Name		Zeichnung Nr.:	
		Name		Requford 68	
		Name		Raufdruck: 8103-1e	
		Name		Klein-1.2.3	

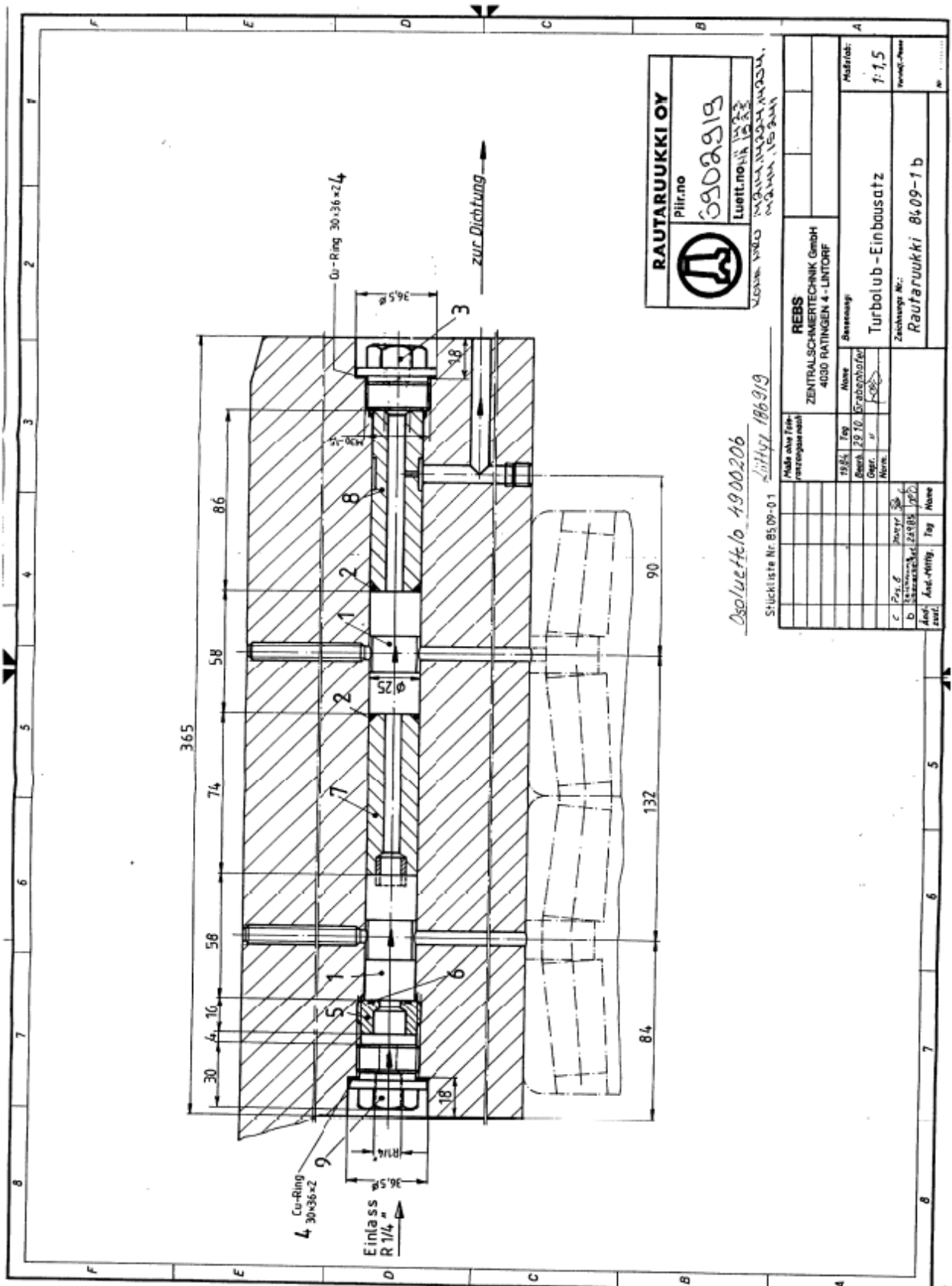




No	Nimitys	Määrä	Materiaali	Muut	Standardi	Yksikö
14	Tiivistörengas	1	USIT M10 M7 x 17 x 4.5		AI-FLEX	1
13	Tiivistörengas	1	USIT M18 M6.7 x 27 x 2.0		AI-REX	1
12	Tiivistörengas	4	USIT 2 1/4" M3 X 2.66 x 2.1		AI-FLEX	4
11	Skotia Ruusulinin	1	GE-8PL2		ERMETO	1
10	Lehtyasennelmä	1	02004-8-5/269-5/02004-85/000		Aurama	1
9	O-rengas	1	PA01 4.30 72 NBR 872		SMIRIT	1
8	O-rengas	1	M 18 x 6.50 72 NBR 872		SMIRIT	1
7	Pikavaihin	1	HN 2 - 252 D (Nooras) HN2-253D (Uros)		AI-FLEX	1
6	Sulkaosapipa	1	DSVW / bsc.h M 18 x 4.0		ERMETO	1
5	Tuulparuuri	1	M10 x 1.0	M5	DUN 908	1
4	Tiivistörengas	2	DSVW / kkar R 14		ERMETO	2
3	Aluslaatta	1	308292/2		ERMETO	1
2	Litänöitäriikki	1	DSVW / bsc.h R 14	M5	ERMETO	1
1	Runko	1	392572/1		ERMETO	1

No	Nimitys	Määrä	Materiaali	Muut	Standardi	Yksikö
14	Tiivistörengas	1	USIT M10 M7 x 17 x 4.5		AI-FLEX	1
13	Tiivistörengas	1	USIT M18 M6.7 x 27 x 2.0		AI-REX	1
12	Tiivistörengas	4	USIT 2 1/4" M3 X 2.66 x 2.1		AI-FLEX	4
11	Skotia Ruusulinin	1	GE-8PL2		ERMETO	1
10	Lehtyasennelmä	1	02004-8-5/269-5/02004-85/000		Aurama	1
9	O-rengas	1	PA01 4.30 72 NBR 872		SMIRIT	1
8	O-rengas	1	M 18 x 6.50 72 NBR 872		SMIRIT	1
7	Pikavaihin	1	HN 2 - 252 D (Nooras) HN2-253D (Uros)		AI-FLEX	1
6	Sulkaosapipa	1	DSVW / bsc.h M 18 x 4.0		ERMETO	1
5	Tuulparuuri	1	M10 x 1.0	M5	DUN 908	1
4	Tiivistörengas	2	DSVW / kkar R 14		ERMETO	2
3	Aluslaatta	1	308292/2		ERMETO	1
2	Litänöitäriikki	1	DSVW / bsc.h R 14	M5	ERMETO	1
1	Runko	1	392572/1		ERMETO	1

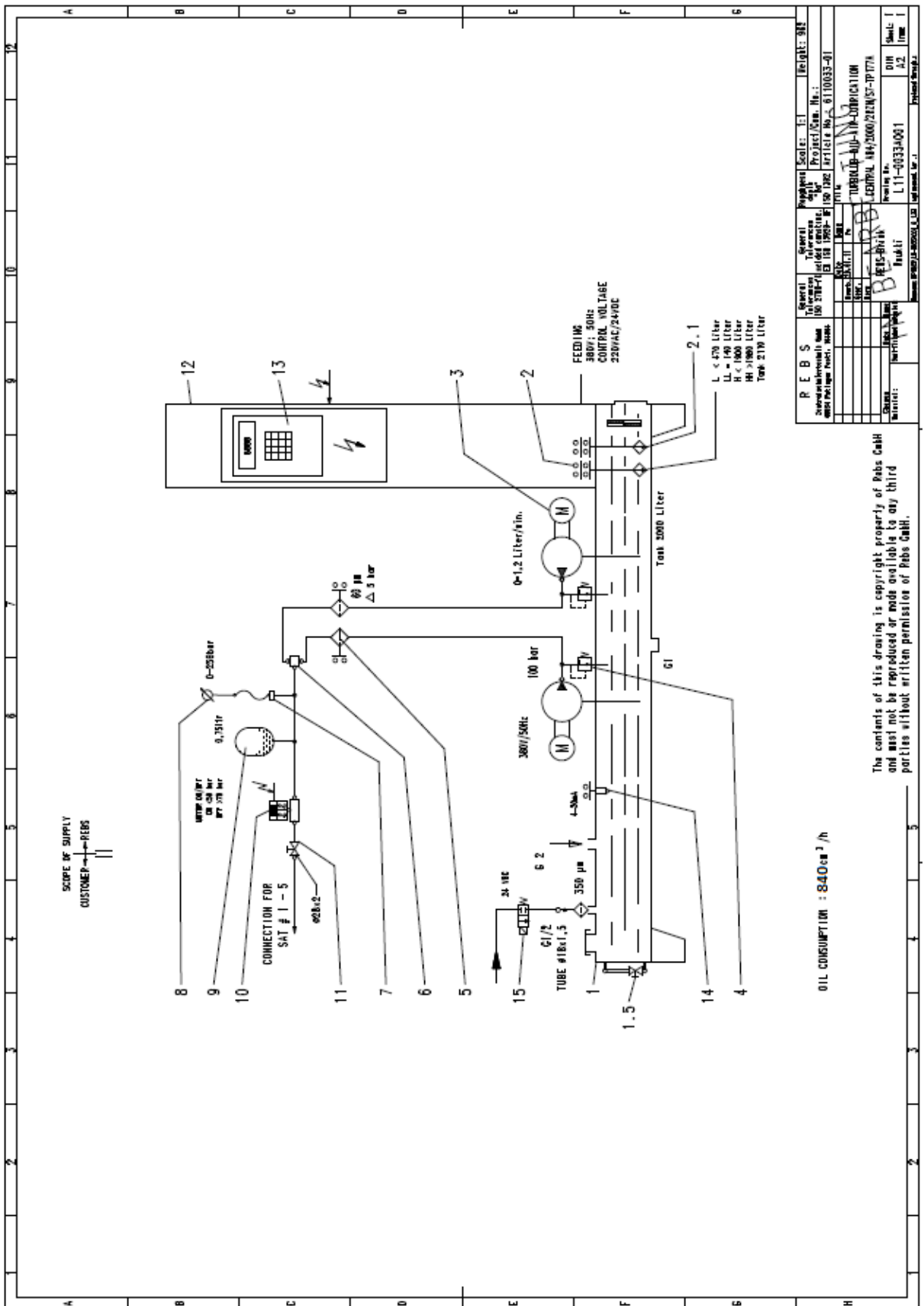
RAUTARUUKKI OY
 Tämä asiakirja ei saa ottaa mukaan luottamuksellista tietoa.
 This document must not be copied without our written permission and the contents thereof must not be regarded as a valid entry nor be used for any further design or engineering work without our permission.
 RAUTARUUKKI OY



RAUTARUUKKI OY
 Pöör.no 6902919
 Luett.no 1233
 ALONNEN RING OY
 RAUTARUUKKI OY
 RAUTARUUKKI OY

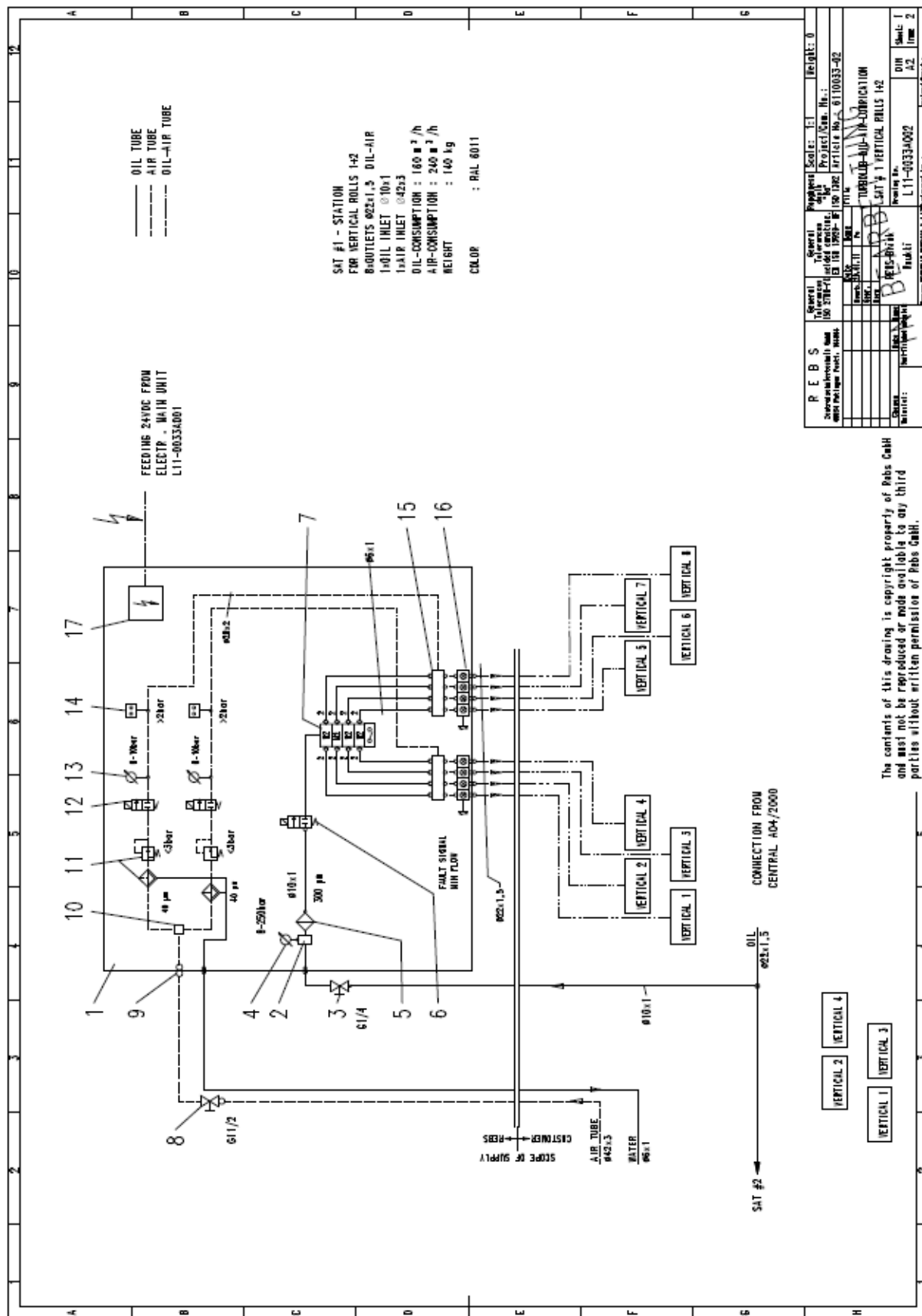
Osaluettelot 1900206
 Stückliste Nr. 85 09-0 1
 Schnitt 186919

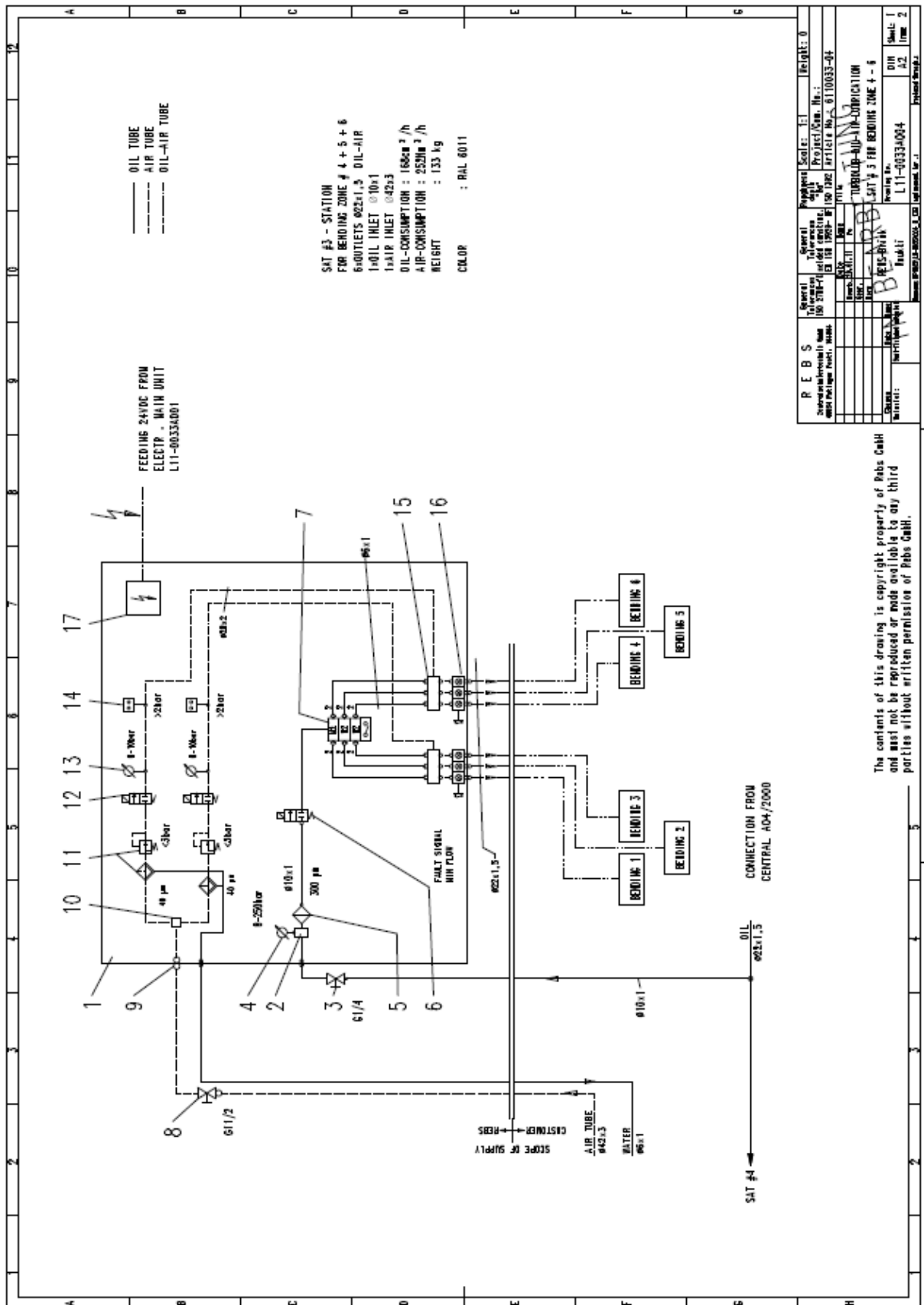
REBS ZENTRAL-SCHMERZTECHNIK GmbH 4030 RATINGEN 4 - LINTORF		Besetzung: Turbolub-Einbausatz Zeichnung Nr.: Rautaruukki 8409-1 b	
Maßstab: 1:1,5 Format: A4	Maßstab: 1:1,5 Format: A4		
1984 Top None Besch. 29.10 Grabbe/Graber Gepr. v. F-08 Norm.	1984 Top None Besch. 29.10 Grabbe/Graber Gepr. v. F-08 Norm.		
c P.z. d. Mayer d. 24985 (70)	d. 24985 (70)	Top None	None
d. 24985 (70)	Top None	None	None



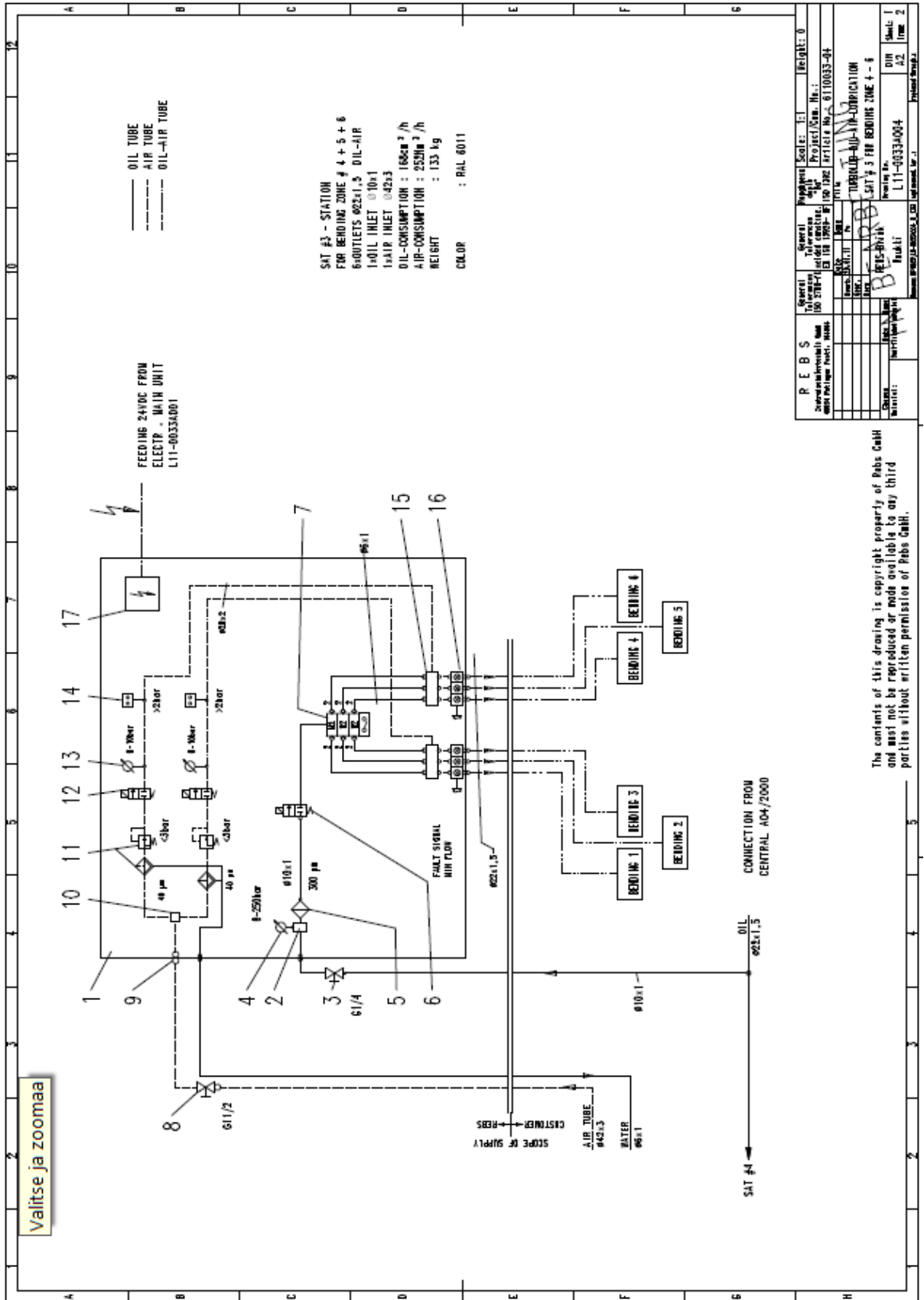
REBS	General	Project/Draw. No.:	Scale:	Sheet:
General	Project/Draw. No.: 610033-01	Scale: 1:1	Sheet: 1	Height: 982
Material	Project/Draw. No.:			
Drawing No.:	610033-01			
Sheet No.:	11			
Revision:	REB-0104			
	REB-0104-01/11-APPLICATION			
	REB-0104-02/11-APPLICATION			
	REB-0104-03/11-APPLICATION			
	REB-0104-04/11-APPLICATION			
	REB-0104-05/11-APPLICATION			
	REB-0104-06/11-APPLICATION			
	REB-0104-07/11-APPLICATION			
	REB-0104-08/11-APPLICATION			
	REB-0104-09/11-APPLICATION			
	REB-0104-10/11-APPLICATION			
	REB-0104-11/11-APPLICATION			
	REB-0104-12/11-APPLICATION			
	REB-0104-13/11-APPLICATION			
	REB-0104-14/11-APPLICATION			
	REB-0104-15/11-APPLICATION			
	REB-0104-16/11-APPLICATION			
	REB-0104-17/11-APPLICATION			
	REB-0104-18/11-APPLICATION			
	REB-0104-19/11-APPLICATION			
	REB-0104-20/11-APPLICATION			

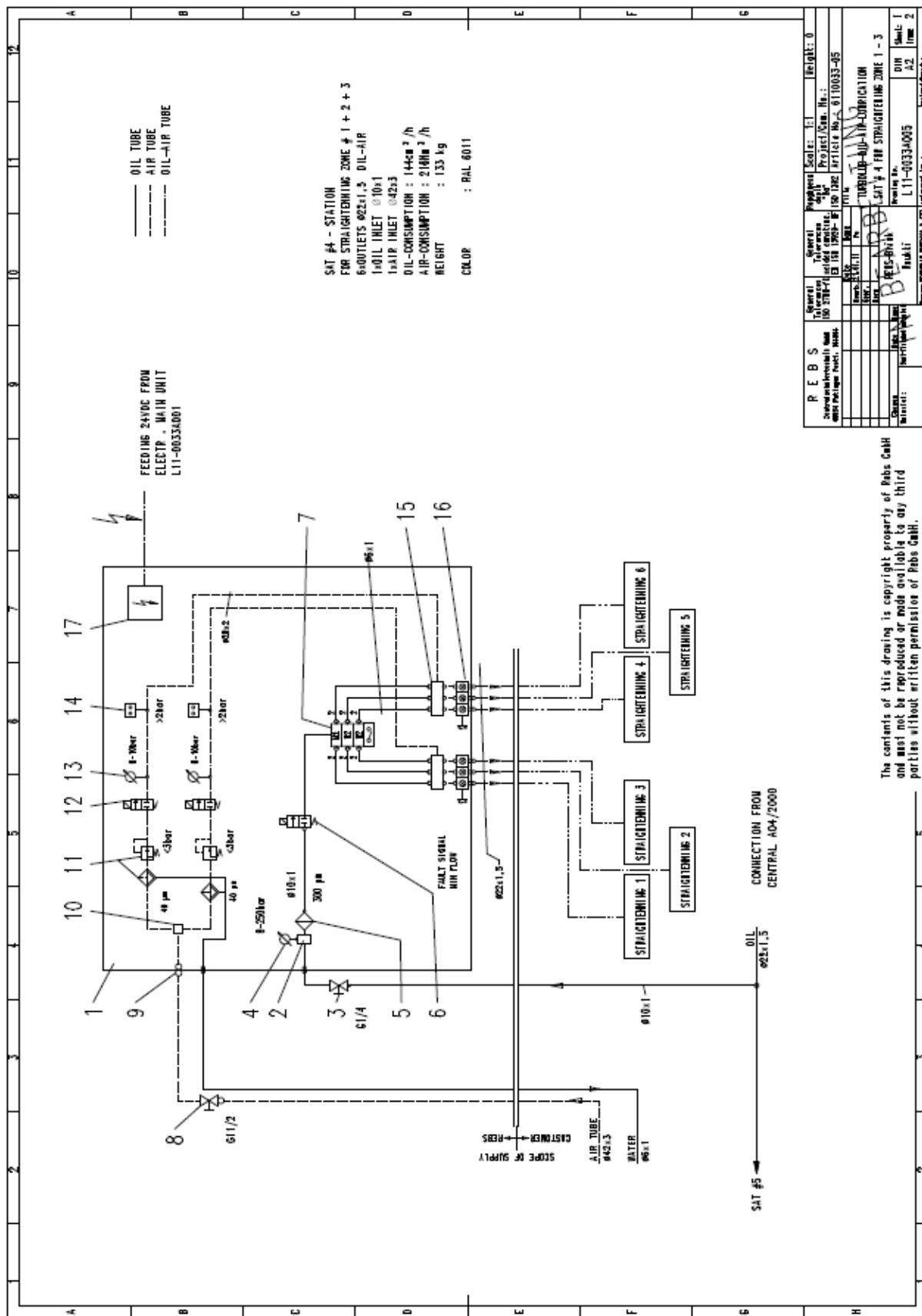
The contents of this drawing is copyright property of Rebs CASH and must not be reproduced or made available to any third parties without written permission of Rebs CASH.



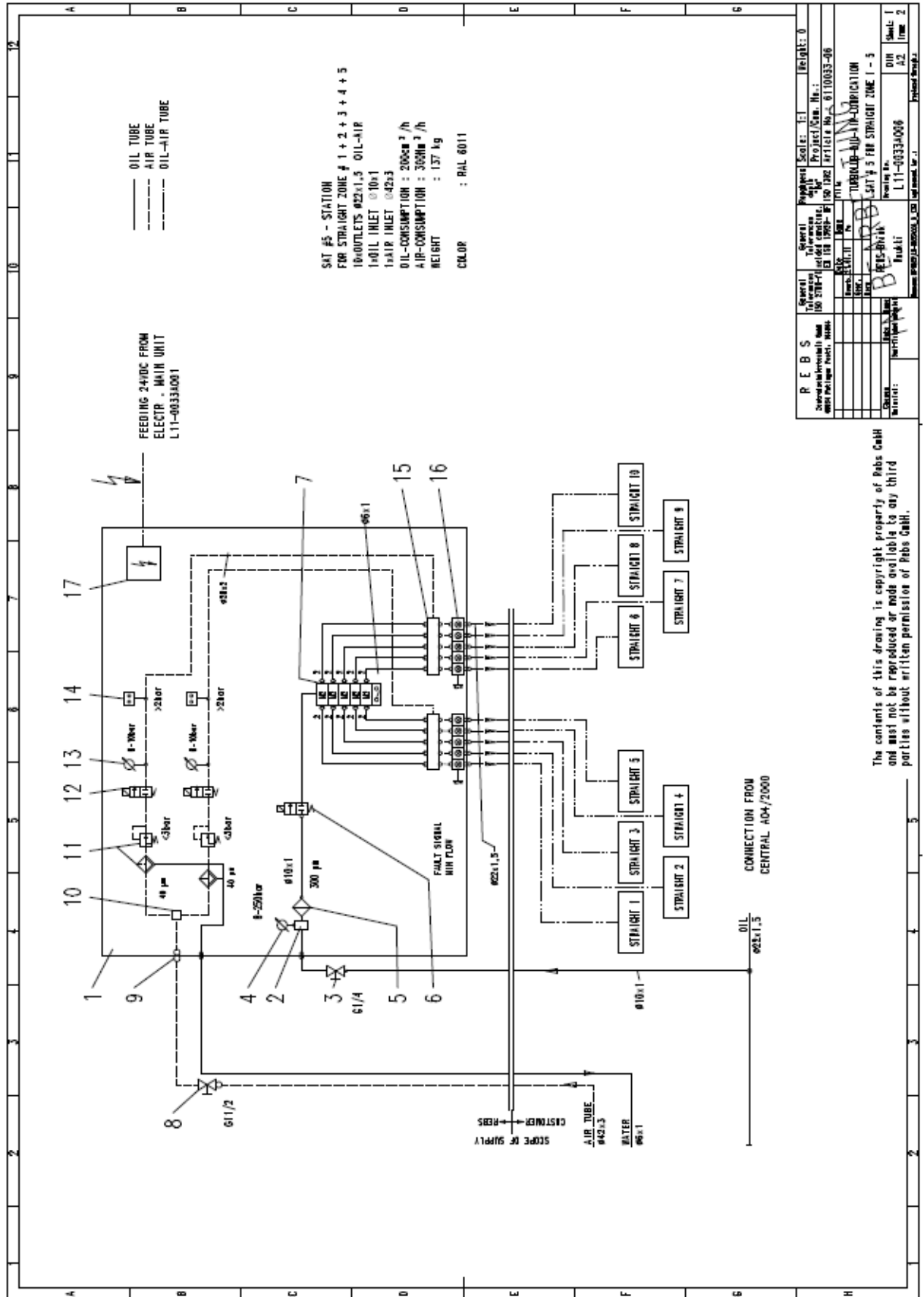


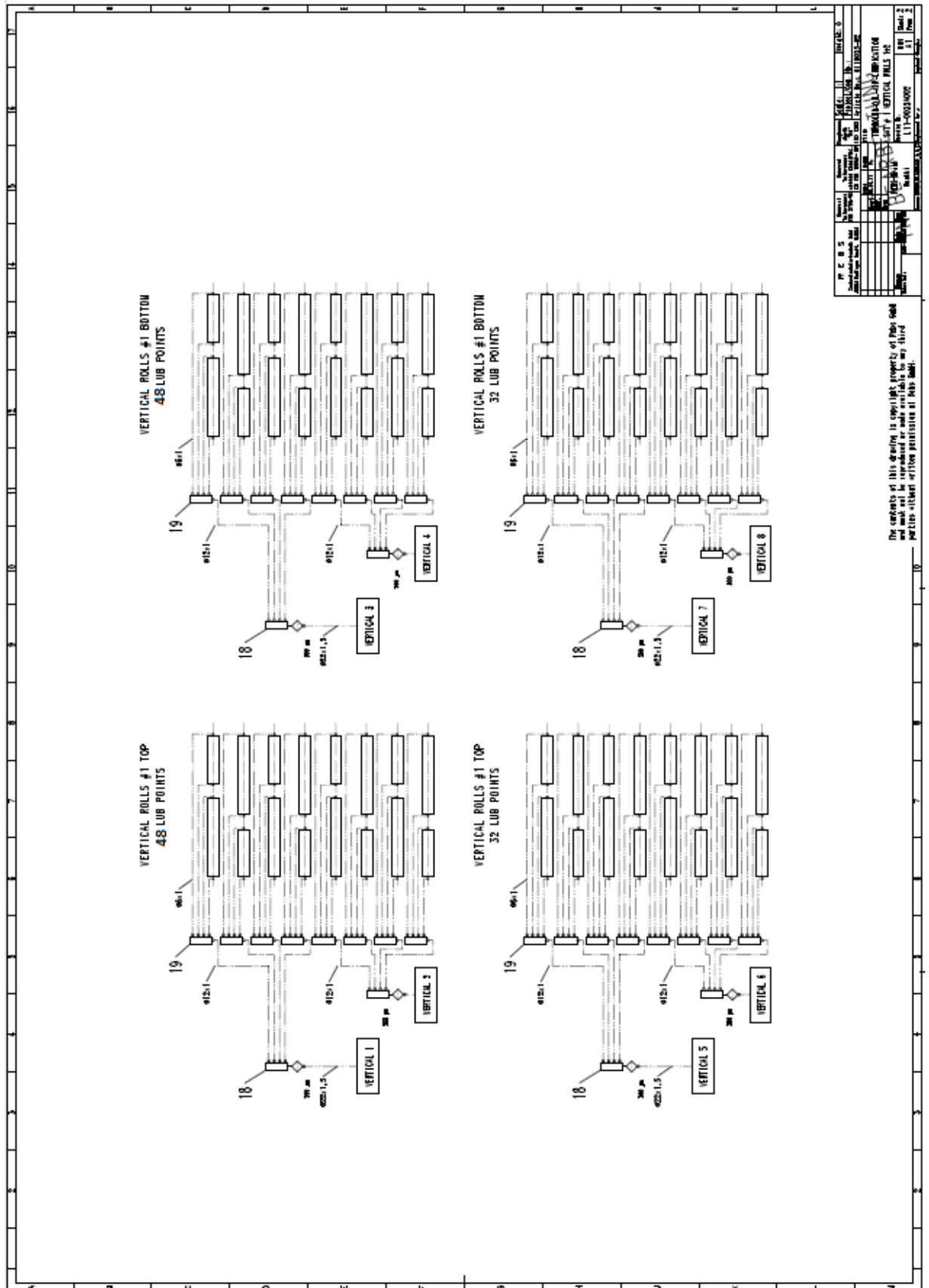
The contents of this drawing is copyright property of Peps Cahll and must not be reproduced or made available to any third parties without written permission of Peps Cahll.





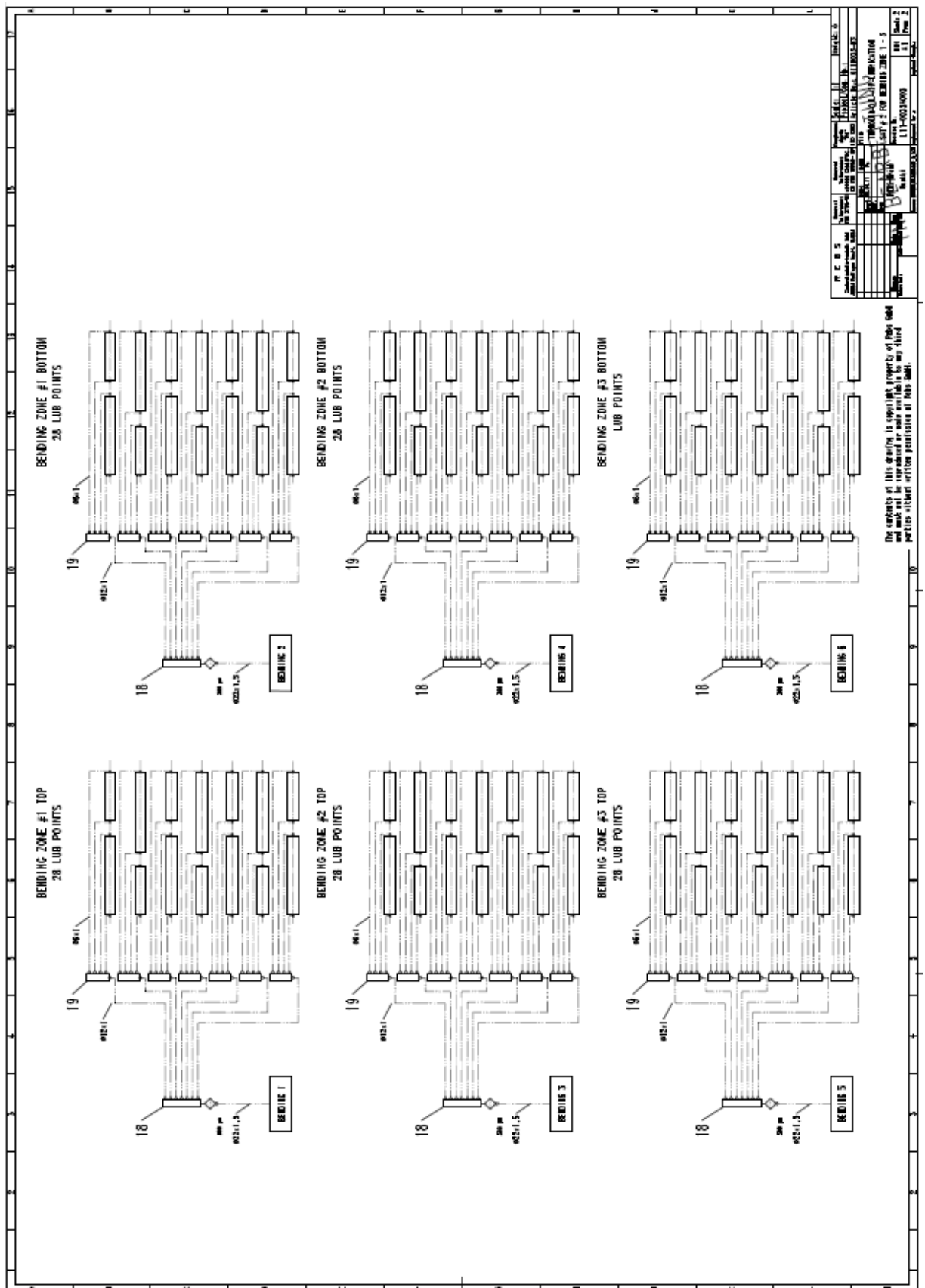
The contents of this drawing is copyright property of Pebs Cabi and must not be reproduced or made available to any third parties without written permission of Pebs Cabi.

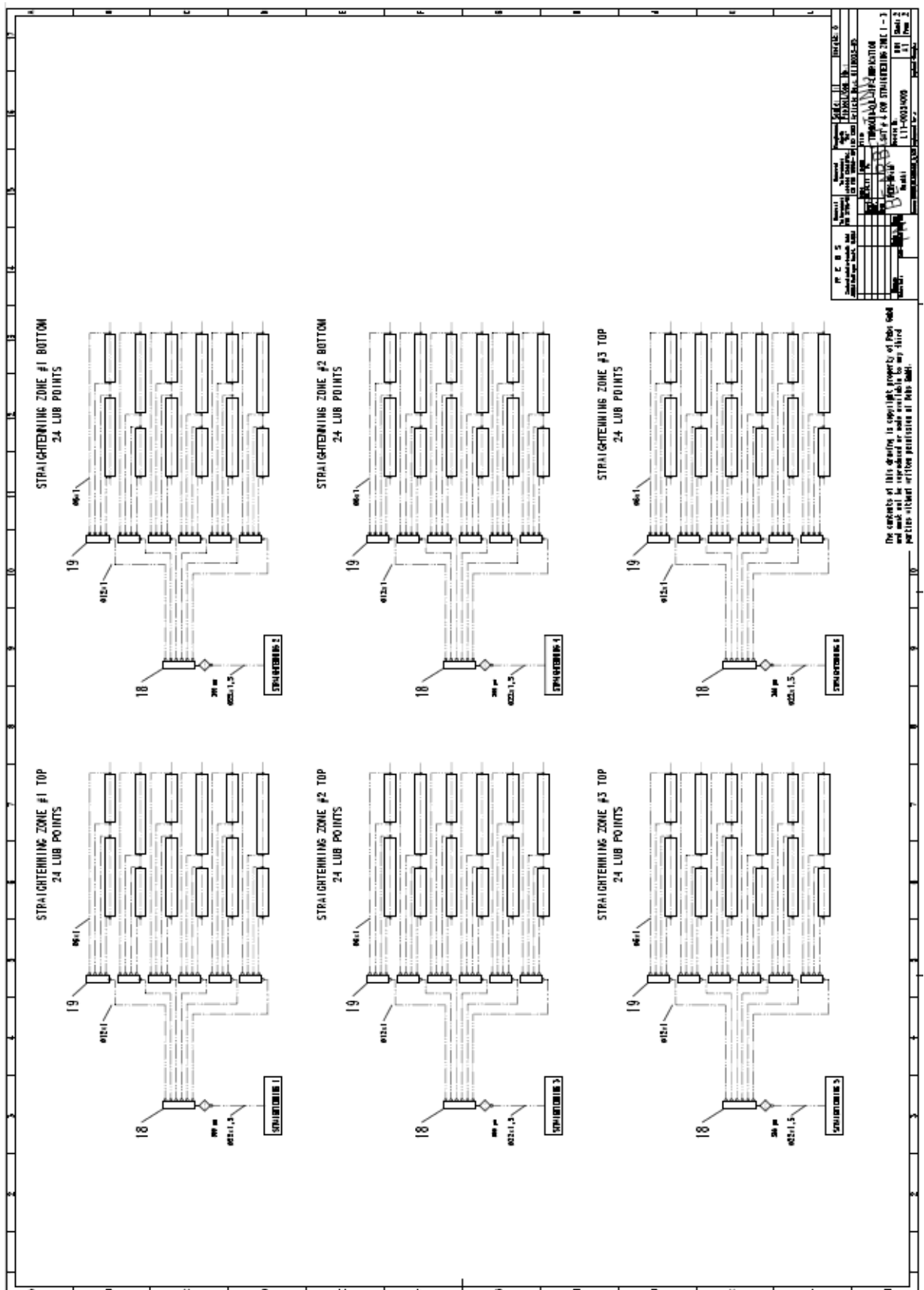


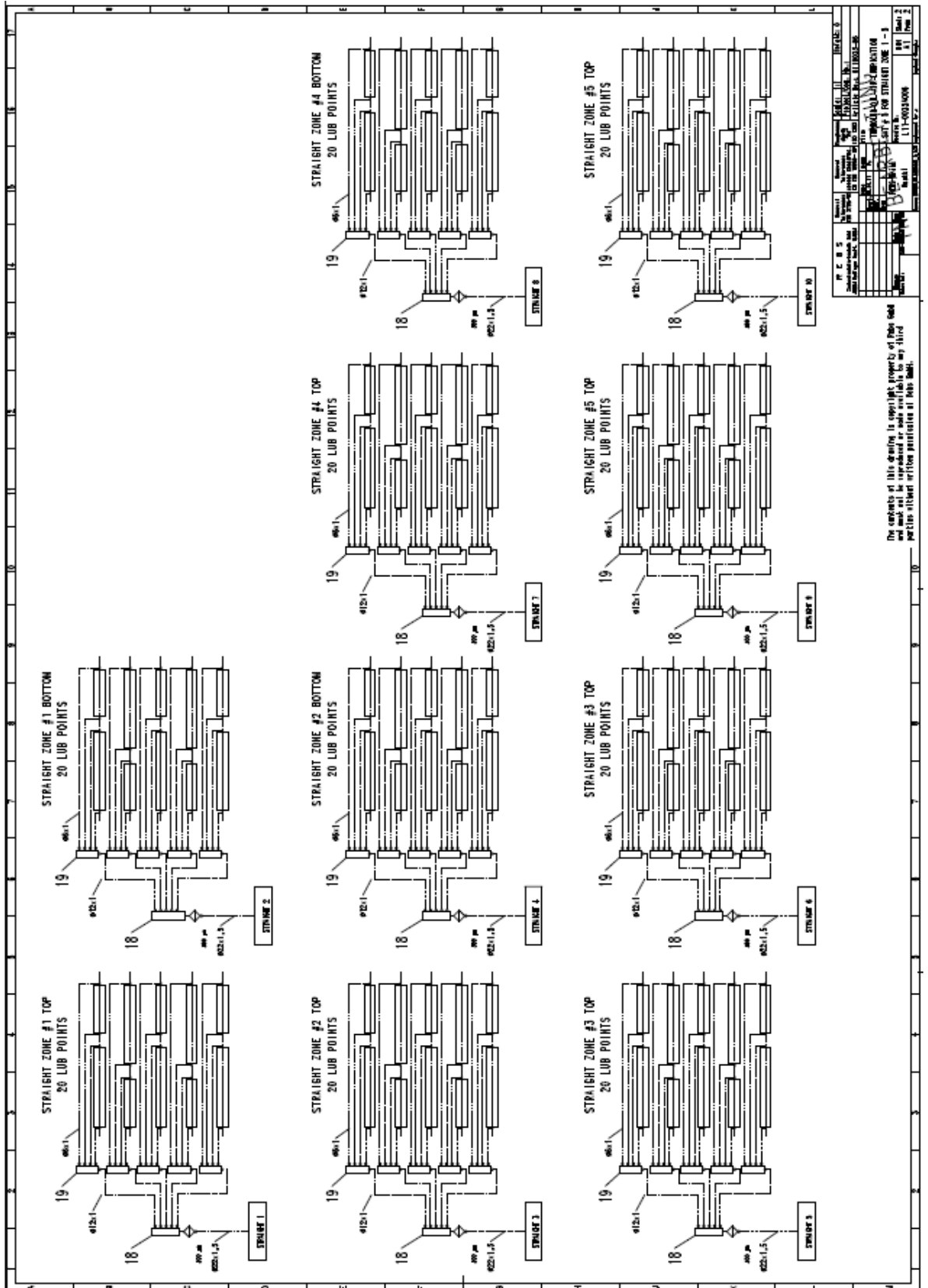


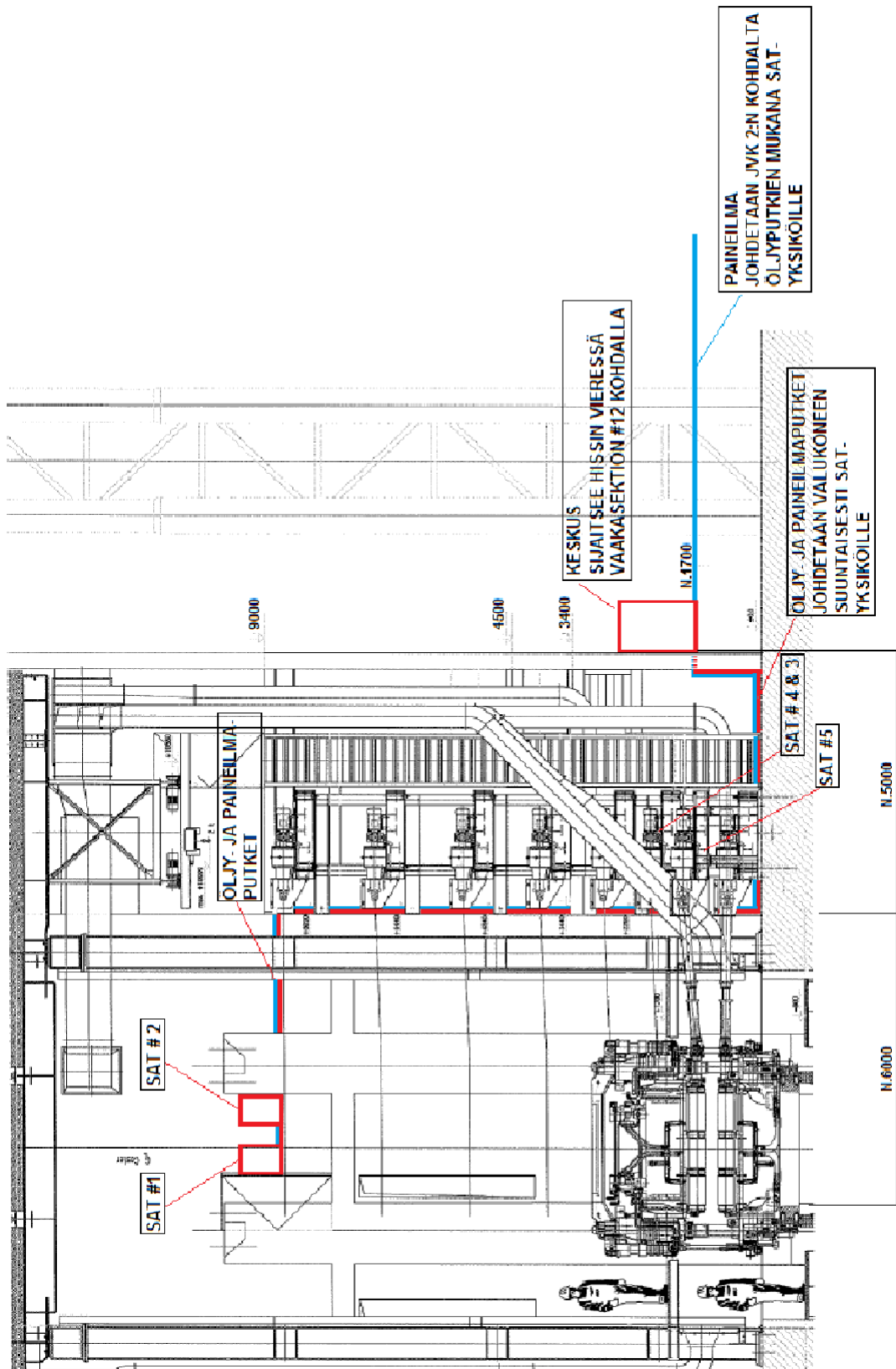
The contents of this drawing is copyright property of their holder and shall not be reproduced or made available to any third parties without written permission of their holder.

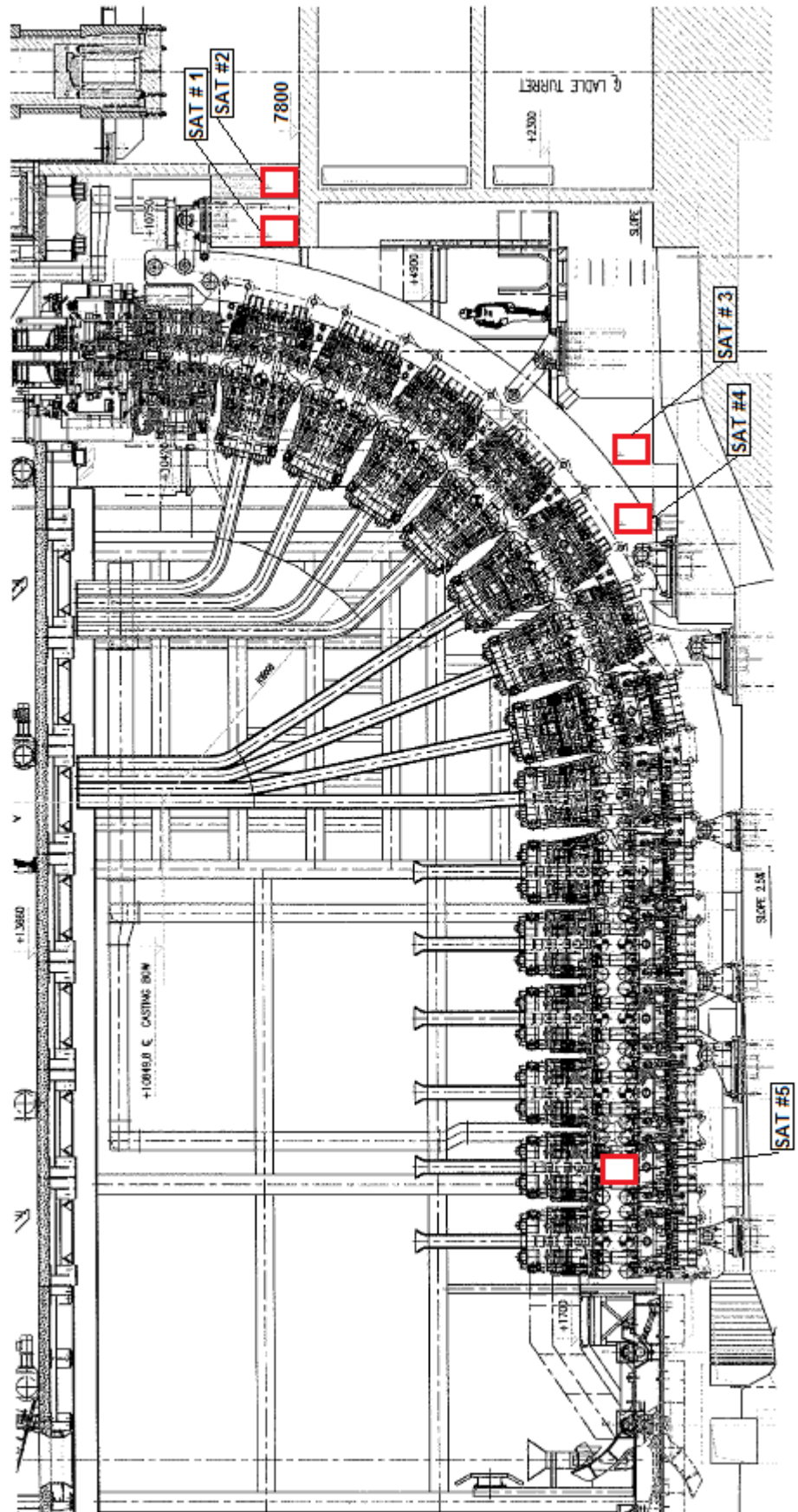
Project No.	11-0013002
Revision	01
Drawn by	...
Checked by	...
Approved by	...
Date	...
Scale	...
Sheet No.	11
Total Sheets	2
Project Name	VERTICAL ROLLS #1
Client	...
Contract No.	...
Location	...
Drawn Date	...
Checked Date	...
Approved Date	...
Scale	...
Sheet No.	11
Total Sheets	2

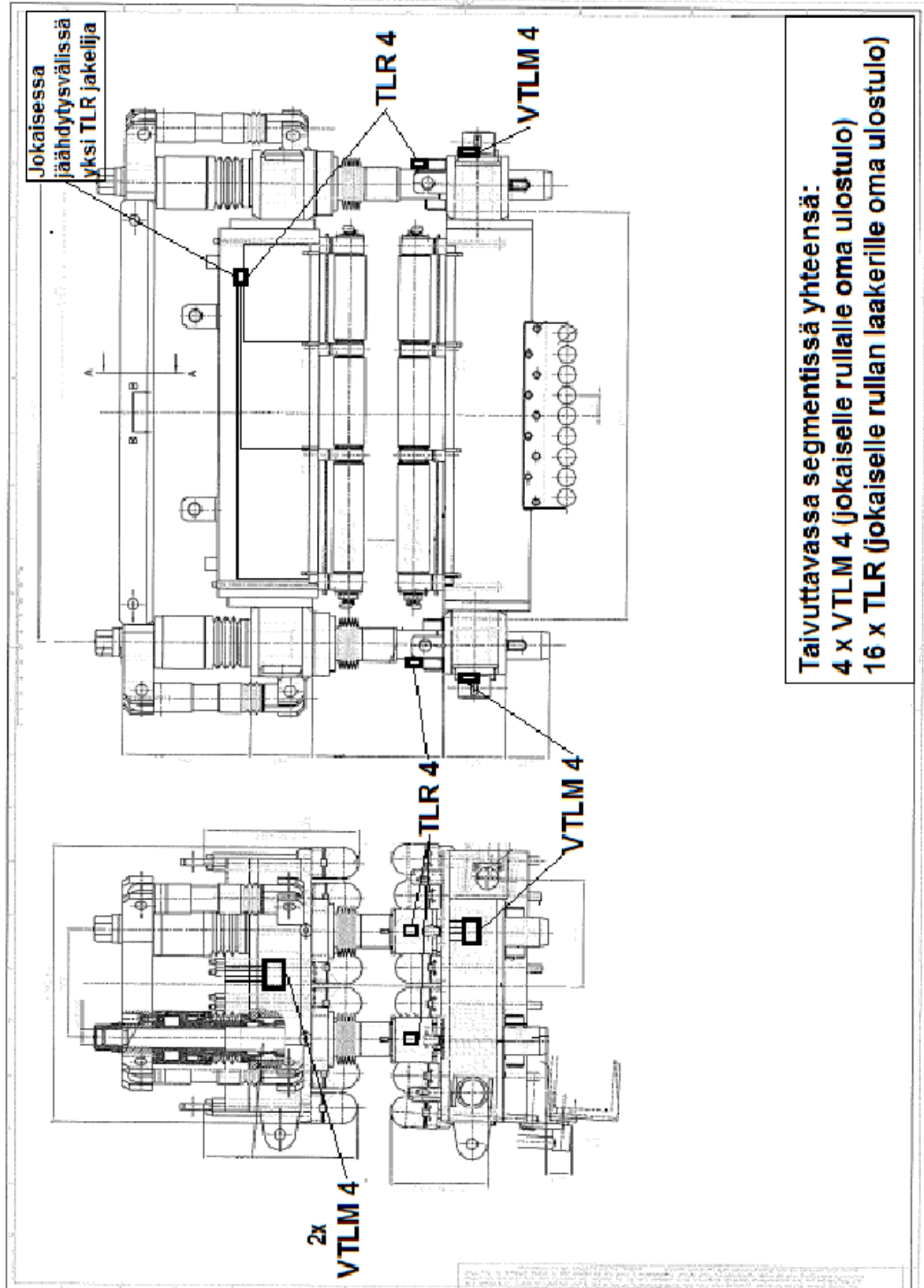


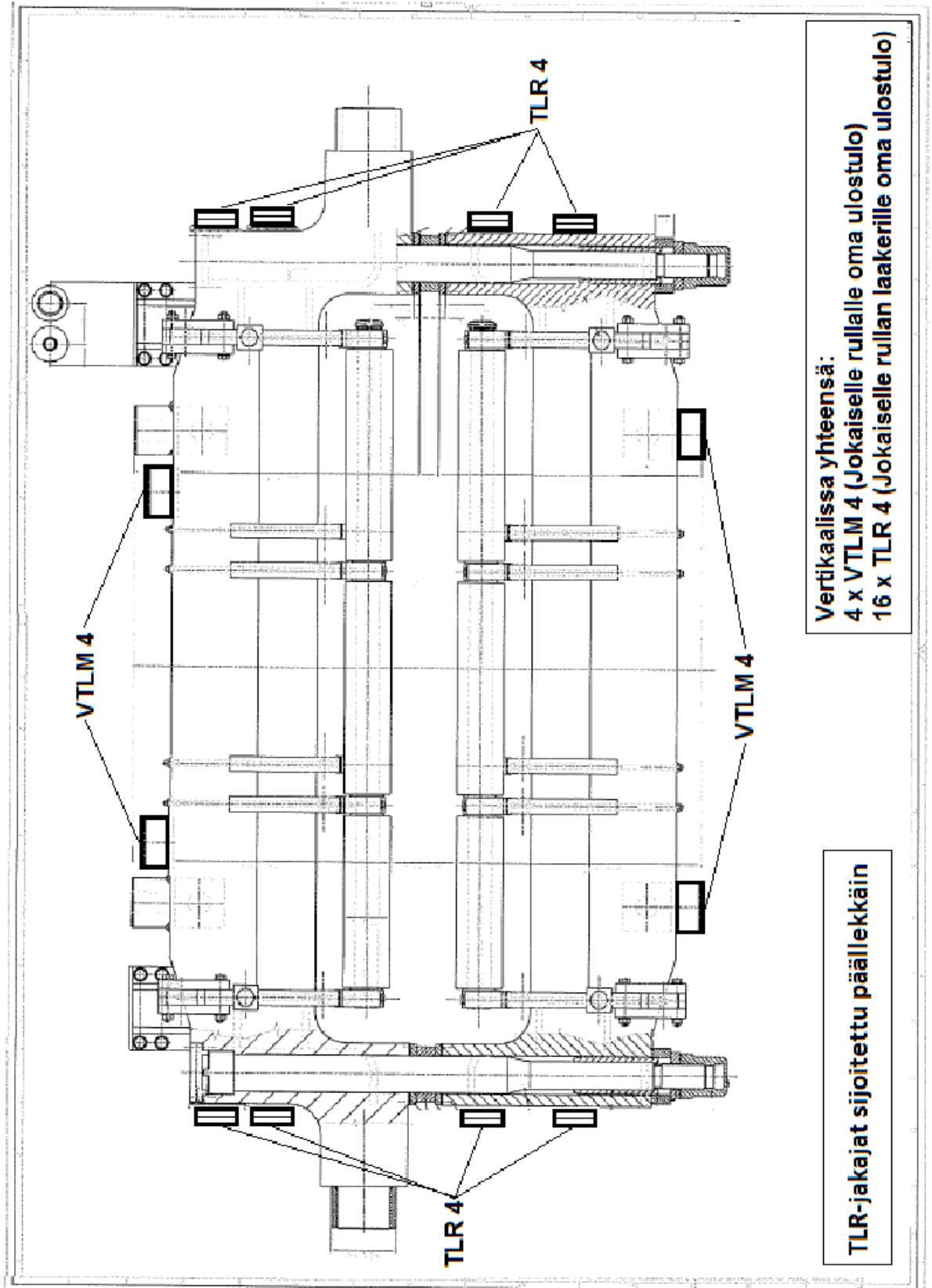












Vertikaalissa yhteensä:
4 x VTLM 4 (Jokaiselle rullalle oma ulostulo)
16 x TLR 4 (Jokaiselle rullan laakerille oma ulostulo)

TLR-jakajat sijoitettu päällekkäin

