

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU

Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma

Tuotekehitys

Tutkintotyö

Jari Niskanen

**VINSSIEN TURVALLISUUSMÄÄRÄYKSET PORAUSLAITTEISTOJEN
RINNETYÖSKENTELYSSÄ**

Työn ohjaaja

Lehtori Kaarlo Koivisto

Työn teettäjä

Sandvik Mining and Construction Oy, valvojana

suunnittelupäällikkö Ari Haavisto

Tampere 2007

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU

Kone- ja tuotantotekniikka

Tuotekehitys	36 sivua, 2 liitettä
Niskanen, Jari	Vinssien turvallisuusmääräykset porauslaitteistojen rinnetyöskentelyssä
Tutkintotyö	
Työn ohjaaja	Lehtori Kaarlo Koivisto
Työn teettäjä	Sandvik Mining and Construction Oy
Huhtikuu 2007	
Hakusanat	turvallisuusmääräys, vinssi, vaijeri, rinnetyöskentely

TIIVISTELMÄ

Maanpäällisissä louhintatöissä maasto-olosuhteet ovat usein vaikeat ja ne aiheuttavat erilaisia turvallisuusvaatimuksia työkoneiden käytölle. Vinssien tarkoitus on nostaa tai vetää kuormaa vaijerin välityksellä, mutta rinnetyöskentelyssä vinssi toimii myös turvallisuuslaitteena. Kun työskentelyjyrkkyys ylittää yli 20 astetta, on laitteiden turvana käytettävä vinssiä. Vinssejä valittaessa ja käytettäessä on noudatettava CEN-standardien mukaisia turvallisuusmääräyksiä (European Standard EN 791: Drill rigs – Safety).

Tässä työssä käsitellään vinssin ja vaijerin rakenteita yleisellä tasolla. Laajimmassa osuudessa tulkitaan vinssien rinnetyöskentelyn turvallisuusmääräyksiä. Turvallisuusmääräysten perusteella on laadittu laskentakaavoja ja yhtälöitä Excel -taulukkolaskenta-ohjelmaan, jonka avulla voidaan mitoittaa vinssi omien tarpeiden mukaiseksi ja turvallisuusmääräykset täyttäväksi. Työ on tehty Sandvik Oy:lle. Sandvik Oy:n suunnitelmissa on laajentaa vinssejä käyttävien laitteiden määrää ja laatia yhtenäisiä ratkaisuja tuleviin vinssijärjestelmiin. Osa työstä on luokiteltu salaiseksi.

TAMPERE POLYTECHNIC

Mechanical and Production Engineering

Product Development

Niskanen, Jari

Winches for operating a drill rig on slopes

Engineering Thesis

36 pages, 2 appendices

Thesis Supervisor

Kaarlo Koivisto, lecturer

Commissioning Company

Sandvik Mining and Construction Oy

April 2007

Keywords

Safety regulation, winch, steel rope, operating on slopes

ABSTRACT

Working conditions can be very difficult at surface top drilling. When drill rig operates and travels on slopes, having a gradient higher than 20° then a winch shall be installed on a drill rig. Winches are a very important part of safety and they are to prevent the drill rig from sliding down the slopes. When choosing winches and steel ropes, must be followed safety regulations on drill rigs and winches approved by CEN (European Standard EN 791: Drill rigs – Safety).

This thesis work is concentrating on winches and steel ropes. The main part of this work is presenting the safety regulations of winches. The use of spreadsheet program can make it easier to choose the suitable winches. This work is commissioned by Sandvik Mining and Construction and some parts on this work are confidential.

SISÄLLYSLUETTELO

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

<u>1 JOHDANTO.....</u>	<u>6</u>
<u>2 SANDVIK MINING AND CONSTRUCTION.....</u>	<u>7</u>
<u>3 MAANPÄÄLLISET PORAUSLAITTEET.....</u>	<u>8</u>
<u>3.1 Pantera 1500.....</u>	<u>9</u>
<u>3.2 Ranger 800.....</u>	<u>10</u>
<u>3.3 Scout 500.....</u>	<u>11</u>
<u>3.4 Dino 560.....</u>	<u>12</u>
<u>3.5 CHA 700.....</u>	<u>13</u>
<u>4 VINSSI.....</u>	<u>14</u>
<u>4.1 Vinssin valinta.....</u>	<u>14</u>
<u>4.2 Vinssin rakenne.....</u>	<u>15</u>
<u>5 VAIJERI.....</u>	<u>17</u>
<u>5.1 Vaijerin rakenne.....</u>	<u>18</u>
<u>5.2 Vaijerin valinta.....</u>	<u>18</u>
<u>6 TURVALLISUUSMÄÄRÄYKSET.....</u>	<u>19</u>
<u>6.1 Jakohalkaisija.....</u>	<u>20</u>
<u>6.2 Vaijerin turvallisuuskerroin.....</u>	<u>21</u>
<u>6.3 Vaijerin kiinnitys.....</u>	<u>21</u>
<u>6.4 Vaijerin jatkaminen.....</u>	<u>22</u>
<u>6.5 Vinssin tiedot.....</u>	<u>23</u>
<u>6.6 Jarrumääräykset.....</u>	<u>23</u>
<u>6.7 Sallittu rinnejyrkkyys.....</u>	<u>24</u>
<u>7 KAAVAKOKOELMA.....</u>	<u>26</u>
<u>8 LASKENTAESIMERKKI.....</u>	<u>30</u>
<u>8.1 Tarvittava vetokyky.....</u>	<u>30</u>

8.2 Vaijerimäärä.....	31
8.3 Vääntömomentti.....	32
8.4 Voimat	33
8.5 Tulosten tarkastelu	34
9 TAULUKKOLASKENTA.....	35
10 YHTEENVETO JA SAAVUTETUT HYÖDYT.....	35
LÄHTEET.....	36

LIITTEET

- 1 Vaijerien valintataulukko
- 2 Vinssin mitoitus taulukkolaskentaohjelmalla

1 JOHDANTO

Maanpäällisissä louhintatöissä maasto-olosuhteet ovat usein vaikeat ja ne aiheuttavat erilaisia turvallisuusvaatimuksia työkoneiden käytölle. Kun työskentelyjyrkkyys ylittää yli 20 astetta, on laitteiden turvana käytettävä vinssiä, jolloin vinssi toimii myös turvallisuuslaitteena. Vinssejä valittaessa ja käytettäessä on noudatettava CEN- standardien mukaisia turvallisuusmääräyksiä (European Standard EN 791: Drill rigs – Safety).

Tämän tutkintotyön pääaiheena on turvallisuusmääräyksiä soveltaminen ja tulkinta. Aihe on hyvin ajankohtainen ja käytäntöön suuntautunut.

Tutkintotyö koostuu viidestä osasta. Ensimmäisenä tutustutaan Sandvik Oy:n maanpäällisiin porausyksiköihin, joista jokainen esiteltävä laite on tarkoitettu rinnetyöskentelyyn. Laitteista esitellään teknisiä ominaisuuksia ja niille sopivia työskentelyolosuhteita.

Toisessa osiossa perehdytään vetotarkoitukseen käytettyjen vinssien käyttöön ja rakenteeseen. Osiossa pohditaan myös vinssin valintaan vaikuttavia tekijöitä.

Kolmannessa osassa tutustutaan vaijerien eli teräsköysien valmistukseen, valintaan ja rakenteeseen.

Neljännessä osiossa käsitellään rinnetyöskentelyyn tarkoitettujen vinssien CEN- mukaisia turvallisuusmääräyksiä.

Viimeisenä käydään laskentaesimerkin avulla läpi turvallisuusmääräyksiä mukaisen ja oikeanlaisen vinssin mitoitus ja valinta.

2 SANDVIK MINING AND CONSTRUCTION

Työn teettäjä on Sandvik Mining and Construction Oy. Se on kansainvälinen metalliteollisuuden yritys, joka tuottaa teknisiä ratkaisuja ja palveluita kaivos- ja urakointiteollisuudelle. Sandvikin tuotetarjonnan muodostavat Underground Hard Rock Mining, joka valmistaa maanalaiseen kovankiven louhintaan tarkoitettuja porausyksiköitä. Suurimpana asiakaskuntana on kaivosteollisuus. Surface Mining valmistaa porausyksiköt maanpäälliseen louhintaan; niitä voidaan käyttää esimerkiksi erilaisten rakennuksien perustuksien, teiden- ja siltojen rakentamiseen. Construction taas valmistaa laitteita mineraalien louhintaan, murskaukseen ja seulontaan.

Sandvik Mining and Construction Oy on perustettu vuonna 1985. Aikaisemmin poralaitteita valmistava yksikkö tunnettiin nimellä Tamrock, jonka jälkeen se oli vähän aikaa Sandvik Tamrock. Nykyinen nimi on Sandvik ja se kuuluu suureen ruotsalaiseen Sandvik-konserniin. Sandvik aloitti toimintansa jo vuonna 1862. Sen perustaja on Göran Fredrik Göransson. Pörssiin Sandvik listattiin vuonna 1901. Konsernissa on myös materiaalitekniikkaa ja leikkaustyökaluja valmistavia yrityksiä. Vuoden 1997 lopulla ruotsalainen Sandvik-konserni osti enemmistön Tamrockin osakkeista, ja sen seurauksena Tamrockin pörssinoteeraus lopetettiin. Uusi toimialue, SMC eli Tamrockin ja Sandvik Rock Toolsin yhdistymä aloitti toimintansa 1998.

3 MAANPÄÄLLISET PORAUSLAITTEET

Maanpäällisten porauslaitteiden asiakaskunta on laaja ja laitteita toimitetaan ympäri maailman. Tämän takia laitteiden porattavuuden, liikkuvuuden ja käyttöolosuhteiden vaatimukset ovat laajat. Porauslaitteen tehon tarpeen määrittää porattavan kiven kovuus.

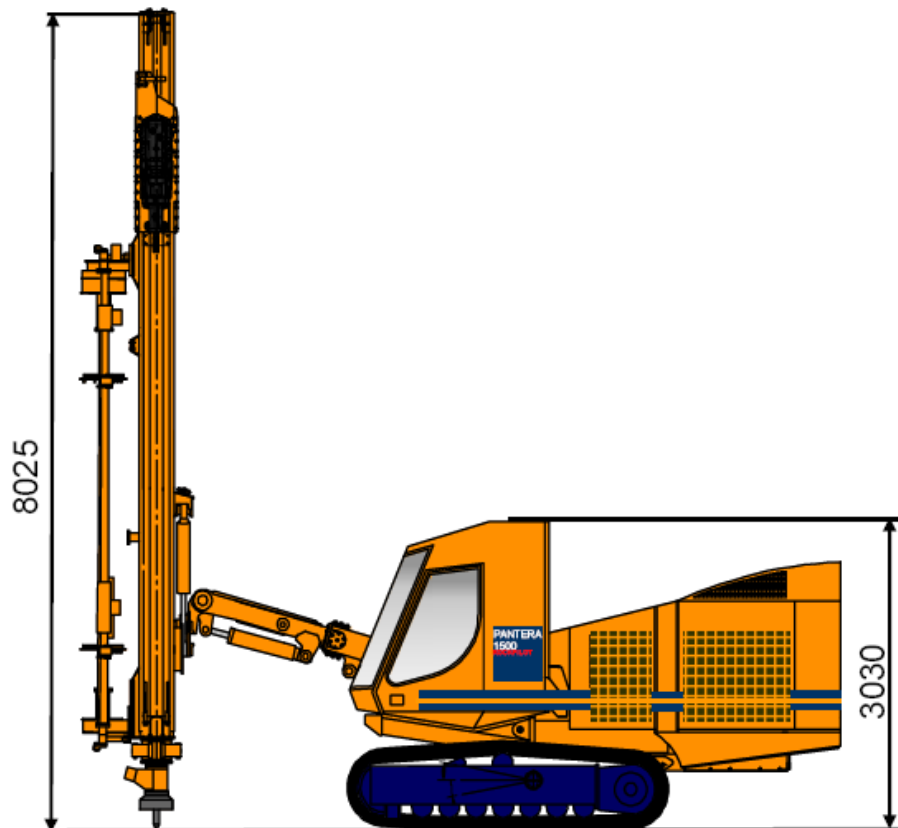
Sandvik Mining and Construction valmistaa useita kymmeniä erilaisia porauslaitteistoja eri tarkoituksiin, joista tässä työssä tarkastellaan lähemmin viittä maanpäällä telaketjujen avulla liikkuvaa porauslaitteistoa. Hyteillä varustetut laitteet täyttävät F.O.P.S (ISO-3471 Falling object Save) ja R.O.P.S (ISO-3471 Roll-Over Protection Structure) sertifikaatit.

F.O.P.S. -sertifikaatti osaltaan takaa hytin rakenteen kestävyysputoavilta ja kaatuville esineiltä.

R.O.P.S. -sertifikaatti täyttää turvallisuusmääräykset, joiden mukaan hytin rakenne on suunniteltu sellaiseksi, että se kestää laitteen kaatumisen.

3.1 Pantera 1500

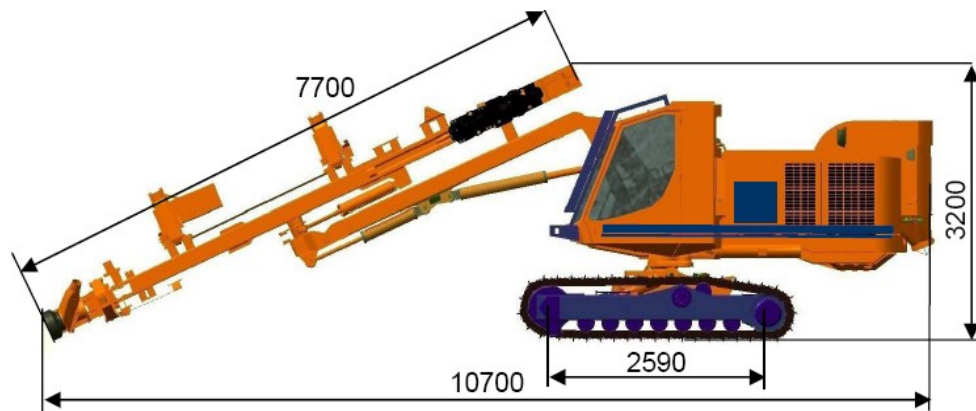
Maanpäällisistä porauslaitteistoista mitoiltaan ja työskentelysäteeltään suurin on Pantera 1500 -mallisto (kuva 1), joka on varustettu Catepillarin moottorilla ja vaihteistolla. C11-moottorin suurin teho 261 kW, joka saavutetaan 2100 kierrosnopeudella. Porayksikkönä käytetään hydraulista HL 1560 -porakonetta, jonka noin 40 iskua sekunnissa ja 2050 Nm vääntömomentti takaavat nopean ja tehokkaan porauksen. Pantera 1500 on suunniteltu erityisesti tehokkaaseen työskentelyyn niin suurille avolouhoksille kuin rakennustyömaillekin./3/



Kuva 1 Pantera 1500 /3/

3.2 Ranger 800

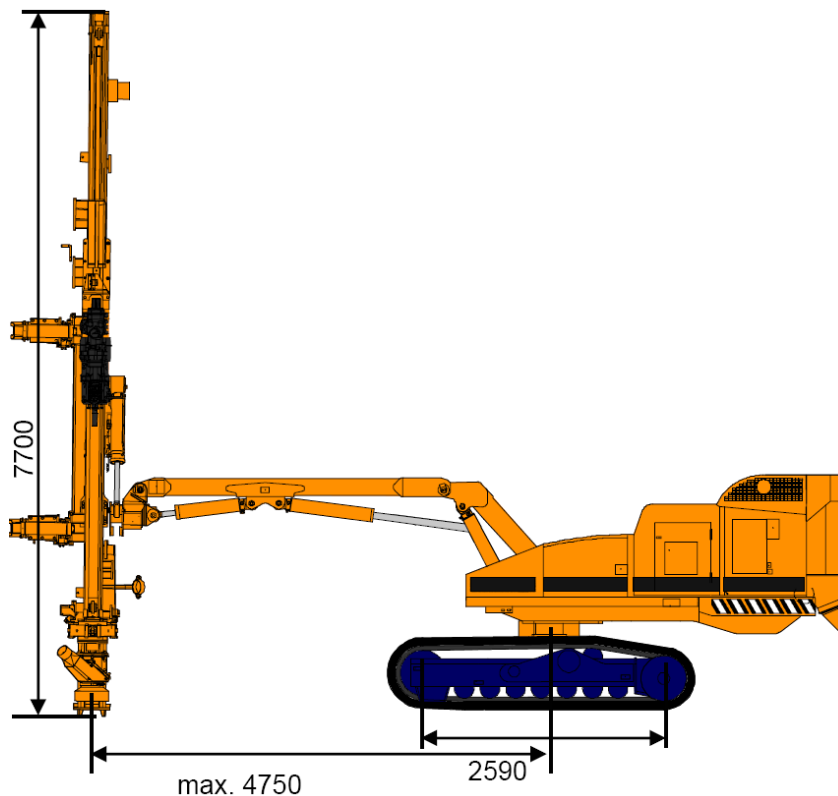
Kuvassa 2 esitetty Ranger -800 malli on myös varusteltu hytillä, Caterpillarin moottorilla ja vaihteistolla, mutta moottorina käytettävä C7-malli on tehoiltaan hieman Panteran käyttämää C11-mallia pienempi. Moottorin suurin teho on 168 kW, joka saavutetaan kierrosnopeudella 2100. Porayksikkönä käytetään hydraulikkaporakonetta HL 800 T, jonka vääntömomentti on 1355 Nm ja iskunopeus 55 kertaa sekunnissa. Ranger 800 -malli sopiikin parhaiten teiden, putkilinjojen ja rakenneperustuksien louhimiseen./3/



Kuva 2 Ranger 800 /3/

3.3 Scout 500

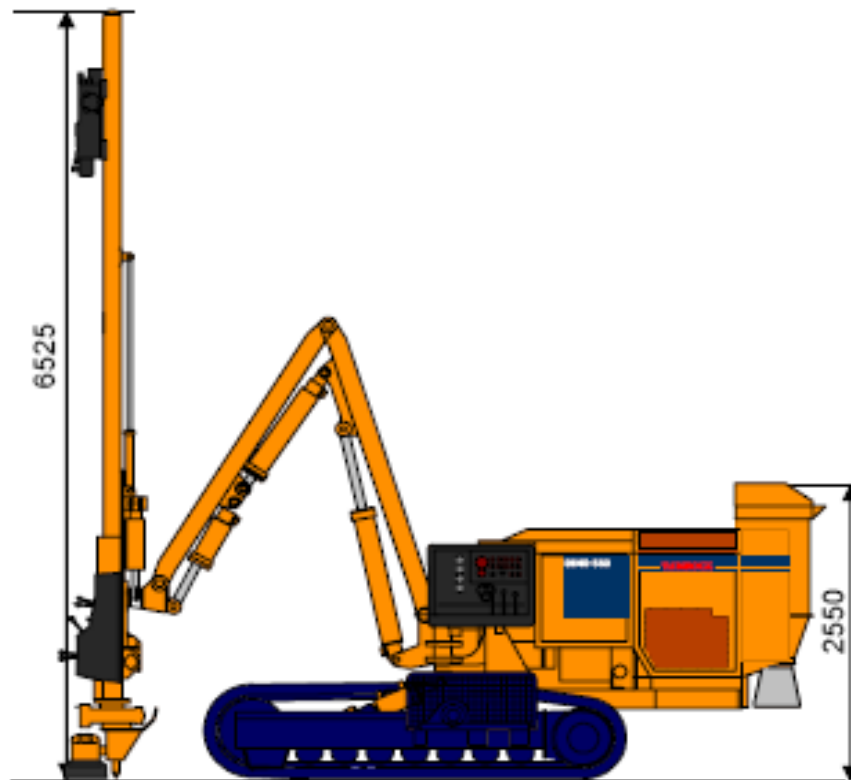
Scout -500 malli eroaa Ranger 800 ja Pantera 1500 -poraussyksiköistä. Siinä ei ole lainkaan hyttiä (kuva 3), ja mallisto on suunniteltu erittäin vaativiin maasto-olosuhteisiin. Moottorina käytetään Caterpillarin 3056 E -mallia, jonka maksimiteho 129 kW saavutetaan 2000 kierroksella. Koneen ohjaus suoritetaan radiosignaalia käyttävän kauko-ohjauksen avulla. Myös porauksen ja puomin ohjaus toimivat radiosignaalilla. Alueilla, joilla radiosignaalin käyttö on kielletty, ohjaus voidaan toteuttaa kaapeleiden avulla. Poraussyksikkönä käytetty hydraulipora HL 510 tuottaa iskunopeuden 60 kertaa sekunnissa ja 680 Nm vääntömomentin. Scout 500 -malli on suunniteltu myös teiden, putkilinjojen ja rakenneperustuksien louhimiseen./3/



Kuva 3 Scout 500 /3/

3.4 Dino 560

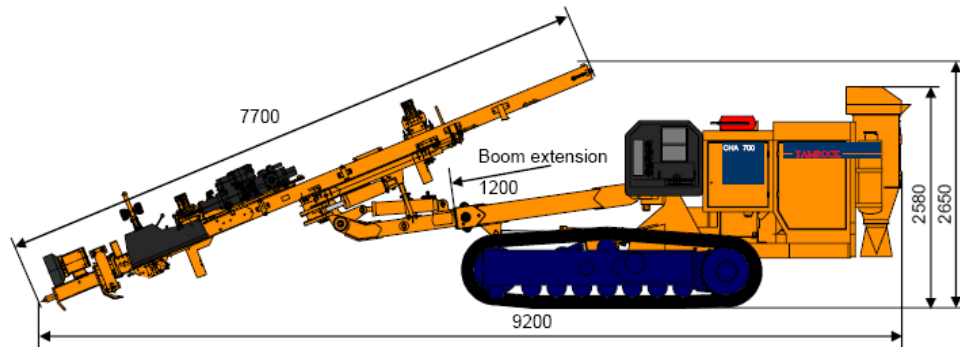
Dino 560 (kuvassa 4) on varusteltu vastaavalla 3056 E -moottorilla ja LH 510 -hydrauliikkaporalla kuin Scout -500 malli. Laite siirretään koneen sivussa olevalla ohjauspaneelilla halutulle porauspaikalle, minkä jälkeen koneenkäyttäjä siirtyy käyttämään poraus- ja puomiohjausta. Dino 500 -malli on suunniteltu yksinkertaisella puomin- ja poranohjauksella, jonka ansiosta mahdolliset huolto- ja korjaustoimet ovat nopeampia ja kustannukset halvempia. Äärimmäisen kuumat ja kylmät olosuhteet ovat omiaan Dino 560 -mallille sen erityisen moottorinjäähdytysjärjestelmän ansiosta. /3/



Kuva 4 Dino 560 /3/

3.5 CHA 700

CHA 700 -malli (kuva 5) on varustettu samalla moottorilla kuin edellä esitellyt Dino 560- ja Scout 500 -mallistot. Hydraulisena porayksikkönä on kuitenkin tehokkaampi HL 710 -malli, joka tuottaa 1355 Nm vääntömomentin ja 45 iskua sekunnissa. CHA 700 -malli on myös suunniteltu äärimmäisen kuumiin ja kylmiin olosuhteisiin kuten Dino 560.
/3/



Kuva 5 CHA 700 /3/

4 VINSSI

Vinssin tehtävänä on nostaa tai vetää haluttu kuorma vaijerin välityksellä. Toiminta perustuu vääntömomenttiin, joka voidaan tuottaa sähkömoottorin, hydrauliiikan tai mekaanisen kammien avulla. Vinssien suurimmat käyttäjät löytyvätkin teollisuudesta, jossa tarvittavien kuormien siirtely on jatkuvaa ja siirreltävät massat ovat suuria. Vinssit ovat myös osa turvallisuutta, joten vinssien valinnassa, suunnittelussa ja asentamisessa on otettava huomioon turvallisuusmääräykset (European Standard EN 791: Drill rigs – Safety).

4.1 Vinssin valinta

Veto- ja nostotarpeisiin on olemassa omat vinssimääräykset, joten vinssin valinta tulee tehdä käyttötarpeen mukaisesti. Ulkonäöltään vinssit muistuttavat aika paljon toisiaan (kuten kuvassa 6 oleva Rotzlerin valmistama nostotarkoituksiin tarkoitettu vinssi ja kuvassa 7 oleva Rotzlerin vetovinssi). Vinssin valintaan vaikuttavat myös tarvittavat veto- tai nostovoimat.



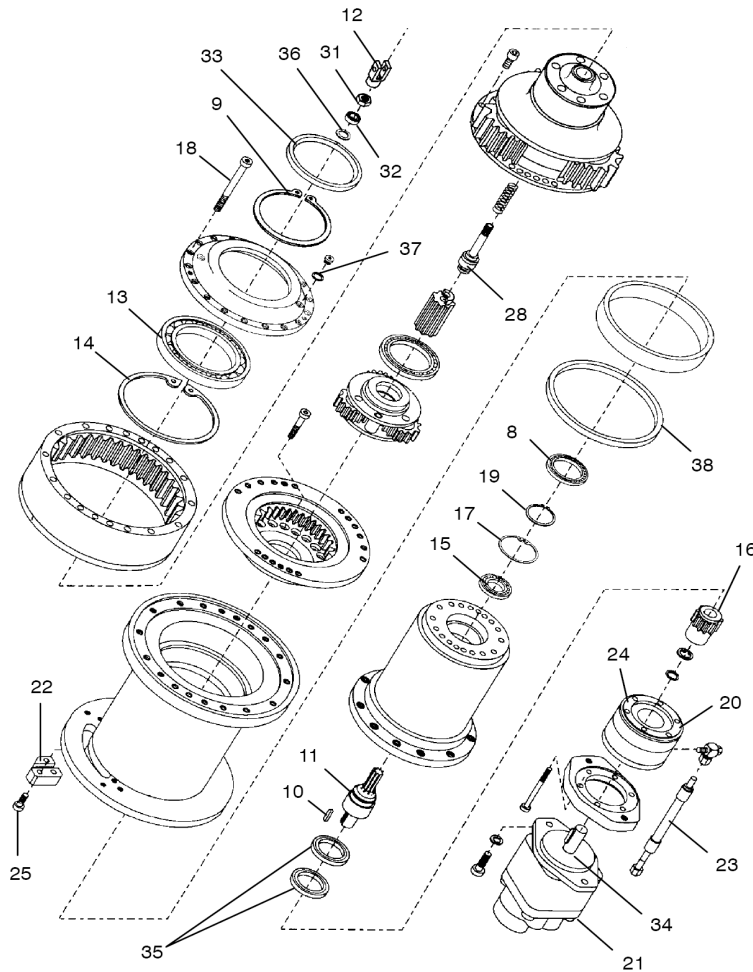
Kuva 6 Nostovinssi /4/



Kuva 7 Vetovinssi /4/

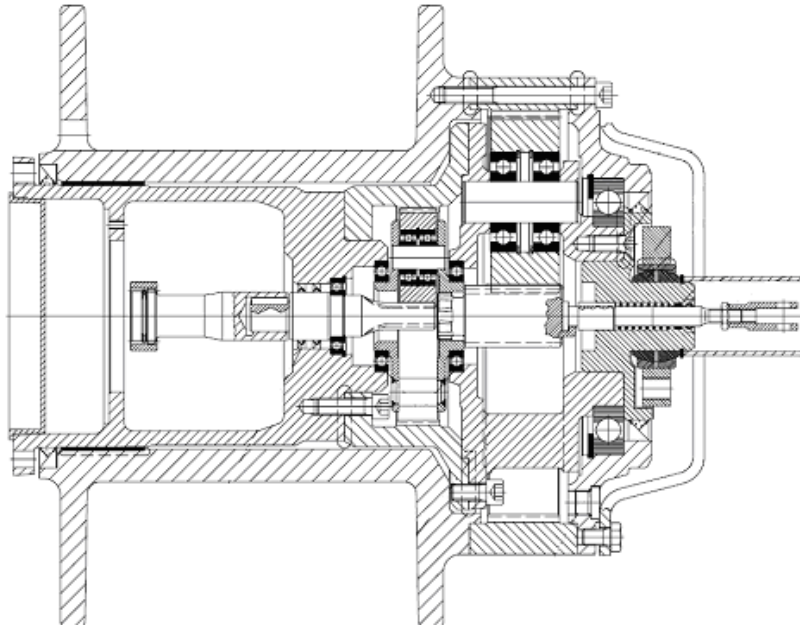
4.2 Vinssin rakenne

Yksinkertaistetusti voidaan sanoa, että vinssien rakenne koostuu vaijerirummusta ja mekaniikasta, jolla vinssin voima tuotetaan. Kuvassa 8 on räjäytyskuva Rotzler HZ-090 -vetovinssistä. Räjäytyskuvasta voidaan erottaa: kuulalaakeri (8,13,15), lukkorengas (9,14,17, 19), kiila (10), vetoakseli (11), käsikäytön vapautus (12), akseli (16), kuusikulmiopultti (18), jarrukokoonpano (20), hydraulikkamoottori (21), vaijerikiinnitin (22), jarruputki (23), jarru (24), saranatanko (28), mutteri (31), tiivisteet (32, 33, 34) ja tukirengas (36).

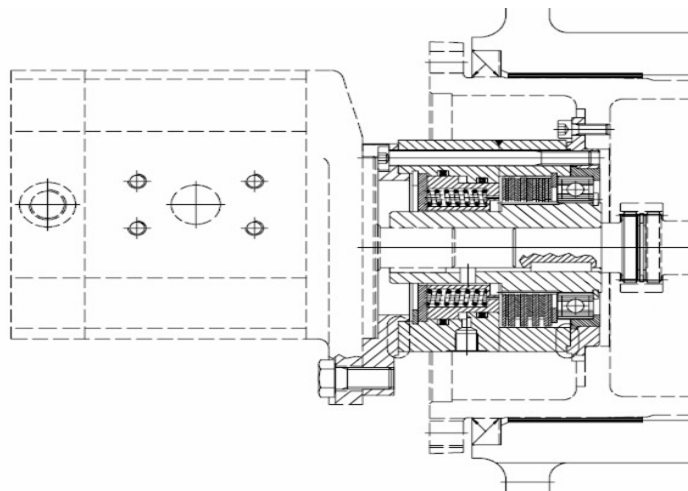


Kuva 8 Rotzler HZ-090 vetovinssin räjäytyskuva /2/

Poikkileikkaukset 9 ja 10 näyttävät vinssirummun ja jarrukokoonpanon poikkileikkauksena.



Kuva 9 Vinssirummun poikkileikkaus /2/



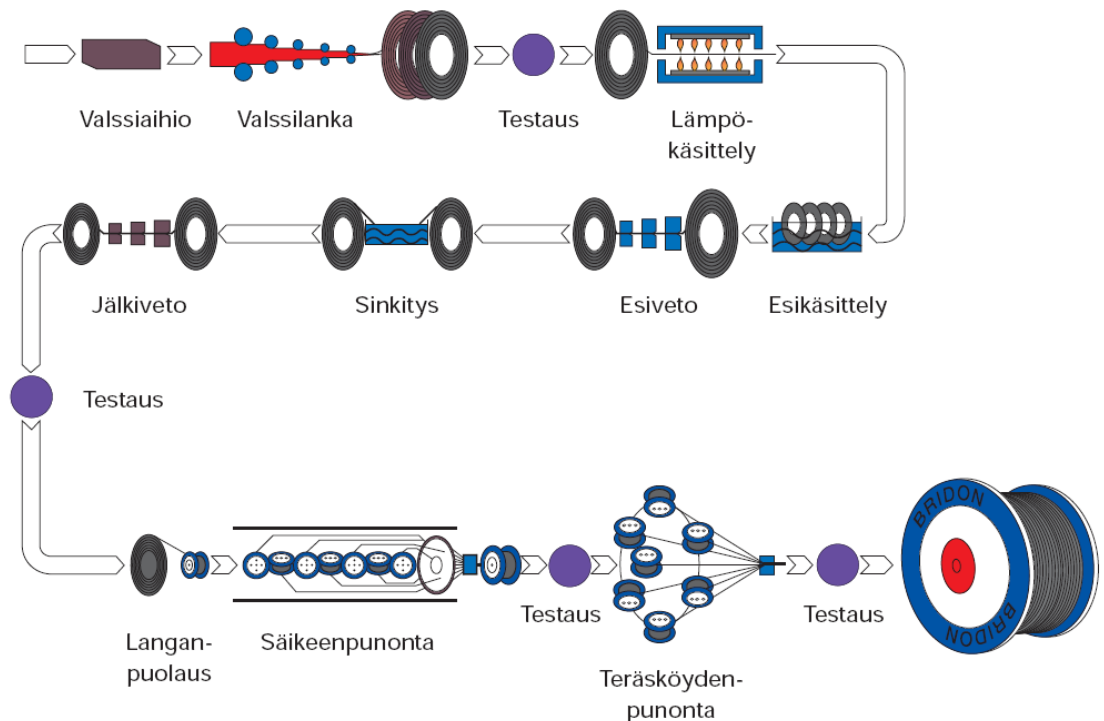
Kuva 10 Jarrukokoonpanon poikkileikkaus /2/

5 VAIJERI

Vaijereiden eli teräsköysien käyttö on maailmalla hyvin yleistä erilaisissa nosto- ja vetotarkoituksissa. Suuren suosion vaijeri on saavuttanut hyvien lujuus- ja jousto-ominaisuuksiensa takia. Suurimmat vaijerien käyttäjät löytyvätkin aloilta, joissa tarvittavat vaatimukset ovat monipuolisia. Tällaisia aloja ovat esimerkiksi kalastus-, kaivos- ja hissiteollisuus.

Vaijerin valmistus

Kuvassa 11 on kuvattuna vaijerin eri valmistus- ja testausvaiheet.



Kuva 11 Vaijerin valmistus vaiheittain /5/

5.1 Vaijerin rakenne

Vaijerin kokonaisrakenne koostuu ohuista teräslangoista. Teräslankoja punotaan sydänlangan ympäri kerroksittain. Tällöin saadaan punomistyylistä, teräslankojen halkaisijasta ja materiaalin kestävyydestä riippuen yhtäläinen, luja ja taipuisa kokonaisuus (kuva 12) /5/.



Kuva 12 Vaijerin rakenne /5/

5.2 Vaijerin valinta

Vaijerin paksuus ei suoraan kerro sen kestävyydestä, joten vaijeria valittaessa on muistettava, että kokonaishalkaisijaltaan ohuempi vaijeri voi olla vetolujuudeltaan kestävämpi kuin paksumpi vaijeri. Valintaan vaikuttavat myös vaijerin käyttötarkoitus; esimerkiksi veto- ja nostotarkoituksiin on olemassa omanlaisensa vaijerirakenteet. Vaijerin valintaa helpottaakseen vaijerien valmistajat ovat laatineet erilaisia taulukoita, joista ilmenevät erilaisille vaijereille tarkoitettut olosuhteet. Certex Finland Oy on yksi vaijereita valmistava yritys, jonka vaijerin valintataulukko on liitteenä (liite 1).

6 TURVALLISUUSMÄÄRÄYKSET

Eri toimialoille on määritelty omat turvallisuusmääräyksensä, joiden pääasiallinen tehtävä on taata työntekijöiden turvallisuus. Euroopassa on oma standardisointinsa; European Standard, jonka turvallisuusmäärittäviä kaikkien Euroopan maiden tulee noudattaa.

Tässä työssä noudatettava standardi on European Standard EN 791, Drill rigs – Safety. Kyseinen standardointi esittää turvallisuusmääräykset laitteille ja olosuhteille, kuten porien osille, iskuporille, iskukierreporaukselle, koneiden turvallisuudelle, vaarallisille laitteille, turvallisuusmittauksille, ohjauslaitteistoille, jarruille, turvalaitteille, vakaukselle, tulipalojen ehkäisylle, moottorin melulle, värähtelylle, merkinnöille, valmistekilville ja teknillisille huomautuksille. /1, s. 1./

Seuraaviin kappaleisiin on koottu turvallisuusmääräykset, jotka koskevat laitteiden työskentelyä yli kaksikymmentä astetta jyrkissä rinteissä. Tällöin vinssin tehtävänä on kuorman siirtämisen lisäksi estää porakaluston tahaton liukuminen rinteessä. Näin varmistetaan turvallinen työskentely.

Turvallisuusmääräyksiä tarkasteltaessa huomataan, että kaikki määräykset eivät ole kovinkaan yksiselitteisiä. Siksi työssä esitellään ensin turvallisuusmääräykset suorassa tarkoituksessaan ja tämän jälkeen selvitetään määräyksen tarkoitusta käytännössä.

6.1 Jakohalkaisija

Seuraava mitoitusmääräys koskee vaijerin taivutussädettä, joka voidaan määrittää vinssirummun ja vaijerin halkaisijan mitoitusuhteilla.

Turvallisuusmääräyksessä puhutaan jakohalkaisijasta, joka tarkoittaa vinssirummun ja vaijerin halkaisijan summaa.

Turvallisuusmääräyksen mukaan jakohalkaisijan tulee olla vähintään 16 kertaa vaijerin halkaisijan kokoinen. /1, s. 42./

Jakohalkaisijan merkitys käytännössä

Käytännössä jakohalkaisijan määräyksellä tarkoitetaan vinssirummun ja vaijerin halkaisijan suhdelukua, joka ei saa vetotarkoituksissa olla vähemmän kuin 15. Tarkoituksena on estää vaijerin kiertäminen liian pienelle taivutussäteelle. Näin saadaan lisättyä vaijerin kestoikää ja ehkäistyä vaijerin kiertyminen. Kuvasta 13 nähdään, kuinka vaijerille käy käytännössä, jos se on kierretty liian pienelle taivutussäteelle.



Kuva 13 Vaijerin kiertymä /7/

6.2 Vaijerin turvallisuuskerroin

Vaijerin turvallisuuskerroin on valmistajan ilmoittaman vaijerin minimirikkoutumisvaaran ja vinssin ensimmäisen vaijerikerroksen vetovoiman välinen suhdeluku. /1, s. 13./

Rinteessä työskenneltäessä vaijerin turvallisuuskertoimen tulee aina olla vähintään 3. /1, s. 44./

6.3 Vaijerin kiinnitys

Vinssirummulla pitää aina olla vähintään kolme kierrosta vaijeria. Vaijerin kiinnityksen rummulla tulee kestää vähintään 70 % suurimmasta vaijerikuormituksesta. /1, s. 42./

Kolmen kierroksen tarkoitus

Kolmen kierroksen pääasiallinen tehtävä on suojata vaijerin kiinnitystä rummulla, koska juuri näihin kierroksiin kohdistuvat suurimmat rasitukset käytön aikana. Rasituksen aiheuttaa vinssiltä vaadittu vetovoima, joka ilman näitä kierroksia välittyisi suoraan vaijerikiinnitykseen. Vinssin vetovoiman noustessa vaijerin ensimmäiset kolme kierrosta puristuvat aina kovemmin vinssirumpua vasten, jolloin nämä puristuneet kierrokset välittävät vinssin vetovoimaa ja vaijerikiinnitykseen kohdistuva voima saadaan pienemmäksi. Näitä kolmea kierrosta kutsutaan myös kuolleiksi kierroksiksi, koska vetovoiman vaikutuksesta vaijeri yleensä menettäämuotonsa ja käyttöominaisuutensa. Kuolleilla kierroksilla on myös merkityksensä vaijerin käyttäytymisessä; jos rummulta kelataan nämä

käyttöominaisuutensa menettäneet kierrokset ulos, niin lopputulos on yleensä kuvan 14 kaltainen.



Kuva 14 Liiallisen vaijeripituuden käytön seuraus /7/

Yleisesti hyvänä sääntönä voidaan pitää 80 % sääntöä, jolloin rummulla olevasta vaijerimäärästä käytetään korkeintaan 80 %. Tällöin vältetään kuolleiden kierrosten uloskelautumiselta. Yhtälön (12) mukaisesti saadaan suositeltava vaijerin pituus.

6.4 Vaijerin jatkaminen

Vaijerin jatkaminen U-pultti liitoksilla ei ole sallittua. /1, s. 42./

Vaijerin jatkamisen tulkitseminen on aika vajavainen kyseisessä turvallisuusmäärityksessä. Liittämisiä ja vaijereiden päättämisiä käsitteleviä

turvallisuusmääräyksiä ovat ainakin seuraavat määräykset SFS-4817 ja SFS-EN 10264-1.

6.5 Vinssin tiedot

Vinssin data-kilvessä tulee olla merkittynä vinssin suurin sallittu vetovoima ensimmäisellä vaijerikerroksella. /1, s. 42./

Ensimmäisellä vaijerikerroksella saavutetaan vinssin suurin vetokyky. Tämä on hyvä ilmoittaa vinssien käyttäjälle, jotta välttyttäisiin vinssin ylikuormittamiselta.

6.6 Jarrumääräykset

Vinssi tulee varustaa käyttöjarrulla (service brake) ja pitojarrulla (holding brake)./1, s. 42./

Äkillisessä tilanteessa käyttöjarrun tulee jarruttaen pysäyttää laskeva kuormitus tasaisesti./1, s. 43./

Vinssin ohjauksen pettäessä tai energian syötön katketessa pitojarrun tulee toimia automaattisesti ja ehkäistä kuorman tahaton valuminen tai laskeutuminen.

Vinssin käyttöjarrun kapasiteetti tulee säätää välille 1,2–1,6 kertaa vinssin suurin sallittu vetovoima./1, s. 44./

Jarrumääräyksen tarkennus

Äkillisen tilanteen jarrutoiminnalla tarkoitetaan jarrujen säätöön vaikuttavaa seikkaa, jolla haetaan suojaa vaijerin rikkoutumiselle. Tämän takia

rinnetyöskentelyyn on määrätty jarrujen säätökapasiteetti. Tämä kapasiteetti tarkoittaa voimaa, jonka jälkeen jarru luistaa ja pysäyttää äkillisen liikkeen jarruttamalla. Tällainen on esimerkiksi tilanne, jossa laitetta vedetään rinnettä ylöspäin vinssin avustuksella ja jossa epätasainen maasto aiheuttaa laitteen notkahtamisen taaksepäin. Tällöin vaijeriin kohdistuu äkillinen nykäys.

Jarrun avautuminen suojelee vaijeria katkeamiselta esimerkiksi tilanteessa, jossa äkillinen voima kohdistuu vaijeriin.

6.7 Sallittu rinnejyrkkyys

Rinnegradientti (x) on

$$x = \frac{F_3}{m \cdot g}$$

jossa F_3 on vinssin valmistajan ilmoittama vetokyky kolmannella vaijerikierroksella, m on porauslaitteen massa ja g on maanvetovoiman aiheuttama putoamiskiihtyvyyden arvo. /1, s.43./

Porauskalustolle sallittu rinnejyrkkyys saadaan rinnegradientin (x) avulla taulukosta 1./1, s.43./

Taulukko 1. Rinnejyrkkyuden määrittäminen.

$x > 0,50$ suurin sallittu rinnejyrkkyys 40°

$x > 0,40$ suurin sallittu rinnejyrkkyys 35°

$x > 0,30$ suurin sallittu rinnejyrkkyys 30°

$x > 0,20$ suurin sallittu rinnejyrkkyys 25°

Tulkinta

Vaijerikerrosten määriä koskevissa turvallisuusmääräyksissä on tulkinnanvaraa, koska turvallisuusmääräyksissä ilmoitetaan, että sallittu rinnejyrkkyys tulee määrittää kolmannen vaijerikerroksen vetovoiman perusteella. Nykyisissä vinsseissä käytettäviä vaijerikerroksia voi olla kuusikin. Kierrosten määrä riippuu tarvittavasta vaijerin pituudesta, rummun halkaisijasta ja leveydestä.

Käytäntö

Aina vaijerikerroksien lisääntyessä vinssin vetovoima pienenee. Joten jos vinssin vetovoima kolmannella kerroksella on 30 kN ja laitteen massa 10 000 kg, tällöin taulukon (1) mukainen sallittu rinnejyrkkyys olisi 30 astetta. Jos käytettävässä vinssissä olisikin kuusi vaijerikerrosta, silloin todellinen pienin vetovoima on kuudennella kerroksella. Tällöin voi olla vaarana, että vinssin vetoteho ei kerroksien lisääntyessä riitäkään.

Kolmannen kerroksen sijaan rinnejyrkkyuden määrittämiseen tulisikin käyttää aina ylimmän vaijerikerroksen vetovoimaa, jolloin vinssin vetoteho on pienimmillään.

7 KAAVAKOKOELMA

Tähän osioon on koottu kaavat, joita tarvitaan vinssin mitoittamiseen. Kaavoissa on huomioitu turvallisuusmääräykset, mutta osaa kaavoista on jouduttu muokkaamaan niin, että niiden avulla voidaan laskea haluttuun rinnejyrkkyyteen turvallisuusmääräyksiensä mukainen vinssi.

Turvallisuusmääräyksiensä jakohalkaisija on helpommin ymmärrettävissä, kun johdetaan kaava tarkoittamaan rummun minimihalkaisijaa, joka saadaan jakohalkaisijasta vähentämällä vaijerinhalkaisija. Yhtälön (1) mukaisesti

jolloin rummun halkaisijan R_d oltava vähintään

$$R_d \geq 15 \cdot d \quad (1)$$

jossa d on vaijerin halkaisija.

Momenttivarren pituus h on

$$h = (K - 0,5) \cdot d + \frac{A}{2} \quad (2)$$

jossa K on kerrosmäärä, d on vaijerin halkaisija ja A on vinssirummun halkaisija.

Vinssirummun reunuksen C oltava

$$C = \left(\frac{A}{2} + K \cdot d\right) \cdot 2 + 6 \cdot d \quad (3)$$

jossa A on rummun halkaisija, K on vaijerikerrokset ja d on vaijerin halkaisija.

Turvallisuusmääräyksissä on annettu kaava sallitun rinnejyrkkyyden määrittämiseen, mutta tätä muokkaamalla voidaan määrittää tarvittava vetovoima halutulle rinnejyrkkyydelle yhtälön (4) mukaisesti.

Taulukosta (1) saadaan halutun rinnejyrkkyyden mukainen gradienttiluku.

Kolmannen kerroksen vetovoiman (F_3) sijasta käytetään yksikköä F_{\min} , jolla tarkoitetaan nyt ylimmän vaijerikerroksen vetovoimaa.

Tarvittava vetovoima F_{\min} haluttuun rinnejyrkkyyteen on

$$F_{\min} = m \cdot g \cdot x \quad (4)$$

Jossa m on laitteen massa, g maan vetovoiman aiheuttama putoamiskiihtyvyys ja x on haluttua rinnejyrkkyyttä vastaava gradienttiluku taulukon 1 mukaisesti.

Vinssiltä vaadittu vääntömomentti M_v on

$$M_v = h \cdot F_{\min} \quad (5)$$

jossa h on momenttivarren pituus ja F_{\min} on pienin vaadittu vetovoima eli vetovoima ylimmällä vaijerikerroksella.

Vetovoima ensimmäisellä vaijerikerroksella on F_1

$$F_1 = \frac{M_v}{\left(\frac{A}{2} + \frac{d}{2}\right)} \quad (6)$$

jossa M_v on vääntömomentti, A on rummun halkaisija ja d on vaijerin halkaisija.

Jarrujen säätökapasiteetti b_F on

$$b_F = 1,2 \cdot F_1 \quad (7)$$
$$b_F = 1,6 \cdot F_1$$

jossa F_1 on ensimmäisen vaijerikerroksen vetovoima./1, s. 44. /

Minimirikkoutumisvaara F_p eli voima, jonka valittavan vaijerin on kestettävä

$$F_p = 3 \cdot F_1 \quad (8)$$

jossa F_1 on vinssin vetovoima ensimmäisellä vaijerikerroksella./1, s. 44./

Rinnejyrkkyyden ja laitteen massan aiheuttama vetovoima F_s on

$$F_s = m \cdot g \cdot \sin(\alpha) \quad (9)$$

jossa m on laitteen massa, g on maanvetovoiman aiheuttama putoamiskiihtyvyyden ja α on haluttu rinnejyrkkyys asteina.

Vaijerin kiinnityksen rummulla on kestävä vähintään voima F_v

$$F_v = \frac{F_s \cdot 70\%}{100} \quad (10)$$

jossa F_s on laitteen massan ja rinnejyrkkyyden aiheuttama vetovoima.

/1, s. 42./

Vaijerimäärän mitoittamisessa on otettava huomioon vinssirummun mitoitukset. Vaijerimäärän pituus saadaan määritettyä yhtälön (11) mukaisesti. Syöttöarvot d , A ja B annetaan metreinä. Kerrosmääränluvulla K ei ole yksikköä.

Vaijerimäärän pituus Z metreinä on

$$Z = \frac{(K \cdot d + A) \cdot K \cdot d \cdot (B - \frac{d}{0,7}) \cdot \pi \cdot 10^6}{(d \cdot 10^3)^2} \quad (11)$$

jossa K on kerrosmäärä, A on rummun halkaisija, B on vaijerirummun sisäleveys ja d on vaijerin halkaisija./6/

Suosittelava vaijerin pituus on Z_s

$$Z_s = 1,25 \cdot L \quad (12)$$

jossa L on tarvittava vaijerimäärä./7/

8 LASKENTAESIMERKKI

Laskentaesimerkissä halutaan varmistaa vinssin avulla 1700 kg painavan henkilöauton liikkuminen 40 asteen rinnejyrkkyydessä. Tarvittavan vaijerin pituus on 60 m.

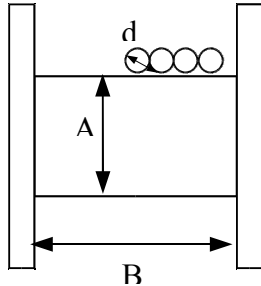
8.1 Tarvittava vetokyky

Käytetään taulukon (1) gradienttilukua, joka vastaa 40 astetta. Yhtälön (4) mukaan tällöin ylimmän kerroksen tarvittavaksi vetovoimaksi saadaan:

$$1700 \text{ kg} \cdot 9,82 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 0,51 = 8,5 \text{ kN}$$

Nyt tiedetään 40 asteen rinnejyrkkyydelle pienin tarvittava vetovoima. Jotta vinssiltä tarvittavat voimat voidaan mitoittaa oikeiksi, tarvitaan vinssin ja vaijerin mittatietoja. Tässä vaiheessa tuleekin valita vetotarkoitukseen sopiva vinssi, joka on mitoiltaan mahdollista sovittaa haluttuun ajoneuvoon. Valitaan vinssirummun halkaisijaksi (A) 120 mm ja rummun sisäleveydeksi (B) 270 mm. Vaijerin halkaisija tulee tällöin määrittää

yhtälön (1) mukaisesti, jolloin saadaan suurimmaksi sallituksi vaijerin halkaisijaksi (d) 8mm kuvan 15 mukaisesti.



Kuva 15 Vaijerimäärän mitoittaminen.

8.2 Vaijerimäärä

Tarvittava vaijerimäärä on 60 m, joten käyttäksemme 80 % sääntöä täytyy tarvittava määrä kertoa 1,25:llä.

Suosittelava kaapelimäärä lasketaan yhtälön (12) mukaisesti

$$1,25 \cdot 60 \text{ m} = 75 \text{ m}$$

Seuraavaksi voidaan laskea tarvittavat kerrokset suositeltavan kaapelimäärän mukaan. Aloitetaan kokeilemalla neljällä kerroksella. Yhtälön (11) mukaan saadaan.

$$\frac{(4 \cdot 0,008 \text{ m} + 0,120 \text{ m}) \cdot 4 \cdot 0,008 \text{ m} \cdot (0,270 \text{ m} - \frac{0,008 \text{ m}}{0,7}) \cdot \pi \cdot 10^6}{(0,008 \text{ m} \cdot 10^3)^2} = 61,7 \text{ m}$$

Neljällä kerroksella suurin vaijerimäärä on 61,7 metriä.

Neljälle kerrokselle suurin mahtuva vaijerimäärä ei vielä riitä tarpeeseen, joka on 75 metriä, kun halutaan noudattaa 80 % sääntöä. Lasketaan sama asia viidellä vaijerikerroksella.

Viidellä kerroksella saadaan 81 metriä eli määrä riittää tarpeeseen. Valitaan laskujen seuraavaan vaiheeseen kerrosmääräksi viisi.

Lasketaan valitulle viidelle kerrokselle tarvittava vinssirummun reunuksen halkaisija yhtälön (3) mukaisesti.

$$\left(\frac{0,120 \text{ m}}{2} + 5 \cdot 0,008 \text{ m}\right) \cdot 2 + 6 \cdot 0,008 \text{ m} = 248 \text{ mm}$$

8.3 Vääntömomentti

Momenttivarren pituus lasketaan ylimmän vaijerin puolesta välistä rummun keskipisteeseen yhtälön (2) mukaisesti:

$$(5 - 0,5) \cdot 0,008 \text{ m} + \frac{0,120 \text{ m}}{2} = 96 \text{ mm}$$

Momenttivarren perusteella voidaan nyt laskea vinssiltä tarvittava vääntömomentti, joka saadaan yhtälön (5) mukaisesti:

$$0,096 \text{ m} \cdot 8,5 \text{ kN} = 816 \text{ Nm}$$

8.4 Voimat

Tiedossa olevan vääntömomentin avulla saadaan laskettua ensimmäisen vaijerikerroksen vetovoima yhtälön (6) mukaisesti:

$$\frac{816 \text{ Nm}}{\left(\frac{0,120 \text{ m}}{2} + \frac{0,008 \text{ m}}{2}\right)} = 12,75 \text{ kN}$$

Jarrujen säätökapasiteetti saadaan yhtälön (7) mukaisesti. Tällöin jarrujen voima tulee säätää välille 15 kN - 21 kN.

Valittavan vaijerin minimikestävyys saadaan yhtälön (8) mukaisesti:

$$3 \cdot 12,75 \text{ kN} = 38,25 \text{ kN}$$

Rinnejyrkkyyden aiheuttama kuormitusvoima saadaan yhtälön (9) mukaisesti:

$$1700 \text{ kg} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot \sin(40) = 10,72 \text{ kN}$$

Vaijerin kiinnityksen kesto rummulla saadaan laskettua yhtälön (10) mukaisesti:

$$\frac{10,73 \text{ kN} \cdot 70 \%}{100} = 7,5 \text{ kN}$$

8.5 Tulosten tarkastelu

Esimerkkitehtävän mukaiseen tapaukseen, jossa ajoneuvon massa oli 1700 kg ja rinnejyrkkyys 40 astetta, on näin saatu mitoitettua tarvittava vinssi turvallisuusmääräykset täyttäväksi. Taulukko (2)

Taulukko 2 Vinssiltä vaaditut asetukset

Vaijerimäärä	75 m
Vaijerin halkaisija	8 mm
Vinssin vääntömomentti	816 Nm
Vinssirummun halkaisija	120 mm
Vinssirummun sisäleveys	270 mm
Vinssirummun reunuksen halkaisija	248 mm
Suurin vetovoima ”1 kerros”	12,8 kN
Pienin vetovoima ”5 kerros”	8,5 kN
Vaijerin minimikestävyys	39 kN
Vaijerin kiinnityksen rummulla kestettävä vähintään	7,5 kN
Jarrukapasiteetti säädettävä välille	15 kN – 21 kN
Rinnejyrkkyuden aiheuttama kuormitusvoima	10,8 kN

9 TAULUKKOLASKENTA

Laskemisen helpottamiseksi voidaan edellisten yhtälöiden ja turvallisuusmääräysten perusteella hyödyntää Excel-taulukkolaskentaohjelmaa. Yhtälöt helpottavat vinssien mitoitusta eri tilanteisiin.

Taulukkolaskennan avulla voidaan myös helposti tarkistaa käytettävissä olevien vinssien nykytilanne turvallisuusmääräyksiensä suhteen (liite 2).

10 YHTEENVETO JA SAAVUTETUT HYÖDYT

Päättötyönä tehdyn työn vaativin osuus on ollut turvallisuusmääräyksiensä tulkinta, koska turvallisuusmääräykset eivät ole aina riittävän yksiselitteisiä. Turvallisuusmääräykset ovat yleensä voimassa pitkiä aikoja. Vaikka laitteiden kehitys tai käyttötarpeet muuttuvatkin, niin yleensä säädökset pysyvät ja tämän takia katsoin parhaaksi tehdä taulukkolaskentapohjaisen ohjelman, jolla turvallisuusmääräyksiensä vaatimukset saadaan täytettyä useiden laitteiden osalta.

Yrityksen kannalta tämä mahdollistaa vinssin valintaa tehtäessä omat tarpeet ja turvallisuusmääräykset täyttävän vinssin valinnan. Vinssi- ja vaijerivalmistajien kilpailuttaminen on helpompaa, kun tiedetään tarkalleen, mitkä ovat tarvittavat vaatimukset. Voidaan määrittää yhtenäisiä vinssiratkaisuja useille käytettävissä oleville laitteille, jolloin saadaan huomattavaa taloudellista säästöä.

LÄHTEET

Painetut lähteet

- 1 EN 791. Drill rigs – Safety. European Standard November 1995.

Sähköiset lähteet

- 2 Haavisto, Ari, suunnittelupäällikkö, Sandvik Mining and Construction. Alustavaa materiaalia. [sähköpostiliite.] 1.2.2007.
- 3 Sandvik Mining and Construction [www-sivu]. [viitattu 1.4.2007]
Saatavissa:
<http://www.sandviktamrock.fi/sandvik/1181/Internet/FI02071.nsf>,
Drill rigs and rock drills, Surface tophammer drill rigs –PDF-
tiedosto.
- 4 ROTZLER GMBH + Co [www-sivu]. [viitattu 20.3.2007]
Saatavissa: <http://www.rotzler.com>, Products / Services.
- 5 Certex Finland Oy [PDF-tiedosto]. [viitattu 1.4.2007] Saatavissa:
http://www.certex.fi/uploads/fi/Teraskoysien_rakenne.pdf
- 6 Certex Finland Oy [PDF-tiedosto]. [viitattu 17.4.2007] Saatavissa:
http://www.certex.fi/uploads/fi/Kaytto_ja_huoltoohjeet_teraskoysille.pdf
- 7 Ingersoll-Rand Co [www-sivu]. [viitattu 20.3.2007] Saatavissa:
http://www.airwinch.com/tools/D_d_ratio.htm

LIITE 1: VAJERIN VALINTATAULUKKO

CERTEX

Teräsköydet

Teräsköysi 6 x 36WS+IWR

Käyttöalueet: Nosturit, nostimet, vintturit

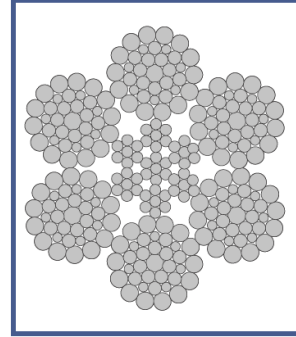
Lankaluku: 265

Punonta: Oikeakätinen ristiinpunonta (ZS) tai
vasenkätinen ristiinpunonta (SZ)

Pintakäsittely: Sinkitty tai kirkas

Täytekerroin: 0,58

Standardi: ISO 2408

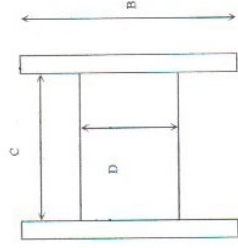


Nimellis- halkaisija Ø	Teräspoikki- pinta A	Vähimmäismurtokuorma		Paino
		1770 N/mm ²	1960 N/mm ²	
mm	mm	kN	kN	kg/100 m
10	45	63	69,8	40,9
12	65,5	90,7	101	60,1
13	76,9	106	118	69,1
14	89,2	124	137	81,8
16	116	161	179	107
18	147	204	226	136
19	165	228	252	151
20	182	252	279	167
22	220	305	338	202
24	262	363	402	241
25	284	394	436	261
26	308	426	472	283
28	357	494	547	328
30	410	568	628	376
32	466	646	715	428
34	527	729	807	483
36	590	817	904	542
38	658	911	1007	604
40	729	1010	1120	669
*) 44	882	1220	1350	810
*) 46	964	1335	1477	885
*) 48	1050	1450	1610	964
*) 52	1232	1710	1890	1131
*) 56	1430	1980	2190	1312
*) 60	1640	2270	2510	1506

*) Toimitusmyyntinä.

LIITE 2: VINSSIN MITOITUS

Haluttu rinnejyrkkyys (25, 30, 35, 40)	40
Koneen massa (kg)	1700
Vaijerin halkaisija (mm)	8
Rummun sisäleveys (C) (mm)	270
Rummun halkaisija (D) (mm)	120
Rummun minimihalkaisijan (D) ollava	120



VINSSIN VALINTAAN MINIMIVAATIMUKSET

HUOM. VARMISTA, ETTÄ SYÖTTÖTIEDOT OVAT OIKEIN.

Vaijerin pituus	Static load	Jarrukapasiteetti	Layer 1	Layer 2	Layer 3	Layer 4	Layer 5	Layer 6	Vaijerin kestävyys ollava vähintään	Vinssillä vaadittu vääntömomentti (B) ollava vähintään	Rummun reunuksen (B) ollava vähintään	Vinssillä vaadittu veto
44 m	10 731 N	12 771 N - 17 028 N	10 642 N	9 578 N	8 514 N				31 927 N	681 Nm	216 mm	79 %
62 m	10 731 N	14 048 N - 18 731 N	11 707 N	10 642 N	9 578 N	8 514 N			35 120 N	749 Nm	232 mm	79 %
82 m	10 731 N	15 325 N - 20 433 N	12 771 N	11 707 N	10 642 N	9 578 N	8 514 N		38 313 N	817 Nm	248 mm	79 %
103 m	10 731 N	16 602 N - 22 136 N	13 835 N	12 771 N	11 707 N	10 642 N	9 578 N	8 514 N	41 505 N	885 Nm	264 mm	79 %