

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
Tuotekehitys

Tutkintotyö

Markus Andelin

MOOTTORIAVUSTEISEN POTKUPYÖRÄN TYÖNTÖVOIMAN TUNNISTUSJÄRJESTELMÄ

Työn ohjaaja:
Työn teettäjä:
Tampere 2005

Linjanjohtaja Harri Laaksonen
TAMK, Koneosasto

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU

Koneosasto

Tuotekehitys

Markus Andelin

Tutkintotyö

Työn ohjaaja

Toukokuu 2005

Hakusanat

Moottoriavusteisen potkupyörän
työntövoiman tunnistusjärjestelmä

36 sivua +5 liitesivua

Linjanjohtaja Harri Laaksonen

Motorisoitu potkupyörä, anturityyppien
kartoitus, jousitettu ohjainkahva.

TIIVISTELMÄ

Suomen väestön sosiaalinen rakenne on muuttumassa suurten ikäluokkien siirtyessä eläkkeelle. Vanhusten prosentuaalinen määrä koko väestöstä kasvaa. Vanhusten heikentyvä liikkumiskyky on ongelma; kulkeminen huonoilla teillä ja lumihangessa on raskasta, ja kaupassa käynnin jälkeen takaisintulomatka on kauppakassien kanssa vielä vaivalloisempi. Vanhuksille ja liikuntarajoitteisille on tarjolla erilaisia apuvälineitä. Yksi apuvälineistä on potkupyörä. Potkupyörä on vahva rakenteeltaan ja siihen voi huoletta nojata, mutta se on myös raskas työnnettävä. Motorisoitu versio potkupyörästä auttaisi monien vanhuksien ja liikkumisrajoitteisten ihmisten arkipäivän askareita.

Potkupyörään ei voida vain lisätä moottoreita, jotka kuljettavat sitä eteenpäin nappia painamalla. Silloin se pitäisi rekisteröidä moottoriajoneuvoksi. Tarkoitus ei ole tehdä kulkuvälinettä, vaan auttaa liikuntarajoitteisia jaksamaan hankalammassakin olosuhteissa. Tampereen ammattikorkeakoululla on motorisoitu Tuplapotku-merkkinen potkupyörä. Potkupyörään on tarkoitus kehittää sellainen käyttöjärjestelmä, joka havaitsee kasvaneen työntövoiman. Kun järjestelmä havaitsee työntövoiman kasvaneen, se antaa signaalin moottoreille, jotka käynnistymällä auttavat potkupyörän käyttäjää etenemään.

Tässä insinöörityössä tutkittiin erilaisia tapoja havaita potkupyörään vaikuttava työntövoima. Työssä käytiin läpi työntövoimaa havaitsevat anturityypit. Lisäksi esiteltiin suurimmat potkupyörävalmistajat ja niiden potkupyörämallit. Viimeiseksi suunniteltiin prototyyppi ohjauskahvasta, jolla työntövoima havaitaan.

TAMPERE POLYTECHNIC
Mechanical and Product Engineering
Product development
Markus Andelin

Sensor system for thrusting force for motored
kick cycle

Engineering Thesis
Thesis Supervisor
May 2005
Keywords

36 pages 5 appendices
Harri Laaksonen, senior lecturer

Motored kick cycle, searching for sensor
types, stringed steering handle.

ABSTRACT

Finland social structure is changing after large age masses are starting to retire from work. Percentage of elder people will become larger. Moving from one place to another starts to be a problem at higher age. Bad roads and snow makes moving hard and carrying bags from store is not helping. There are devices to help people who have difficulties with moving. One of these devices is kick cycle. Kick cycle is sturdy and stable, but also quite heavy to push along. With motored version of kick cycle elder people and physically challenged people could do everyday chores a bit easier.

One can't just add motors to kick cycle and put buttons on handles for starting the motors. It's not what we are trying to do. Our goal is to make moving little easier for physically challenged people. In Tampere Polytechnic there is Tuplapotku named kick cycle with motors installed in it. Purpose of this thesis is to develop a system, which senses force thrusting the kick cycle. After system has sensed thrusting force, it will send information to motor and it will start to help person to move kick cycle.

This thesis searches for different ways to detect the thrusting force. Also it goes through force detecting sensor types. And for more it presents Finnish kick cycle manufacturers and their models of kick cycles. Last of the thesis is designing the prototype of steering handle which will detect the thrusting force.

ALKUSANAT

Ensimmäiseksi haluan osoittaa kiitollisuuteni Tampereen ammattikorkeakoulun konelaboratorion laboratorioinsinöörille Pekka Kaakiselle ja tuotekehitys-suuntautumisvaihtoehdon linjanjohtajalle Harri Laakoselle. Ilman heidän suomaansa mahdollisuutta tehdä insinööriyö Tampereen ammattikorkeakoululle, olisin mahdollisesti edelleen ihmettelemässä mistä insinööriyön tekisin. Molemmat henkilöt ovat olleet erittäin avuliaita, antaen työhön liittyen neuvoja ja vaatimuksia.

Opiskelutovereistani haluan kiittää Jari Paajasta, Antti Pajusta ja Simo Saukkoa. Heidän kanssa tuli tehtyä yksi jos toinenkin harjoitustehtävä ja aina oli joku jolta pyytää neuvoa, jos omat avut eivät riittäneet.

Suuri kiitos kuuluu myös Metallityöliike Juholat Oy:n uuden hallin työntekijöille, joiden avustuksella sain valmistettua konkreettisen prototyypin ohjauskahvasta. A-P Juhola ansaitsee kiitoksen myös erittäin joustavasta työpaikasta, joka on pitänyt talouteni tasaisena viimeisen opiskeluvuoteni ajan.

Projektin aikana vapaa-aika oli välillä vähissä, mutta sain viettää sen sitäkin paremmassa seurassa. Lahjattomat-kilta Final Fantasy XI:ssä oli suuri apu unohtamaan päättötyöstä aiheutuva tuskan, paineen ja stressin. Wotanın poikien saunailtoja olen jättänyt väliin ehkä liiankin monta päättötyöhön vedoten, mutta kiitos niistä joihin olen osallistunut. Ilman peli- ja saunailtoja en olisi kyennyt puoleenkaan siihen työhön mitä olen nyt tehnyt.

Vaikka aikataulut ovat erilaiset opiskelijalla ja pääosin iltatöitä tekevällä, samassa asunnossa on silti hienosti pystytty asumaan. Miika Suokkaalle suuri kiitos sadoista elokuvalipuista ja hyvästä seurasta päivittäin.

Lisäksi kiitos tyttöystävälleni Satu Sauniolle henkisestä tuesta, päättötyön oikolukemisesta ja tiuskimisen kestämisestä.

Erityiskiitos kuuluu Tommi ”Desktop Guru” Koivuniemelle, joka on ollut suurena henkisenä tukena koko opiskeluni ajan.

Tampereella 24. päivänä toukokuuta 2005.

Markus Andelin
Koneosaston opiskelija

SISÄLLYSLUETTELO

TIIVISTELMÄ	
ABSTRACT	
ALKUSANAT	
SISÄLLYSLUETTELO.....	5
1. JOHDANTO	6
2. POTKUPYÖRÄVALMISTAJIEN ESITTELYT.....	7
2.1 Tuplapotku	7
2.2 E.S. Lahtinen Oy Esla	8
2.3 Tähtipyörä	9
2.4 Tunturi.....	10
3. VIRANOMAISTEN VAATIMUKSET VAMMAISTEN APUVÄLINEILLE.....	11
4. ANTURITYYPPIEN KARTOITUS.....	12
4.1 Voima-anturit	13
4.2 Lähestymiskytkimet	14
4.3 Mekaaniset rajakytkimet	16
5. VOIMAN TUNNISTUSLAITTEEN SJOITTAMINEN POTKUPYÖRÄÄN.....	18
5.1 Ohjaustangon niveltäminen.....	18
5.2 Taittoniveleen sijoitettu anturi	19
5.3 Ohjauskahvan jousittaminen	21
6. VOIMANTUNNISTUSLAITTEEN SIJAINTI-IDEOIDEN ARVIOINTI.....	23
6.1 Painoarvotaulukko	23
6.2 Herkkyysanalyysi.....	25
7. VOIMANTUNNISTUSLAITTEEN SUUNNITTELU JA KEHITTELY	26
7.1 Ohjauskahva.....	27
7.2 Kiinnityslevy ohjaustankoon.....	28
8. VOIMANTUNNISTUSLAITTEEN PROTOTYYPPI.....	29
8.1 Prototyyppi.....	29
8.2 Prototyypin testaus.....	31
9. TULOKSET	32
10. YHTEENVETO	33
LÄHTEET	35
LIITTEET	36

1. JOHDANTO

Työn tarkoituksena on tehdä alustavaa tutkimusta ja selvitystä siitä, miten toteuttaa motorisoidun potkupyörän moottorin käynnistävä käyttöliittymä. Tampereen ammattikorkeakoulun koneosaston laboratoriossa on Tuplapotku-merkkinen potkupyörä, johon Pekka Kaakinen on suunnitellut ja rakentanut motorisoinnin. Motorisoinnin voimanlähteenä toimii sähköakku. Moottorina on 24 VDC -kierukkavaihteella varustettu sähkömoottori, joka ketjuvetoisesti moottorin akselin ketjupyörän ja pyörän akselin ketjupyörän kautta pyörittää rengasta. Molempiin renkasiin on oma moottorinsa. Molempiin moottoreihin on nappi, jota painamalla moottori pyörii. Päästettäessä napista irti moottori pysähtyy ja menee vapaalle.

Alkuideana työssä oli etsiä tapa havaita tarve moottorien käynnistymiselle, esimerkiksi silloin kun potkupyörän käyttäjä tulee ylämäkeen ja joutuu työntämään pyörää suuremmalla voimalla. Työtä laajennettaessa otettiin mukaan erilaisten anturityyppien kartoitus, joiden avulla havaitaan lisääntyvä työntämisvoima. Muita osia työssä ovat potkupyörävalmistajien haastattelut sähköpostitse yleisesti potkupyörien myynnistä ja kysely siitä, onko heillä mielenkiintoa moottoriavusteiseen versioon. Lisäksi käydään läpi viranomaisten antamia vaatimuksia vammaisten apuvälineistä.

Pekka Kaakisen kanssa ideoituja moottorin käynnistämistarvemekanismeja käydään läpi ratkaisuosiossa. Viimeisenä esitellään prototyyppiasteelle viety jousitettu kahvaratkaisu. Prototyypisuunnittelun apuna on käytetty tuotekehityksen työkaluja. Työkaluina on käytetty painoarvotaulukkoa, herkkyysanalyysiä sekä prototyypin esiasteen rakentamista.

2. POTKUPYÖRÄVALMISTAJIEN ESITTELYT

Suuria potkupyörävalmistajia Suomessa on neljä. Osa näistä yrityksistä tunnetaan pyörien ja potkukelkkojen valmistajina. Kolmea valmistajaa haastateltiin lyhyesti puhelimesta. Puhelun aikana sovittiin, että tarkat kysymykset lähetetään sähköpostissa. Kysely sisälsi kymmenkunta potkupyörään liittyvää kysymystä. Kyselyn tarkoituksena oli saada tietoja yritysten potkupyöräistä. Tietojen avulla potkupyörävalmistajia voitiin vertailla. Kysymykset toimitettiin kahdelle eri henkilölle kuhunkin yritykseen. Tuotekehityksestä tietävät ja markkinointiasioista tietävät henkilöt saivat hieman sisällöltään erilaiset kysymykset. Kysymykset eri tahoille ovat nähtävissä liitteessä numero 3.

Yritysten edustajat osoittivat kiinnostusta aiheeseen. He lupautuivat mielellään vastaamaan sähköpostilla lähetettäviin kysymyksiin. Vastaukset kysymyksiin saatiin oletettua nopeammin. Jo muutaman päivän aikana suurin osa oli lähettänyt vastauksensa. Itse vastausten tarkkuus ei tästä huolimatta ollut sitä luokkaa, että niistä olisi ollut merkittävästi hyötyä projektissa.

2.1 Tuplapotku

Porin laitepiste Oy on perustettu vuonna 1984. Yritys aloitti toiminnan teollisuuden kunnossapidon parissa. Tämän lisäksi yritys valmisti erilaisia työkaluja ja jigejä lähialueen teollisuuden tarpeisiin. Kehitys vei kohti sarjatuotantoa 1980-luvun lopulla. Vähitellen yritys alkoi kehittää ja valmistaa omia tuotteitaan.

Yritys on vuodesta 1992 lähtien valmistanut Tuplapotku-nimistä potkupyörää. Tuplapotku-potkupyörä näkyy kuvassa 1. Porin laitepiste Oy on keskittynyt potkupyöriin muita esiteltäviä yrityksiä enemmän. Yrityksen

muita tuotteita ovat potkupyörä lyhyemmällä astinlaudoilla, potkulauta ja potkupyöriä paljon kevytrakenteisempi kävelypyörä /2/.



Kuva 1 Porin Laitepiste Oy:n Tuplapotku potkupyörä.

2.2 E.S. Lahtinen Oy Esla

E.S. Lahtinen Oy on perustettu vuonna 1928. Alkuperäinen yritysidea oli myydä moottori- ja polkupyöriä sekä korjata erilaisia koneita. Näiden töiden kautta voitiin alkaa rakentaa erilaisia koneita. Potkukelkkojen sarjavalmistus aloitettiin vuonna 1933 - 14 vuotta ennen kuin kylään saatiin sähköt. Potkupyörän idea on melko todennäköisesti lähtöisin E.S. Lahtinen Oy:stä. Ensimmäinen pyörällisen potkukelkanprototyyppi on jo vuodelta 1980. Tämän prototyypin jälkeen yrityksen tuotteiden pääpaino vaihtui erilaisiin pyörällisiin liikuntavälineisiin.

Potkupyöriä on valmistettu vuodesta 1991 lähtien, kuvassa 2 on Eslan malli. Vuoteen 2004 mennessä niitä on valmistettu yhteensä 42 000 kappaletta. Tästä saadaan keskiarvoksi 2 800 kappaletta vuodessa. Potkupyörien valmistus työllistää viisi henkilöä. Esla valmistaa potkupyörän lisäksi kevyempää potkupyörämallia, joka kulkee nimellä Citypotkuri. Tämän lisäksi yritys valmistaa perinteistä potkukelkkoja, potkulautoja, kävelypyöriä sekä Kickspark-nimistä teräsrunkoista potkukelkkaa, joka on tarkoitettu etupäässä kilpapelkkailijoille ja kuntoilijoille. /3/



Kuva 2 E.S. Lahtisen Eslan potkupyörä.

2.3 Tähtipyörä

Tähtipyörä ei varmasti ole tunnistetuin esitellyistä merkeistä, Tähtipyörä valmistaa suurimmaksi osaksi normaaleja polkupyöriä. Rautakauppa Osakeyhtiö Teräs aloitti polkupyörien valmistuksen Vaasassa yli yhdeksänkymmentä vuotta sitten. Pienestä ullakolla alkaneesta toiminnasta on yritys laajentunut nykyaikaiseksi suomalaiseksi polkupyörätehtaaksi. Tuotteen nimi on välillä vaihtunut Pohjanpyörä-nimiseksi, mutta vuodesta 1987 asti on käytetty nimeä Tähtipyörä. /4/

Tähtipyörä ei itse valmista potkupyöriään, vaan ne ostetaan valmiina Porin laitepiste Oy:ltä. Tähtipyörä vain käyttää eri maalivärejä ja tietenkin omia logotarroja. Tähtipyörä Oy:lle potkupyörä on lähinnä valikoiman monipuolisuuslisäys, eikä heillä ollut mielenkiintoa motorisoitua potkupyörää kohtaan.



Kuva 3 Tähtipyörän potkupyörä.

2.4 Tunturi

Tunturi on suomen suurin polkupyörävalmistaja. Tunturin historia ylettyy 1920-luvulle jolloin Holmbergin veljekset aloittivat kunnostaa ja kasata Englantilaisia High Land polkupyöriä. Myöhemmin vuonna 1925 Tunturi-tuotemerkki rekisteröitiin. Nykyään Tunturi on keskittänyt toimintansa yhteen toimipaikkaan Turkuun. Tunturin rakennuttama polkupyörä- ja kuntovälinetehdas on toimialansa uusin maailmassa. /5/

Tunturin valmistaman Eureka-potkupyörän valmistus lopetettiin vuonna 2004 ja viimeiset kappaleet koottiin vuoden 2005 alussa. Eureka-potkupyörää ei ole siirretty muualle tuotantoon, vaan sen valmistus on lopetettu kannattamattomuuden takia. Tunturilla ei ole koskaan ollut suunnitelmia motorisoida potkupyörää. Kuvassa 4 näkyy Tunturin versio potkupyörästä.



Kuva 4 Tunturin Eureka-potkupyörä.

3. VIRANOMAISTEN VAATIMUKSET VAMMAISTEN APUVÄLINEILLE

Standardissa SFS-EN 12182 määritellään yleiset vaatimukset ja testausmenetelmät sellaisille vammaisten apuvälineille, jotka valmistaja on tarkoittanut terveydenhuollon laitteeksi. Vammaisten apuvälineeksi määritellään laite, joka on tarkoitettu ehkäisemään, hoitamaan, lieventämään tai kompensoimaan vammaa, vauriota, toiminnanvajavuutta tai haittaa.

Standardissa on annettu yleiset vaatimukset vammaisten apuvälineille:
”Apuvälineen tulee olla tarpeeksi luja ja kestävä, jotta se kestäisi siihen suunnitellussa käytössä kohdistuvan kuormituksen. Tämä tulee osoittaa toteen viittaamalla soveltuvalla tavalla tarkoituksenmukaiseen kliiniseen ja tieteelliseen kirjallisuuteen, lujuus- ja/tai kestävyyslaskelmiin, sopiviin standardeihin ja testaustuloksiin.” /1/

”Suunniteltu suorituskyky ja, mikäli tarpeellista, apuvälineelle ominainen lujuus, kestävyys ja stabiilitetti tulee kuvata teknisessä dokumentaatiossa, josta selviävät apuvälineen toiminnalliset ominaisuudet, käyttömahdollisuudet ja -ehdot.” /1/

”Teknisen dokumentaation tulee sisältää, mikäli tarpeellista, tarkoituksenmukaiset viittaukset asiaankuuluvaan kliiniseen ja tieteelliseen kirjallisuuteen, lujuus- ja/tai kestävyyslaskelmiin, asiaankuuluviin standardeihin ja testaustuloksiin.” /1/

”Mikäli on tarkoitettu, että apuväline voidaan purkaa säilytystä tai kuljetusta varten, uudelleen kokoamista ei tule voida suorittaa siten, että siitä aiheutuu vaaraa. Mikäli on tarkoitettu, että apuväline voidaan purkaa säilytystä tai kuljetusta varten, kiinnittimet, jotka mahdollistavat purkamisen, eivät saa olla kertakäyttöisiä. HUOM. Kertakäyttöisiin kiinnittimiin kuuluvat puuruuvit ja itsekierteittävät ruuvit.” /1/

”Käyttäjän painorajoitukset ei velvoittavia vaatimuksia. Tämän standardin tulevat versiot saattavat sisältää velvoittavia vaatimuksia.” /1/

Standardissa käydään läpi myös monia muita apuvälineitä koskevia säännöksiä, mutta ne eivät koske tätä projektia.

4. ANTURITYYPPIEN KARTOITUS

Tarkoituksena on havaita lisääntyvä työntövoima potkupyörää työnnettäessä. Jotta voima voidaan havaita, tarvitaan jonkinlainen laite tai mekanismi työntövoimaa tulkitsemaan ja viestittämään saatu tieto eteenpäin. Tähän tarkoitukseen anturi käy parhaiten. Anturilla tarkoitetaan laitetta, joka muuntaa mitattavan prosessisuureen siihen verrannolliseksi sähköiseksi tai pneumaattiseksi viestiksi.

Tulkitsevan anturin malli ja toimintaperiaate riippuvat useista asioista, jotka kaikki pitää ottaa huomioon valittaessa sopivaa anturia. Vaatimuksia ovat anturin hinta, anturin sijoittamisen kautta tulevat tilarajoitukset sekä se, millaista tietoa anturilla tutkitaan. Täytyy selvittää anturin antaman tiedon tarkkuusvaatimus ja se käytetäänkö digitaalista vai analogista anturityyppiä. Lisäksi pitää tietää, millaiseen laitteeseen anturi on kytketty ja millaisissa

olosuhteissa anturi on, esimerkiksi onko sijoituspaikassa vettä tai muuta nestettä.

Valittaessa sopivaa anturia potkupyörään on syytä tehdä kartoitusta erityyppisistä antureista, jotta löydetään tähän tarkoitukseen paras. Kappaleissa 3.1 – 3.3 käydään läpi eri mekanismeilla toimivia anturityyppejä sekä pohditaan niiden mahdollista hyödyntämistä projektissa.

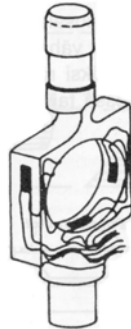
4.1 Voima-anturit

Koska on tarkoitus tutkia työntövoiman muutosta, on voima-anturien esittely on kohdallaan. Voima-antureita on erilaisia riippuen siitä, millaista voimaa niillä pyritään mittaamaan. Suurimmassa osassa voima-antureista tiedon välittäjänä toimivat venymäliuskat, joiden toiminta perustuu elastisen muodonmuutoksen aiheuttamaan resistanssin muutokseen. Lisäksi on olemassa pietsosähköistä kidettä hyödyntävä voima-anturi. Pietsosähköistä kidettä puristettaessa syntyy voimaan verrannollinen varaus, joka voidaan muuttaa vastaavaksi jännitteeksi varausvahvistimella.

Voima-antureilla voidaan mitata puristus-, veto-, taivutus- ja leikkausvoimia. Voima-antureilla voidaan mitata myös vääntömomenttia. Lisäksi on yhdistelmäantureita, joilla mitataan sekä voimaa että momenttia samaan aikaan. Momenttia mittaavat anturit jätetään pois käsittelystä. Ne ovat projektin tarkoitukseen liian monimutkaisia ja kalliita, eikä niitä siksi harkita. Taivutus- ja leikkausvoimia mittaavia voima-antureita ei käsitellä. Ne eivät sovi yhteen alustavien ideoiden kanssa, joilla voiman tunnistaminen toteutetaan.

Puristus- ja vetovoimia mittaavat anturit ovat sauva- tai rengastyypisiä antureita. Rengastyypisessä anturissa voi olla esimerkiksi neliönmuotoinen osa, jonka keskellä on pyöreä reikä. Neliön molemmissa päissä on

metallitanko. Tangoista anturi kiinnitetään kohteeseen, joko puristusta tai vetämistä varten. Neliöosaan on liimattu venymäliuskat reiän sisäreunalle sekä neliöosan ulkoreunalle. Näillä tulkitaan muutokset veto- tai puristusvoimassa. /6/ Anturi tyyppiä havainnollistava kuva on numero 5.



Kuva 5 Voima-anturin perusidea.

Sauvatyyppisessä anturissa on sauva, johon on liimattu neljä venymäliuskaa. Kaksi liuskaa mittaa sauvan pituuden muutosta ja kaksi mittaa sauvan ympärysmittan muutoksia. Sekä sauva- että rengasantureissa on erikokoisia malleja, jotka voivat olla joko suojattuja tai suojaamattomia. Näillä voima-antureilla pystytään mittaamaan viidestä Newtonista viiteentuhanteen kiloNewtoniin asti. Epätarkkuudeksi annetaan haarukka 0,01 %:sta yhteen prosenttiin maksimivoimasta. /6/

Voima-antureista molempien malliset ratkaisut käyvät potkupyörän työntövoiman havaitsemiseen. Anturi pitää sijoittaa sellaiseen paikkaan, jossa on suurin veto- tai puristusvoima. Voima-antureilla työntövoimasta saadaan tarkkaa tietoa. Tätä voidaan käyttää hyväksi esimerkiksi siten, että kun työntövoima ylittää tietyn pisteen, alkaa moottori pyöriä hitaasti. Kun työntövoima jälleen kasvaa toisen ennalta määrätyn pisteen yli, syötettäisiin moottoriin lisää tehoa. Näin saadaan moottorin auttamisen lähdöstä sulavampi ja tarvittaessa lisävoimaakin olisi tarjolla.

4.2 Lähestymiskytkimet

Lähestymiskytkimet ovat yksi mahdollinen tapa havaita työntövoiman kasvaminen. Tämä onnistuu, mikäli löydetään sellainen paikka, jossa

tapahuu selvää etäisyyden muuttumista. Lähestymiskytkimellä tarkoitetaan anturia, joka havaitsee kappaleen tulemisen tietylle etäisyydelle. Sen havaittuaan anturi joko aukaisee tai sulkee virtapiirin. Tässä tapauksessa kappaleen tuleminen tietylle etäisyydelle viestittäisi moottorille käynnistymiskäskyn. Lähestymiskytkintä voi käyttää myös toisinpäin. Tämä on mahdollista siinä tapauksessa, että kappaleiden välinen rako laajenee kasvaneen työntövoiman johdosta. Tällöin lähestymisanturi asetetaan siten, että se huomaa kappaleen kadonneen ja antaa moottorille käskyn käynnistystä.

Lähestymiskytkimiä on useita erilaisia. Ne eroavat toisistaan siinä, millaista materiaalia niillä voi havaita ja millä tarkkuuksilla. Kytkintyyppinä ovat induktiivinen kytkin, kapasitiivinen kytkin, magneettinen kytkin, optinen kytkin, ultraäänikytkin, mikroaaltokytkin, gammasäteilykytkin ja pneumaattinen kytkin. Kytkimet ovat yleensä sylinterin tai suorakaiteen muotoisia. Sylinterin muotoisissa kytkimissä on usein metrinen ISO-hienokierre, joka helpottaa sen asentamista. Kytkimissä ei ole liikkuvia osia, ja ne koostuvat elektronisista komponenteista. Näillä ominaisuuksilla päästään korkeaan käyttöikänsä. Seuraavaksi käydään läpi projektiin parhaiten sopivia kytkintyyppinä. /6/

Induktiivisella lähestymiskytkimellä voidaan tunnistaa vain metalleja, sen tuntoetäisyydet vaihtelevat 0,5 millimetristä jopa 150 millimetriin asti. Kun havaittava metalli lähestyy induktiivisen lähestymiskytkimen päätä, kytkimen tuntopään magneettikenttä vaimenee. Kentän vaimenemisesta seuraa kelan virran pieneneminen, ja elektroniikka rekisteröi virtamuutoksen on/off-tiedoksi. Mitä suurempi tuntopinta on, sitä suuremmaksi tuntoetäisyys saadaan. Induktiiviset lähestymiskytkimet ovat yleisin lähestymiskytkin. Se on halpa sekä yksinkertainen sijoitettava. /6/ Koska potkupyörä on pääasiassa metallirakenteinen, olisi induktiivinen lähestymiskytkin hyvä vaihtoehto tunnistavaksi anturiksi. Kuvassa 6 on esillä Telemecanique-merkkinen induktiivinen lähestymiskytkin.



Kuva 6 Telemechaniquen induktiivisia lähestymiskytkimiä.

Kapasiivinen lähestymiskytkin reagoi melkein mihin tahansa materiaaliin. Sen tuntoetäisyyden on asetettavissa toisin kuin induktiivisessa kytkimessä. Kytkimen on/off-toimintaperiaate on muuten samanlainen kuin induktiivisissa lähestymiskytkimissä, mutta se havaitsee kappaleen eritavalla. Lähestymiskytkin kehittää ympärilleen sähkökentän, joka reagoi materiaaleihin niiden lähestyessä kytkintä. Tuntopää ja anturin runko muodostavat kondensaattorin, jossa ilma toimii eristeenä. Lähestyvät esineet muuttavat kondensaattorin kapasitanssia, ja anturin sisällä olevan oskillaattorin taajuus muuttuu. Tämän kytkin tulkitsee on- tai off-komennoksi. Kapasiivisen lähestymiskytkimen vahvuus on se, että sillä voidaan tunnistella esineitä aineen lävitse. /6/

4.3 Mekaaniset rajakytkimet

Läpikäytävistä antureista yksinkertaisin malli on mekaaninen rajakytkin. Sitä pidetään myös edullisena vaihtoehtona. Jotta rajakytkintä voidaan hyödyntää, tarvitsee löytää sellainen kohta, jossa osa liikkuu tarpeeksi kytkeäkseen rajakytkimen päälle. Toinen vaihtoehto on luoda sellaiset olosuhteet muutoksien kautta. Rajakytkimeen aiheutettu lineaarinen tai pyörivä mekaaninen liike aiheuttaa kytkimen varsinaisessa kytkinelementissä kosketintoiminnan. Kosketintoiminta voi olla sulkua-, avaus- tai vaihtokosketintoiminta. Kun koskettimet vaihtavat asentoa, lähettää anturi tiedon ohjaavalle järjestelmälle. Potkupyörässä tämä aiheuttaisi moottorin käynnistymisen, minkä seurauksena pyörät alkaisivat pyöriä.

Mekaaniset rajakytkimet voidaan jakaa kahteen tyyppiin: mikrokytkimiin ja koteloituihin kytkimiin. Mikrokytkimille on ominaista keveys, pieni koko, hyvä toimintatarkkuus ja pitkä käyttöikä. Rajoittavana tekijänä voidaan nähdä se, että mikrokytkin on asetettava suojaan koneen sisälle. Koteloidut kytkimet suojaavat kytkinelementtiä erilaisilta haitoilta, kuten pölyltä, roiskevedeltä, veteen upottamiselta ja räjähdyksiltä. Lisäksi kotelointi helpottaa asennusta ja sähköisen liitännän tiivistämistä.

Mekaaniset rajakytkimet eivät ole kestävimpiä antureita. Niitä harkittaessa on otettava huomioon useita rajoittavia seikkoja, kuten värinä, lämpötila, ympäristön epäpuhtaudet ja käyttöikä. Esimerkiksi normaalit kytkimet kestävät 80°C, mutta erikoiskytkimet pystyvät toimimaan jopa 200°C. Mekaanisille kytkimille luvataan yleensä muutama miljoona kytkentäkertaa. Tämä seikka on syytä ottaa huomioon harkittaessa mekaanista kytkintä. Jos esimerkiksi kytkintä käytetään tuhansia kertoja päivässä, tulee kytkentäkerroista rajoittava tekijä. Kuvassa 7 on näkyvillä muutamia Honeywell merkin rajakytkimiä. /6/



Kuva 7 Honeywellin mekaanisia rajakytkimiä.

Koska potkupyörässä ei kytkentäkertoja tule usein eikä sitä käytetä vuorokauden ympäri, rajakytkimen kytkentäkertojen määrä ei ole rajoittava tekijä. Rajakytkin on varteen otettavin anturivaihtoehto, jolla havaita kasvava työntövoima. Tavanomaiseen potkupyörään se on kuitenkin vaikea sijoittaa, koska potkupyörässä ei ole sopivaa liikkuvaa osaa. Tähän ongelmaan pyritään löytämään ratkaisu kappaleessa 4.

5. VOIMAN TUNNISTUSLAITTEEN SISOITTAMINEN POTKUPYÖRÄÄN

Tunnistuslaitteen paikaksi oli tarkoitus löytää kohta, josta saataisiin mahdollisimman hyvin tunnistettua lisääntyvä työntövoima esimerkiksi ylämäkeä noustaessa. Potkupyörän osiin ei kuitenkaan olisi hyvä tehdä suurempia muutoksia, sillä kaikki entiset ominaisuudet on pystyttävä säilyttämään. Esimerkiksi kantokyvyn olisi pysyttävänä yhtä suurena kuin ennen muutosta. Potkupyörä on pystyttävä taittamaan pienempään tilaan kuljetusta varten. Ohjaustangon korkeuden säätömahdollisuuden ja rungon ylöspäin kapenevan tukevuutta lisäävän rakenteen on säilyttävä. Liian suuret muutokset alkuperäiseen tuotteeseen tuovat lisäkustannuksia ja vaikeuttavat muutostyötä.

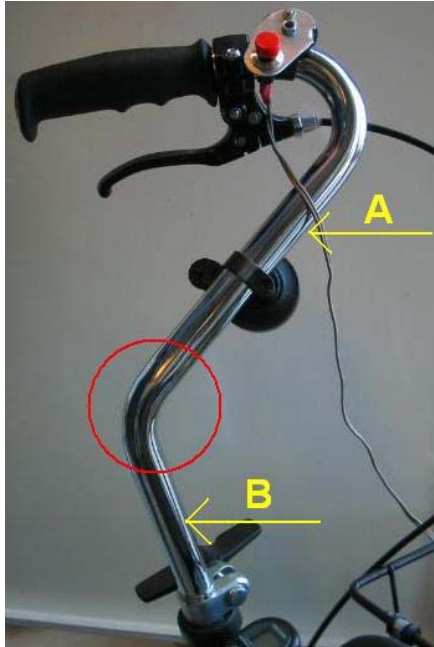
5.1 Ohjaustangon niveltäminen

Lisääntyvä työntövoima voidaan havaita niveltämällä ohjaustanko siten, että käytetään hyväksi sähköpolkupyörissä käytettyä mekanismia.

Sähköavusteisissa polkupyörissä käytetään hyväksi mekanismia, joka havainnoi polkemisvoimaa ketjujen kireydestä. Mitä kovemalla voimalla henkilö joutuu poljinta polkemaan, sitä kovemman vedon kohteeksi ketjut joutuvat ja täten kiristyvät.

Kahva nivellettäisiin kuvassa 8 ympyröidystä kohdasta, ja samassa kuvassa olevat pisteet A ja B yhdistettäisiin ketjulla toisiinsa. Nivel tulisi jousittaa siten, että potkupyörää työnnettäessä suuremmalla voimalla ylämäessä kahva työntyisi eteenpäin, ja piste A painuisi alaspäin löysentäen ketjua. Nivelessä oleva jousi pitää kahvan jäykkänä työnnettäessä potkupyörää tasaisella maalla. Kun potkupyörää vedetään taaksepäin, ei nivel jousta, vaan sen toiseen suuntaan kulkeva liike olisi estetty. Pisteeseen A tai B sijoitettaisiin mekaaninen rajakytkin, joka olisi kiinni A- ja B-pisteen välisessä ketjussa. Ketjun löysentyessä työntövoiman kasvun johdosta rajakytkin tunnistaa sen ja viestittää moottorille käynnistämiskäskyn. Pyörät

alkavat tämän seurauksena pyöriä. Myös voima-anturia voitaisiin käyttää jousen aiheuttaman vedon tuntemiseen ja sen katoamiseen.



Kuva 8 Kahvan niveltämisen havainnollistamiskuva.

5.2 Taittoniveleen sijoitettu anturi

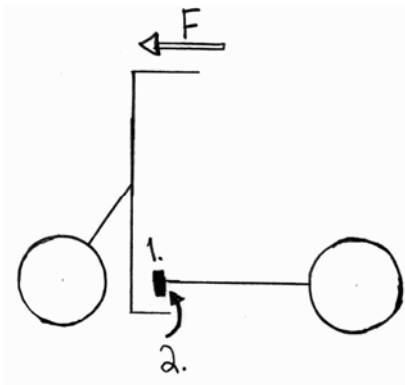
Potkupyörässä on taittonivel, joka näkyy kuvassa 9. Taittoniveleen avulla potkupyörä voidaan taittaa kokoon. Näin se saadaan mahtumaan kuljetusten ajaksi pienempään tilaan. Taittonivelessä potkupyörän jalasosat yhdistyvät potkupyörän ohjaus- ja etuosaan.



Kuva 9 Potkupyörän taittonivel.

Taittonivel voidaan lukita kiertämällä pulttia. Jalaksien päät tukeutuvat etupään runkoa vasten estäen liikkumisen. Idea taittoniveleen sijoitetusta työntövoimaa tutkivasta anturista oli hyvin luonnollinen jatke kappaleessa 4.1 esitellylle kahvan niveltämiselle - onhan tässä kohdassa nivellys jo valmiina. Kun potkupyörää työnnetään eteenpäin niin, että eturenkaat ovat seinää vastaan, nousevat takapyörät ilmaan. Kun avataan hieman taittoniveleen lukitsevaa pulttia, saadaan siihen liikkumavara. Kun pultti avataan kokonaan, nähdään tarkemmin nivelkohdan rakenne. Rungossa ruuvien reiän vieressä oleva kohouma on tehty ottamaan putkiin paremmin kontaktia ja täten tukevoittamaan niveltä.

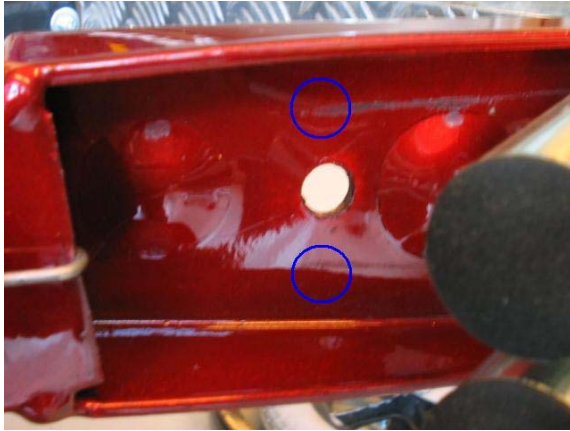
Taittonivelratkaisussa pulttia avataan hieman, jotta jalasten ja rungon välille syntyy liikkumatilaa. Nivel jousitettaisiin siten, että jousi ottaisi voimaa vastaan jalasosan pyrkessä takaisin kiinni runkoon. Tämä liike tapahtuu, kun työntövoimaa lisätään esimerkiksi ylämäkeen tultaessa. Pelkistetty kaavio kuva ideasta on nähtävissä kuvassa 10. Kuvassa F on työntövoima, 1 on anturin sijaintipaikka, 2 on kohta missä osat liikkuvat kohti toisiaan.



Kuva 10 Nivelratkaisun periaatekuva.

Kiristuspultin sivuille on tarkoitus tehdä reiät antureita varten. /8/ Paikat on merkitty kuvaan 11 ympyröityihin kohtiin. Näihin kohtiin voidaan sijoittaa voima-anturi, lähestymiskytkin tai mekaaninen rajakytkin. Anturi havaitsisi runkoon päin kohdistuvan liikkeen ja antaisi moottorille käskyn lähteä

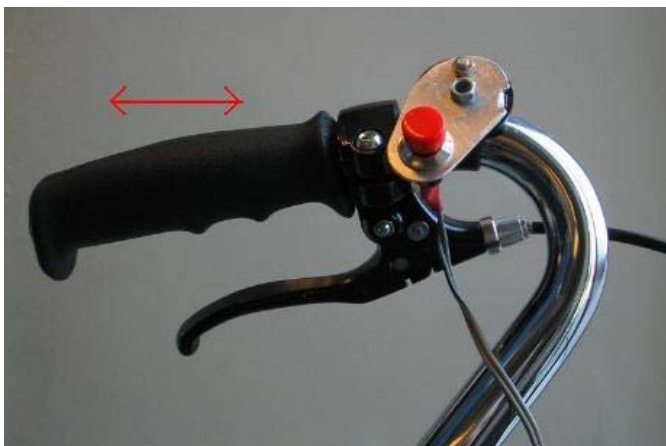
käyntiin. Tässä ratkaisussa mahdollisuudet erilaisten anturimallien testaamiseen ovat hyvät.



Kuva 11 Anturien mahdolliset paikat taittonivelratkaisussa.

5.3 Ohjaukahan jousittaminen

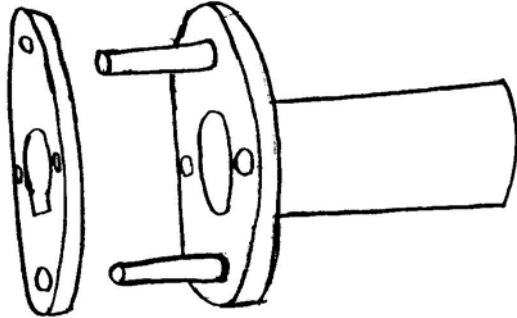
Koska työntövoima kohdistuu ohjaukahan, tuntuu se hyvältä kohdalta sijoittaa työntövoimaa tutkiva anturi. Kahvassa ei kuitenkaan ole valmiina mitään edellytyksiä anturin sijoittamiselle. Jotta voitaisiin havaita kahvaan kohdistuva työntövoima, on kahva ensin saatava liikkumaan. Kahvan tulee liikkua työntövoiman suuntaisesti, kuten kuva 12 esittää.



Kuva 12 Alkuperäinen potkupyörän kahva.

Pelkkä liike ei hyödytä voiman havaitsemisessa, vaan sitä pitää kontrolloida esimerkiksi työntövoimaa vastaanottavalla jousella. Jotta kahva saadaan liikkumaan ja jousitettua, joudutaan alkuperäinen kahva hylkäämään. Se on aivan liian tiukka sovite ohjaustangon putkeen, jotta sitä voitaisiin liikuttaa.

Kahva pitää siis suunnitella uudestaan. Silloin siihen voidaan lisätä kaikki ne ominaisuudet, joiden avulla työntövoimaa voidaan tarkkailla. Kahvan pitää mahtua liikkumaan ohjaustangon putken päällä, ja siihen pitää sijoittaa jousi. Uuden kahvan perusideallinen prototyyppi on esitetty kuvassa 13.



Kuva 13 Prototyypin hahmotelma.

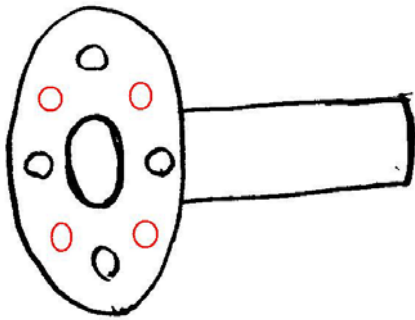
Harkittavia jousen sijoituspaikkoja on kolme. Ensimmäinen vaihtoehto on sijoittaa jousi ohjaustangon sisälle. Ohjaustanko on tukittava tiettyä kohtaa, kuten esimerkiksi kohdasta joka on merkitty punaisella kuvaan 14. Tällöin jousi on tulpan ja kahvan peräseinien välissä.



Kuva 14 Ohjaustangon tukkimiskohta.

Toinen ratkaisu on sijoittaa jousi ohjaustangon ja kahvan väliin. Tällöin putkien välyksen pitää olla tarpeeksi tilava, jotta jousi sinne mahtuu. Jousi on tällöin kahvapatken peräseinän ja esimerkiksi jarrukahvan kiinnikkeen välissä. Kolmas ratkaisu on tehdä kahvan reunassa olevaan lieriöön tappi. Jousi asennetaan siihen, ja se ottaa kiinni lieriön vastakappaleeseen.

Kahvaratkaisussa voidaan käyttää kaikkia esiteltyjä anturimalleja: lähestymiskytkintä, voima-anturia sekä mekaanista rajakytkintä. Niiden sijoituspaikka on kahvan lieriössä, punaisella merkityt kohdat kuvassa 15. Anturi havaitsee kahvan vastakappaleen lieriön liikkumisen omalla tavallaan.



Kuva 15 Prototyypiin hahmotellut antureiden paikat.

6. VOIMANTUNNISTUSLAITTEEN SIJAINTI-IDEOIDEN ARVIOINTI

6.1 Painoarvotaulukko

Ensin tulee tehdä ideoille karkea arvostelu. Tämän perusteella karsitaan pois heikoimmat ja selkeästi ei-toimivat ideat. Karkeaa arvostelua ei nyt suoriteta, koska ideavaihtoehtoja esitellään vain kolme. Siirrytään suoraan seuraavaan vaiheeseen eli painoarvotaulukkoon. Painoarvotaulukon vertailtavat ominaisuudet ovat osittain sellaisia, jotka käyvät ilmi karkeassa arvostelussa. Nyt pyritään yhdistämään nämä kaksi vaihetta.

Painoarvotaulukolla pyritään arvostelemaan voimantunnistuslaitteen eri sijaintivaihtoehtojen paremmuusjärjestystä. Vertailtaville arvostelukriteereille annetaan painoarvokerroin. Painoarvokerroin on sitä isompi, mitä tärkeämpänä arvostelukriteeriä pidetään laitteen toimivuuden ja laitteelle asetettujen vaatimuksien kannalta. /7/ Arvostelukriteerit arvostellaan painoarvotaulukon ominaisuussarakkeeseen lyhyin sanoin ja pisteet-sarakkeeseen numeroin nollasta viiteen. Nolla tarkoittaa, että ominaisuutta ei ole lainkaan; viisi pistettä tarkoittaa ominaisuuden

täydellistä toteutusta. Pisteet kerrotaan painoarvolla, josta saadaan painotetut pisteet. Painotetut pisteet lasketaan yhteen kustakin ratkaisusta. Suurimman pistemäärän painotuksen jälkeen saanut ratkaisu ei välttämättä ole paras. Painoarvotaulukko antaa kuitenkin suuntaa ratkaisujen valintaan. Painoarvotaulukko voimantunnistuslaitteen eri sijaintikohdista on esitetty taulukossa 1.

Taulukko 1 Painoarvotaulukko.

Arvostelukriteeri	painoarvo	Ratkaisu 1			Ratkaisu 2			Ratkaisu 3		
		ominaisuus	pisteet	painotetut pisteet	ominaisuus	pisteet	painotetut pisteet	ominaisuus	pisteet	painotetut pisteet
muutostöiden määrä	0,15	keskiv.	2	0,3	helppo	3	0,45	suuri	1	0,15
kokoon taitettavuuden säilyminen	0,15	ei täysin	1	0,15	ei täysin	1	0,15	säilyy	4	0,6
voima-anturin käyttö	0,05	on	2	0,1	on	4	0,2	on	3	0,15
lähestymiskytkimen käyttö	0,1	ei	0	0	on	4	0,4	on	4	0,4
rajakytkimen käyttö	0,15	on	4	0,6	on	4	0,6	on	4	0,6
vaikutus kantokykyyn	0,1	ei	4	0,4	on	0	0	ei	4	0,4
ohjaustangon korkeuden säätö	0,1	ei säilyy	0	0	säilyy	4	0,4	säilyy	3	0,3
elinikä	0,1	keskiv.	2	0,2	lyhyt	1	0,1	keskiv.	2	0,2
toteutuksen helppous	0,1	keskiv.	2	0,2	helppo	3	0,3	vaikea	1	0,1
Yhteensä	1,0		17	1,95		24	2,6		26	2,9

Ratkaisu 1 = Ohjaustangon niveltäminen

Ratkaisu 2 = Taittoniveleen sijoitettu anturi

Ratkaisu 3 = Ohjauskahvan jousittaminen

Painoarvotaulukosta saadun tuloksen mukaan ohjaustangon niveltäminen eli ratkaisu 1 saa huomattavasti vähemmän pisteitä kuin kaksi muuta vaihtoehtoa. Ohjaustangon niveltämisvaihtoehto olisi todennäköisesti hylätty jo karkean arvostelun aikana. Ohjaustangon niveltämisratkaisussa ei pystytä säilyttämään haluttuja ominaisuuksia. Mikäli ohjaustanko nivelletään, menetetään kahvojen korkeudensäätömahdollisuus. Ohjaustanko ei ole enää niin vakaa kuin ennen nivellystä.

Ratkaisut 2 ja 3 eli taittoniveleen sijoitettu anturi ja ohjauskahvan jousittamisvaihtoehto saivat lähes saman pistemäärän. Taittoniveleen sijoitetun anturin suurimmat vahvuudet ovat sen helppo toteutus ja pieni muutostöiden määrä. Ratkaisun 2 ongelmat ovat kuitenkin sen vahvuuksia suuremmat. Yksi tällainen ongelma on sen lyhyt käyttöikä. Mikäli taittoniveltä avataan, joutuu itse nivel suunniteltua kovemmalle rasitukselle. Jalaksien osa ei enää tue avattua niveltä suunnitellulla tavalla runkoon.

Ohjauskahvan jousittamisen heikko kohta on sen suuri työmäärä. Kaikki, mitä siinä käytetään, joudutaan rakentamaan alusta. Varsinaisia potkupyörän omia ominaisuuksia ei pystytä hyödyntämään. Kuitenkaan ohjauskahvan jousittamisideassa ei ole mitään raskauttavaa ongelmaa, joka estäisi sen toimimisen. Potkupyörän tärkeät ominaisuudet säilyisivät käytettäessä tätä vaihtoehtoa. Näiden tietojen ja painoarvotaulukon perusteella valitaan jatkokehitykseen ohjauskahvan jousittamisvaihtoehto.

6.2 Herkkyysanalyysi

Herkkyysanalyysissä kaikki painoarvokertoimet muutetaan ykköseksi, ja täten painoarvojen merkitys kumotaan. Tarkoitus on tutkia, vaikuttivatko painoarvot ratkaisujen pistejärjestykseen. Eri painotuksilla voi olla suuria eroja vaihtoehtoratkaisujen pisteissä. Tutkimisen kannalta on hyvä tehdä herkkyysanalyysi, jotta nähdään, kuinka suuri merkitys painotuksella on. Herkkyysanalyysi voimantunnistuslaitteen eri sijaintikohdista on esitetty taulukossa 2.

Taulukko 2 Herkkyysanalyysi.

Arvostelukriteeri	paino- arvo	Ratkaisu 1			Ratkaisu 2			Ratkaisu 3		
		ominai- suus	pisteet	painote- tut pisteet	ominai- suus	pisteet	painote- tut pisteet	ominai- suus	pisteet	painote- tut pisteet
muutostöiden määrä	1	keskiv.	2	2	helppo	3	3	suuri	1	1
kokoon taitettavuuden säilyminen	1	ei täysin	1	1	ei täysin	1	1	säilyy	4	4
voima-anturin käyttö	1	on	2	2	on	4	4	on	3	3
lähestymiskytkimen käyttö	1	ei	0	0	on	4	4	on	4	4
rajakytkimen käyttö	1	on	4	4	on	4	4	on	4	4
vaikutus kantokykyyn	1	ei	4	4	on	0	0	ei	4	4
ohjaustangon korkeuden säätö	1	ei säily	0	0	säilyy	4	4	säilyy	3	3
elinikä	1	keskiv.	2	2	lyhyt	1	1	keskiv.	2	2
toteutuksen helppous	1	keskiv.	2	2	helppo	3	3	vaikea	1	1
Yhteensä	9		17	17		24	24		26	26

Ratkaisu 1 = Ohjaustangon niveltäminen
Ratkaisu 2 = Taittoniveleen sijoitettu anturi
Ratkaisu 3 = Ohjaukshavan jousittaminen

Herkkyysanalyysissä ratkaisujen pistejärjestys ei muutu verrattuna painoarvotaulukkoon. Painotuksella ei siis ole suurta merkitystä.

7. VOIMANTUNNISTUSLAITTEEN SUUNNITTELU JA KEHITTELY

Painoarvotaulukossa ja herkkyysanalyysissä suurimmat pisteet saanut ohjaukshavan jousittamisratkaisu otettiin tarkempaan tarkasteluun. Ideana ratkaisu tuntuu toimivalta, mutta onko se mahdollista toteuttaa ja mitä kaikkea tulee ottaa huomioon? Näihin kysymyksiin on suunnittelun ja kehittelyn avulla tarkoitus vastata.

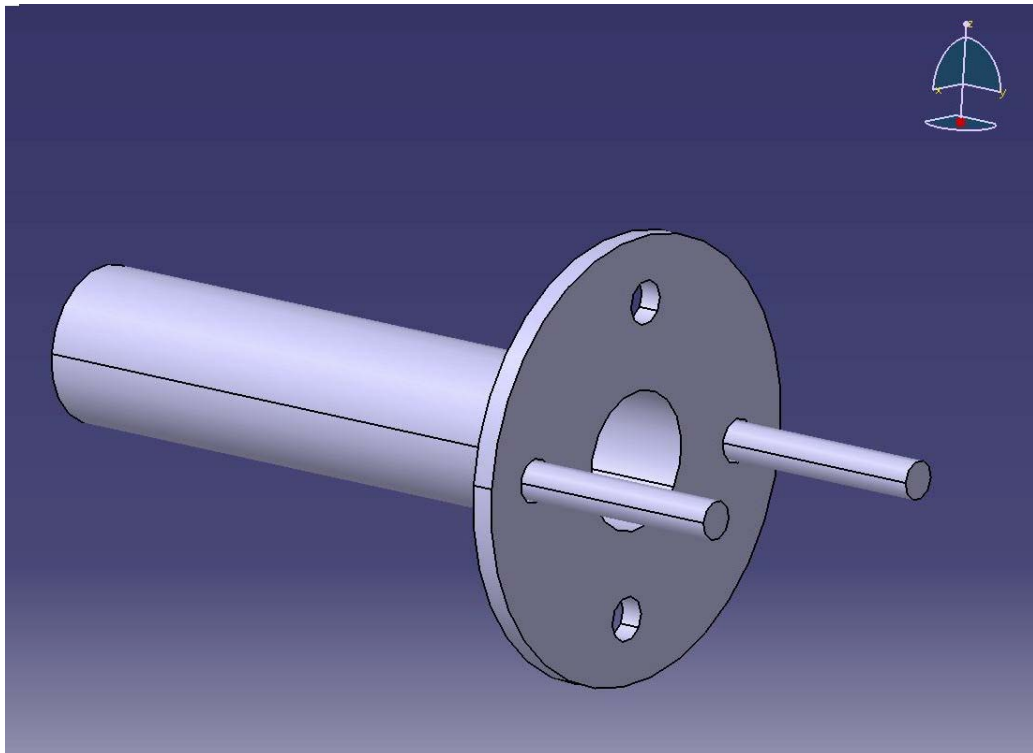
Ohjaukshavan jousitus ottaa vastaan työntövoiman menemällä kasaan. Tietyn jousivakion omaava jousi painuu kasaan riittävän matkan, jotta anturi huomaa työntövoiman lisääntyneen. Ohjaukshavaan täytyy kohdistua tietyn suuruinen voima, jotta jousi painuu kasaan. Potkupyörän ollessa tyhjänä ja kuljettaessa tasaisella jousi ei painu kasaan. Työntövoima

lisääntyy tultaessa ylämäkeen, ja jousi painuu kasaan. Koriin laitettu kuorma lisää työntövoiman tarvetta. Kun kuljetaan muualla kuin asfaltilla, pyörien vastus lisääntyy ja potkupyörää pitää työntää suuremmalla voimalla. Täten esimerkiksi soralla tai lumessa kulkeminen aiheuttaa jousen kasaanpainumisen.

Jousen sijoituspaikkaa mietittäessä on pyrittävä siihen, että jousi ottaa hyvin työntövoimaa vastaan. Jousi on myös hyvä pitää suojattuna, ettei mitään ylimääräistä voi jäädä jousen väliin sen mennessä kasaan. Esimerkiksi käden iho tai käsine voi käden lipsahtaessa joutua puristuksiin. Myöskään mitään muuta ylimääräistä ei saa päästä jousen väliin, tai sen toimintaan voi tulla häiriötä.

7.1 Ohjauskahva

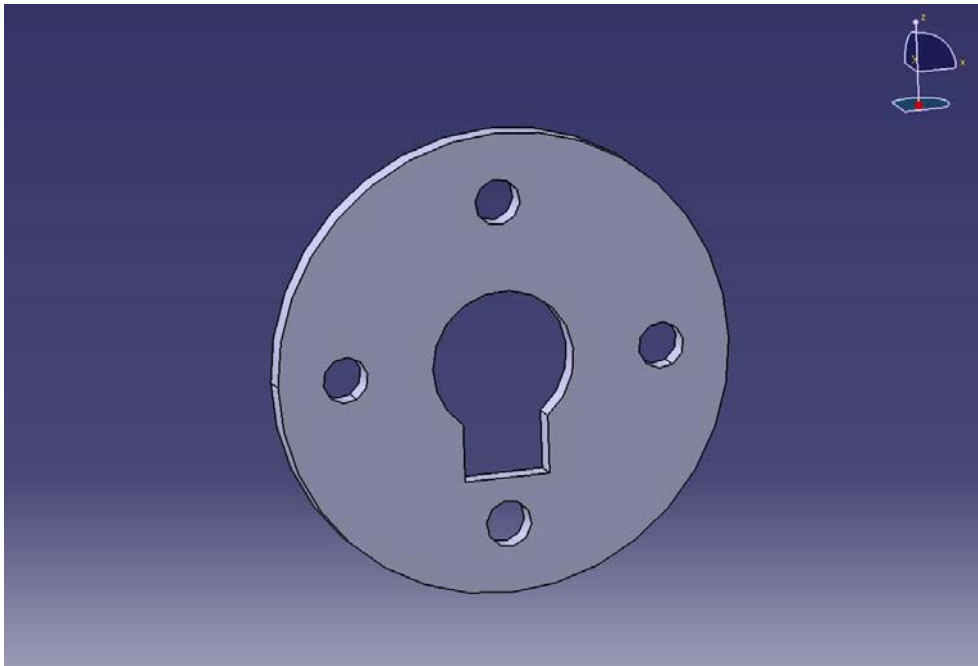
Ohjauskahva on putkea, jonka sisähalkaisija on suurempi kuin potkupyörän ohjaustangon halkaisija. Kahvan putkeen hitsataan ympyränmuotoinen levy, jossa on keskellä ohjaustangon mentävä reikä. Levyosaan on hitsattu kaksi tankoa. Tankoihin pujotetaan työntövoimaa vastaanottavat jouset. Jouset jäävät ohjauskahvan levyn ja kiinnityslevyn väliin. Tangot toimivat myös ohjureina, kun ne menevät läpi kiinnityslevystä. Levyosassa on myös kaksi reikää kiinnityspulteille. Niillä kahvaosa lukitaan kiinnityslevyyn. Kiinnityksen johdosta potkupyörää voidaan myös vetää taaksepäin ohjauskahvasta ilman kahvan irtoamista. Kuvassa 16 on Catia CAD-ohjelmalla piirretty 3D-malli ohjauskahvasta.



Kuva 16 3D-malli ohjauskahvasta.

7.2 Kiinnityslevy ohjaustankoon

Ohjaustankoon kiinnitettävän kiinnityslevyn keskellä on reikä ohjaustangolle. Reiässä on kolo putkisiteen upotusta varten. Kun putkiside upotetaan levyn sisään, saadaan se asetettua suoraan. Putkiside hitsataan kiinnityslevyyn kiinni. Kiinnityslevy laitetaan ohjaustankoon, ja putkisiteellä levy lukitaan kiinni. Levyssä on myös kaksi reikää kahvaosan jousitapeille sekä kaksi reikää kiinnityspulteille. Kuvassa 17 on Catia CAD-ohjelmalla piirretty 3D-malli kiinnityslevystä. Putkisidettä ei ole hahmoteltu kuvaan, koska se on valmis komponentti.



Kuva 17 3D-malli kiinnityslevystä.

8. VOIMANTUNNISTUSLAITTEEN PROTOTYYPPI

Prototyypin määritelmä on esimerkiksi seuraavanlainen: ”Tuotteen malli, jonka perusteella tuotteen ominaisuuksia voidaan tutkia.” /7/ Prototyypillä voidaan jäljitellä vain yhtä tai useampaa tuotteen ominaisuutta.

Voimantunnistuslaitteesta tehtiin fyysinen prototyyppi, joka tuntuu ja näyttää tulevalta tuotteelta. /7/ Prototyypin ei kuitenkaan ole tarkoitus olla valmis tuote, vaan se on tarkoitettu testaamiseen ja tutkimiseen. Kun käytetään prototyyppiä, täytyy pitää mielessä se, ettei se ole valmis tuote. Sen ei ole tarkoituskaan kestää kaikkea sitä, mitä valmiilta tuotteelta odotetaan.

8.1 Prototyyppi

Prototyyppi työntövoimaa tulkitsevasta ohjainkavasta on rakennettu allekirjoittaneen toimesta Metallityöliike Juholat Oy:ssä. Materiaaleina on käytetty 28mm*1.5mm ohutseinäputkea, 4mm levyä, Ø 7mm tankoa. Kaikki ovat S355 terästä. Tarkat mittakuvat löytyvät liitteestä 2. Valittu

ohutseinäputki on isompi kuin mitä on tarpeellista. Kun potkupyörän ohjaustanko on halkaisijaltaan 22 millimetriä, jää siihen välys. Liitteessä 1 on nähtävissä Rautaruukki Oy:n ohutseinäputkien valikoimat. Niistä huomataan, että tiukempaa ohutseinäputkea ei löydy heidän valikoimista. Antureita ei prototyypiin hankittu.

Ohutseinäputkeen liitetään päätylevy ja jousitappien kiinnityslevy puoli v-railohitsauksella. Jousitappit hitsataan tulppahitsauksella kahvan kiinnityslevyyn. Kiinnityslevyyn hitsataan pienahitsillä putkiside siten, että se on suorassa kiinnityslevyä vasten. Kappaleiden tarkat hitsausmerkinnät löytyvät liitteestä 2. Putkisiteen pitää olla suorassa, ettei se vääntäisi kiinnityslevyä vinoon asentoon ohjaustankoon nähden. Valmis ja koottu prototyyppi on nähtävissä kuvassa 18.



Kuva 18 Asennusta vaille valmis prototyyppi.

Jotta saatiin käsitys prototyypiksi suunnitellun ratkaisun hinnasta, pyydettiin Metallityöliike Juholat Oy:n tarjouksien tekijältä Mika Kortesmaalta kustannusarviota. Kappaleet sähkösinkittäisiin, koska tuotteen sijoituspaikka tulee olemaan ulkona. Sähkösinkitys estää ennen aikaisia korroosioaurioita. Tuotteen hinta muuttuu halutun kappalemäärän. Taulukossa 3 on esitetty hinnat eri määrille. Suurilla määrillä tarkoitetaan

jatkuvaa useamman vuoden tilausta. Vuositarve on tuhat kappaletta. Mikäli tilataan vain yksi kappale on sen hinta erittäin kallis. Tämä johtuu siitä, että valmistus laskutetaan tuntihinnalla.

Taulukko 3 Prototyypin valmistuskustannukset. Hinnoissa 0 % ALV.

Kappalemäärä	€/kpl	
1000	4,7	€
200	5,8	€
1	250	€

Kun tilataan suuria määriä, kannattaa valmistaa työkaluja joilla pystytään tekemään useampia työvaiheita kerralla. Jos tilaaja ottaa kaikki tuhat kappaletta kerralla, päästään halvimpaan hintaan. Kun tilaus jaetaan kahdensadan kappaleen osiin, hinta nousee hieman: joka kerta, kun tuotetta aletaan valmistaa uudestaan, on tehtävä aikaa vieviä järjestelyjä kappaleiden valmistusta varten. /9/

8.2 Prototyypin testaus

Prototyypin valmistamisen tarkoituksena on päästä testaamaan, miten suunniteltu laite toteuttaa sille suunnitellun tehtävän. Jousitettua ohjauskahvaa testattiin Tampereen ammattikorkeakoulun koneosaston laboratoriotiloissa. Kahva asennettiin ohjaustankoon kuvassa 19 näkyvällä tavalla. Testauksen aikana koitettiin muutamia eri jousivakiolla olevia jousia.



Kuva 19 Prototyyppi asennettuna.

Testauksen perusteella huomattiin, että jousen pitää olla herkkä painumaan kasaan. Jousi, jonka helposti pystyy kahdella sormella painamaan kasaan, ei kuitenkaan painunut kokonaan kasaan työnnettäessä potkupyörää tasaisella eteenpäin. Ylämäki testausta matkittiin laboratoriossa olevalla rampilla. Testausolosuhteet näkyvät kuvassa 20. Kun potkupyörää työnnettiin ylös ramppia, jousi painui kasaan. Mikäli kahvassa olisi ollut anturi, olisi se saanut tiedon kahvan liikkeestä.



Kuva 20 Prototyypin testaus.

9. TULOKSET

Työn tarkoituksena oli kehittää järjestelmä, jolla motorisoidun potkupyörän moottorit käynnistyisivät tarpeesta. Tarve moottorien käynnistymiseen on silloin, kun työntövoimaa joudutaan lisäämään. Työntövoimaa tutkiva jousitettu ohjauskahva on suunnittelutyön tulos. Ohjauskahvan tekniset piirustukset löytyvät liitteestä 2. Kahva on hyvin raskarakenteinen, koska prototyypistä haluttiin tukeva ja kestävä. Eri komponenteille pyrittiin jättämään tarpeeksi tilaa, jotta voitiin testata erikokoisia ratkaisuja. Prototyypin testauksen jälkeen huomattiin, ettei kahva joudu suurelle rasitteelle, joten materiaalien vahvuuksia voidaan pienentää. Ohjauskahvan

mahdollinen kehitysversio pystytään tekemään huomattavasti pienemmäksi, kun tiedetään, minkä kokoisia komponentteja käytetään. Myös muita materiaaliveikkoja kuin terästä voidaan harkita. Esimerkiksi muovista rakennettu kahva on huomattavasti kevyempi ja korroosiokestävyys on hyvä.

Valmistettua prototyyppiä testattiin laboratoriossa, ja sen todettiin toteuttavan sille tarkoitetun tehtävän. Jouset painuvat kasaan työnnettäessä potkupyörää ylämäkeen. Kahvaratkaisu kuitenkin vaatii kehitystä moottorissa. Tällä hetkellä moottorin käynnistyessä potkupyörä lähtee liikkumaan heti maksiminopeutta, n. 5 km/h. Tämä nopeus tekee aivan liian suuren nykäisyn verrattuna potkupyörän normaaliin ylämäessä työnnettävään nopeuteen. Kun ohjaukskahvan jousi painuu kasaan ja moottori lähtee käyntiin, nykäisee se potkupyörän niin suureen nopeuteen, että kasaan painunut jousi aukeaa. Silloin anturi ei enää havaitse työntövoimaa ja moottori pysähtyy. Kun jälleen työnnetään potkupyörää, sama asia tapahtuu eli matka etenee nykien. Tämä ei ole miellyttävää. Moottorin nopeutta pitäisi säätää siten, että nopeus, jolla se kuljettaa potkupyörää, on hieman normaalia kävelyvauhtia hitaampi. Moottorin käynnistymiseen olisi myös hyvä tehdä jonkinlainen asteittainen kiihdytys, jotta lähtö olisi sulavampi. Näillä muutoksilla potkupyörää pystytään työntämään koko ylämäen matkan saaden apua moottorilta.

10. YHTEENVETO

Suuria potkupyörävalmistajia Suomessa on neljä. Osa näistä yrityksistä tunnetaan pyörien ja potkukelkkojen valmistajina. Kysely sisälsi kymmenkunta potkupyörään liittyvää kysymystä.

Standardissa SFS-EN 12182 määritellään yleiset vaatimukset ja testausmenetelmät sellaisille vammaisten apuvälineille, jotka valmistaja on tarkoittanut terveydenhuollon laitteeksi

Tarkoituksena on havaita lisääntyvä työntövoima potkupyörää työnnettäessä. Jotta voima voidaan havaita, tarvitaan jonkinlainen laite tai mekanismi työntövoimaa. Tähän tarkoitukseen anturi käy parhaiten.

Tunnistuslaitteen paikaksi oli tarkoitus löytää kohta, josta saataisiin mahdollisimman hyvin tunnistettua lisääntyvä työntövoima esimerkiksi ylämäkeä noustaessa. Potkupyörän osiin ei kuitenkaan olisi hyvä tehdä suurempia muutoksia, sillä kaikki entiset ominaisuudet on pystyttävä säilyttämään.

Painoarvotaulukolla pyritään arvostelemaan voimantunnistuslaitteen eri sijaintivaihtoehtojen paremmuusjärjestystä. Vertailtaville arvostelukriteereille annetaan painoarvokerroin. Painoarvokerroin on sitä isompi, mitä tärkeämpänä arvostelukriteeriä pidetään laitteen toimivuuden ja laitteelle asetettujen vaatimuksien kannalta. /7/ Painoarvotaulukossa ja herkkyyksianalyyseissä suurimmat pisteet saanut ohjauskahvan jousittamisratkaisu otettiin tarkempaan tarkasteluun.

Prototyypin määritelmä on esimerkiksi seuraavanlainen: ”Tuotteen malli, jonka perusteella tuotteen ominaisuuksia voidaan tutkia.” /7/ Prototyypillä voidaan jäljitellä vain yhtä tai useampaa tuotteen ominaisuutta.

Työn tarkoituksena oli kehittää järjestelmä, jolla motorisoidun potkupyörän moottorit käynnistyisivät tarpeesta. Tarve moottorien käynnistymiseen on silloin, kun työntövoimaa joudutaan lisäämään. Työntövoimaa tutkiva jousitettu ohjauskahva on suunnittelutyön tulos. Ohjauskahvan tekniset piirustukset löytyvät liitteestä 2.

LÄHTEET

Painetut ja luettavissa olevat lähteet.

- 1 Standardi SFS-EN 12182 Vammaisten apuvälineet. Yleiset vaatimukset ja testaus menetelmät. Hyödynnetty Suomen standardoimisliitto SFS Oy:n CD:ltä Vammaisten apuvälineet. 2.versio 2003
- 2 <http://www.tuplapotku.fi/INDEX.HTM> (15.5.2005)
- 3 <http://www.esla.fi/> (15.5.2005)
- 4 <http://www.tahtipyora.fi/index.htm> (15.5.2005)
- 5 <http://www.tunturi.fi/> (15.5.2005)
- 6 Fonselius, Pekkola, Selosmaa, Ström, Välimaa: Koneautomaatio: Automaatiolaitteet. Edita 1996.
- 7 Laaksonen Harri, Tuotekehitysoppi luentomoniste, TAMK 2002.

Painamattomat lähteet

- 8 Kaakinen, Pekka, laboratorioinsinööri. Useita haastatteluja ja pohdintoja työtä koskien. Tampereen ammattikorkeakoulun konelaboratorio, Tampere 2005.
- 9 Korttesmaa, Mika, kustannusarvio prototyyppi kappaleen tuotannosta Metallityöliike Juholat Oy:ssä.

LIITTEET

- 1 Rautaruukki Oy:n tuoteluettelosta pyöreät ohutseinäiset teräsputket
- 2 Prototyypin tekniset piirustukset
- 3 Kyselyt potkupyörä valmistajille

OHUTSEINÄPUTKET

Precision tubes



PYÖREÄT

$M =$ Paino

$A_u =$ Ulkopuolinen pinta-ala

Laskentatiheys = 7,85 kg/dm³

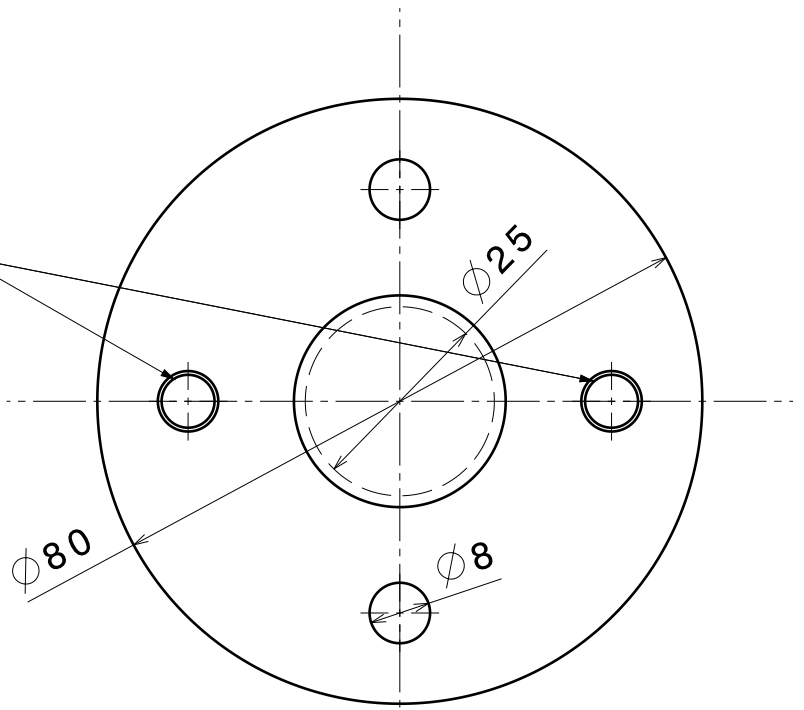
Poikkileikkausarvot on laskettu käyttäen
nimellismittoja D ja T

TERÄKSET

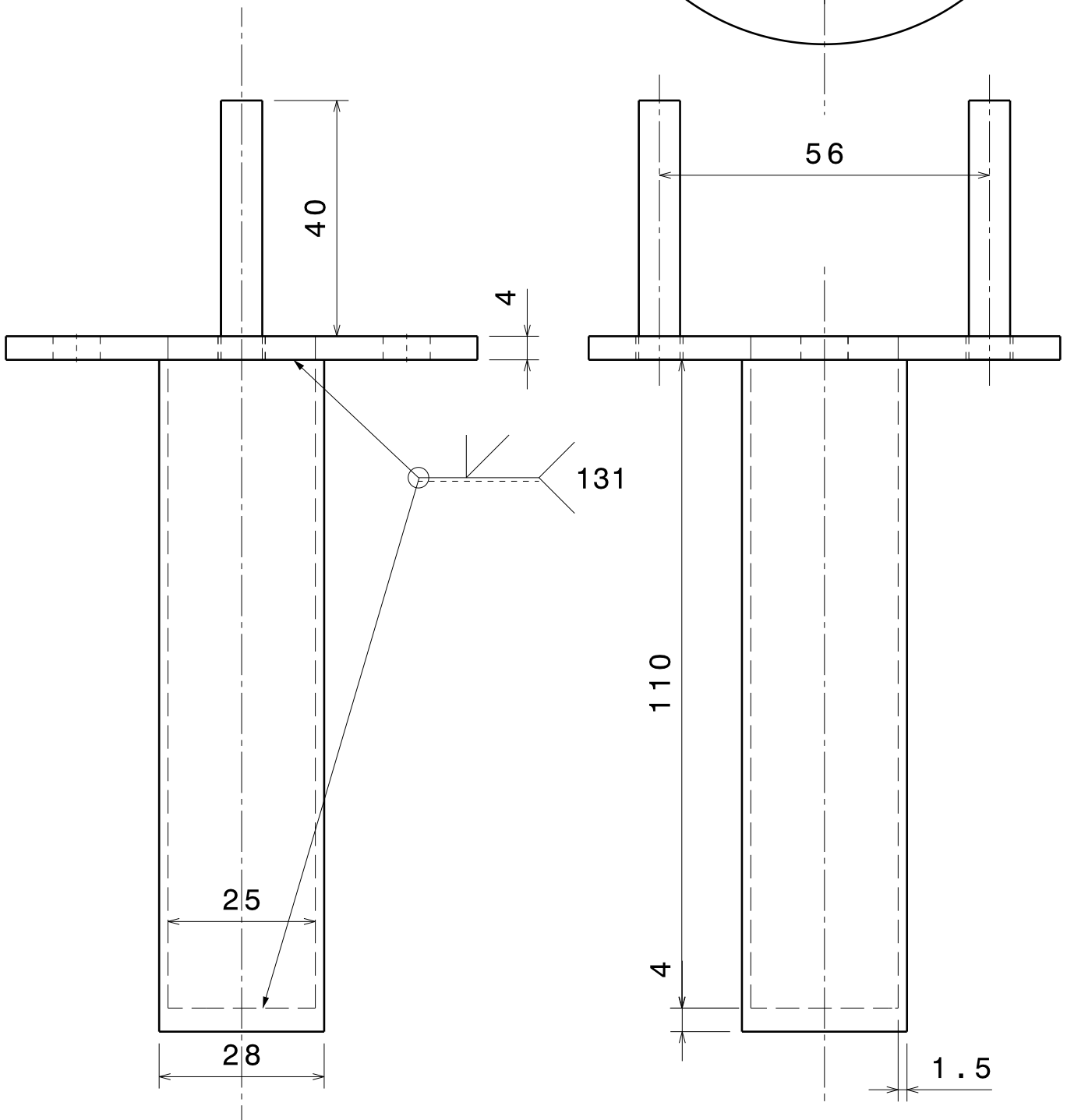
D	T	FORM 300 C	M	A _u	D	T	FORM 300 C	M	A _u
mm	mm	Varasto- mitta	kg/m	m ² /m	mm	mm	Varasto- mitta	kg/m	m ² /m
			0,173	0,025	40	1,5	•	1,424	0,126
10	1	•	0,222	0,031	40	2	•	1,874	0,126
12	1	•	0,271	0,038	41,5	1,5	•	1,480	0,130
13	1	•	0,296	0,041	44,5	1,5	•	1,591	0,140
13	1,25	•	0,362	0,041	44,5	2	•	2,096	0,140
13	1,5	•	0,425	0,041	50,8	1,5	•	1,824	0,160
16	1	•	0,370	0,050	50,8	2	•	2,407	0,160
16	1,25	•	0,455	0,050	57	1,5	•	2,053	0,179
16	1,5	•	0,536	0,050	60	1,5	•	2,164	0,188
16	2	•	0,691	0,050	60	2	•	2,861	0,188
19	1	•	0,444	0,060	63,5	2	•	3,033	0,199
19	1,25	•	0,547	0,060	70	2	•	3,350	0,219
19	1,5	•	0,647	0,060	76,1	2	•	3,655	0,239
19	2	•	0,838	0,060	88,9	2	•	4,286	0,279
20	1,5	•	0,684	0,063	101,6	2	•	4,913	0,319
20	2	•	0,888	0,063	101,6	2,5	•	6,110	0,319
22	1,25	•	0,640	0,069	108	2	•	5,228	0,339
22	1,5	•	0,758	0,069	114,3	2	•	5,539	0,359
22	2	•	0,986	0,069	114,3	2,5	•	6,893	0,359
25	1,25	•	0,732	0,079	120	2	•	5,820	0,377
25	1,5	•	0,869	0,079	127	2	•	6,165	0,399
25	2	•	1,134	0,079					
28	1,25	•	0,825	0,088					
28	1,5	•	0,980	0,088					
28	2	•	1,282	0,088					
30	1,5	•	1,054	0,094	38	1,5	•	1,350	0,119
30	2	•	1,381	0,094	60	2	•	2,861	0,188
30	2	•	1,381	0,094	76,1	1,5	•	2,760	0,239
32	1,25	•	0,948	0,101	101,6	1,5	•	3,703	0,319
32	1,5	•	1,128	0,101	108	1,5	•	3,940	0,339
32	2	•	1,480	0,101	108	2	•	5,230	0,339
35	1,5	•	1,239	0,110	127	1,25	•	3,880	0,399
35	2	•	1,628	0,110	127	1,5	•	4,643	0,399
38	1,5	•	1,350	0,119	152,4	2,5	•	9,240	0,399
38	2	•	1,776	0,119					

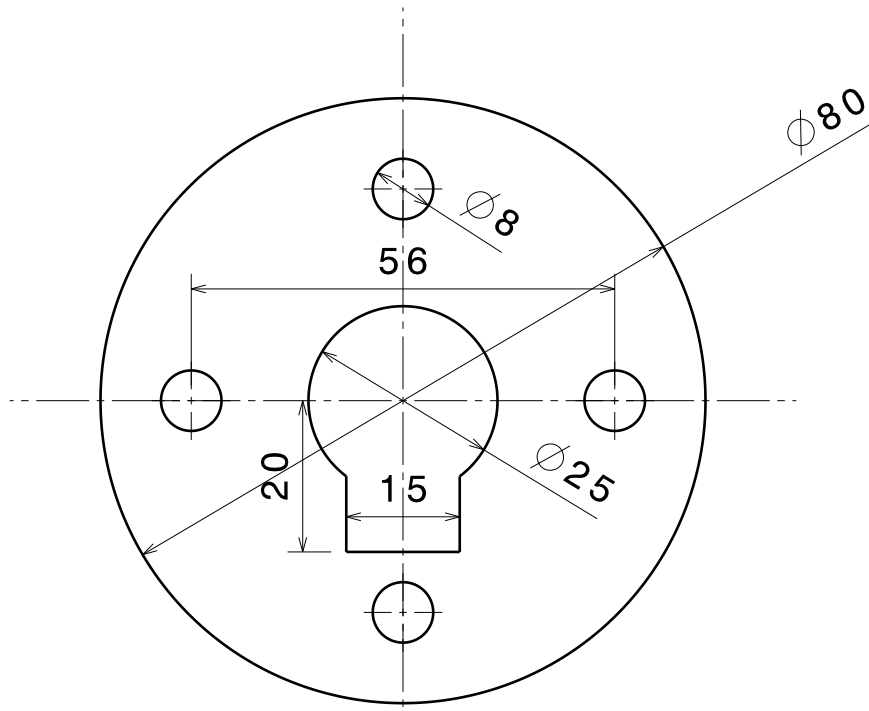
Sinkityt pyöreät

131

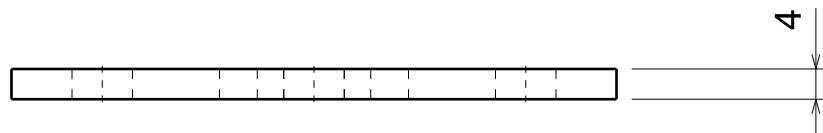


Mittakaava 1:1

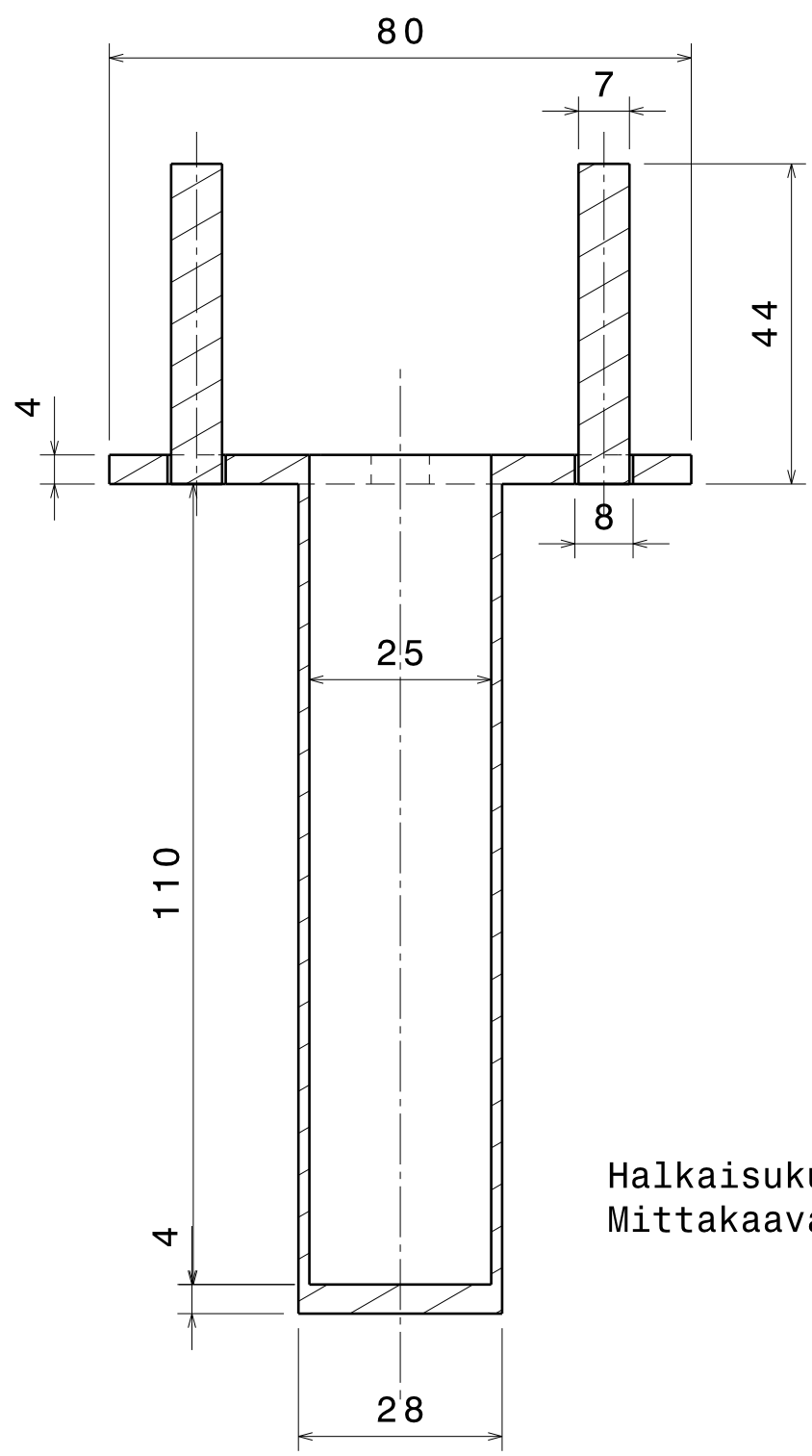
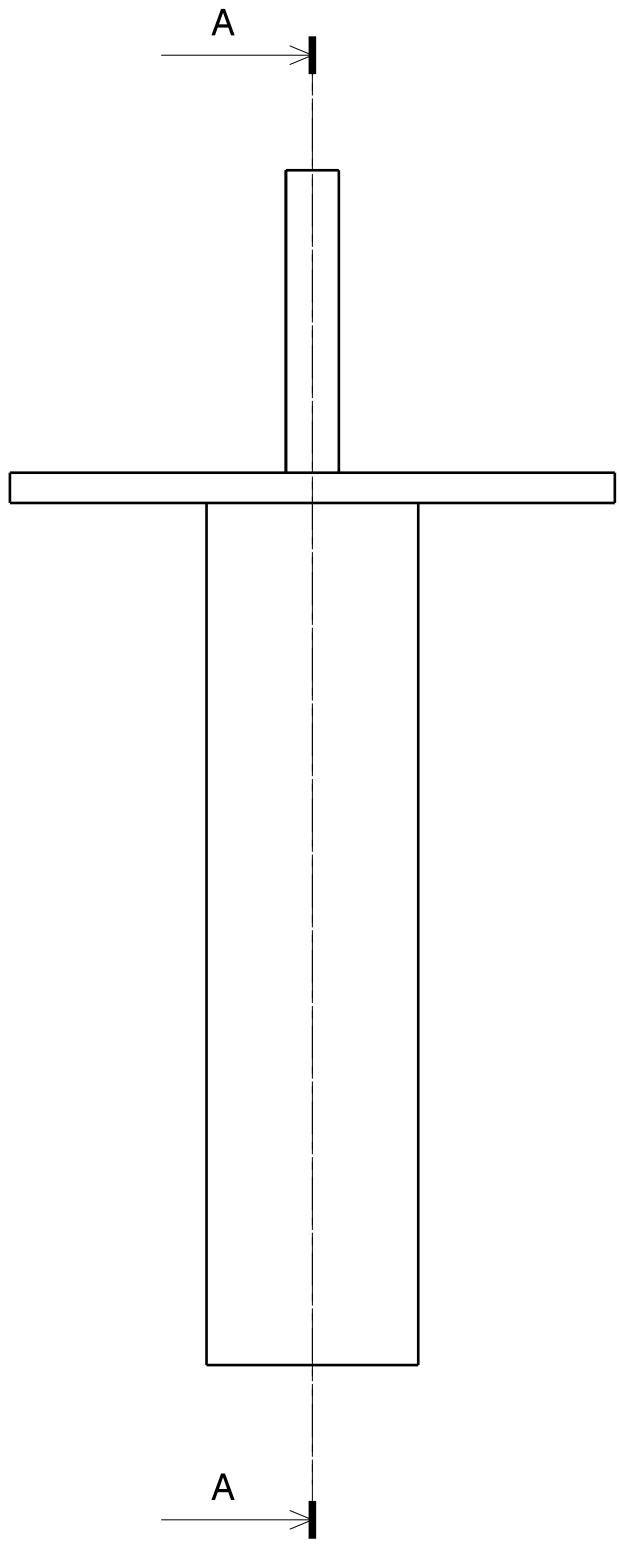




Mittakaava: 1:1



Mittakaava: 1:1



Halkaisukuva A-A
Mittakaava: 1:1

TUNTURI

1. Oliko teillä ikinä mitään suunnitelmia moottoriavusteisesta potkupyörästä?
2. Olisiko mahdollista saada kokoonpano tai muita vastaavia piirustuksia potkupyörästä, joita voisın tutkia omaan projektiini liittyen?
3. Onko Eureka siirtynyt jollekin toiselle yritykselle valmistukseen ja kehittelyyn?

ESLA

1. Kuinka monta kappaletta potkupyöriä valmistatte vuodessa?
2. Kuinka kauan on potkupyörää valmistettu/myyty?
3. Onko mielenkiintoa moottoriavusteisen potkupyörän kehittelyyn?
4. Onko yrityksessä tehty suunnittelua moottoriavusteista potkupyörää ajatellen?
5. Kehitelläänkö potkupyörää edelleen, vai onko se jo valmis muuttamaton tuote?
6. Kuinka monta henkilöä potkupyörien valmistaminen ja muu työllistävät?
7. Olisiko mahdollista saada kokoonpano piirustuksia potkupyörästä, että voin tutkia teidän potkupyörä mallin soveltavuutta omaan projektiini?
8. Kuinka laajalle markkinat Suomessa yltävät ? Vai onko markkina alue koko Suomi?
9. Viedäänkö potkupyöriä ulkomaille myyntiin?

TÄHTIPYÖRÄ

1. Kuinka monta kappaletta myytte vuodessa?
2. Onko suoramyyntiä?
3. Kuinka suuren osan myytte itse valmistamistanne potkupyöristä?
4. Kuinka monta jälleenmyyjää?
5. Mikä on suurimmat asiakaskunnat? Vanhukset vai joitakin muita ?
6. Olisiko mahdollista saada esite potkupyörästä? **VALITETTAVASTI**
7. Kuinka laajalle markkinat Suomessa yltävät ? Vai onko markkina alue koko Suomi?.
8. Viedäänkö potkupyöriä ulkomaille myyntiin?
9. Kuinka monta henkilöä potkupyörien myynti, markkinointi ja muu työllistävät?.