



TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN TOIMIALA

Sähkötekniikka

Sähkövoimatekniikka

INSINÖÖRITYÖ

KOESTUSLAITTEISTO

Työn tekijä: Urho Nieminen

Työn ohjaaja: Veijo Pulkkanen

Työ hyväksytty: __. __. 2010

Veijo Pulkkanen

lehtori



ALKULAUSE

Tämä insinööriyö tehtiin Nestorel Oy:lle ja Metropolia Ammattikorkeakoululle. Haluan kiittää projektissa mukana olleita lehtori Veijo Pulkasta ja laboratorioinsinööri Markku Kvistiä.

Helsingissä 30.4.2010

Urho Nieminen

INSINÖÖRITYÖN TIIVISTELMÄ

Tekijä: Urho Nieminen	
Työn nimi: Koestuslaitteisto	
Päivämäärä: 30.4.2010	Sivumäärä: 38 s. + 2 liitettä
Koulutusohjelma: Sähkötekniikka	Suuntautumisvaihtoehto: Sähkövoima
Työn ohjaaja: Veijo Pulkkanen	
Työn ohjaaja: Markku Kvist	
<p>Tämän insinöörityön tarkoituksena oli rakentaa koestuslaitteisto, jolla voidaan tutkia mm. kosketuspintojen välistä kitkaa, jousien jousivakioita, kumimateriaalin hystereesiä, materiaalin murtolujuutta sekä adheesioilmiötä</p> <p>Laite rakennettiin, koska kaupallisesti ei ollut saatavilla laitteistoa, joka toistaisi mittaustapahtumat aina samanlaisina ja huipputarkasti.</p> <p>Laitteistolla suoritettiin ensin kitkamittaukset: kappaleita vedettiin ja työnnettiin alustalla. Sen jälkeen mitattiin jousien jousivakioita sekä kumin hystereesiä. Lopuksi tutkittiin materiaalien murtolujuutta.</p> <p>Lisäksi tämän työn ulkopuolella laitteella suoritettiin: sähkölankojen rasiuskokeita taivutteleamalla erilaisia lankoja. (Laitteisto voi myös toistaa automaattisesti taivuttelua ja mittausta tuhansia kertoja.) Laitteistolla myös ohjattiin sarjaliitännän kautta ulkopuolisia moottoreita ja voima-antureita. Sillä mitattiin myös muovipullojen mekaanisia lujuuksia (Mittauksissa käytettiin jopa 20000 N:n puristusvoimia) sekä adheesiovoimia.</p> <p>Käyttökohteita on ollut siis erittäin paljon ja laite soveltuu moniin eri mittauksiin. Työ oli erittäin onnistunut ja mittaustulokset huipputarkasti toistettavissa. Laitteisto on tuotesuojattu.</p>	
Avainsanat: koestuslaitteisto, liikekitka, lepokitka, Hooken laki, hystereesi, murtolujuus, adheesio	

ABSTRACT

Name: Urho Nieminen	
Title: TEST EQUIPMENT	
Date: 30.4.2010	Number of pages: 38+2
Department: Electrical engineering	Study Programme: Electrical Power Engineering
Supervisor: Veijo Pulkkanen	
Supervisor: Markku Kvist	
<p>The goal of this thesis work was to build testing equipment that can be used to measure:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Friction between surfaces 2. Spring constants 3. Hysteresis of rubber 4. Breaking points of materials 5. Adhesion <p>This device was built, because there were no commercially available devices that could repeat measurements similarly and accurately.</p> <p>Friction was measured first. Objects were pulled and pushed on a surface. Spring constants and hysteresis of rubber were measured next. Finally, breaking points of materials were tested.</p> <p>Outside of this work, this testing equipment was also used to:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Test bending tolerance of electric wires. (Device can be used to automatically bend and measure thousands of times). 2. Control outside motors and force-gauges with serial connection. 3. Measure mechanical strength of plastic bottles. (Up to 20 000 N forces were used in measurements). 4. Measure adhesion forces. <p>There have been many different applications and this device can be used to measure many different things. This work was very successful and measurements could be repeated very accurately. This test equipment is model protected.</p>	
<p>Keywords: test equipment, dynamic friction, static friction, Hooke's law, hysteresis, breaking resistance, adhesion</p>	

SISÄLLYS

ALKULAUSE

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

1	JOHDANTO	1
2	TEORIA	1
2.1	Kitka	1
2.2	Hooken laki	6
2.3	Hystereesi	7
2.4	Adheesio	8
3	TOTEUTUS	9
3.1	Testauslaitteen kuvaus	9
3.2	Laitteisto	12
3.3	Ohjelmistot ja käyttöjärjestelmä	13
4	MITTAUS	15
4.1	Käyttöohje	15
4.1.1	<i>Aloitus, kappale on valmiina testaukseen; ohjelman käynnistys.</i>	15
4.1.2	<i>Käynnistys</i>	15
4.1.3	<i>Pysäytys</i>	15
4.1.4	<i>Hätäpysäytys</i>	16
4.1.5	<i>Häiriötilanteet</i>	16
4.1.6	<i>Huolto</i>	16
4.1.7	<i>Kalibrointi</i>	16
4.2	Mittausohje	17
4.3	Lepokitkan ja liikekitkan mittaus	19
4.4	Jousivakion ja hystereesin mittaus	23
4.5	Murtolujuuden mittaus	29
4.6	Hooken laki	30
5	YHTEENVETO	37

5.1	Yleisimmät käyttökohteet	37
5.2	Tulevat käyttökohteet	37
	VIITELUETTELO	38
	LIITTEET	
Liite1.	Hyödyllisyysmalli sivu1	
	Hyödyllisyysmalli sivu2	

1 JOHDANTO

Kitkanvetotesteissä Metropolia Ammattikorkeakoulun fysiikan laboratoriossa havaittiin, että eri henkilöiden käsin suorittamalla testeillä ei saatu vertailukelpoisia tuloksia. Vetonopeus vaihteli liikaa ja veto ei ollut tasaista. Havaitsimme tarpeen laitteistolle, joka vetäisi aina halutulla nopeudella ja halutun matkan.

Tämän insinööriyön tarkoituksena oli rakentaa koestuslaitteisto, jolla voidaan tutkia mm.

1. kosketuspintojen välistä kitkaa
2. jousien jousivakioita
3. kumimateriaalin hystereesiä
4. materiaalin murtolujuutta
5. adheesioilmiötä

Laite rakennettiin, koska kaupallisesti ei ollut saatavilla laitteistoa, joka toistaisi mittaustapahtumat aina samanlaisina ja huipputarkasti.

2 TEORIA

2.1 Kitka

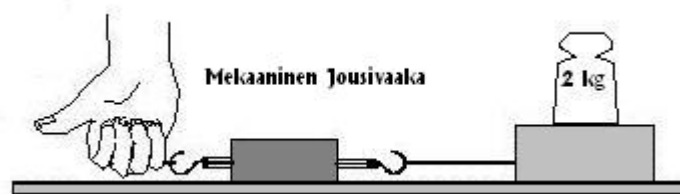
Kovien pintojen kontakti. Kitka on kahden toisiaan koskettavan, riittävän kovan pinnan välinen vuorovaikutus, joka yrittää estää pintojen liukumisen toistensa suhteen.

Kitka tekniikassa ja arkielämässä. Kitka mielletään usein kielteiseksi ilmiöksi: jos jossain on kitkaa, siitä pitäisi päästä eroon. Mekaanisissa koneissa

hankaus kuluttaa osia ja hankaukseen liittyvä osien lämpeneminen aiheuttaa tehohäviöitä. Kitkasta on toisinaan haittaa, mutta useat arkielämän toiminnot olisivat mahdottomia ilman sitä. Miten ihminen pärjäisi ympäristössä, jossa kaikki pinnat ovat äärimmäisen liukkaita? Miten kitkattomasta esineestä otetaan kiinni, kun liukas saippuakin saattaa tuottaa ongelmia?

On myös paljon tekniikkaa, joka nimenomaan perustuu pintojen nihkeyteen, esimerkiksi polkupyörän ja auton jarrut. Auton hallinta perustuu renkaiden ja tienpinnan väliseen kitkaan. Metrojunan pyörä kiinnitetään niin, että akseli pujotetaan pyörässä olevaan reikään, kun pyörä on kuuma. Pyörän jäähtyessä reikä pienenee ja puristus kasvaa, jolloin kitka pitää pyörän paikoillaan.

Kitkan kokeelliset laitteet. Kuva 1 esittää koejärjestelyä, jolla voidaan tutkia kahden kappaleen välistä kitkaa. Alustalla lepää kappale, jota vedetään voima-anturiin kiinnitetyn langan avulla. Aluksi kappale on levossa ja lanka löysällä. Ainoat kappaleeseen vaikuttavat voimat ovat paino ja tuki. Vaakasuuria voimia ei ole.



Kuva 1. Veto mekaanisella jousivaakalla

Kun lanka vedetään kireälle, kappaleeseen vaikuttaa langan jännitysvoima. Kappale ei kuitenkaan lähde liikkeelle. Tämä selitetään niin, että alustan kappaleen pohjaan kohdistama kitkavoima (\overline{F}_μ) on aktivoitunut täsmälleen langan jännitysvoiman suuruiseksi, jolloin voimien summa on nolla.

Mitä kireämmälle lanka vedetään, sitä suuremmaksi kitkavoima aktivoituu. Pintoja toistensa suhteen levossa pitävä *lepokitkavoima* on olosuhteisiin mukautuva voima (kuten tuki ja jännitysvoimat), jonka suunta ja suuruus ja suunta määräytyvät tarpeen mukaan. Vedettäessä lankaa yhä kireämmälle saavutetaan tilanne, jossa pintojen nihkeys pystyy juuri ja juuri estämään liukumisen. Lepokitkavoima on tällöin saavuttanut maksimiarvonsa ($F_{\mu;\max}$), jo-

ka riippuu havaintojen mukaan pintaparin laadusta ja pintojen välisen puristuksen voimakkuudesta, siis pinnan tukivoimasta F_T .

Jos lanka vedetään vielä kireämmälle, kappale lähtee liikkeelle. Liukuvaan kappaleeseen vaikuttaa *liukukitka* $F_{\mu;liuku}$, jonka arvo on yleensä pienempi, kuin lepokitkan maksimiarvo.

Puristusta voidaan helposti muuttaa sijoittamalla kappaleen päälle esimerkiksi täsmäpunnuksia. Kun mitataan lepokitkavoiman maksimiarvoja eri tukivoiman arvoilla, päädytään seuraavaan. Havaintopisteet ovat likimain origon kautta kulkevalla suorilla, joten $F_{\mu;max}/F_T$ on vakio. Vakion arvo saadaan suoransovituksella. Kun mittausarja toistetaan eri pintapareilla, päädytään vastaavanlaisiin tuloksiin, mutta vakion arvo riippuu pintojen laadusta. Suhteen $F_{\mu;max}/F_T$ vakioarvoa, regressiosuoran fysikaalista kulmakerrointa kutsutaan kyseisen pintaparin *lepokitkakertoimeksi* μ_0 . Lepokitkan maksimiarvo voidaan siis laskea suureyhtälöstä

$$F_{\mu;max} = \mu_0 \cdot F_T, \quad (1)$$

kun pintaparin lepokitkakertoimen ja tukivoiman arvo tunnetaan.

Kappaleen liukuessa havaitaan, että on pintaparille ominainen vakio, *liukukitkakerroin*. Siis pintojen liukuessa toistensa suhteen saadaan kitkavoima suureyhtälöstä.

$$F_{\mu;liuku} = \mu \cdot F_T \quad (2)$$

Esitetyt kitkan kokeelliset lait ovat likimääräisiä. Niiden pätevyysalue on epämääräinen. Lait kuvaavat huonosti pintojen välistä vuorovaikutusta, jos pinnat ovat erittäin sileitä tai muuttavat muotoaan, Ne eivät luonnollisesti sovi tilanteisiin, jossa pinnat eivät kunnolla kosketa toisiaan.

Lepokitka estää kappaletta lähtemästä liikkeelle. Erikoista on, että lepokitka on muuttuva voima. Suurinta lepokitkan arvoa sanotaan lähtökitkaksi.

Kitkavoima riippuu siis pintojen laadusta. Tätä kuvaa kitkakerroin. Lepokitkaan vaikuttaa lepokitkakerroin μ_0 ja liikekitkaan liikekitkakerroin μ . (taulukko 1.)

Taulukko 1. Lepo- ja liukukertoimia

Materiaalipari	μ_0	μ
Teräs-teräs	0,74	0,57
Kupari-teräs	0,53	0,36
lasi-lasi	0,94	0,36
Teflon-teflon	0,04	0,04
Kumi-asfaltti (kuiva)	0,9	0,8
Kumi-betoni (kuiva)	1,0	0,8
teräs-jää (luistimet)		0,02...0,03
Sukset-lumi		0,02...0,1

Kitkan eri lajeja ovat vierimiskitka, pyörimiskitka, sekä liukumiskitka. Kappaleille on olemassa sekä lepokitka että liikekitka. Lepokitka pyrkii vastustamaan liikkeellelähtöä ja liikekitka pyrkii pysäyttämään jo alkaneen liikkeen. Lepokitka on aina suurempi kuin kappaleen liikekitka, minkä seurauksena kappaleen lähdettyä liikkeelle se on helpompi pitää liikkeessä. Kitkavoima lasketaan kitkakertoimen ja kappaleen pintaa vastaan kohtisuoran tukivoiman tulona. Tämä kaava pätee ainoastaan pienille kulmille vaakasuoralla alustalla (kaava 3).

(3).

$$F_{\phi_k} = \mu_k \cdot F_n = - \text{kitkakerroin} \cdot \text{kappaleen massa} \cdot g \cdot \sin \alpha$$

Kaavassa **sin** α on tukivoiman sekä pinnan välisen kulman sini. Kitkakertoimet eri aineiden välille on määritetty kokeellisesti ja ne ovat suuruudeltaan aina pienempiä kuin 1. Kitkavoima on vektorisuure ja sillä on siis suuruuden lisäksi aina myös suunta. Kitkaa voidaan usein pienentää muun muassa pintoja tasoittamalla tai käyttämällä voiteluaineita sekä muuttamalla liukumiskitka vierimiskitkaksi (esim. kuulalaakerit tekniikassa). Kitkan tutkimus on oma tieteenalansa, jota kutsutaan tribologiaksi.

Kitkaa mitataan useilla eri menetelmillä ja laitteilla. Tunnetuin ja helpoin tapa on vetää kappaletta kitka-alustaa vastaan mekaanisella jousivaa'alla (kuva 1).

Kannattaa huomata, että lepokitka kasvaa aluksi, kunnes saa maksiminsa. Lähtökitka on täysin kehittynyt lepokitka, jonka jälkeen kappale lähtee liikkeelle ja kitka on liikekitkaa. Nähdään myös, että liikekitka on pienempi kuin lepokitkan suurin arvo. Vedon pitää olla täsmälleen vetoalustan suuntainen. Myös käden liikkeen pitää olla tasainen. Vaa'an lukeminen on myös hankalaa.

Tämä tapa on epätarkka ja epäkäytännöllinen tarkkuutta vaativissa mittauksissa.

Kitka muuttuu energiaksi kaavan 4 mukaisesti:

$$W = F \cdot s \quad (4)$$

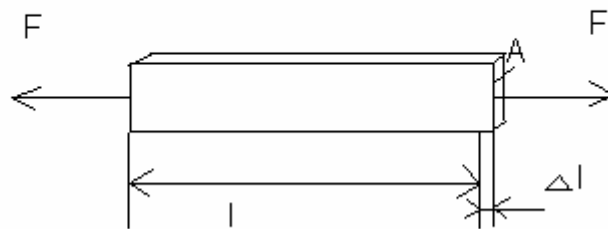
missä F on voima ja s on kappaleen kulkema matka. Tällöin kappaleeseen varastoitunutta energiaa muuttuu muiksi energian muodoiksi kuten lämmöksi.

2.2 Hooken laki

Normaalijännitys. Jos sauvan molempiin päihin kohdistetaan kuvan 2 mukaisesti F :n suuruinen pintaa vastaan kohtisuora voima, sauva venyy. Molemmat voimat jakautuvat tasaisesti sauvan poikkipinnalle. Ne aiheuttavat normaalijännityksen.

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (5)$$

jossa A on sauvan poikkileikkauksen pinta-ala. Normaalijännitys ilmaisee koko sauvan jännitystilän voimakkuuden. Sen yksikkö Pa (pascal) on myös paineen yksikkö.



Kuva 2 Venyvä sauva.

Hooken laki. Sauva venyy voimien vaikutuksesta Δl :n verran (kuva 2), jolloin sen suhteellinen venymä on

$$\epsilon = \frac{\Delta l}{l} \quad (6)$$

Tässä l on sauvan pituus. Mittaukset osoittavat, että riittävän pienillä normaalijännityksen arvoilla suhteellinen venymä on suoraan verrannollinen normaalijännitykseen. Tulosta kutsutaan *Hooken laiksi*. Se voidaan ilmaista muodossa

$$\epsilon = \frac{\sigma}{E}, \quad (7)$$

jossa E on materiaalin *kimmokerroin*. Sen yksikkö on Pa.

Kimmokerroin ilmaisee, kuinka vaikeaa materiaalia on venyttää. Sauva käyttäytyy riittävän pienillä normaalijännityksillä kuin harmoninen jousi. Sauvan ympäristöönsä kohdistama voima on harmoninen, koska se on suoraan verrannollinen venymään.

Hooken lakia voidaan soveltaa myös, kun sauvaa puristetaan. Puristukseen liittyvä kimmomatriisi on usein yhtä suuri kuin vetoon liittyvä. Betoni on tärkeä poikkeus.

Laki on yleistetty myöhemmin koskemaan myös kaksi- ja kolmiulotteisia jännitys/venymätilanteita. Kyseessä on yksinkertaisesti alkuperäinen Hooken laki, jossa käsitellään jännitys- ja venymäskalaarien sijaan vektoreita

$$\sigma = E \cdot \epsilon \quad (8)$$

missä on E on nyt kimmomatriisi, ϵ venymävektori ja σ jännitysvektori.

2.3 Hystereesi

Hystereesi-ilmiö. Jousta venytettäessä siihen kohdistuva voima tekee työn, joka on yhtä suuri kuin fysikaalinen pinta-ala $F(\text{venymä})$ akselistossa. Tämä työ varastoituu jousen potentiaalienergiaksi. Kun jousi palautetaan alkutilaansa, jousivoima tekee yhtä suuren työn: energia saadaan takaisin ja mekaaninen energia säilyy. Käytännössä paluu tapahtuu eri tavalla. Jousivoima tietyllä venymällä on jousta venytettäessä suurempi, kuin jousta palautettaessa. $F_{\text{veto}} > F_{\text{paluu}}$. Jousi on paluumatkalla hieman löysempi, kuin vedettäessä. *Hystereesi-ilmiöksi* kutsutaan sitä, että jokin systeemiin liittyvä suure riippuu systeemin tilan lisäksi tarkasteluhetkeä edeltäneestä kehityksestä. Esimerkiksi jousen veto-paluu-käyrien pinta-alaero on hystereesiä ja muuttuu lämmöksi.

Hystereesi-ilmiö aiheuttaa energiahäviöitä kaikissa muotoaan muuttavissa rakenteissa. Näiden häviöiden minimoiminen on esimerkiksi jousien ja auton renkaiden tuotekehittelyn tärkeimpiä tavoitteita.

2.4 Adheesio

Adheesiolla tarkoitetaan sidontavoimaa liiman ja liimattavan materiaalin välillä. Adheesiota on kolmea eri tyyppiä: mekaanista, kemiallista ja sekundäärisiin sidosvoimiin perustuvaa. **Koheesiolla** puolestaan kuvataan liiman sisäistä lujuutta.

Mekaaninen adheesio

Kun liima on päässyt tunkeutumaan liimattavaan materiaaliin, se on saatava kovettumaan. Osa liimoista kovettuu, kun liiman kantoaine tai liuotin haihtuu. Sulateliimat kovettuvat lämpötilan laskiessa takaisin huoneenlämpöön. Muutammat liimat kovettuvat UV-valossa. Kovettuminen voi myös tapahtua kovettimen vaikutuksesta. Kovetin aiheuttaa liimassa olevien monomerien tai jos osittain polymerisoituneiden molekyylien, oligomeerien, nopean polymeroitumisreaktion, jolloin liimasauma kovettuu. Joissakin tapauksissa ilman kosteus tai hapettomat olosuhteet voivat auttaa liimaa kovettumaan.

Kemiallinen adheesio

Jotkut liimat ovat kemiallisesti vaikuttavia eli ne muodostavat sidoksia liimattavan materiaalin kanssa. Esimerkiksi puutuotteiden liimaamiseen voidaan käyttää isosyanaattiliimoja, jotka reagoivat puun OH-ryhmien kanssa.

Sekundäärisiin sidosvoimiin perustuva adheesio

Sekundääriset sidosvoimat ovat liiman ja liimattavan materiaalin välisiä vetovoimia. Sekundäärisistä sidosvoimista käytetään usein myös nimeä van der Waalsin voimat.

3 TOTEUTUS

3.1 Testauslaitteen kuvaus

Suunniteltiin laitteisto yhteistyössä Nestorel Oy:n kanssa. Nestorel Oy rahoitti projektin ja toteutti mekaniikkasuunnittelun.

KEKSINNÖN YKSITYISKOHTAINEN SELOSTUS

Kuvassa 4 on esitetty koestuslaitteisto 1 koestettavana kohteena olevien kahden liukukappaleen 2a ja 2b välisen kitkan määrittämiseksi. Laitteiston olennaisena elementtinä on voimamittari 3, joka mittaa voimamittarin anturielementtiin kohdistuvaa veto- ja työntövoimaa. Laitteistoon kuuluu myös kelkka 4, joka on järjestetty liikkuvaksi lineaarisesti pitkin kiskoja 5 kohti voimamittaria 3 ja siitä poispäin. Kiskot on toisesta päästään tuettu voimamittariin voimamittarin ja kiskojen liikkeen toistensa suhteen estämiseksi. Kelkan läpi on sovitettu askelmoottorilla 6 pyöritettäväksi järjestetty kierretanko 7. Liukukappaleista alempi 2a on kiinnitetty kelkkaan 4 pikakiinnittimellä 8. Alemman liukukappaleen 2a päällä lepäävä ylempi liukukappale 2b on yhdistetty liikkumattomasti voimamittariin 3 tangon 9 välityksellä. Näin ollen, pyrittäessä liikuttamaan kelkkaa 4 pitkin kiskoja 5 kohdistuu voimamittariin 3 liukukappaleiden 2a ja 2b väliseen kitkaan ja ylemmän liukukappaleen 2b massaansa verrannollinen voima. Aluksi voima kasvaa, kunnes lepokitka ei enää riitä pitämään alempaa liukukappaletta paikallaan. Tällöin voimamittariin kohdistuva voima laskee liikekitkaa vastaavaksi. Voimamittari on liitetty tietokoneeseen 10 mittaustietojen tallentamiseksi ja käsittelemiseksi. Tietokoneeseen asennetun ohjelman avulla ohjataan myös moottorin ohjainyksikön 11 välityksellä askelmoottoria 6. Näin automaattisesti kelkan 4 nopeutta ja liikesuuntaa ohjattaessa voidaan mitata liikekitkaa eri nopeuksilla. Voidaan myös tehdä pitkäkestoisia toistotestejä liikuttamalla kelkkaa 4 ja sen mukana alempaa liukukappaletta edestakaisin halutulla nopeusprofiililla, jolloin voidaan tutkia esimerkiksi pintojen kulumisen vaikutusta niiden väliseen kitkaan.

Kuvassa 4A näkyvään, kiskojen 5 ohjaamana kulkevaksi järjestettyyn kelkkaan 4 on kiinnitetty lisäosa 4a jousen 12 pään kiinnittämistä varten. Jousi 12 on toisesta päästään kiinnitetty voimamittariin 3. Tässä keksinnön sovel-

luksessa saadaan voimamittarin mittaustuloksista kelkkaa 4 askelmoottorin 6 ja kierretangon 7 avulla liikutettaessa määritetyksi esimerkiksi jousivakio ja jousen hystereesi.

Kuvan 4B sovelluksessa kelkan 4 lisäosan 4a ja voimamittarin 3 väliin on kiinnitetty palkki 13. Kuvan kaltaisessa järjestelyssä voidaan tutkia palkin 13 veto- tai puristuslujuutta tai esimerkiksi palkin kimmoisuutta. Palkkiin voidaan myös kohdistaa toistuvia veto- tai puristusrasituksia ja seurata tällöin esimerkiksi rasituksen mahdollisesti aiheuttamia muutoksia palkin kimmoisuusominaisuuksissa tai kestävyudessa.

Keksintöä ei rajata pelkästään edellä esitettyjä sovellutusesimerkkejä koskevaksi, vaan monet muunnokset ovat mahdollisia pysyttäessä patenttivaatimusten määrittelemän keksinnöllisen ajatuksen puitteissa. Esimerkiksi siirtovälineisiin voi sähkömoottorin vaihtoehtona kuulua esimerkiksi paineilma- tai hydraulikkasyylinteri.

SUOJAVAATIMUKSET

Laitteelle haettiin tuotesuojausta ja se saatiin Suomen patentti- ja rekisterihallitukselta numerolla 6972. (liite 1).

Suojavaatimuksen kohteet kuvissa 3, 4a ja 4b.

1. Koestuslaitteisto (1) koestettavan kohteen (2a, 2b, 12, 13) fysikaalisten ominaisuuksien määrittämiseksi, johon laitteistoon kuuluu voimanmittauslaite (3), tukikappale (4) ja tukivälineet (8, 9) koestettavan kohteen tukemiseksi tukikappaleeseen ja voimanmittauslaitteeseen, on tunnettu siitä, että koestuslaitteistoon kuuluvat siirtovälineet (5, 6, 7) tukikappaleen (4) liikuttamiseksi säädettävällä nopeudella ja haluttuun suuntaan suhteessa voimanmittauslaitteeseen (3) sekä ohjausjärjestelmä (10, 11) siirtovälineiden ohjaamiseksi ja voimanmittauslaitteen mittaustietojen tallentamiseksi, johon ohjausjärjestelmään kuuluu tietokone (10) ja tietokoneeseen asennettu tietokoneohjelma tukikappaleen nopeuden ja suunnan säätämiseksi.

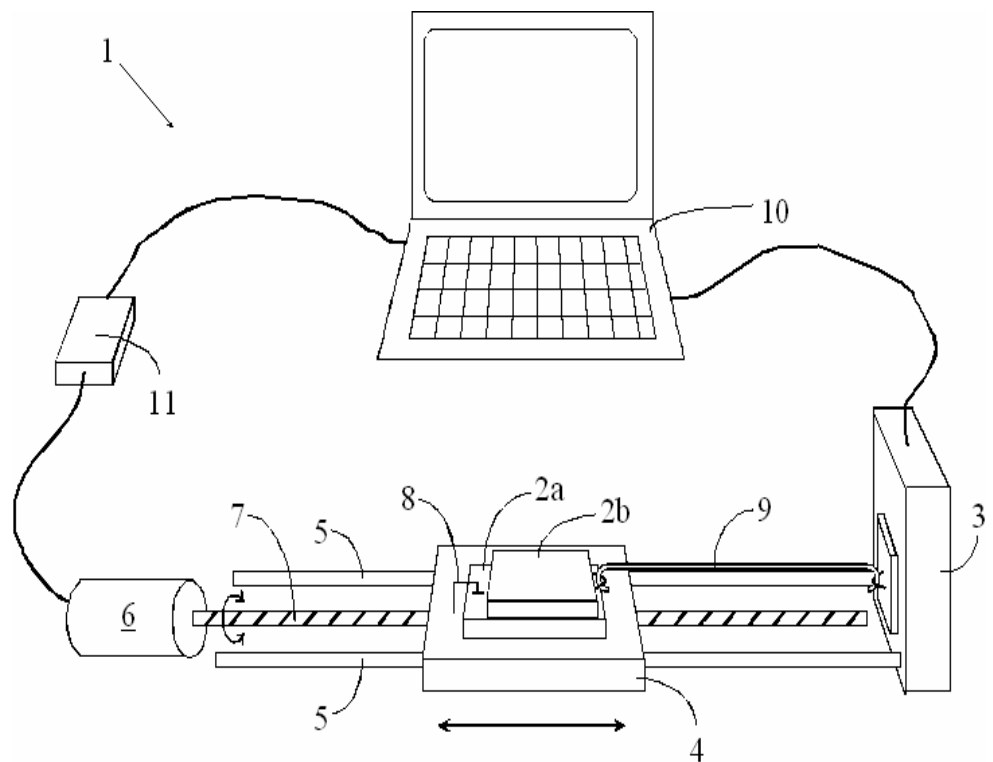
2. Suojavaatimuksen 1 mukainen koestuslaitteisto (1) on tunnettu siitä, että siirtovälineisiin kuuluu tukikappaleen (4) yhteydessä oleva kierretanko (7) ja

sähkötoiminen askelmoottori (6), joka on järjestetty pyörittämään kierretan-
koa ja siten liikuttamaan tukikappaletta (4).

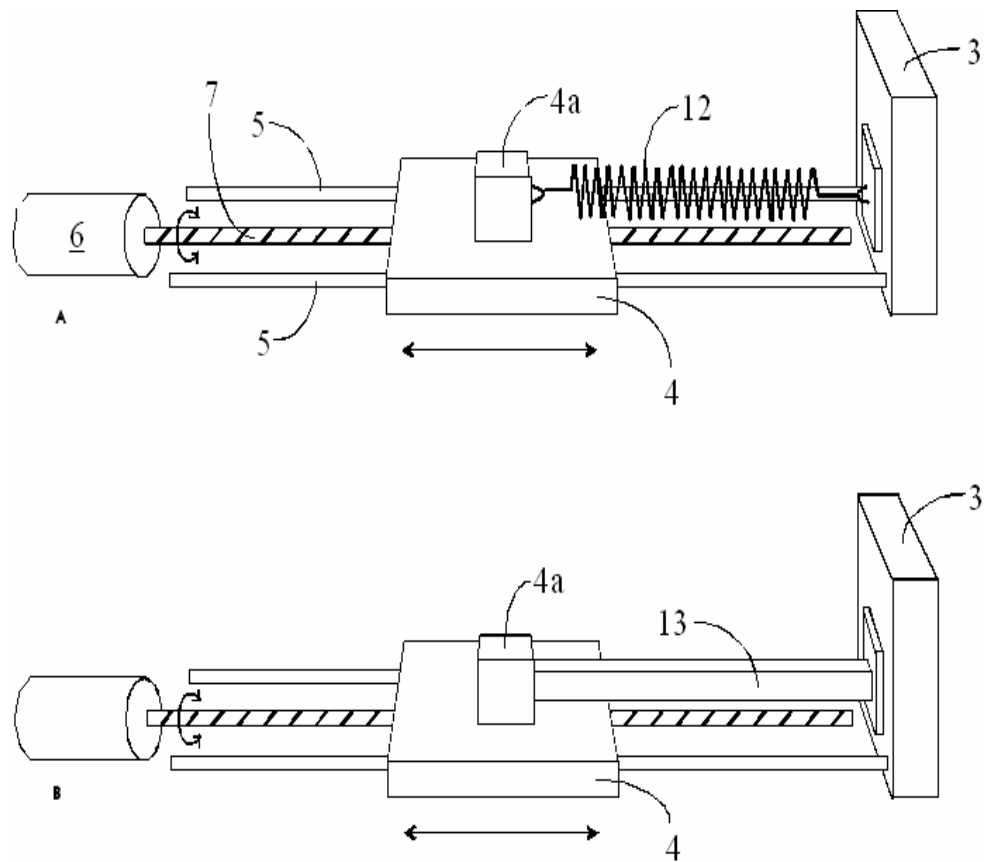
3. Suojavaatimuksen 1 tai 2 mukainen koestuslaitteisto (1) on tunnettu siitä,
että koestettavaan kohteeseen kuuluu tukikappaleeseen (4) tuettu ensim-
mäinen liukukappale (2a) ja tämän päälle asetettu toinen liukukappale (2b),
joka on tuettu voimamittauslaitteeseen (3) jäykän tangon (9) välityksellä liu-
kukappaleiden vastakkaisten kosketuspintojen välisen kitkan määrittämisek-
si.

4. Suojavaatimuksen 1 tai 2 mukainen koestuslaitteisto (1) on tunnettu siitä,
että koestettavaan kohteeseen kuuluu jousi (12), joka on ensimmäisestä
päästään tuettu tukikappaleeseen (4) ja toisesta päästään voimamittauslait-
teeseen (3) jousen kimmoisuusominaisuuksien määrittämiseksi.

5. Suojavaatimuksen 1 tai 2 mukainen koestuslaitteisto (1) on tunnettu siitä,
että koestettavaan kohteeseen kuuluu kiinteä koestuskappale (13), joka on
tuettu tukikappaleeseen (4) ja voimamittauslaitteeseen koestuskappaleen
puristus- tai vetolujuuden määrittämiseksi.



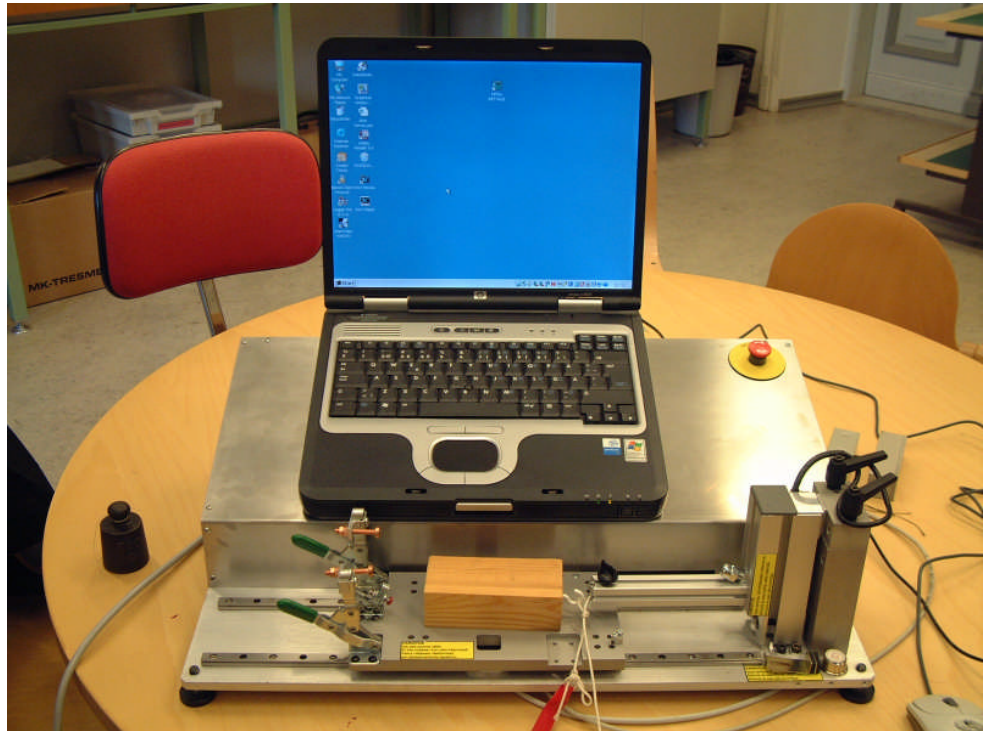
Kuva 3



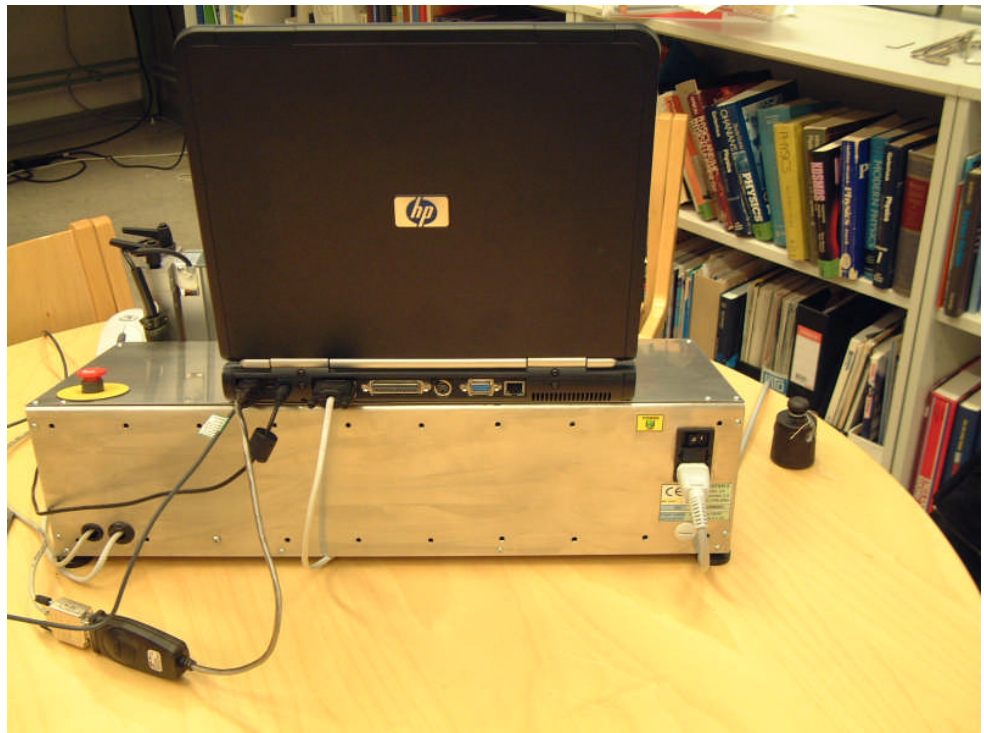
Kuva 4

3.2 Laitteisto

Rakennettiin laitteisto (kuva 5, kuva 6). Laitteistosta tehtiin CAD-kuvat ja valmistettiin mekaaniset osat eri konepajoilla. CAD-kuvat ovat Nestorel Oy:n liikesalaisuuksia, joten emme esittele niitä erikseen. Punnituskenno ja A/D-muunninyksikkö oli Nestorel Oy:n toimittama ja valmistama kokonaisuus. Tiekoneyksikkönä toimi kannettava tietokone (PC). Pääohjelmisto tehtiin valmiilla ohjelmakehittimellä, joka kuuluu Nestorel Oy:n liikesalaisuuden piiriin. Nopeat aliohjelmat tehtiin C-kielellä olio-ohjelmiksi, jotka liitettiin pääohjelmaan.



Kuva 5 Laitteisto edestä kuvattuna.



Kuva 6 Laitteisto takaa kuvattuna.

3.3 Ohjelmistot ja käyttöjärjestelmä

Ohjelmointikielenä oli C ja C++. Käytin valmista koodia ohjelmien toimivuuden ja aikataulun nopeuden vuoksi. Kaikki ohjelmat ja objektit olivat testattu-

ja ja yhteensopivia Windows 95-, Windows 2000- ja Windows XP- käyttöjärjestelmille. Valmiit koodit ja listaukset kuuluvat liikesalaisuuden piiriin.

Ohjelma asennetaan tietokoneelle muistitikusta setup.exe-ohjelmalla. Ohjelma asentuu automaattisesti ja luo työpöydälle ikonin. Ohjelma käynnistetään normaalisti ikonia klikkaamalla hiirellä. Ohjelman toiminta tapahtuu niin, että hiirellä aktivoidaan Vetotesteri-ikoni, jolloin ohjelma aukaisee käyttöpaneelinäkymän, johon käyttäjä voi antaa Nimi-kenttään oman nimensä, tai oppilasnumeronsa. File-kenttään käyttäjä antaa tiedostopuun, johon tulokset taltioituvat. Tämä voi olla myös muistitikun osoite, mikä onkin suositeltavaa. Tiedoston nimenä voi käyttää nimeä tai oppilasnumeroa. Vetonopeus-kenttään annetaan arvo mm/s. Vetomatka-kenttään annetaan vedon pituus millimetreinä. Kun asetukset on tarkistettu ja testattava kappale valmiina, annetaan Veto-komento hiirellä osoittaen ja aktivoiden. Kun veto on suoritettu loppuun, voidaan tulos taltioida aktivoimalla Tallenne-kenttä hiirellä. Aktivoimalla Paluu-kenttä kelkka palaa takaisin perusasentoon. Jos paluutoiminnassa on myös mittautustietoa, aktivoidaan Tallenne-kenttä paluun jälkeen. Jos tietokoneeseen on liitetty printteri, voidaan vetotulos tulostaa suoraan näyttöpaneelistä hiirellä aktivoimalla. Laitteessa on Stop-kenttä, jolla voidaan aina pysäyttää mittautustapahtuma, Mittaus on aina aloitettava alusta aktivoimalla Paluu-kenttä. Kun tiedot on tallennettu tiedostoon, käsitellään niitä esim. Excel-ohjelmalla. Jos tiedot on talletettu muistitikkuun, voidaan jatkokäsittely tehdä muualla tietokoneella. Tärkeä varoitus:

KOSKA LAITE ON MEKAANINEN, ON VAROTTAVA, ETTEIVÄT SORMET JÄÄ VÄLIIN MITTAUKSEN AIKANA.

Laitteessa on Hätäseis-sienipainike, jota painamalla laitteesta häviää jännitteet. Jännitteet saadaan takaisin sienipainiketta kiertämällä. Tällöin mittaus täytyy aloittaa alusta ja palauttaa kelkka kotiasentoon aktivoimalla Kotiin-kenttä.

4 MITTAUS

4.1 Käyttöohje

4.1.1 Aloitus, kappale on valmiina testaukseen; ohjelman käynnistys.

Tarkista, että mekaniikassa on virta päällä. Merkkilamppu ja virtakytkin ovat laitteen takana (kuva 6).

4.1.2 Käynnistys

Virta päälle pääkytkimestä, vetolaitteen takana vasemmalla

Hätäseis-piirin aktivointi (tarvittaessa nostettava hätäseis-painikkeet ylös)

Käynnistetään tietokone.

Käynnistetään klikkaamalla kitkamittausikonia

Kelkka ajetaan kotiasemaan, mikäli se ei jo ole siinä klikkaamalla Kotiraja-painiketta.

Kiinnitetään vetonaru kappaleen ja anturikoukun väliin

Tarkistetaan, että vetonaru on mahdollisimman vaakasuorassa.

Kiristetään lukitusruuvi.

Seuraava Veto-painallus aloittaa mittauksen

Paluu-painallus lopettaa mittauksen

4.1.3 Pysäytys

Painetaan keskeytä-painiketta, jolloin automaattiajo pysähtyy.

Paluu-painallus ajaa kelkan kotiasentoon

4.1.4 Hätäpysäytys

Painetaan hätäseis-painiketta tai katkaistaan virta kesken ajon.

Huom.! Hätäseis-toiminto ajon aikana nolaa ajotilanteen, eli ajoa ei voi jatkaa samasta vaiheesta, vaan se on aloitettava alusta.

4.1.5 Häiriötilanteet

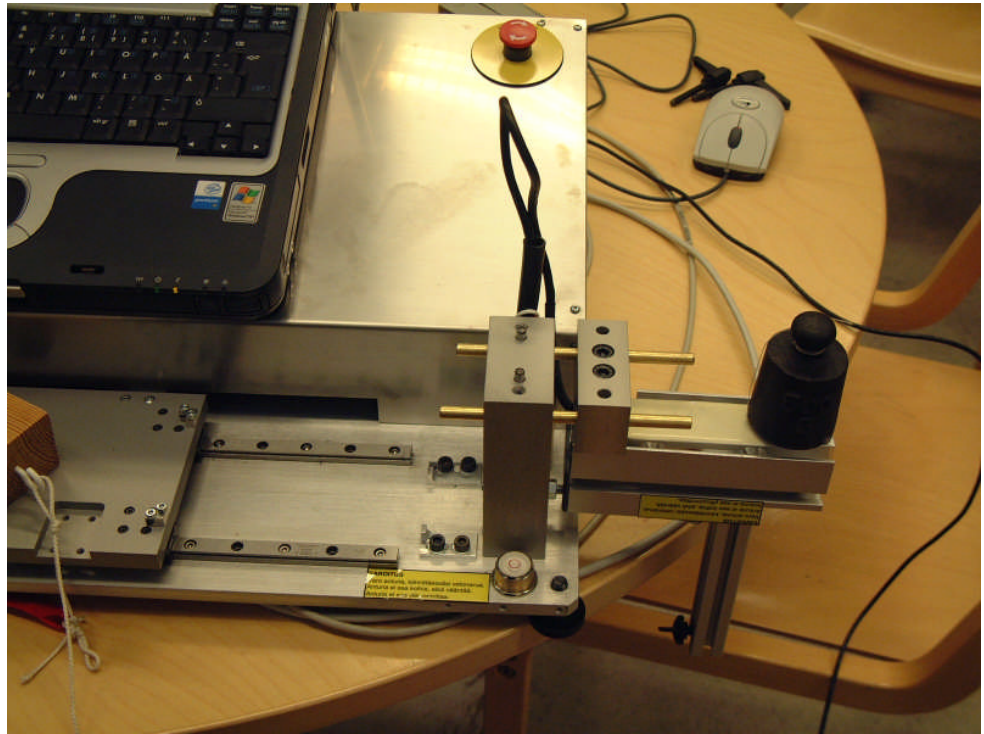
Häiriötilanteissa, tarkista tietokoneen tila.

4.1.6 Huolto

Laitteessa ei ole jatkuvaa huoltoa vaativia kohteita. Johteet ja laakerit ovat kestovoideltuja. Johteet on kuitenkin syytä pitää pölyttöminä ja puhtaina. Tarvittaessa johteet voidaan pyyhkiä ompelukoneöljyllä.

4.1.7 Kalibrointi

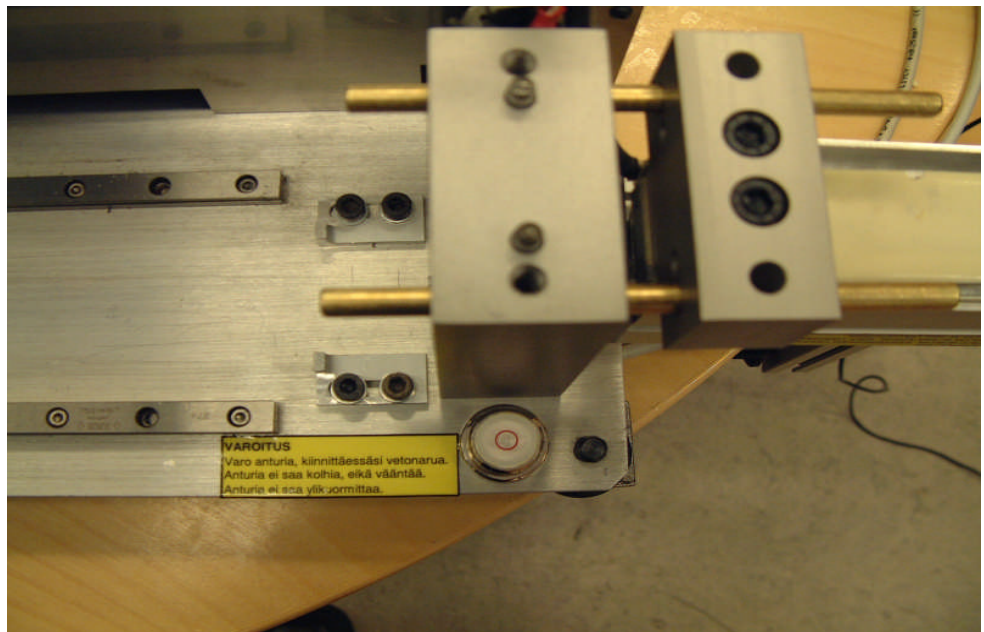
Tarvittaessa laite kalibroidaan erillisellä kalibrointiohjelmalla. Kalibroitaessa täytyy olla saatavilla tarkka vaa'attu paino. Laitteisto muutetaan kalibrointiasentoon (kuva 7). Painon arvo riippuu laiteversiosta. Paino annetaan kalibrointiohjelmaan.



Kuva 7

4.2 Mittausohje

Ennen mittauksen alkua on tarkistettava, onko laite vaakasuorassa alustallaan vesivaa'asta eli libelistä (kuva 8).



Kuva 8

Tarvittaessa säädetään kulmissa olevista säätöjaloista. Vetoalusta laitetaan vetokelkkaan ja tutkittava kappale vetoalustan päälle (kuva 9).



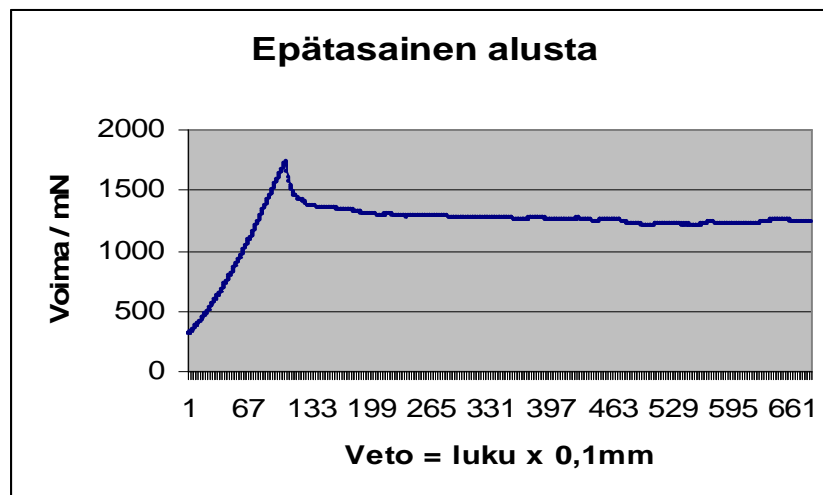
Kuva 9

Vetotanko säädetään kiinnitysruuvista niin, että kappaleeseen menevä naru on mahdollisimman vaakasuora. Tämä vaikuttaa olennaisesti tulokseen. Vetokoukku kiristetään vetotangossa olevalla ruuvilla narun ollessa sopivan kiireä. Vetotanko voi toimia myös työntötankona toiseen suuntaan mitattaessa. Käynnistetään kitkanmittausohjelma. Annetaan käyttäjätiedot henkilökenttään ja tiedon tallennuspolku File-painikkeella hiirellä klikkaamalla. Annetaan vetonopeus nopeuskenttään ja vetoaika vetoaikakenttään. Tässä kannattaa olla tarkkana, ettei anna liian suuria arvoja. Kannattaa testata ensin pienillä arvoilla. Klikataan Veto-painiketta (sininen kenttä) ja ohjelma suorittaa vedon. Vedon jälkeen klikataan Paluu-kenttää. Jos joku menee vikaan, pitää klikata Seis, Stop-kenttää. Laite saadaan alkutilanteeseen kotirajalle klikkaamalla Kotiraja-painiketta.

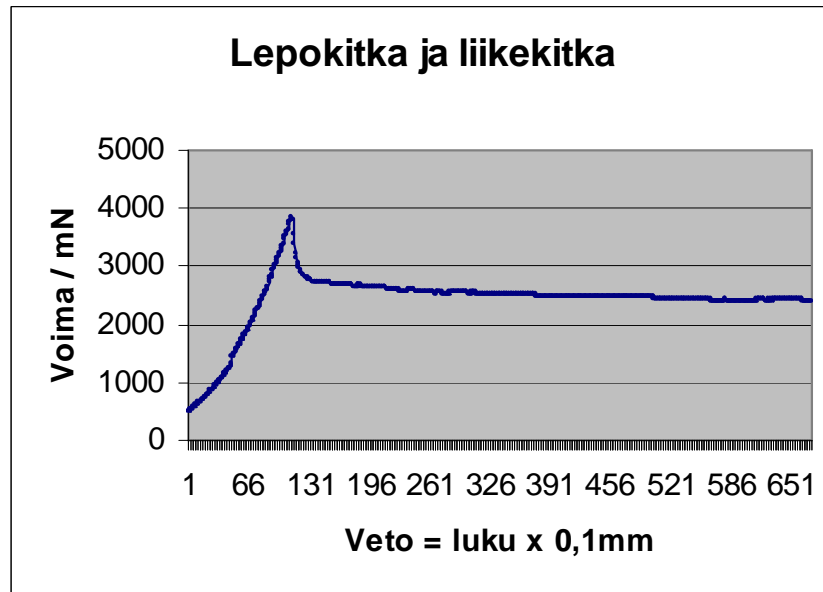
Laitteeseen on saatavissa erilaisia ohjelmaversioita erilaisiin mittauksiin. Jokaisessa ohjelmaversiossa on erilaiset käyttöohjeet. Esimerkiksi jousen, tai kumin mittauksille on tehty Veto/Paluu versio. Myös asiakaskohtaiset ohjelmat voidaan tehdä.

4.3 Lepokitkan ja liikekitkan mittaaminen

Mittasimme mäntypuupalan kitkaa karhennetun muovisen vetoalustan kanssa (kuva 9). Vetoalustoja voi laitteistolla helposti vaihtaa erilaisiksi laittamalla ne pikakiinnittimillä (kuvassa vihreät kahvat) vetokelkkaan kiinni. Vetotanko säädetään täsmälleen oikealle korkeudelle, jolloin vetolanka on vetotapah-tuman aikana täsmälleen vaakasuorassa. Paluuliikkeen aikana vetotanko työntää puupalaa, jolloin saadaan molempiin suuntiin kitka-arvot. Tuloksissa näkyi selvästi lepokitkan ja liikekitkan välinen ero (kuvat 10, kuva 11). Huip- pu esittää lepokitkan F_{μ} (max) arvoa. Tasainen osa on liikekitkaa F_{μ} (k), jolle voi laskea keskiarvon.

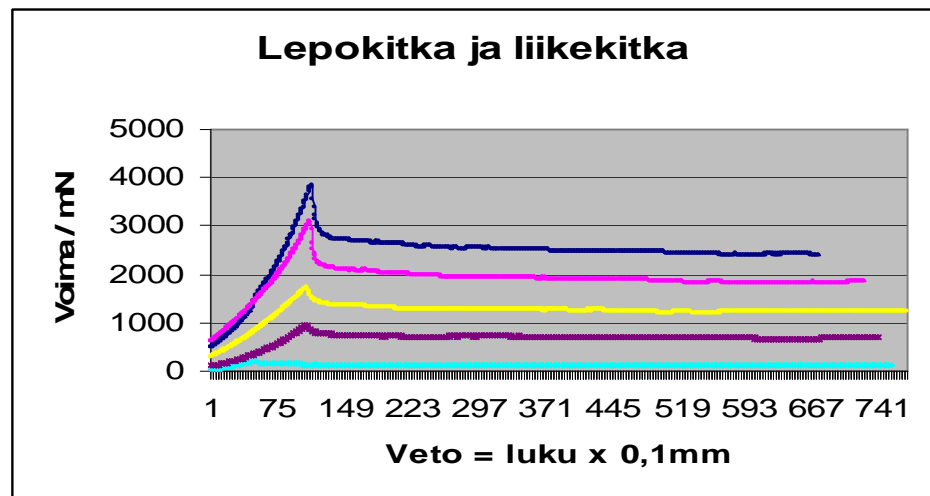


Kuva 10



Kuva 11

Suoritettiin veto ja työntö erilaisilla lisäpainoilla. Puu-alumiini-yhdistelmällä; 0kg, 0,5kg, 1kg, 1,5kg, 2kg



Kuva 12 Painoa lisätty vedettävän kappaleen päälle

Tutkittiin liikekitkan vaihteluita eri materiaaleilla ja vetosuunnilla (kuvat 12, 13 ja 14).

Asettamalla erilaisia painoja tutkittavan alustan päälle, voidaan määrätä tulosten kulmakertoimen avulla μ . Lepokitkan kulmakerroin eri painoilla on μ_0 ja liikekitkan kulmakerroin eri painoilla on μ (kuva 12 ja kuva 13). Tämä on

fysiikan laboratorion perusmittauksia, josta on eri työohje. Emme puutu tähän koestuslaitteiston yhteydessä enempää.

Tulokset ovat kulmista hieman pyöristyneitä, johtuen vetolangan jousiominaisuudesta. Huomaamme myös, että muutoksen jälkeen käyrässä on pieni notkahdus samasta syystä.

Taulukko 2. Lepo- ja liukukitkan arvoja nousevilla ja laskevilla kuormilla.

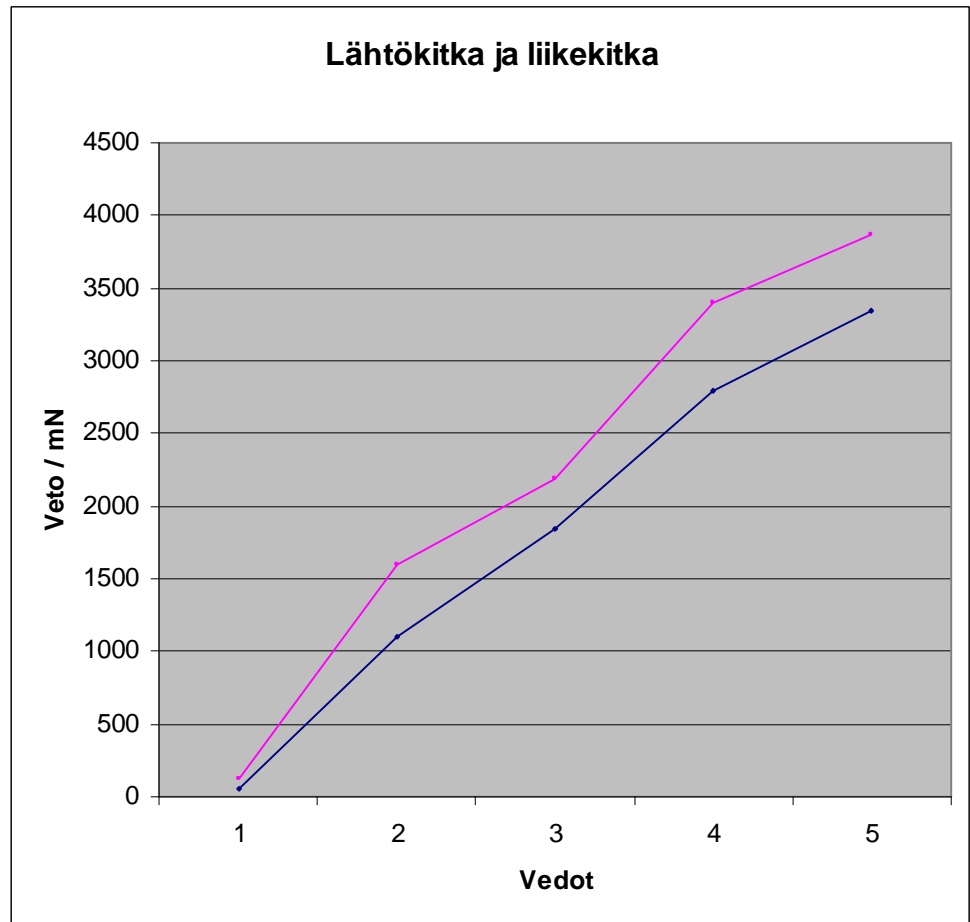
Vetotuloksia erilaisilla painoilla

27,25	926,72	1756,77	2494,28	2990,15	lepokitka
69,7	1316,1	2130	2989,8	3858	liikekitka
59,54	1098,2	1845,13	2787,24	3343,67	lepokitka
124,4	1592,3	2192,3	3395,7	3867,7	liikekitka

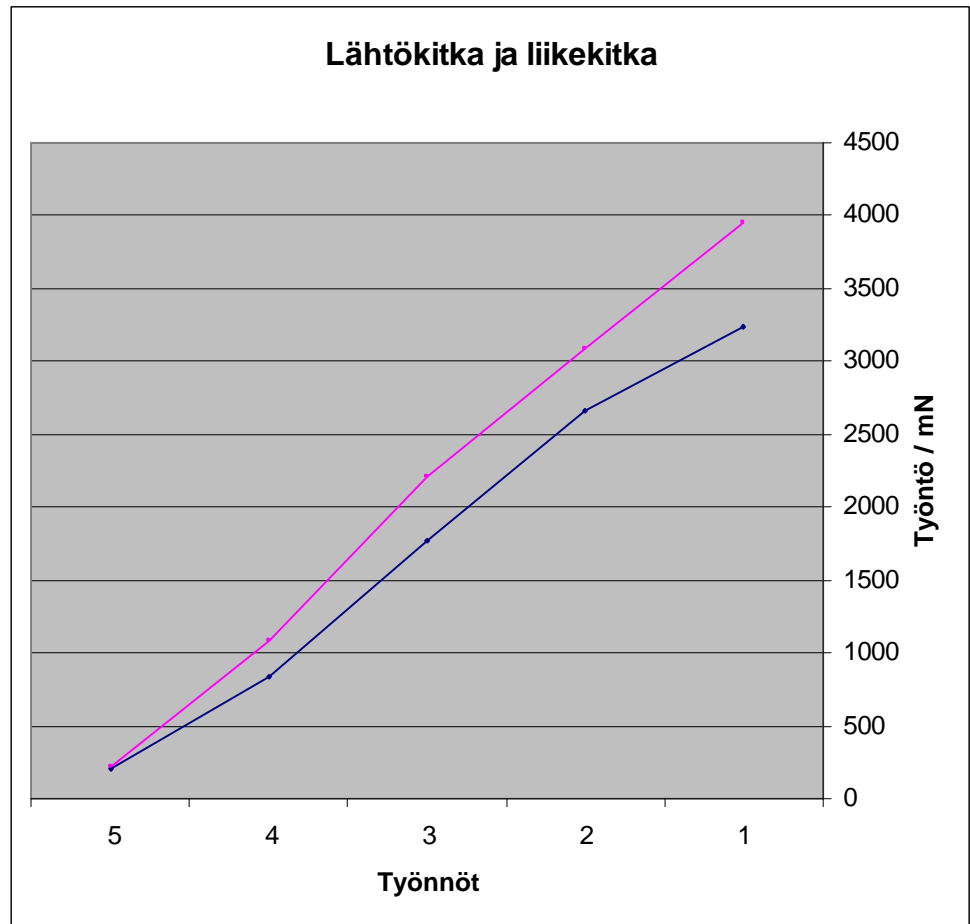
Työntötuloksia

3233,55	2667,01	1774,51	841,54	203,47	lepokitka
3944,4	3083,5	2203,3	1086	225,4	liikekitka

Painon lisäys vedettävän kappaleen päälle paransi ilmiön tarkastelua.



Kuva 13 Kaksi vetosarjaa nousevilla painoilla.



Kuva 14 Kaksi vetosarjaa laskevilla painoilla.

Tuloksista huomaamme, että sama tulos saavutetaan, kun kappaletta vedetään tai työnnetään.

4.4 Jousivakion ja hystereesin mittaus

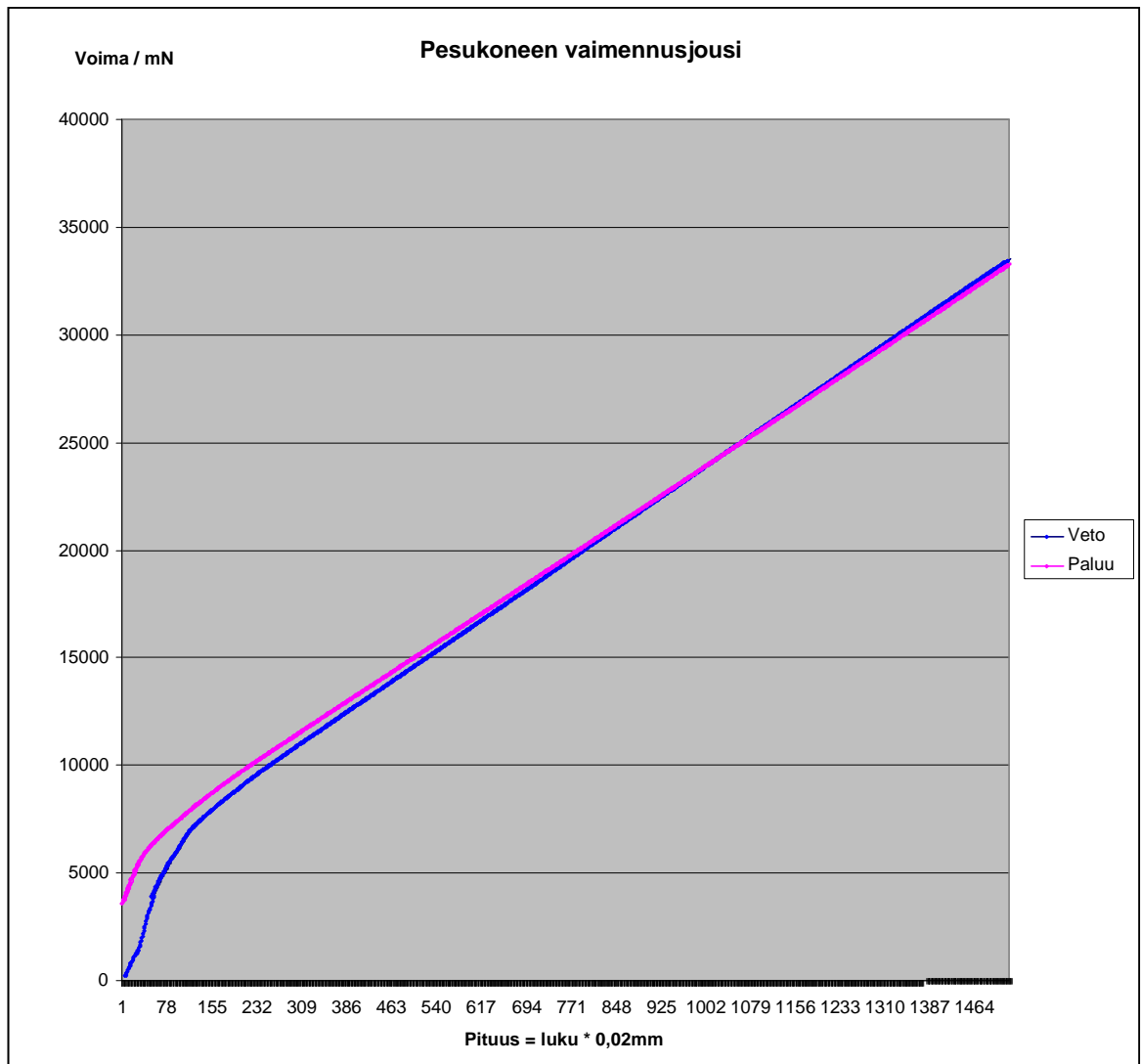
Mittasimme pesukoneen vaimennusjousen jousivakion ja hystereesin. Asetimme kelkkaan tukitapin ja kiinnitimme tutkittavan kappaleen anturin ja tukitapin väliin. Mittaustulos on kuvassa 15. Paluu ei tapahdu samaan pisteeseen, eli eroa on 4N verran. Samoin jousi kuoleentui 1N verran, kun veto oli 10 minuuttia päällä.

$$\text{Jousivakio } k = \frac{F}{y} = 958 \text{ N/m} \quad (8)$$

Hystereesi on Excel-ohjelmalla tiedostosta laskemalla 0,6N, 30N vedolla.

Jousi oli esijännitetty ja kierrokset osuivat toisiinsa lepotilassa. Alkukaarevuus johtuu esijännityksestä.

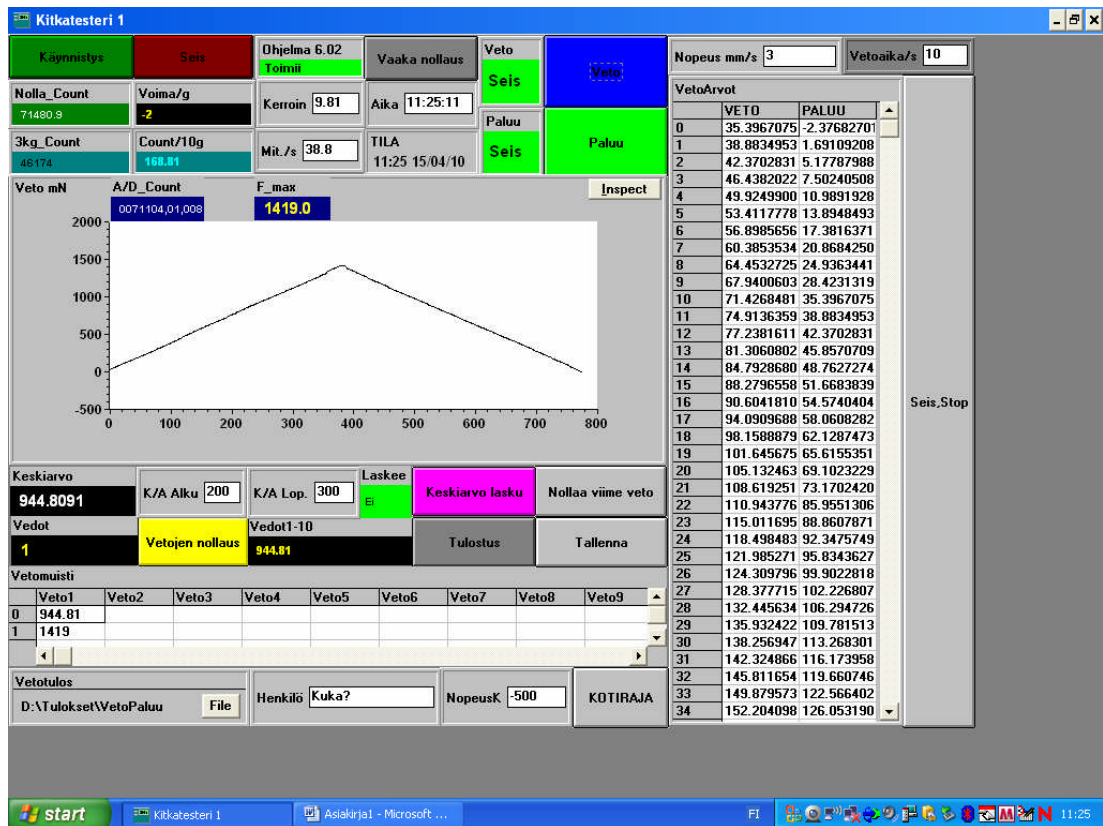
Samoin esijännityksen palaaminen takaisin on hyvin riippuvainen hystereesistä. Palueroa jäi 3,5N.



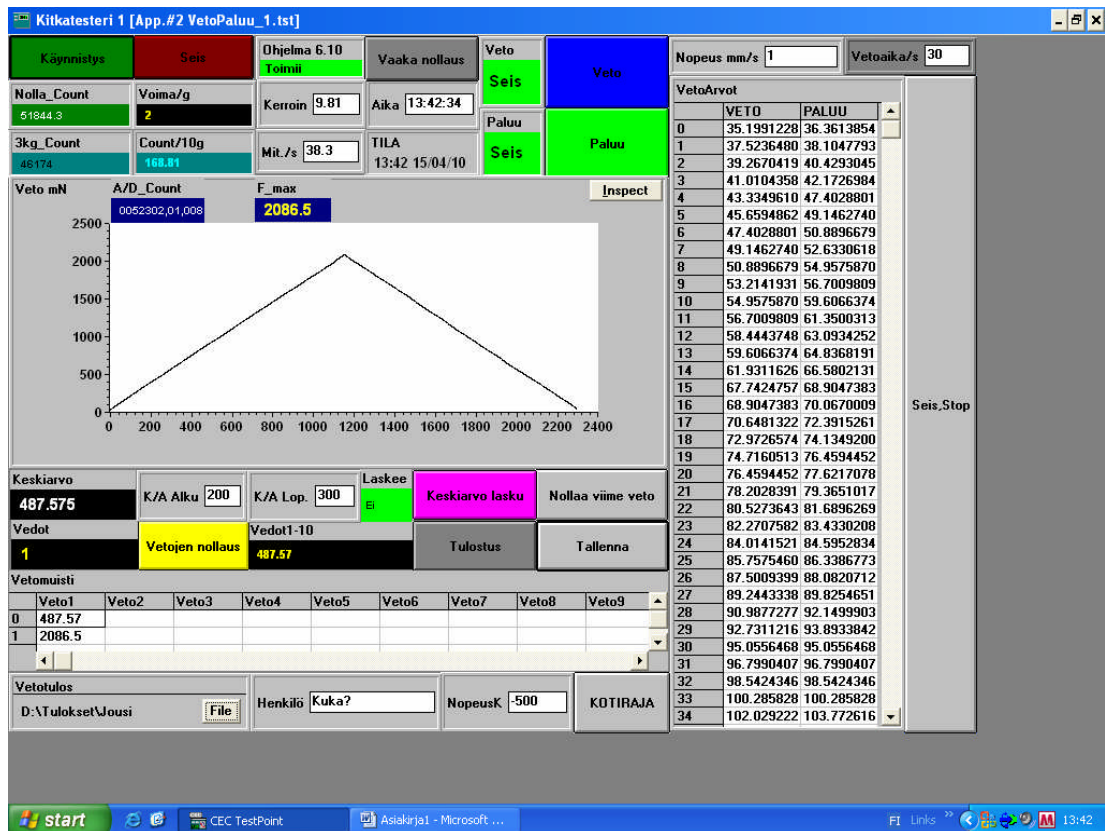
Kuva 15 Esijännitetyn jousen hystereesimittaus.

Mittasimme seuraavaksi 2 kpl tavallista joustia. Tulokset ovat lähellä ideaalijoustia. Tiedostoon tallioituneista arvoista voidaan laskea hystereesi ja kuolettuminen. Piirroksista sitä ei havaita. Mittauksen keskiarvo tietyllä välillä voidaan laskea kuvasta antamalla arvot (K/A Alku ja K/A Lop.)-kenttiin. Sen jälkeen klikataan (Keskiarvo lasku)-painiketta. Voiman suurin arvo näkyy (F_max)-kentässä.

Jousien mittaustulos saadaan veto-paluu ohjelmaversiolla (kuva 16 ja kuva 17).



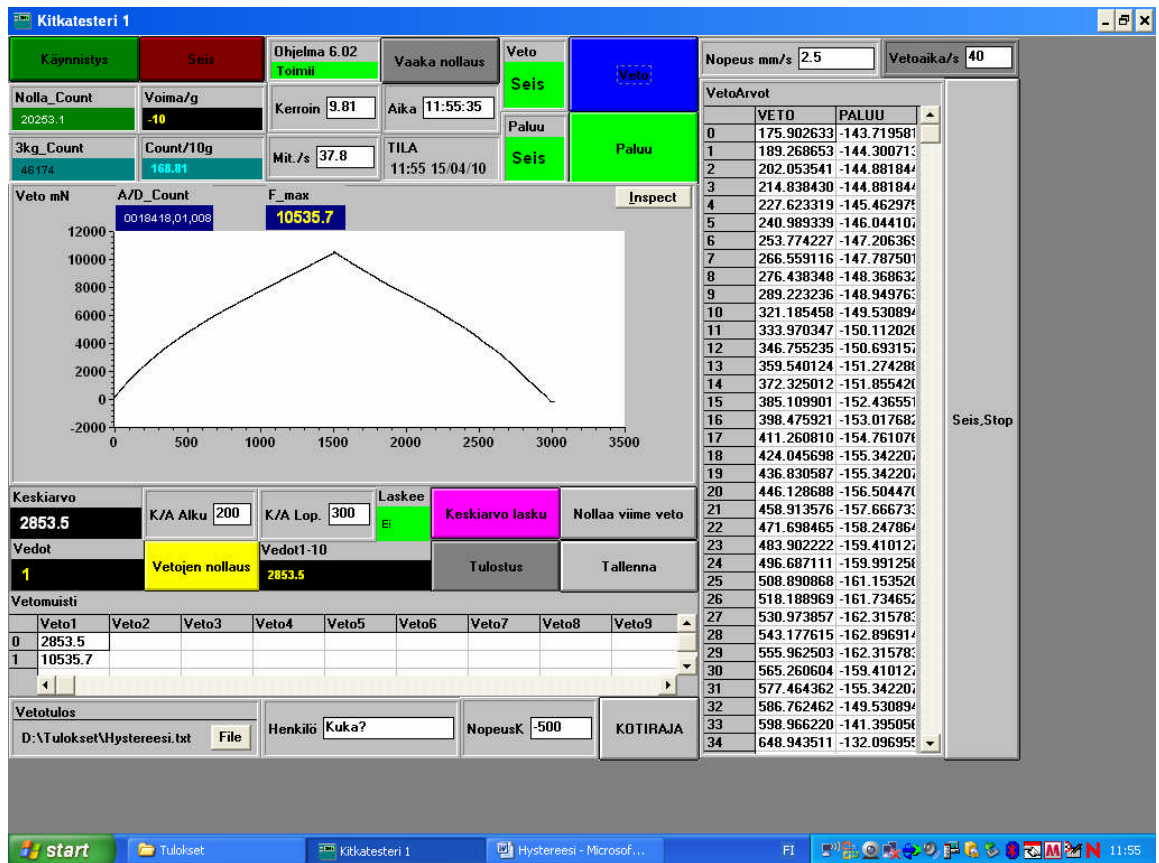
Kuva 16 Normaalijousien mittaus veto-paluu-ohjelmalla.



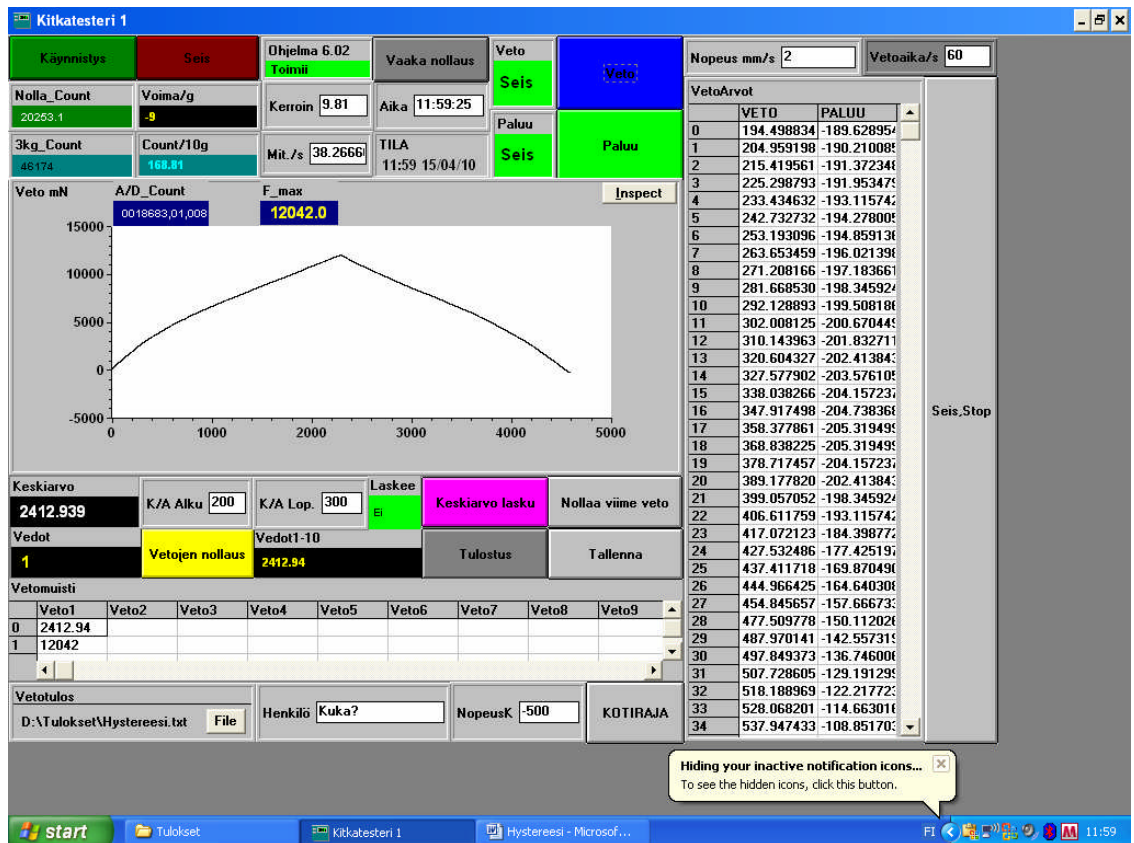
Kuva 17 Normaalijousi.

Tulos tallioituu tiedostoon, josta se voidaan siirtää numeerisena erilaisien ohjelmien käsiteltäviksi. Käytän tässä esimerkissä Excel-ohjelmaa.

Suoritimme kumin hystereesin mittauksen kuminauhoille. Kumin hystereesin testaus tapahtuu veto-paluu-ohjelmaversiolla (kuva 18 ja kuva 19). Tuloksista huomaamme, että kumilla on suuri hystereesi. Huomaamme myös, että kumi ei käyttäydy ideaalijousen tavoin. Vetotulos on S-käyrän muotoinen vedolla ja paluulla. Ohjelmassa on vetotuloksille 10 kpl muisti ja niiden keskiarvon laskenta. Tekemällä samalle kappaleelle useampi testi saadaan tuloksista laskettua keskiarvo. Tuloksista huomataan myös, jos kappaleeseen tulee pysyvää muutosta. Tämä voi tapahtua esimerkiksi kitkan synnyttämän lämmön vuoksi.

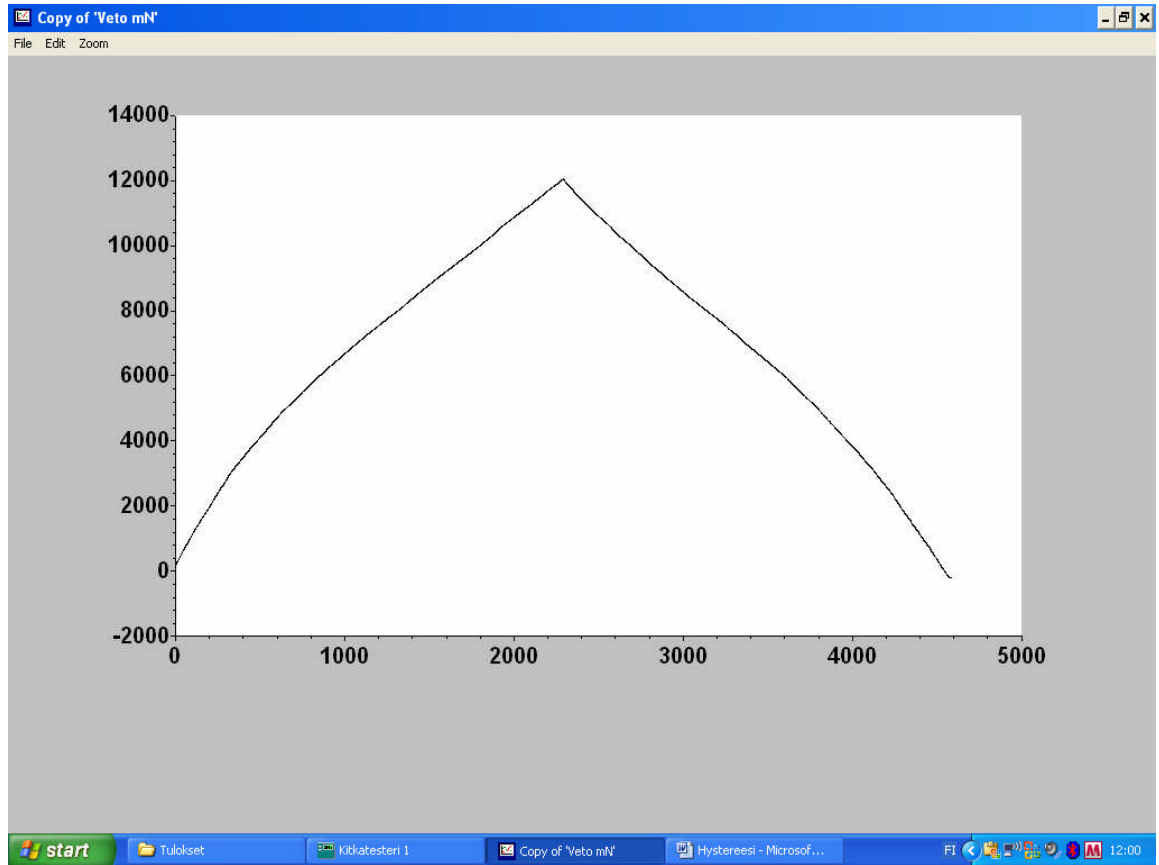


Kuva 18 Kuminauhan mittausta veto-paluu-ohjelmalla.



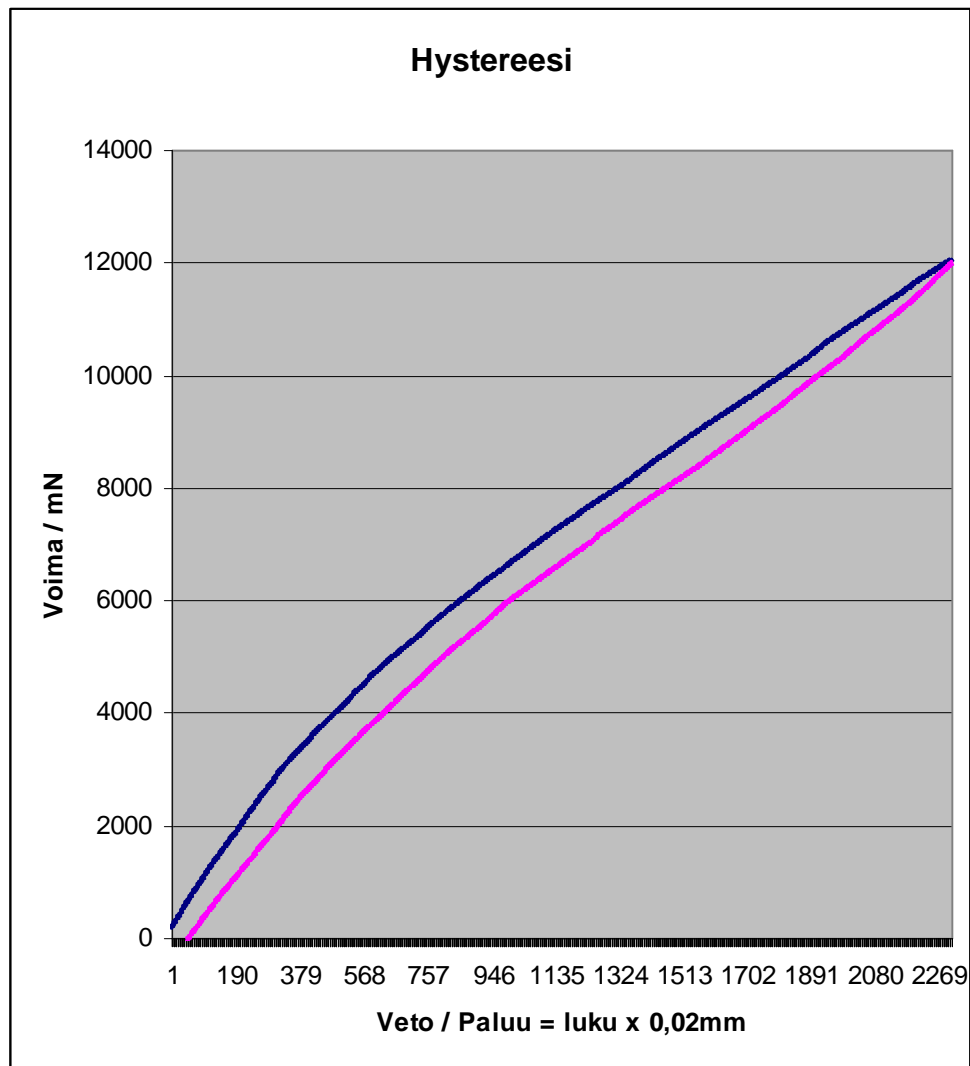
Kuva 19 Kuminauhan mittausta.

Suurensimme graafisen näytön omaan ikkunaan klikkaamalla Inspect-painiketta. Zoom-alasvedosta voidaan antaa suurennussuhde, Edit-alasvedosta editoida ja File-alasvedosta taltioida kuva (kuva 20)



Kuva 20 Suurennos.

Kuvassa 21 on tuloksen esitys Excel-taulukosta piirrettynä käyrästä.

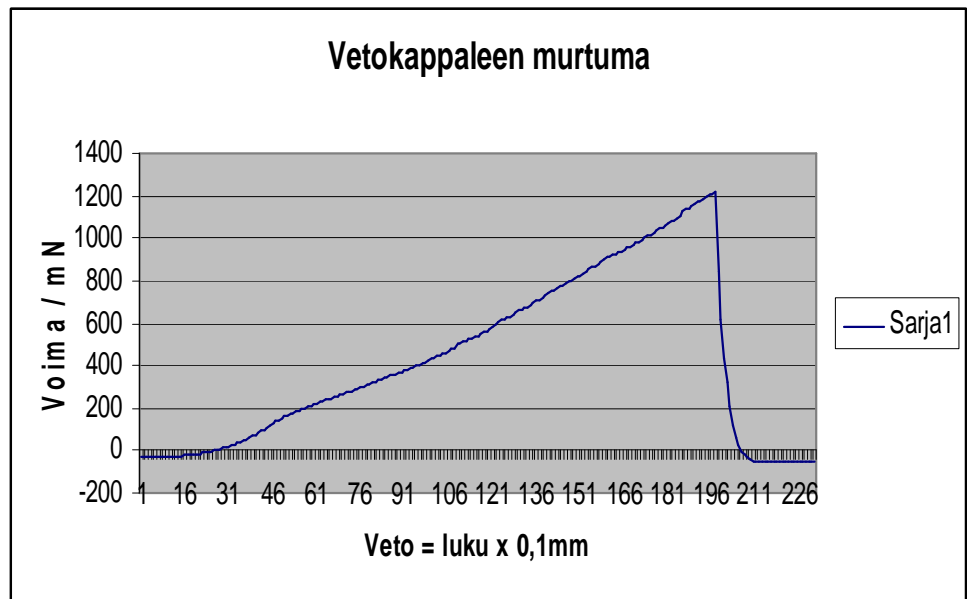


Kuva 21 Kumin hystereesikäyrä.

Hystereesi 600mN. Paluukohtan ero 400mN. Kumi on venynyt. Ajan myötä kumi palautuu hitaasti, mutta aina jää pysyvä muodonmuutos.

4.5 Murtolujuuden mittaaminen

Murtolujuus mitataan samalla tavalla kuin kitkanmittaus. Murtokohta näkyy aineen murtumisena tai katkeamisena. Tämä voi tapahtua myös äkillisesti (kuva 22). Murtuman jälkeen voima on nolla.



Kuva 22 Keramiikkapalan katkeaminen.

Kuvassa keramiikkapalan murtuma..

4.6 Hooken laki

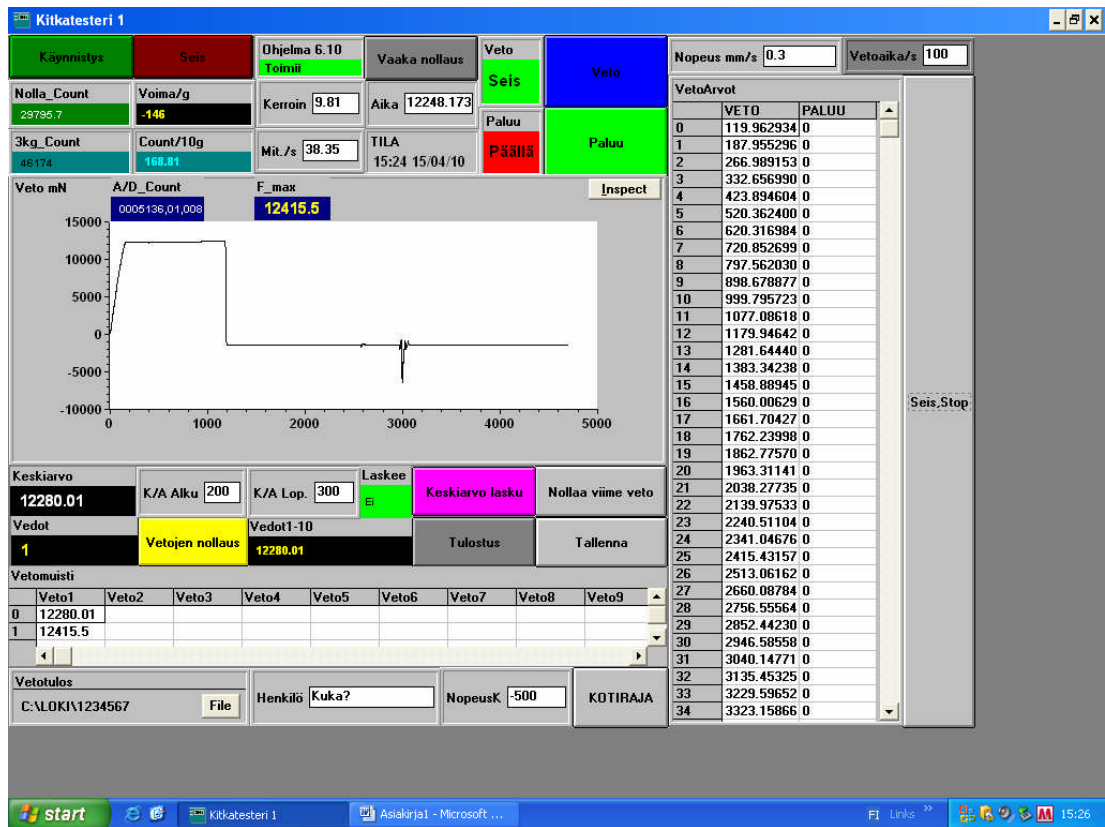
Mittaustuloksia:

Mittausmateriaali

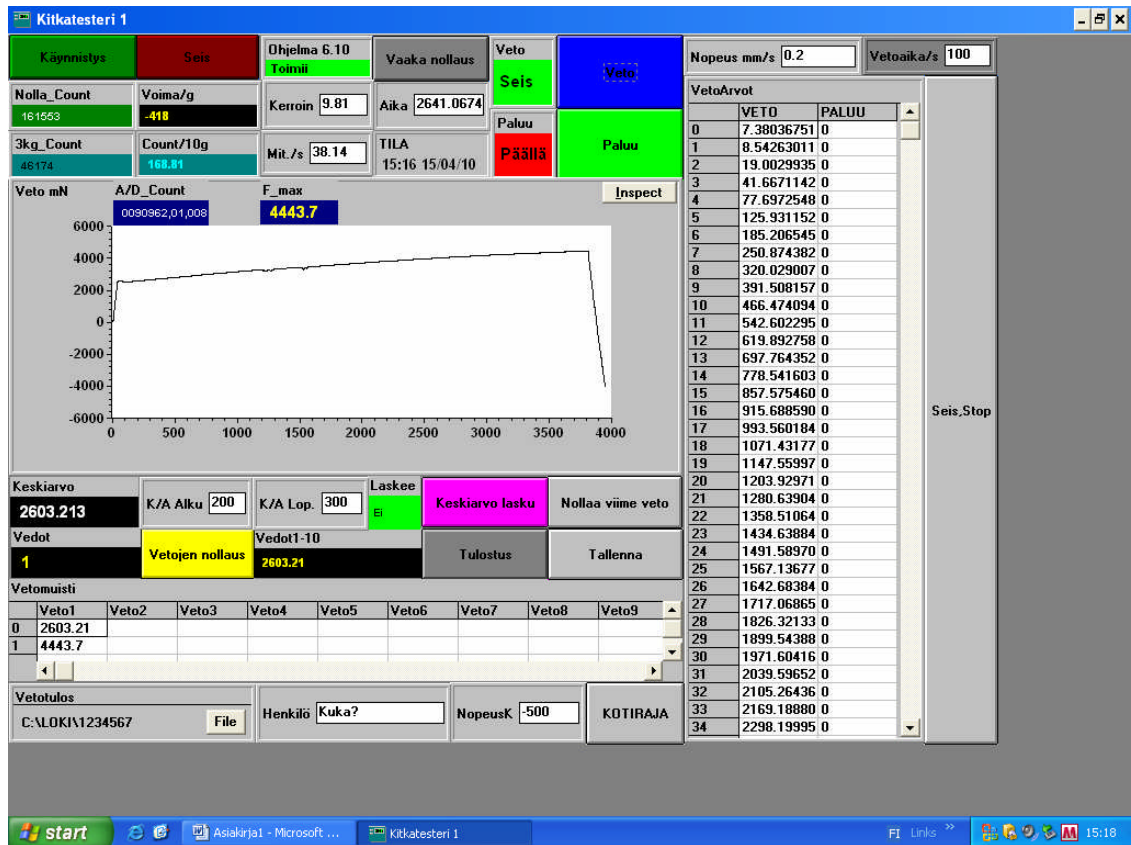
Sähkölanka

Mittasimme erilaisten sähkölankojen murtolujuuksia. (kuvat 23 – 27).

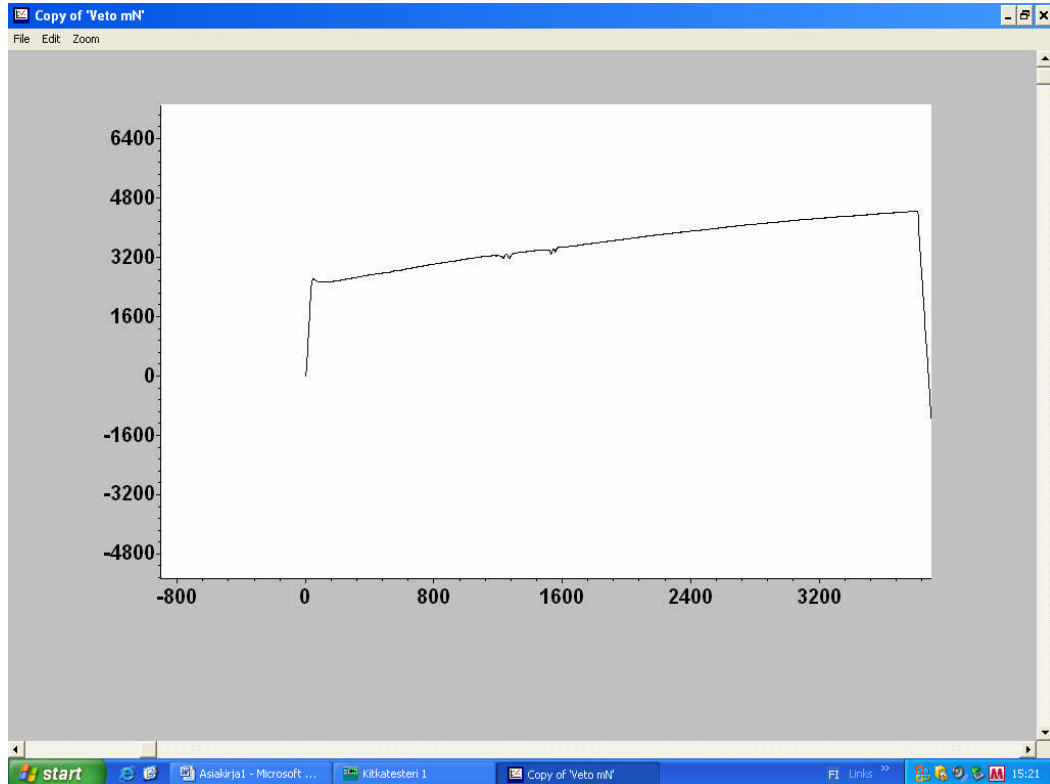
Mittaus1 (kuva 23).



Kuva 23 Langan katkeaminen

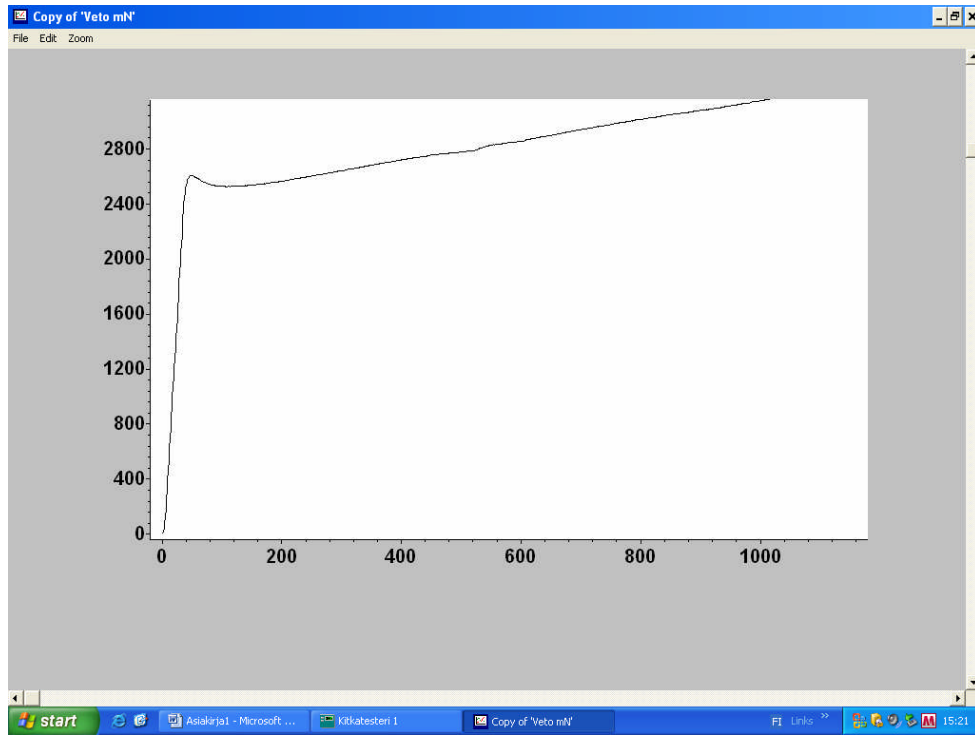


Kuva 24 Esijännitetty lanka.



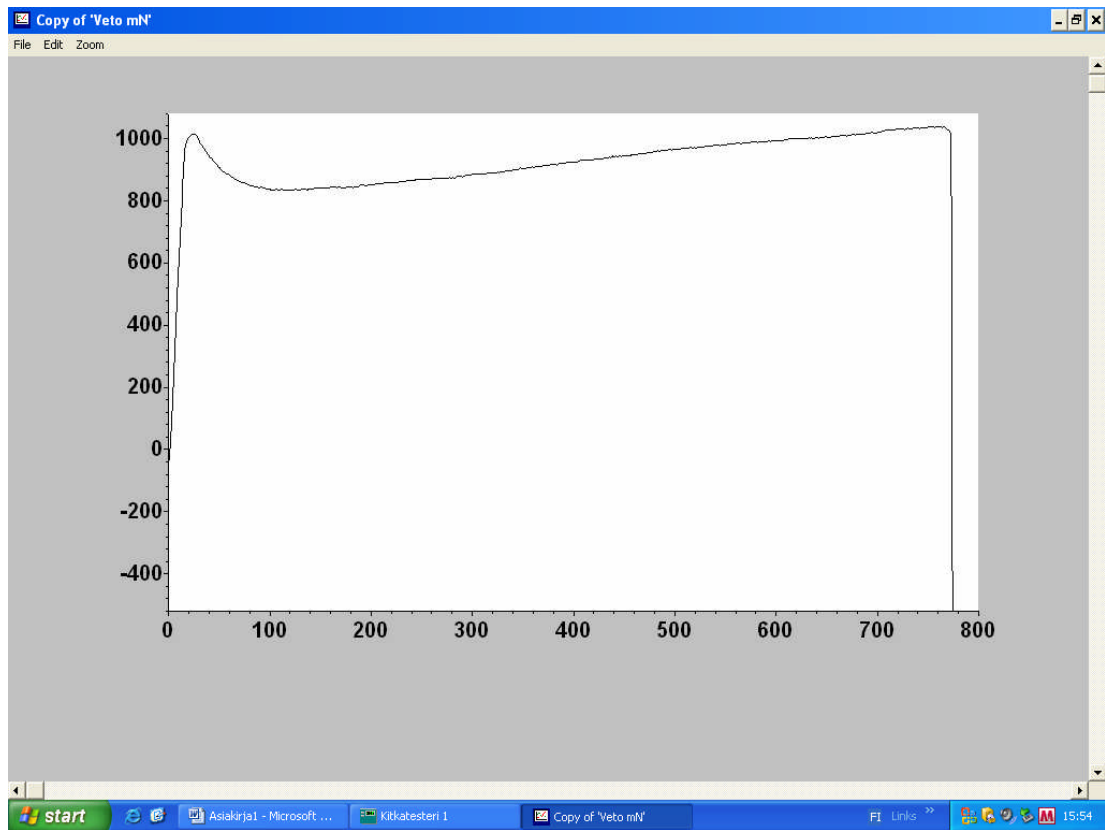
Kuva 25 Suurennos esijännitetyn langan katkeamisesta komennolla inspect.

Tarkennus ohjelman komennolla zoom kuvasta 24.



Kuva 26 Tarkennus komennolla zoom.

0,5mm sähkölanka on esijännitetty ja suoritettu nollaus. Saimme murtumiskohdan paremmin esille (kuva 27).



Kuva 27 tarkennus komennolla zoom.

Seuraavaksi kuvan 27 mittaustulos Excel-taulukkona (taulukko 3) ja Excel-käyrästönä esitettynä (kuva 28).

Taulukko 3. Kuvan 27 mittaustulos numeerisena taulukkona.

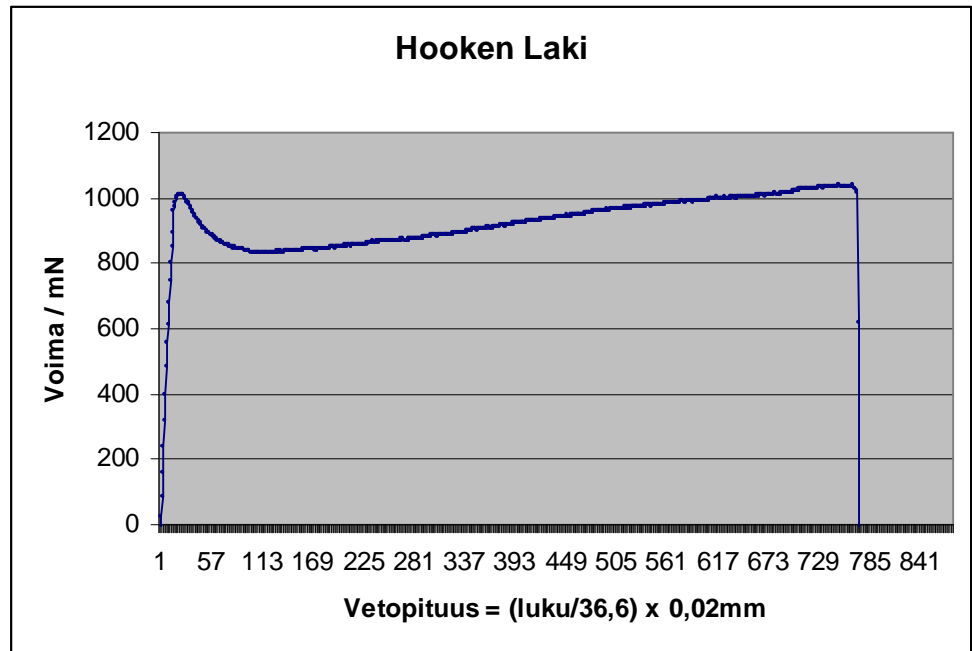
-50,60	1	907,11	51	836,21	101	839,11	151	851,90	201	867,01	251
-19,80	2	904,78	52	835,04	102	839,69	152	851,90	202	868,17	252
27,27	3	900,71	53	835,04	103	841,44	153	850,74	203	869,91	253
87,71	4	896,64	54	834,46	104	841,44	154	850,74	204	869,91	254
160,35	5	894,32	55	833,30	105	840,86	155	853,06	205	868,75	255
238,80	6	892,58	56	833,88	106	840,86	156	854,22	206	868,75	256
319,00	7	889,09	57	835,63	107	841,44	157	853,64	207	869,33	257
400,36	8	886,77	58	835,63	108	840,86	158	853,64	208	869,33	258
481,72	9	886,18	59	835,04	109	840,86	159	854,22	209	868,75	259
557,85	10	885,02	60	834,46	110	842,60	160	854,22	210	869,91	260
612,47	11	881,54	61	835,04	111	844,34	161	854,22	211	871,08	261
681,63	12	878,63	62	835,63	112	844,92	162	853,64	212	871,66	262
746,13	13	876,31	63	835,63	113	844,34	163	855,97	213	871,08	263
803,08	14	873,98	64	835,04	114	844,34	164	857,71	214	870,49	264
850,74	15	871,08	65	833,88	115	844,34	165	857,13	215	871,08	265
890,83	16	868,75	66	834,46	116	843,76	166	857,13	216	871,08	266
961,15	17	868,17	67	834,46	117	842,02	167	857,71	217	870,49	267
973,94	18	867,59	68	833,88	118	843,18	168	857,71	218	871,08	268
987,88	19	865,26	69	835,04	119	843,76	169	857,13	219	872,82	269
997,18	20	863,52	70	835,04	120	843,76	170	856,55	220	873,40	270
1 003,57	21	862,36	71	835,04	121	842,60	171	857,71	221	872,82	271

1 007,64	22	861,20	72	834,46	122	842,02	172	858,87	222	872,24	272
1 010,55	23	858,87	73	833,30	123	842,02	173	858,29	223	872,24	273
1 012,29	24	857,71	74	833,30	124	841,44	174	857,13	224	872,24	274
1 011,71	25	857,71	75	835,04	125	840,86	175	857,71	225	871,08	275
1 011,71	26	857,71	76	835,63	126	842,02	176	857,71	226	871,08	276
1 012,29	27	855,97	77	835,63	127	843,76	177	857,13	227	872,82	277
1 009,38	28	854,22	78	834,46	128	843,76	178	858,87	228	873,98	278
1 004,74	29	852,48	79	834,46	129	843,76	179	860,03	229	873,40	279
999,51	30	851,32	80	833,88	130	843,18	180	860,61	230	872,82	280
994,27	31	849,57	81	835,04	131	843,76	181	860,03	231	873,40	281
987,88	32	847,83	82	836,21	132	843,18	182	860,61	232	873,98	282
983,23	33	848,41	83	836,21	133	842,60	183	861,78	233	873,40	283
978,00	34	848,99	84	835,63	134	843,18	184	861,78	234	873,40	284
974,52	35	847,25	85	835,63	135	845,51	185	861,78	235	875,72	285
968,71	36	846,09	86	836,21	136	846,09	186	864,10	236	877,47	286
964,06	37	844,92	87	835,04	137	846,09	187	865,26	237	877,47	287
957,66	38	844,92	88	835,04	138	846,09	188	866,43	238	876,89	288
953,01	39	843,76	89	836,79	139	846,67	189	865,84	239	876,89	289
947,78	40	842,02	90	837,95	140	850,15	190	865,84	240	876,89	290
943,72	41	842,60	91	837,95	141	850,74	191	866,43	241	876,31	291
938,49	42	844,34	92	837,37	142	850,15	192	865,84	242	876,89	292
936,16	43	843,18	93	837,37	143	850,15	193	865,26	243	878,63	293
932,09	44	842,02	94	837,37	144	850,15	194	866,43	244	880,37	294
927,44	45	840,86	95	839,11	145	848,99	195	867,59	245	880,37	295
922,80	46	839,11	96	840,28	146	847,83	196	868,17	246	880,37	296
919,89	47	837,37	97	840,28	147	848,99	197	867,01	247	881,54	297
915,82	48	836,79	98	839,69	148	851,32	198	867,01	248	882,12	298
911,75	49	837,37	99	840,28	149	851,32	199	867,59	249	881,54	299
908,27	50	837,37	100	839,69	150	851,32	200	867,59	250	881,54	300

Koska mittauksia on erittäin paljon, taulukko tulisi aivan liian pitkäksi, joten loppu on

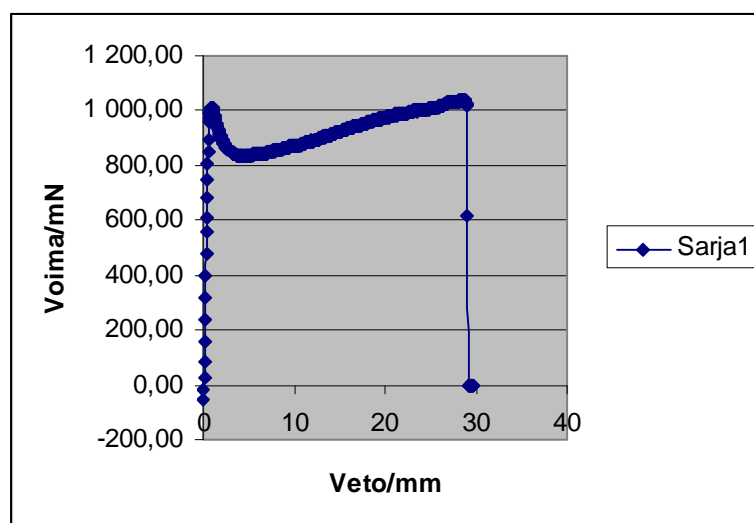
1 018,10 773 618,28 774 -1394,1 775 -3836,6 776

Suurin arvo 1037.8



Kuva 28 Hooken lain mukainen jännitysvenymäkäyrä.

Ohjelma laskee kuinka monta mittausta se pystyy tekemään sekunnissa. Ohjelma pyrkii maksimimittaustapahtumiin, jotta saataisiin mahdollisimman tarkka tulos. Tietokone oli kytketty verkkoon, jolloin keskeytyspalveluohjelmat varasivat eri aikoja muille ohjelmille. Tarkoissa mittauksissa PC ei ole kytketty verkkoon ja mitään muita ohjelmia ei saa toimia. Excel-taulukossa voi myös laskea arvojen perusteella vaaka-asteikkoon piteuden/mm (kuva 29).



Kuva 29 Asteikko millimetreinä.

5 YHTEENVETO

5.1 Yleisimmät käyttökohteet

Tehtaissa laitteiston käyttökohteita ovat tuotannon laadunvarmistus ja testaus. Esimerkiksi kaapelisarjoista otetaan summittainen näytekappale ja testataan. Suoritetaan kestävyys- ja taivutus- ja vetämissä, puristamalla ja johtokyvyn mittaamisella. Tällöin laitteistoon on kytketty sähkövastusmittari. Laitteisto on käytössä esimerkiksi eräässä sähkölaitteita valmistavassa yrityksessä, muovipulloja valmistavassa yrityksessä ja eräässä liimapaperia valmistavassa yrityksessä.

Laboratoriossa käyttökohteita ovat suunnittelu ja testausvaiheessa materiaalien koestuksessa.

Laitteisto on oppilaitoksissa käytössä fysikaalisten ilmiöiden havainnollistamisessa ja opetusvälineenä. Esimerkiksi laitteisto on käytössä Metropolia AMK:ssa Fysiikan laboratoriossa.

Valitettavasti kohdeasiakkaiden kanssa luodut liikesalaisuudet ja salassapitosopimukset estävät käyttökohteiden yksityiskohtaisemman esittelyn.

5.2 Tulevat käyttökohteet

Laitteistolle löytyy uusia käyttökohteita tulevaisuudessa usealta eri aloilta.

Laadunvarmistus ja valmistuksen suunnitelmallisuus lisääntyvät tulevaisuudessa. Siihen tarvitaan vertailevia mittauksia ja testejä.

Opinnäytetyö oli tavoitteisiin nähden hyvin onnistunut, koska tehtiin laite, jolla voi tutkia erilaisia fysikaalisia voimia.

VIITELUETTELO

[1] Suvanto Kari. Tekniikan Fysiikka 1. Edita Publishing Oy.

[2] Wikipedia. Kitka ja Hooken laki. [Verkkodokumentti, Viitattu 30.4.2010] Saatavissa:
<http://fi.wikipedia.org/wiki/Kitka>, http://fi.wikipedia.org/wiki/Hooken_laki

[3] Patentti ja rekisterihallitus. Patentit [Verkkodokumentti, Viitattu 30.4.2010, Liite1]. Saatavissa: <http://www.prh.fi/fi/patentit/julkaisut.html>

[4] Nestorel Oy. Mittauksia ajalla 30.10.2005 – 30.4.2010.

SUOMI - FINLAND

Hyödyllisyysmalli No 6972

PATENTTI- JA REKISTERIHALLITUS

on 10. päivänä toukokuuta 1991 hyödyllisyysmallioikeudesta annetun lain ja siihen myöhemmin tehtyjen muutosten perusteella tänään myöntänyt hyödyllisyysmallioikeuden tässä todistuksessa esitettyyn keksintöön.

Helsingissä 13.02.2006

Antti Juppala

Postopäällikkö

Certification of the Registration of a Utility Model Right granted by
the National Board of Patents and Registration of Finland.





SUOMI - FINLAND
(FI)

PATENTTI- JA REKISTERIHALLITUS
PATENT- OCH REGISTERSTYRELSEN

(12) **HYÖDYLLISYYSMALLIJULKAISU
NYTTIGHETSMODELLSKRIFT**

(11) **FI 6972**

(47) Rekisteröintipäivä - Registreringsdag **13.02.2006**

(51) Kv.lk. - Int.kl.

G01L 1/00 (2006.01)

G01L 1/18 (2006.01)

(21) Hakemuksen numero - Ansökningsnummer **U20050386**

(22) Hakemispäivä - Ansökningsdag **23.11.2005**

(24) Alkupäivä - Löpdag **23.11.2005**

(73) Haltija - Innehavare

1 •Nestorel Oy, Hakaniemenkatu 3 A 21, 00530 Helsinki, SUOMI - FINLAND, (FI)

(72) Keksijä - Uppfinnare

1 •Nieminen, Urho, c/o Nestorel Oy, Hakaniemenkatu 3 A 21, 00530 Helsinki, SUOMI - FINLAND, (FI)

(74) Asiamies - Ombud: Papula Oy
Mechelininkatu 1 a, 00180 Helsinki

(54) Keksinnön nimitys - Uppfinningens benämning

**Koestuslaitteisto
Provapparatur**

(57) Suojavaatimus - Skyddskrav

1. Koestuslaitteisto (1) koestettavan kohteen (2a, 2b, 12, 13) fyysikaalisten ominaisuuksien määrittämiseksi, johon laitteistoon kuuluu voimannmittauslaitte (3), tukikappale (4) ja tukivälilinet (8, 9) koestettavan kohteen tukemiseksi tukikappaleeseen ja voimannmittauslaitteeseen, **tunnettu** siitä, että koestuslaitteistoon kuuluu siirtovälilinet (5, 6, 7) tukikappaleen (4) liikuttamiseksi säädettävällä nopeudella ja haluttuun suuntaan suhteessa voimannmittauslaitteeseen (3) sekä ohjausjärjestelmä (10, 11) siirtovälilinetien ohjaamiseksi ja voimannmittauslaitteen mittaustietojen tallentamiseksi, johon ohjausjärjestelmään kuuluu tietokone (10) ja tietokoneeseen asennettu tietokoneohjelma tukikappaleen nopeuden ja suunnan säätämiseksi.

Lisäksi suojavaatimukset 2 - 5.

1. Provapparatur (1) för bestämmande av ett föremåls (2a, 2b, 12, 13) som skall testas fysikaliska egenskaper, till vilken apparatur hör en kraftmättningsanordning (3), ett stödstycke (4) och stödmedel (8, 9) för stödande av föremålet som skall testas vid stödstycket och kraftmättningsanordningen, **kännetecknad** därav, att till provapparaturen hör förskjutningsmedel (5, 6, 7) för förskjutande av stödstycket (4) med en reglerbar hastighet och i önskad riktning i förhållande till kraftmättningsanordningen (3) samt ett styrsystem (10, 11) för styrande av förskjutningsmedlen och sparande av kraftmättningsanordningens mätdata, till vilket styrsystem hör en datamaskin (10) och ett i datamaskinen installerat dataprogram för reglerande av stödstyckets hastighet och riktning.

Därtill skyddskraven 2 - 5.