

**S T A D I A**

HELSINGIN AMMATTIKORKEAKOULU

---

# Sähköpyörätuolin jalkaohjauslaite

## Tuotekehitysprojekti

Apuvälinetekniikan koulutusohjelma,  
apuvälineteknikko  
Opinnäytetyö  
30.10.2006

---

Juhamatti Tobiasson  
Matti Vanhanen



Koulutusohjelma		Suuntautumisvaihtoehto	
Apuvälinetekniikan koulutusohjelma		Apuvälineteknikko	
Tekijä/Tekijät			
Juhamatti Tobiasson ja Matti Vanhanen			
Työn nimi			
Sähköpyörätuolin jalkaohjauslaite; Tuotekehitysprojekti			
Työn laji	Aika	Sivumäärä	
Opinnäytetyö	Syksy 2006	15+7	
<p>TIIVISTELMÄ</p> <p>Opinnäytetyömme käsitti tuotekehitysprojektin, jossa suunnitelimme, kehitimme ja valmistimme jalkaohjauslaitteen sähköpyörätuoliin. Idea tuotekehitysprojektiin tuli Pasi Mäkirannalta. Tuotekehitysprojektin ideana oli kehittää parempi ja käytännöllisempi jalkaohjauslaite. Jalkaohjauslaitteen pienestä käyttäjäryhmästä johtuen markkinoilla on vain muutama versio jalkaohjauslaitteesta.</p> <p>Jaoin tuotekehitysprojektin neljään vaiheeseen: käynnistäminen, luonnostelu, kehittäminen ja viimeistely. Tämän selkeytetyn työvaihejaon koimme hyväksi pohjaksi tuotekehitysprojektille. Käynnistämävaiheessa keräsimme tarvittavaa tietoa jalkaohjauslaitteesta ja tutustuimme Pasi Mäkirannan kautta yhteen malliin. Teimme myös kehityskuvauksen, jolla hahmotimme itsellemme tuotekehitysprojektin kokonaisuutta. Luonnosteluvaiheessa mietimme vaihtoehtoisia ratkaisuja ja piirsimme useita luonnoksia. Halusimme painottaa laitteen suorituskykyä, huoltoa, turvallisuutta ja ulkonäköä. Kehittelyvaiheessa aloimme rakentamaan ensimmäistä prototyyppiä. Arvioimme ensimmäisen prototyypin heikkoudet ja ongelmat, joita pyrimme ratkaisemaan toista prototyyppiä rakennettaessa. Viimeistelyvaiheessa hiomme toisen prototyypin yksityiskohtia ja teimme kokoonpanokuvat ja rakennusohjeet.</p> <p>Tuotekehitysprojektissa jalkaohjauslaitetta rakentaessamme otimme huomioon myös seuraavia asioita: laitteen ergonomiset vaatimukset sekä pääkäyttäjryhmien ALS:n ja CP-oireyhtymän asettamat vaatimukset ohjainlaitteelta.</p> <p>Jalkaohjauslaite on tarkoitettu niille käyttäjille, joille jalkaohjain on soveltuvin ohjainmuoto sähköpyörätuoliin. Vaikka käyttäjäryhmä on pieni, on jalkaohjain käyttäjälleen tärkeä väline, joka mahdollistaa itsenäisen liikumisen ja auttaa selvytymään arjen toiminnoissa.</p> <p>Koimme vieneemme jalkaohjaimen tuotekehitysprojektia eteenpäin omalta osaltamme.</p>			
Avainsanat			
Jalkaohjauslaite, sähköpyörätuoli, tuotekehitys, ALS, CP, apuväline.			



Degree Programme in		Degree	
Degree Programme in Orthotist and Prosthetist		Orthotist and Prosthetist	
Author/Authors			
Juhamatti Tobiasson and Matti Vanhanen			
Title			
Foot control device for an electric wheelchair. Product Development Project.			
Type of Work	Date	Pages	
Final Project	Autumn 2006	15+7	
<p>ABSTRACT</p> <p>Our dissertation comprised a product development project, where we designed, developed and produced a Foot Control Hardware for an electric wheelchair. The request for the project came from Pasi Mäkiranta. The aim for the product development project was to develop a better and more functional device for foot control. Due to the narrow market for the device, there is only few versions of foot control available.</p> <p>We divided the development project into four stages: commencement, sketching, development and finishing. We felt this division was a helpful base for the project. During the commencing period we gathered data about a foot control device and familiarised ourselves with the existing model that Pasi Mäkiranta had. Furthermore we made drawings of the development process to give ourselves a conclusive idea of the development of the product. Once we had reached the sketching stage we considered several solutions and came up with various sketches. We wanted to highlight the performance, maintenance, safety and appearance of the device. During the development stage we started to build the first prototype. We evaluated the weaknesses and problems of the first prototype, which we aimed to eliminate whilst building the second prototype. In the finishing stage we perfected the details of the second prototype as we put together building sketches and instructions.</p> <p>In the process of developing the foot control device we also considered the following: ergonomical demands as well as restrictions set by the main user groups for the device, ALS and CP-organisations.</p> <p>Foot control hardware is meant for users to whom foot control is the most suitable control method for a wheelchair. Although the user group is narrow, foot control is a necessary device for its user as it enables independent mobilisation and allows its user to manage everyday tasks.</p> <p>We feel we did our share to take the foot control hardware project to the next level.</p>			
Keywords			
Foot Control hardware, electric wheelchair, product develo, ALS, CP, aid device.			

1. JOHDANTO	1
2. IDEAN SYNTYMINEN JA TAVOITTEET	1
3. SÄHKÖPYÖRÄTUOLI JA KÄYTTÄJÄRYHMÄT	2
3.1. Sähköpyörätuolin tekniset tiedot	2
3.2. Ohjauslaitteiden toimintaperiaatteet	2
3.3. Jalkaohjauslaite	2
3.4. Pääasialliset käyttäjäryhmät	3
3.4.1. ALS eli amyotrofinen lateraaliskleroosi	3
3.4.2. CP eli Cerebral Palsy	3
4. TUOTEKEHITYS	4
4.1. Tuotekehityksen työvaiheet	5
4.2. Ergonomian huomioiminen kehitystyössä	6
5. JALKAOHJAUSLAITTEEN KEHITYSPROSESSI	8
5.1. Käynnistäminen	8
5.2. Luonnostelu	9
5.3. Kehittely	10
5.4. Viimeistely	10
6. JALKAOHJAUSLAITTEEN RAKENTAMINEN	11
6.1. Ohjausmekanismi	11
6.2. Ensimmäinen prototyyppi	11
6.3. Runko	12
6.4. Ohjainsauva	13
POHDINTA	14
LÄHTEET	15
LIITTEET	

## 1. JOHDANTO

Opinnäytetyönä kehitimme jalkaohjauslaitteen sähköpyörätuoliin. Tarkoituksenamme oli kehittää työelämästä saatua tuotekehitysidea. Kehittämämme laitteen tarkoituksena oli mahdollistaa sähköpyörätuolin käyttö sellaisille asiakkaille, jotka eivät jonkin vamman tai sairauden vuoksi pysty käsiohjausta käyttämään.

Idea ohjauslaitteeseen syntyi koulutukseemme liittyneen harjoittelujakson yhteydessä, kun Pasi Mäkiranta ilmaisi tarpeen uudentlaiselle jalkaohjauslaitteelle. Aiempi kokemuksemme manuaali- ja sähköpyörätuolien kanssa työskentelystä herätti mielenkiintomme, joten otimme haasteen ja ainutlaatuisen mahdollisuuden vastaan mielenkiinnolla.

Tuotekehitysidean pohjalta suunnittelimme ja valmistimme ensimmäisen mallin, josta kävi ilmi laitteen koko ja toimintamekanismi. Jo tässä vaiheessa esiintyi ongelmia, joita pitkäjänteisesti yritimme ratkaista, jotta varsinainen tuote olisi mahdollisimman toimiva. Koetimme saada laitteesta sellaisen, että sitä olisi helppo valmistaa ja huoltaa ja halusimme myös tarjota idean antajalle hyvät valmiudet lähteä jatkamaan tuotteen kehittelyprosessia.

## 2. IDEAN SYNTYMINEN JA TAVOITTEET

Linkkinämme työelämään toimi Respecta Oy:n pyörätuolitoiminnasta vastannut Pasi Mäkiranta. Tuotteen suunnittelu- ja valmistusvaiheessa kävimme kehityskeskusteluja Pasi Mäkirannan kanssa ja vaihdoimme ajatuksia eri valmistusratkaisuista.

Opinnäytetyön idea syntyi harjoittelujaksolla. Teknisen asentajan Pasi Mäkirannan mukaan hänen aiemmin asentamassa ohjainversiossa on havaittu puutteita muun muassa sen käytettävyydessä ja koossa, joten uudella versiolla haimme helppokäyttöisempää ratkaisua sekä laitteen asentajan että sähköpyörätuolin käyttäjän kannalta. Saimme mekanismia koskien muutamia suuntaa antavia mahdollisuuksia, joiden perusteella aloimme ohjauslaitetta suunnitella.

Asetimme itsellemme tavoitteeksi kehittää jalkaohjain, jonka tulisi olla pieni, kestävä, kevyesti liikuteltava sekä tietysti aina turvallinen

### 3. SÄHKÖPYÖRÄTUOLI JA KÄYTTÄJÄRYHMÄT

#### 3.1. Sähköpyörätuolin tekniset tiedot

Sähköpyörätuoli voidaan karkeasti jakaa kuuteen eri osaan: selkäosa, istuinosa, runko, elektroniikka, moottori ja ohjainlaite. Jokaisella sähköpyörätuolin osa-alueella voidaan tehdä muutoksia, joilla parannetaan sähköpyörätuolin käytettävyyttä ja yksilöllistä sopivuutta. Opinnäytetyömme keskittyi uudenlaisen jalkaohjainlaitteen kehittämiseen apuvälineyritykselle.

#### 3.2. Ohjauslaitteiden toimintaperiaatteet

Sähköpyörätuolia voidaan ohjata kädellä, jalalla, päällä, leualla, puhaltamalla tai vaikkapa silmiä räpyttämällä. Kaikille näille ohjainlaitteille on yhteistä toimintaperiaate: asiakas pystyy hallitsemaan sähköpyörätuolia omilla tahdonalaisilla liikkeillään. Ohjain vie annetun käskyn elektroniikan kautta moottoreille ja mahdollistaa näin sähköpyörätuolin liikuttamisen. (Ham, Aldersea, Porter 1998: 244.)

#### 3.3. Jalcaohjauslaite

Jalcaohjain on yksi monista sähköpyörätuolin mahdollisista ohjausmenetelmistä. Käyttö perustuu jalan liikuttamiseen ohjaimen sijaitessa jalkapohjan alla. Liikkeet voivat olla yhdessä tai kahdessa tasossa. Rakentamamme laite perustuu yhden tason liikkeisiin, jolloin jalkaa liikutetaan horisontaalisessa tasossa eteen, taakse ja sivuille. Tämä liike kulkee sähköisenä tietona elektroniikkayksikköön, joka antaa käskyt sähköpyörätuolin moottoreille. Jalcaohjain voi olla jo markkinoilla oleva laite tai yksilöllisesti asiakkaan tarpeet huomioiden rakennettu (Ham ym. 1998: 244).

#### 3.4. Pääasialliset käyttäjäryhmät

Jalcaohjainlaitteen käyttäjäryhmä on maassamme hyvin marginaalinen. Alan yritykset myyvät sähköpyörätuoleja jalcaohjainlaitteella vain muutamia kappaleita vuodessa. (Mäkiranta 2005 ; Söderström 2005.)

Keskusteluissa apuvälinealan työntekijöiden Pasi Mäkirannan ja Tommy Söderströmin kanssa esille nousi kaksi jalcaohjauslaitteiden pääkäyttäjäryhmää, ALSia ja CP-oireyhtymää sairastavat.

### 3.4.1. ALS eli amyotrofinen lateraaliskleroosi

ALS on etenevä neurologinen sairaus, jossa liikehermosolut aivokuorelta, aivorungosta ja selkäytimestä tuhoutuvat. Sairaus johtaa tahdonalaisesti säädeltyjen lihasten vähittäiseen surkastumiseen lihassäikeen toisensa jälkeen jäädessä ilman hermotusta. Sairauden syy on vielä tuntematon, mutta noin 10%:ssa tapauksista sairaus on perinnöllinen. (Arola-Talvi 2002.)

Neurologian erikoislääkäri Sanna Arola-Talven mukaan ”ALSin keskeisiä oireita ovat raajojen ja lihaksiston heikkous ja lihaksiston surkastuminen, puhe- ja nielemisvaikeudet ja hengityksen vajavuus (Arola-Talvi 2002).” Oireet alkavat yleensä paikallisesti yhdestä tai kahdesta raajasta. Mikäli oireet alkavat yläraajoista, voidaan ALSia sairastavalle asiakkaalle suunnitella liikkumisen apuvälineeksi sähköpyörätuoli, jonka ohjaus tapahtuu jalkaohjainlaitteella. (Arola-Talvi 2002.)

ALS-sairauteen ei tällä hetkellä ole parantavaa hoitoa. Sairastumisen jälkeen keskimääräinen elinaika on 3-5 vuotta, noin 20% sairastuneista elää yli 5 vuotta. Lääkityksellä voidaan vain mahdollisesti pidentää elinikää muutamalla kuukaudella, joten hoidon painopiste on lääkityksen sijasta enemmän muissa tukitoimissa. ALS johtaa huomattavaan vammaisuuteen ja sen hoitoon kuuluvat sopeutumisvalmennus, neurologinen kuntoutus, apuvälineet ja kodinmuutostyöt. (Arola-Talvi 2002.)

### 3.4.2. CP eli Cerebral Palsy

Kirjainyhdistelmä CP on lyhenne englannin kielen sanoista Cerebral Palsy, joka tarkoittaa alkuaan aivohalvausta. Nykyään CP-vamma määritellään kehittyvien aivojen liikkeistä ja asennoista vastaavien keskuksien ja niiden yhteyksien kertavaurioksi, joka on syntynyt raskauden aikana tai varhaislapsuudessa (0-3v). Vuosittain Suomessa syntyy noin 130-140 lasta, joilla todetaan CP-vamma. CP ei ole yhtenäinen vamma, vaan oireyhtymä, jonka haitta-aste voi vaihdella vähäisistä toiminnan häiriöistä aina monivammaisuuteen asti. (Pälikkö 2006.)

CP-vamman eri muodot voidaan kliinisten oireiden perusteella luokitella kolmeen eri ryhmään. Ensimmäisen ryhmän spastisissa muodoissa lihasjännitys, eli tonus on kohonnut. Diplegiassa alaraajat ovat vaikeammin spastiset kuin yläraajat ja tetraplegiassa kaikki raajat ovat spastiset. Toisen ryhmän dyskineettisissä muodoissa tonus taas vaihtelee. Lihakset ovat ajoittain veltot ja ajoittain liikaa jännittyneet. Atetosisissa pakkoliikkeet ovat nopeita ja tahattomia liikkeitä, päässä, raajoissa ja vartalossa. Kolmannen ryhmän ataktisissa muodoissa on tasapainovaikeuksia ja liikkeiden hallinta on huonoa. (Pälikkö 2006; Viitapohja 2005.)

CP-vammaliiton www-sivuilla Sini Pälikkö toteaa CP-vammaan liittyvän noin 80%:lla jokin liitännäisvamma. Yleisin näistä liitännäisvammoista on puhevamma. Muita liitännäisvammoja voivat olla

silmäsairaudet (esim. karsastus), huono tuntoaistimus, häiriintynyt raajojen asentotunto ja hahmotushäiriöt jotka liittyvät näköön tai kuuloon. ( Pälkkö 2006.)

CP-vammaisista ihmisistä vain harvoille soveltuu sähköpyörätuoliin jalkaohjain. Jos käyttäjällä on vahvasti spastiset alaraajat tai alaraajoissa ilmenee atetoosia, ei jalkaohjausta edes harkita. CP-vammaisuutta on kuitenkin monenlaista, ja niille käyttäjille, joilla ilmenee ongelmia yläraajojen kanssa, mutta joilla alaraajoissa on riittävästi toimintaa, voidaan jalkaohjausta pitää vartenotettavana vaihtoehtona sähköpyörätuoliin. Jalkaohjain voi helpottaa käyttäjän liikkumista jokapäiväisessä elämässä. Se mahdollistaa yhdessä kuntoutuksen kanssa pääsyn yli haastavista tilanteista (esimerkiksi itsenäinen liikkuminen) sekä johdattaa aktiiviseen ja mielekkääseen elämään. (Ham ym. 1998: 119-120.)

#### 4. TUOTEKEHITYS

Perinteisesti tuotekehitysprosessin ytimenä on pidetty tuotteen teknisten spesifikaatioiden määrittelyä. Se kytkee tuotteen toiminnalliset käyttöominaisuudet ja tekniset ratkaisut toisiinsa. Kun määrittely on tehty hyvin, teknologia leviää omalla painollaan koulutuksen tukemana käyttöön. (Miettinen – Hyysalo – Lehenkari – Hasu 2003: 28.)

Tuotekehityksen alkuvaiheessa on syytä pohtia, mitkä osat kehityksestä tehdään itse ja mitkä hankitaan yhteistyökumppaneilta. Tällöin korostuvat erilaiset yhteistyösopimukset, jotka tulee laatia ennen yhteistyön aloittamista. Meillä näitä yhteistyösopimuksia ei ollut. Jokaisen kehitystyön yhteydessä tulee myös pohtia mahdollisen suojauksen tarvetta ja laajuutta. Kaikkea kehitystyötä ei aina ole järkevää suojata, joten annoimme asian olla. (Tuotekehitys 2006.)

Tämän päivän tuotekehityksessä aivan uuteen arvoon on noussut muotoilu, jonka avulla yritykset hakevat uusia kilpailuetuja markkinoilla. Tuotetta suunniteltaessa otimme tämän asian tosissamme. Pyrimme muotoilun osalta sellaiseen ratkaisuun, joka olisi muodoiltaan esteettinen ja jos mahdollista, myös mahdollisimman huomaamaton. Yleensä sähköpyörätuoliasiakkaat pitävät pienistä ja huomaamattomista ohjauslaitteista ja lisävarusteista. Sähköpyörätuolin käyttäjä ei halua erottua muista esim. räikeällä sähköpyörätuolin värityksellä. (Tuotekehitys 2006.)



#### 4.1 Tuotekehityksen työvaiheet

Opinnäytetyössämme jaoin tuotekehityshankkeen neljään toimintavaiheeseen: käynnistäminen, luonnostelu, kehittäminen, viimeistely. Tämä jako selkeytti käsitystämme tuotekehityshankkeesta ja mahdollisti jäsennellyn lähestymisen aiheeseen. (Jokinen 2001: 14.)

Uuden tuotekehitysprojektin käynnistämisen perusedellytyksenä on, että tuotteelle on olemassa tarve ja että on olemassa myös mielikuva tuotteen toteuttamismahdollisuudesta. (Jokinen 2001 : 14, 17). Tätä toteamusta pidimme opinnäytetyömme vankkana pohjana, joka antoi hyvän perustan tuotekehityshankkeellemme. Tarve tuotteelle tuli nimenomaan yritysmaailmasta ja käsityksen tuotteen toteuttamismahdollisuuksista saimme jo pienen pohdiskelun jälkeen. Oikeiden tuotekehityshankkeiden käynnistäminen onkin yritykselle tärkeää.

Tuoteideoiden etsimisessä tulisi selvittää ne yrityksen tuotealueet, joissa yritys on vahvoilla. Jalkaohjauslaitteen tuoteideasta jatkoimme laatimalla kehitysehdotuksen. Kehitysehdotuksessa oli kehitettävän tuotteen kuvaus, tiedot teknisistä ja taloudellisista vaatimuksista, käytettävissä oleva kehityspanos ja aikataulu. (Jokinen 2001: 20, 21.)

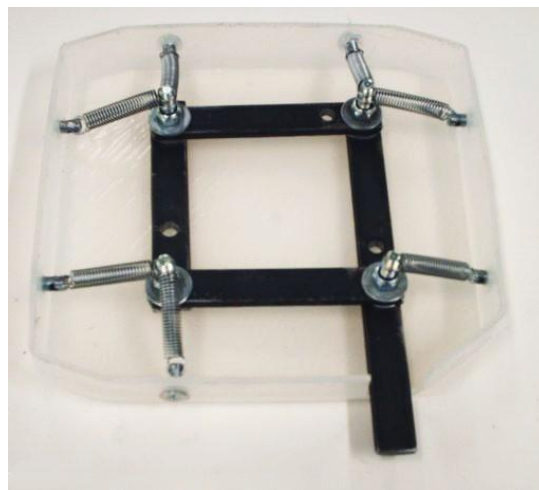
Luonnosteluvaiheessa tarkoituksena on etsiä vaihtoehtoisia luonnoksia kehitettävälle tuotteelle. Tässä vaiheessa luonnokset ovat käsin piirrettyjä ja suuntaa antavia, eivät liian yksityiskohtaisia. Luonnosteluvaiheessa pyritään luovaan ratkaisukeskeiseen ajatteluun. Ratkaisun yleinen kulku on seuraavanlainen: ongelman havaitseminen, asiantietojen hankinta ja ongelman analysointi, vaatimusten ja tavoitteiden laatiminen, ratkaisuideoiden etsiminen, ideoiden karsiminen ja arvostelu, valittujen ratkaisujen testaus sekä lopullisen päätöksen tekeminen (Jokinen 2001: 21). Luonnosteluvaiheessa jouduimme keskittymään paljon laitteen ongelmiin ja etsimään ongelmille ratkaisuja. Jouduimme testaamaan eri ratkaisuja pitääksemme laitteen mahdollisimman litteänä. Luonnosteluvaihe päättyy lupaavimman luonnoksen valintaan, joka sitten suunnitellaan yksityiskohtia myöten tuotteeksi. (Jokinen 2001: 21.)  
(LIITE 2)

Kehittelyvaiheessa suunnitellaan tuotteen yksityiskohdat teknis-taloudellisten vaateiden mukaan. Tässä vaiheessa kävimme läpi tuotteelle asetetut tavoitteet, kuten mittavaatimukset, toiminnalliset vaatimukset ja raaka-ainevaatimukset.

Viimeistelyvaiheessa kehitellystä konstruktiosta tehdään työpiirrustukset, työselitykset, asennus- ja käyttöohjeet ym. Viimeistelyvaiheessa päätetään lopullisesti raaka-aineet, valmistustavat, toleranssit yms. ja laaditaan kokoonpanokuvat ja vastaavat osaluettelot. Halvoista laitteista tehdään prototyypit, kalliista laitteista niitä ei ole mahdollista tehdä. Prototyypivaihe sisältää prototyypin suunnittelun, valmistuksen, testauksen sekä tulosten analysoinnin ja suunnitelmien tarkastamisen. (Jokinen 2001: 98.) Valmistimme kaksi prototyyppeä. Ensimmäisessä prototyypissä ilmeni materiaaliongelmiä ja erityisesti mekanismin jousitusongelmia. (KUVA 1) Nämä ongelmat korjaantuivat toisen prototyypin valmistuessa.

#### 4.2. Ergonomian huomioiminen kehitystyössä

Tapani Jokisen (Jokinen 2001) mukaan ergonomia on teknisen ympäristön muokkaamista sopivaksi ihmiselle. Ergonomian piiriin kuuluvat toimet, jotka tähtäävät ihmisen fyysisen ja henkisen elämän helpottamiseen ja tasapainottamiseen. Laitteen kehittämisessä ergonomiset näkökohdat merkitsevät sitä enemmän, mitä kauemmin ihminen laitetta yhtäjaksoisesti käyttää. Jalkaohjauslaite voi olla asiakkaalla käytössä koko päivän, aamusta iltaan. Tämä asettaa ergonomiset ratkaisut tärkeään asemaan ohjauslaitetta suunniteltaessa. (Jokinen 2001: 114.)



*KUVA 1: Ensimmäinen jousikokeilu*

Ergonomisen suunnittelun perusta on ihmisen toiminnan, elimistön ja käyttäytymisen lainalaisuuksien tunteminen. Suunnittelussa voidaan käyttää käyttäjakeskeistä suunnittelumallia, jossa perehdytään jo tuotekehitysprosessin alussa käyttäjiin ja tehtäviin (Väyrynen- Nevala - Päivinen 2004: 28). Ergonomiaa pidetään poikkitieteellisenä. Sen perustieteitä ovat fysiologia, psykologia, tekniikka ja myös sosiologia sekä lääketiede. Muotoilu ja ergonomia kulkevat käsi kädessä. Myös muotoilun tavoitteena on tehdä laitteista ihmiselle sopivia ja käytännöllisiä. (Jokinen 2001:114.)

Tapani Jokinen (2001) mainitsee ergonomisessa suunnittelussa huomioonotettavaksi asioiksi muun muassa ihmisen mitat, raajojen edullisimmat liikeradat ja lihasvoiman suuruus. Ihmisen mitat noudattavat useimmiten normaalijakaumaa. Ihmiset eivät kuitenkaan ole geometrisesti yhdenmuotoisia, vaan kehon eri osien pituudet ovat toisistaan riippumattomia. Näin normaalimittaisella ihmisellä voi olla esimerkiksi pitkät reidet tai sääret. Tästä syystä kaikki mitat on otettava asiakkaalta tai erikseen tarkistettava. Säättömahdollisuuksien mitoituksessa tavallisesti ihmisten mittojen normaalijakauma peittää 5...95 %:n alueen. (Jokinen 2001: 115.)

Ergonomisessa suunnittelussa on otettava huomioon ihmisen mitoista ja havaintokentästä seuraavat seikat:

- Raajojen antamat liikemahdollisuudet. Rasituksen vähentämiseksi käytettävä noin puolta suurimmasta mahdollisesta ulottuvuudesta. Huomioon otetaan lisäksi edullisimmat liikesuunnat.
- Sormien, käsien ja jalkojen jne. kehittämät lihasvoimat. Vaadittava lihasvoima ei saa olla liian suuri, mutta ei liian pienikään.
- Ihminen tekee kuten on tottunut tekemään. Yleistä on esimerkiksi, että kuumavesihana on vasemmalla ja kylmä oikealla puolella. Suunnittelussa tämä on otettava huomioon, jottei aiheutettaisi turhaan tapaturmariskiä käyttäjälle. (Jokinen 2001: 116)

Ihmisen ja koneen muodostamia järjestelmiä on kahta perustyyppiä:

- Ihminen ohjaa konetta, esimerkiksi sähköpyörätuolia. Tässä tilanteessa ihminen on jatkuvasti sidottuna tehtäväänsä. Ergonomisessa suunnittelussa otetaan tällöin huomioon ohjauslaitteen ja sähköpyörätuolin dynaamiset ominaisuudet, viiveen on oltava ihmiselle sopiva.
- Ihminen toimii koneen valvojana, esimerkiksi paperitehtaalla. Tällöin ohjaus tapahtuu ajoittaisesti ja on tärkeää ottaa huomioon organisointiin liittyvät ongelmat. (Jokinen 2001: 117.)

Jalkaohjaimen tartuntapinnan muotoilu on valittava ergonomisesti. Pinnan tulee olla hieman tahmea, mutta sellainen joka tarvittaessa sallii jalan nopean irrottamisen jalkaohjauslaitteesta. Ohjauslaitteen herkkyydelle on olemassa optimaalinen alue. Jos ohjauslaite on liian herkkä, ovat ohjausliikkeet helposti liian suuria. Kovin jäykkätoimintainen ohjauslaite puolestaan rasittaa fyysisesti. Tietyt jalkojen liikkeet, kuten symmetriset kaarevat liikkeet ovat ihmiselle luontaisia ja muita liikeratoja edullisempia. Jalkaohjauslaitteen liikkeet on yksinkertaistettu ja ne tapahtuvat vain yhdessä tasossa. (Jokinen 2001:114-121.)

## 5. JALKAOHJAINLAITTEEN KEHITYSPROSESSI

### 5.1. Käynnistäminen

Tuotekehitysprojektin käynnistyminen tapahtui syksyllä 2005, kun Pasi Mäkirannalta tuli pyyntö mahdolliseen tuotekehitysprojektiin. Otimme haasteen vastaan ja käynnistimme tuotekehitysprojektin. Tapani Jokisen (2001) esittämät tuotekehityksen perusedellytykset ovat tarve ja toteuttamismahdollisuus. Totesimme näiden perusedellytysten olevan olemassa tässä tuotekehitysprojektissa. Arviomme, että uuden version kehittämiseen ja valmistamiseen vaadittavat puitteet olisivat riittävät koululamme.

Käytimme koko syksyn aikaa kerätäksemme tarvittavat tiedot jalkaohjauslaitteesta. Kävimme Pasi Mäkirannan luona tutustumassa käytössä olevaan versioon jalkaohjauslaitteesta. Analysoimme yhdessä Pasi Mäkirannan kanssa laitteen hyvät ja huonot puolet, ja selvitimme mistä johtui, että uudelle laitteelle oli tarvetta. Päätimme yhdessä Pasi Mäkirannan kanssa mistä raaka-aineista tuleva laite pyrittäisiin valmistamaan. Käyttäisimme koulun tiloja laitteen valmistamiseen. (KUVA 2)

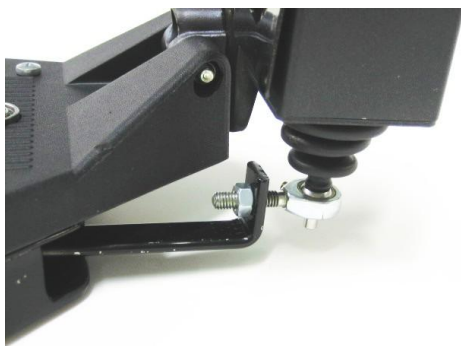


*KUVA 2: Osat aloitusvaiheessa*

Seuraavaksi laadimme saamastamme tuoteideasta kehityskuvauksen itseämme varten. Tällä pyrimme lähinnä kartoittamaan tilannetta ja saamaan paremman kuvan kokonaisuudesta. Ajattelimme, että opinnäytetyön tässä vaiheessa olisi tärkeää pyrkiä hahmottamaan kokonaiskuva. Kehityskuvauksessamme kuvasimme kehitettävää tuotetta, mietimme teknisiä vaatimuksia ja oman työpanoksemme suuruutta sekä listasimme alustavaa aikataulua (LIITE 2).

## 5.2. Luonnostelu

Luonnosteluvaiheessa keväällä 2006 pidimme aivoriihen koulun tiloissa. Mietimme vaihtoehtoisia ratkaisuja ja piirsimme useita luonnoksia. Luonnokset eivät olleet kovin yksityiskohtaisia mittakaavapiirustuksia. Kuvat pikemminkin selvensivät ajatuksiamme ja ratkaisuehdotuksiamme. Mieltämme askarrutti se, miten saisimme mekanismin toimimaan mahdollisimman pienessä tilassa ja miten saisimme yhdistettyä mekanismin ja ohjainsauvan (KUVA 3) mielekkäällä ja käytännöllisellä tavalla. Pohdimme myös, kuinka jousittaisimme mekanismin ja miten liukuva ohjainlevy kiinnitettäisiin mekanismiin. Pyrimme luonnosteluvaiheessa käyttämään ratkaisujen tekemisessä loogista ajattelua. Ongelmiin piti löytää käytännöllinen ja helppo ratkaisu. Teimme muutamia jalkaohjaimen osia muovista, jotta pääsimme kokeilemaan ratkaisuvaihtoehtojamme.



*KUVA 3: Mekanismin yhdistäminen ohjainsauvaan*

Koimme luonnosteluvaiheen haastavana ja aikaavievänä prosessina. Vasta rakentaessamme ideoiden pohjalta malleja huomasimme monet ideat epäkäytännöllisiksi ja käytännössä mahdottomiksi. Koimme myös onnistuneemme joissain ideoissa. Luovan idean onnistunut muokkaaminen käytännölliseksi ja toimivaksi ratkaisuksi antoi paljon lisäpontta luonnosvaiheen loppuunsaattamiseen.

Luonnosvaiheessa otimme muutaman tavoitteen, joita halusimme tietoisesti jo luonnosvaiheessa painottaa. Tapani Jokisen (2001, 29) esittämistä kohteista päätimme painottaa seuraavia:

- Suorituskykyä. Oli tärkeää, että kehitteillä olevaa jalkaohjainta olisi helpompi ohjata ja että se vaatisi käyttäjältä vähemmän koordinaatiotaitoa ja lihasvoimaa.
- Huoltoa. Laitteen tulisi olla helposti huollettavissa ja osat vaivatta saatavissa.
- Turvallisuutta. Laitteen tulisi olla turvallinen käyttäjälleen.

- Ulkonäköä. Laitteen tulisi olla ulkonäöltään siisti ja huomaamaton, muotoilun pehmeää ja silmämiellyttävää.

Keväällä 2006 saimme suunnitteluvaiheen päätökseen. Olimme testanneet ja arvioineet eri ratkaisuluonnoksia ja valinneet millaisen prototyypin valmistaisimme.

### 5.3. Kehittely

Loppukeväästä 2006 aloimme rakentaa ensimmäistä prototyyppiä. Käytimme apunamme piirustuksia (LIITE 2), jotka olivat hieman yksityiskohtaisempia kuin ne, jotka olimme tehneet luonnosteluvaiheessa.

Ensimmäisessä prototyypissä ilmeni kuitenkin niin paljon epäkohtia, että päätimme tehdä kokonaan uuden prototyypin. Emme olleet tyytyväisiä ensimmäisen prototyypin kaikkiin materiaaleihin ja mekaniikassakin ilmeni heikkouksia. Teimme uusia piirustuksia ja niiden pohjalta aloimme tehdä uutta prototyyppiä. Arvioimme mitkä kohdat olivat heikkoja ensimmäisessä prototyypissä ja ideoimme niihin uusia ratkaisumalleja. Testasimme ratkaisumalleja ja uusia materiaaleja uutta prototyyppiä varten.

### 5.4. Viimeistely

Kesällä 2006 alkoi prosessimme viimeistelyvaihe. Toisen prototyypin valmistus oli alkanut ja suurin osa ajastamme kului sen valmistamiseen. Prototyypin yksityiskohtien viimeistely oli hidasta ja aikaavievää puuhaa. Jokainen osa oli mietittävä tarkkaan. Olimme hankkineet raaka-aineita, etenkin ruostumatonta terästä, jota tarvitsimme paljon. Prototyypin valmistuminen venyi ja jäimme usean viikon jälkeen aikataulustamme. Ajattelimme kuitenkin, että tärkeintä oli saada toimiva tuote, vaikka aikataulu venyisikin.

Viimeistelyvaiheeseen kuuluivat kokoonpanokuvat (LIITE 1), joita teimme syksyllä 2006. Kokoonpanokuvat ovat tärkeitä, koska ne mahdollistavat jalkaohjauslaitteen mahdollisen jatkovalmistuksen. Valmistimme myös asennusohjeet.

Viimeistelyvaihe tuntui prosessimme mielenkiintoisimmalta, joskin raskaimmalta vaiheelta. Aikaavievä rakentelu ja pohdinta oli raskasta, mutta työ tekijänsä palkitsee. Olimme viimeistelyvaiheen loputtua tyytyväisiä aikaansaannokseemme. Jalkaohjauslaitteen kehitys oli osoittautunut luultua monimutkaisemmaksi ja raskaammaksi projektiksi, mutta saimme silti projektin toteutettua .

## 6. JALKAOHJAUSLAITTEEN RAKENTAMINEN

### 6.1. Ohjausmekanismi

Ohjauslaitteen suunnittelun aloitimme kartoittamalla erilaisia mahdollisia mekanismivaihtoehtoja. Tärkeää oli saada kevyesti toimiva mekanismi, joka yhdistäisi ohjauslevyn liikkeen ohjausyksikköön. Pasi Mäkirannalta saatua ajatusta aloimme jalostaa aluksi paperilla siten, että laite voisi olla mekaanisesti mahdollisimman toimiva. Aluksi aloimme rakentaa mekanismeamia mahdollisimman kevyestiyöstettävistä materiaaleista nähdäksemme, miten mekanismi todellisuudessa toimii. Varsinaiseksi materiaaliksi valitsimme ruostumattoman teräksen, kuten kaikkiin ohjauslaitteen muihinkin metalliosiin. Tällä haimme laitteelle pitkää käyttöikää ja kestävyyttä kovaan kulutukseen. (KUVA 4)



*KUVA 4: Mekanismi ja kotelo*

### 6.2. Ensimmäinen prototyyppi

Pitkään mekanismeamia hauduteltuamme jatkoimme prosessia suunnittelemalla mekanismille kotelon ja miettimällä, miten sen yhdistäisimme sähköpyörätuolin jalkalautaan. Tässä yhteydessä valmistimme useita erilaisia kotelomalleja, joista näimme, minkä muotoinen ja kokoinen kotelon tulisi olla, jotta mekanismi mahtuisi liikkumaan helposti. (KUVA 5) Ensimmäiset mallit valmistimme muovista, koska sitä oli helppo käsitellä ja nopea muokata.



*KUVA 5: Ensimmäinen kotelomalli*

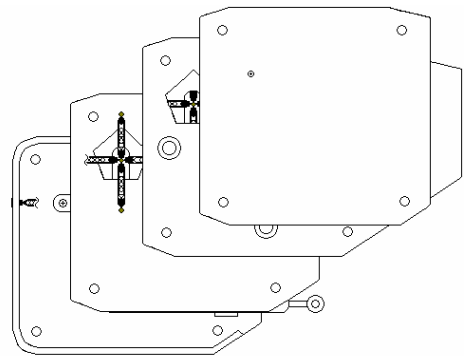
Ensimmäisen varsinaisen prototyypin valmistimme pellistä, muovista ja lattaraudasta. (KUVA 6) Ensimmäisen prototyypin avulla selvitimme sekä ohjausmekanismin tilantarvetta rungon alaosassa että toiminnan kannalta järkevimmän mekanismin ulostulokohdan.



*KUVA 6: Prototyyppi 1*

### 6.3. Runko

Rungon teimme seuraavista neljästä osasta: pohjaosa eli mekanismikotelo, välipohja, jalkalauta ja ohjauslevy (KUVA 7). Pohjaosa koostui 3 mm:n lattaraudasta sekä 2,5 mm:n ruostumattomasta teräslevystä. Pohjaosaan kiinnitimme ohjausmekanismin 5 mm:n pultilla. Pohjaosan ja jalkalaudan väliin teimme 2 mm:n ruostumattomasta teräslevystä välipohjan. Välipohjan päälle tulivat 4 kappaletta palolaakereita, joiden päällä ohjainlevy liikkuu. Välipohjaan teimme myös mekanismin liikettä rajoittavan kuvion ja laitoimme 5



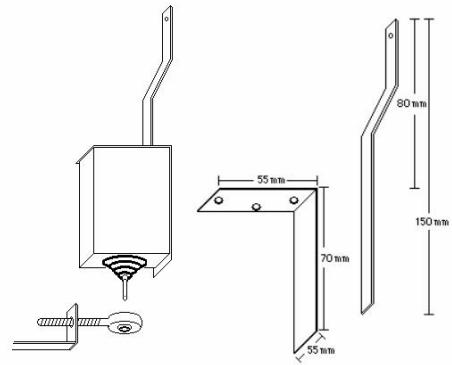
*KUVA 7: Runko neljässä osassa*

mm:n pultit, joihin mekanismin kolme jousia tulivat kiinni, yksi jousista kiinnitettiin jalkalaudan sisäkylkeen. Jalkalautaan teimme 4 kappaletta halkaisijaltaan 20 mm reikiä kuulalaakereita varten ja samanlaisen mekanismin liikettä rajoittavan kuvion kuin välipohjassa. Rungon neljään kulmaan porasimme 5 mm:n reiät, joista saimme läpipulteilla koko rungon napakasti kasaan. Jalkalaudan päälle leikkasimme 2,5 mm:n ruostumattomasta teräksestä ohjainlevyn, joka oli kooltaan 150 mm x 144 mm. Ohjainlevyyn teimme 5 mm:n reiän, josta ohjainlevy kiinnittyi ohjausmekanismiin. Ohjainlevyn päällystimmme karhealla kumimatolla pitävyyden parantamiseksi.



#### 6.4. Ohjainsauva

Ohjainsauvalle rakensimme kotelon 2 mm:n ruostumattomasta teräksestä. Kotelo kiinnitettiin jalkalaudan putkeen yksinkertaisilla kiinnityspaloilla. Kiinnityspalojen ansiosta kiinnityskohtaa on helppo säätää jalkalaudan kallistuksen mukaan. Ohjainsauva asennettiin koteloon ylösalaisin niin, että ohjainsauvan pää oli neulalaakerin kautta yhteydessä ohjausmekanismiin. Näin ohjausmekanismin liike liikuttaa ohjainsauvaa. (KUVA 8)



*KUVA 8: Ohjainsauvan kotelo*

## POHDINTA

Sähköpyörätuolin käyttäjiä on Suomessa yhä kasvava määrä. Ohjausmenetelmiä on monia ja tärkeää on löytää niistä kullekin käyttäjälle sopivin vaihtoehto. Jalkaohjauslaite kuuluu niihin ohjausmenetelmiin, jotka ovat harvinaisempia. Vaikka käyttäjämäärä on pieni, voi jalkaohjain olla käyttäjälleen se ratkaiseva apu itsenäisempään ja aktiivisempaan elämään.

Jalkaohjauslaitteen kehitysprojektissa törmäsimme moniin haasteisiin ja vaikeuksiin. Tiedon hankkiminen jo markkinoilla olevista jalkaohjaimista oli vaikeaa. Vain muutama yritys Suomessa tuo maahan jalkaohjauslaitteita. Varsinaista teoriatietoa jalkaohjauslaitteen rakenteesta ja toimintaperiaatteista ei ollut löydettävissä kirjastoista eikä internetistä. Ainoan kosketuksen jalkaohjauslaitteeseen saimme yhteistyökumppanimme tiloissa.

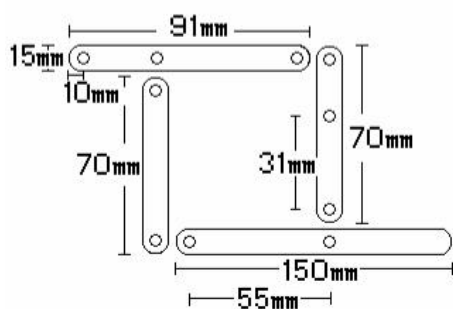
Otimme kehitystyön haasteena, ja pyrimme antamaan kehitystyöhön oman ammatillisen panoksemme. Ohjainlaitetta rakentaessamme pyrimme käyttämään loogista ratkaisukykyä ja jo sisäistettyä ammatillista osaamista. Lopputulokseen olimmekin ihan tyytyväisiä, lähtökohdat huomioiden koimme onnistuneemme niin kuin alussa olimme tavoitteeksi itsellemme asettaneet.

Opinnäytetyön tekeminen opetti meitä toimimaan yhteistyössä työelämän kanssa ja tuottamaan kehitysprojektin tuloksena tuotteen. Koimme pitkäjänteisen kehitystyön aikana kehittyneemme loogisessa ongelmanratkaisuajattelussa. Kädentaidot kehittyivät myös laitetta rakentaessa.

Koemme tehneemme oman osuutemme laitteen kehitystyössä. Odotamme mielenkiinnolla viekö joku taho tuotekehitysprojektiämme tästä eteenpäin. Olemme tyytyväisiä siitä, että saimme olla osana tätä tuotekehitysprojektia.

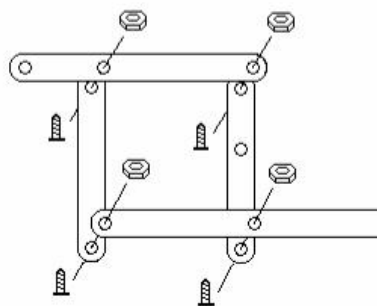
## LÄHTEET

- Arola-Talvi, Sanna 2002: Neurologian erikoislääkäri. ALS eli amyotrofinen lateraaliskleroosi. Verkkodokumentti. <<http://www.harvinaiset.org/diagnoosit/a1.html>> . Luettu 21.9.2006.
- Ham Rasalind, Aldersea Patsy, Porter David 1998: Wheelchair Users and Postural Seating, a clinical approach. Singapore: Churchill Livingstone.
- Jokinen, Tapani 2001: Tuotekehitys. Helsinki: Otatieto.
- Miettinen, Reijo - Hyysalo, Sampsa - Lehenkari, Janne – Hasu, Mervi 2003: Tuotteesta työvälineeksi. Saarijärvi: STAKES.
- Mäkiranta, Pasi 2005-2006. Tekninen asentaja. Respecta Oy. Helsinki. Suullinen tiedonanto syksyllä 2005 ja keväällä 2006.
- Pälikkö, Sini: CP-vamma. CP-liitto. Verkkodokumentti. <[http://www.cp-liitto.fi/vammat/cp\\_vamma.html](http://www.cp-liitto.fi/vammat/cp_vamma.html)>. Luettu 21.9.2006.
- Söderström, Tommy 2005. Helsinki. Myyntineuvottelija. Inva-apuväline Oy. Suullinen tiedonanto syksyllä 2005
- Tuotekehitys 2006. Verkkodokumentti. < <http://www.tuotekehitys.net>>. Luettu 19.9.2006.
- Viitapohja, Kari 2005: CP-vamma.Kehitysvammahuollon tietopankki. Verkkodokumentti. <<http://www.saunalahti.fi/kup/syndroma/cp.htm>>. Luettu 21.9.2006.
- Väyrynen Seppo - Nevala Nina - Päivinen Minna 2004: Ergonomia ja käytettävyys suunnittelussa. Helsinki: Teknologiateollisuus ry.



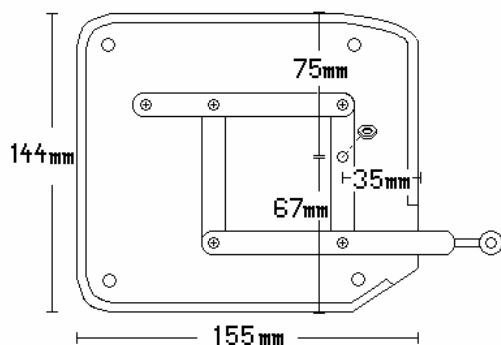
*OHJE 1: Mekanismin mitat*

- Tee n. 4 mm paksusta ja 15 mm leveästä ruostumattomasta rautatangosta kuvan mukaiset kappaleet.
- Poraa 5 mm reiät kuvan osoittamille kohdille.



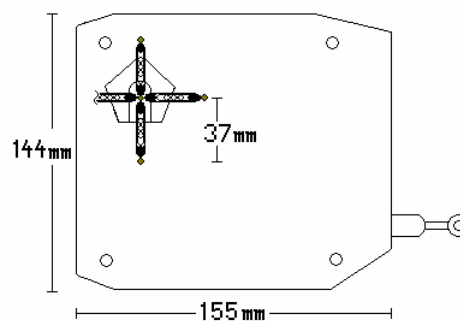
*OHJE 2: Mekanismin kokoaminen*

- Kiinnitä palat toisiinsa kuten kuvassa.
- Lisää prikot jokaiseen väliin (yht. 12 kpl).
- Kiristä lukkomutterit siten, että palat pääsevät liikkumaan vapaasti.



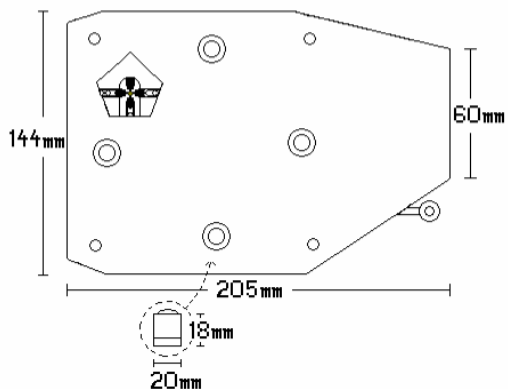
*OHJE 3: Mekanismikotelo*

- Rakenna mekanismin kotelon pohja n. 2,5 mm:n ruostumattomasta teräslevystä hieman pienemmäksi kuin pyörätuolin jalkalaudan pohja
  - reunat 3 mm paksusta ja 25 mm leveästä ruostumattomasta teräksestä ja muotoile siten, että se on mahdollisimman saman muotoinen kuin pohja
- Hitsaa reunat kiinni pohjalevyn ulkoreunaan.
- Jätä aukko mekanismin ulostuonnille.



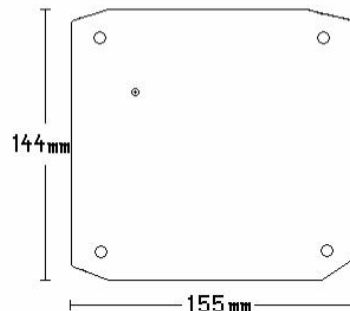
*OHJE 4: Välipohja (jousien kiinnitys)*

- Leikkaa teräslevystä jalkalaudan muotoinen kappale kuvan mittojen mukaan.
- Leikkaa levyyn 28 mm korkea ja 28 mm leveä viisikulmainen kuvio, joka on saman muotoinen kuin käsiohjaimessa. Reiän keskikohta tulee samaan kohtaan kuin mekanismista tuleva pultti.
- Reiän kautta tulevaan pulttiin kiinnitetään jouset ja joustuksen toinen pää levyyn kiinnitettyihin pultteihin (37 mm kuvion keskeltä). Yksi jousi kiinnitetään jalkalaudan reunan läpi tulevaan pulttiin.



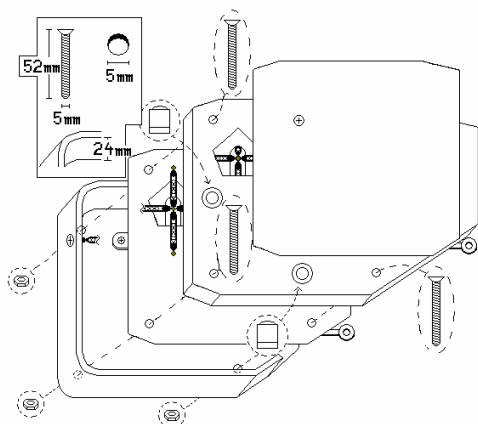
*OHJE 5: Jalkalauta*

- Poraaja jalkalautaan 20 mm reiät siten, että pallolaakit mahtuvat niihin.
- Leikkaa sama viisikulmainen kuvio ja samaan kohtaan kuin välipohjassa.



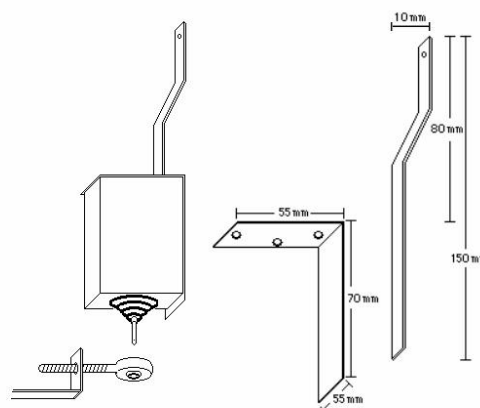
*OHJE 6: Ohjauslevy*

- Leikkaa teräslevystä pala kuvan mittojen mukaan.



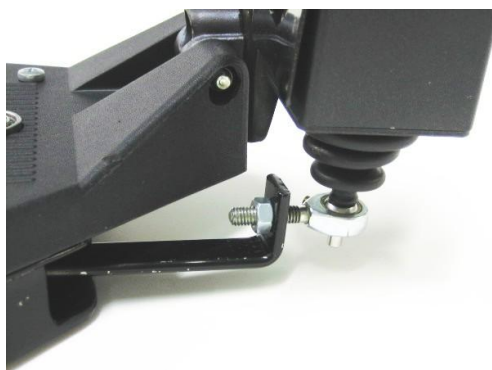
*OHJE 7: Ohjainlaitteen kokoaminen*

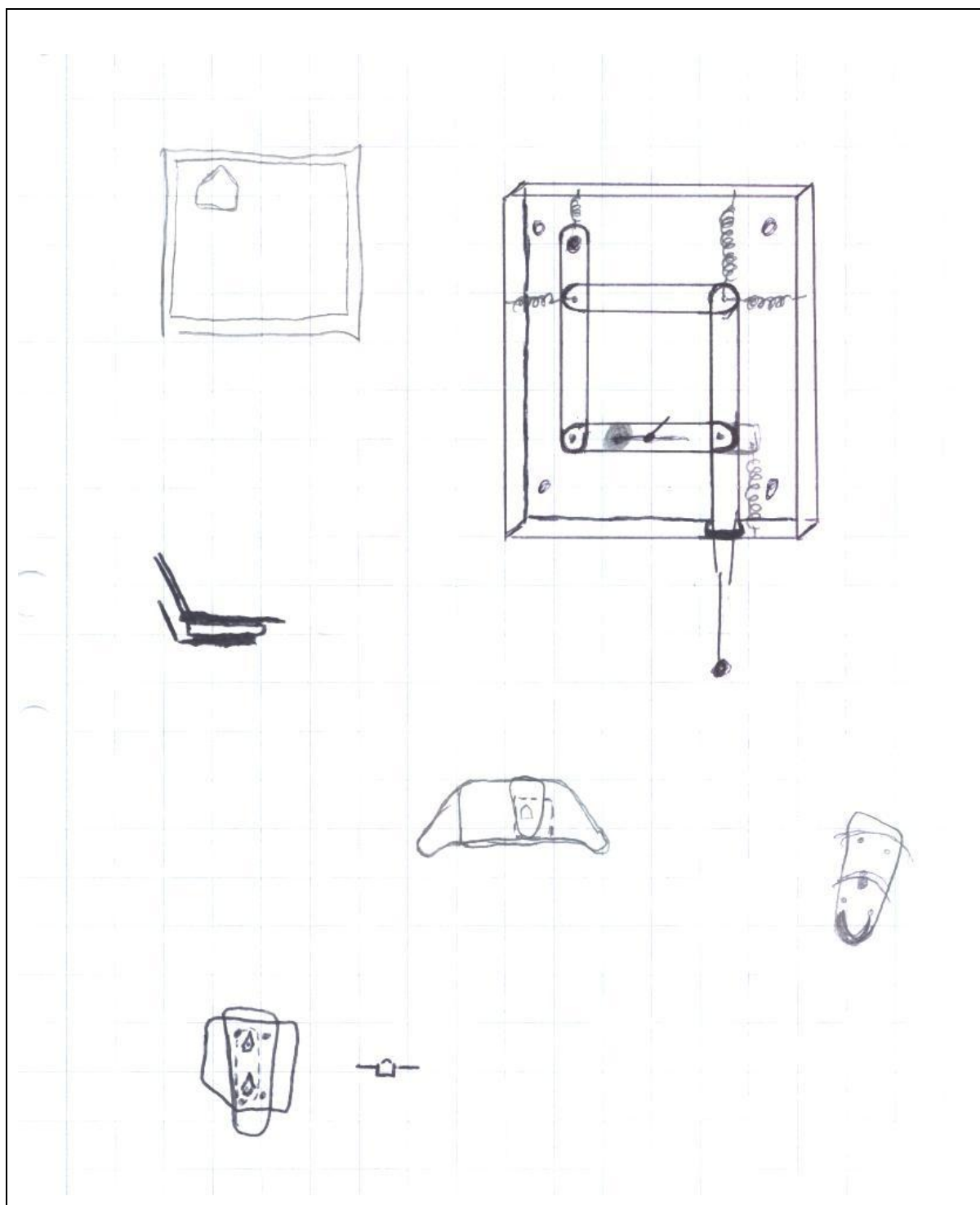
- Poraaja neljä 5 mm:n reikää kotelon, välilevyn sekä jalkalaudan kulmiin jokaiseen samaan kohtaan.
- Kiinnitä jouset ja kiristä 52 mm:n pulteitta kotelo yhteen.
- Kiinnitä ohjauslevy jalkalaudan läpi tulevaan pulttiin
  - levyn molemmille puolille tulee laittaa lukkomutterit, ettei levy pääse liikkumaan.
- Päällystä lopuksi ohjauslevy karhealla kumimatolla.

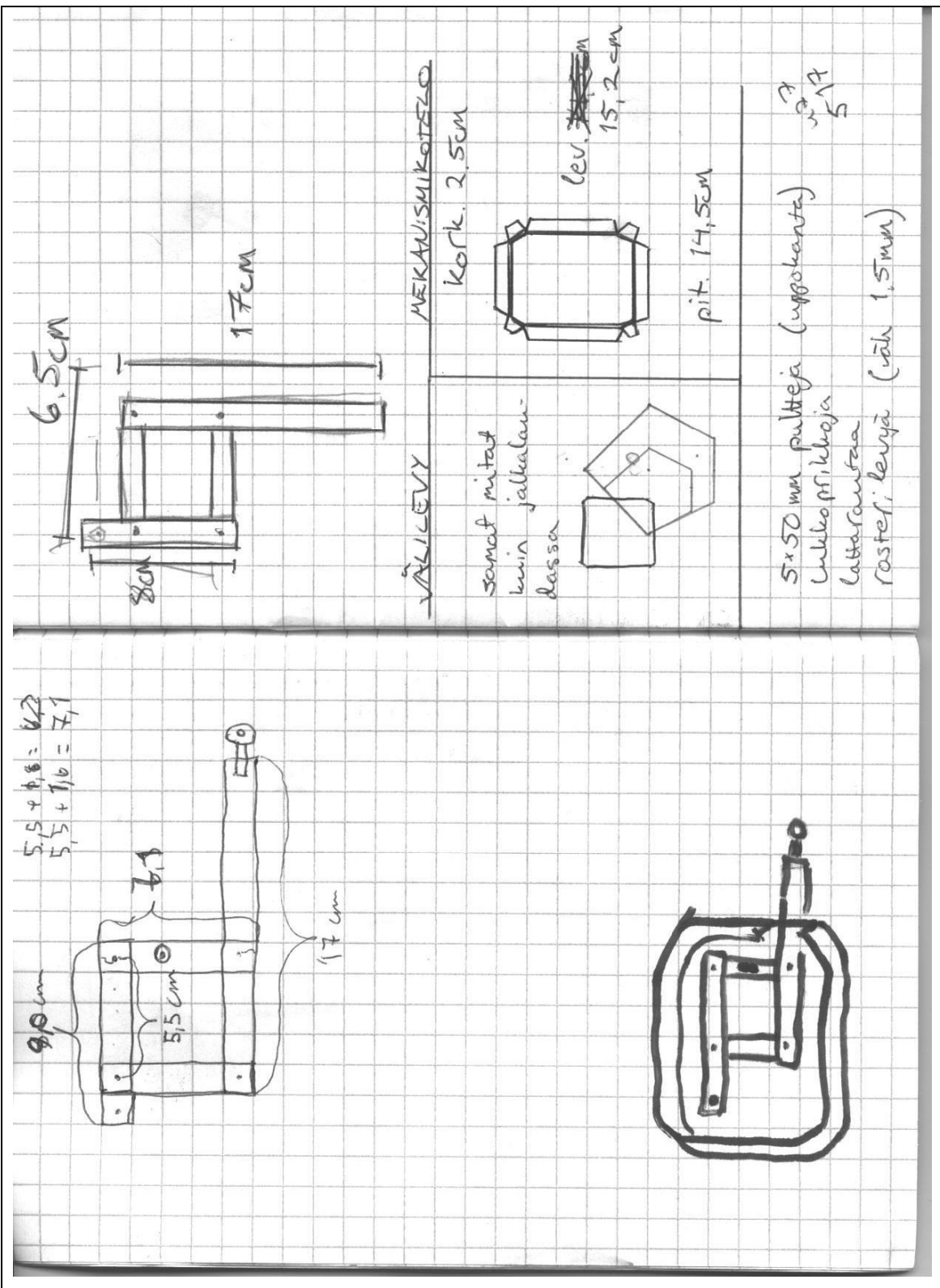


*OHJE 8: Ohjainsauvan kotelo*

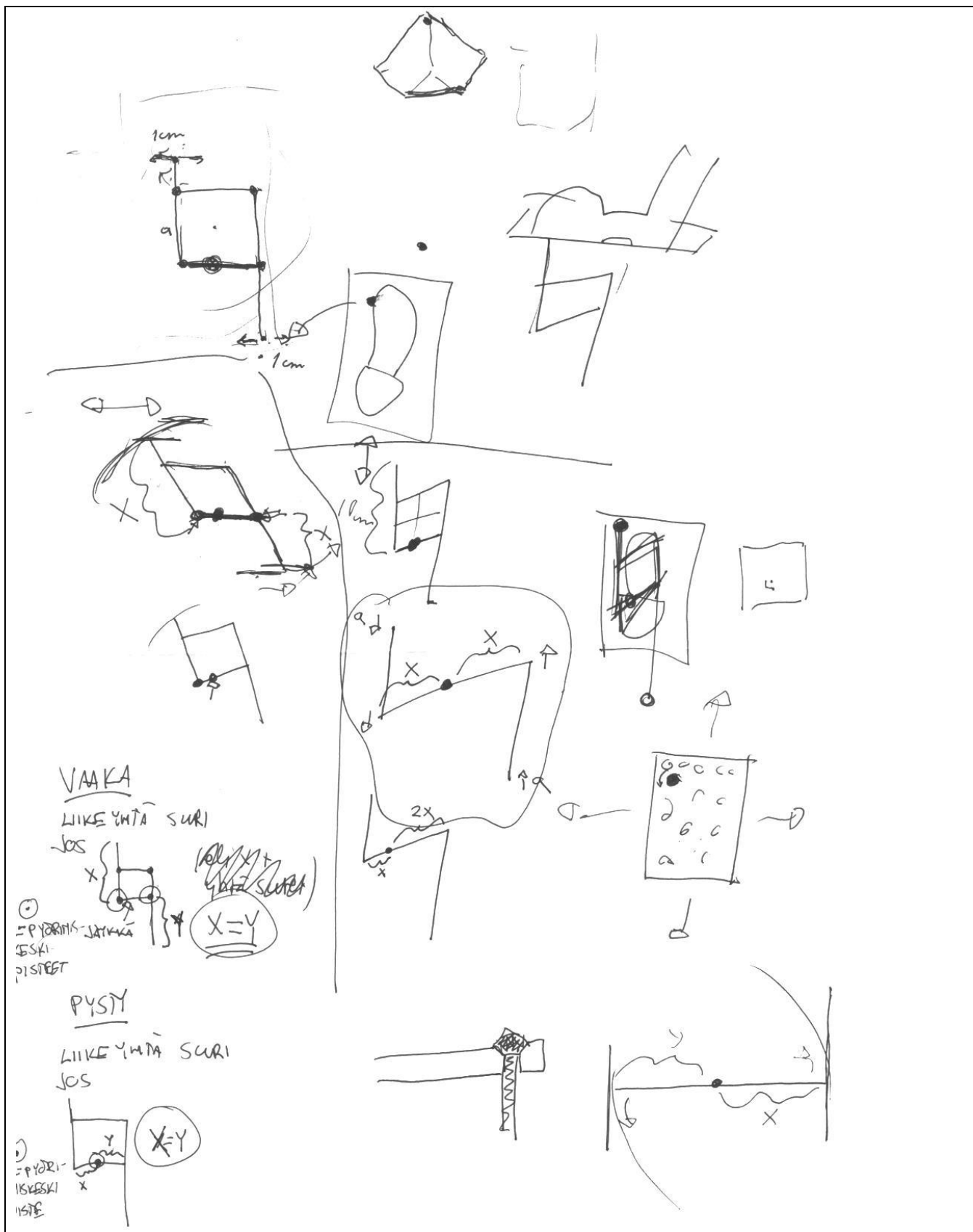
- Rakenna teräslevystä kuvan mittojen mukainen kotelo ja hitsaa siihen kiinni kuvan mukainen teräspalkin pala.
- Poraaja kotelon päälle 5 mm:n reiät, joista ohjainsauvan saa kiinni, sekä yksi 8 mm:n reikä ohjaimen johdon ulostulolle.
- Kiinnitä kotelo jalkalaudan putkeen kiinnityspaloilla.











viiko 6

tiedonkeruu  
suunnitelmapaite valmis

viiko 8

tiedonkeruu

viiko 9-15

- tiedot aikaisemmasta laitteesta + käyttäjäryhmät
- käyttäjien sairaudet
- laitteen tarkka alustava suunnitelma
- sopimusasiat
- prototyyppien alustus
- kirjallisen alustus

syksy 06

- lihastutkimus
- testaus
- kirjallinen osuus valmiiksi
- yksityiskohtaiset piirustukset