



# Maalivahdin jääkiekkokelkka soveltavan liikunnan apuvälinevuokraamoon

Tuotekehitysprojekti

Apuvälinetekniikan koulutusohjelma,  
apuvälineteknikko  
Opinnäytetyö  
12.11.2009

---

Jukka Wall

Koulutusohjelma		Suuntautumisvaihtoehto	
Apuvälinetekniikan koulutusohjelma		Apuvälineteknikko	
Tekijä/Tekijät			
Jukka Wall			
Työn nimi			
Maalivahdin jääkiekkokelkka soveltavan liikunnan apuvälinevuokraamoon, tuotekehitysprojekti			
Työn laji		Aika	Sivumäärä
Opinnäytetyö		Syky 2009	23 + 12
TIIVISTELMÄ			
<p>Opinnäytetyönäni oli suunnitella ja valmistaa maalivahdille jääkiekkokelkka, joka olisi hyvä pelata, helppo valmistaa, monipuolisesti säädettävä erikokoisille pelaajille. Toimeksiantaja on soveltavan liikunnan apuvälinevuokraamo Solia.</p> <p>Kelkkajääkiekko on jääkiekon pohjalta kehitetty paralympialaisten talvikisojen laji, jota voivat kilpatasolla harrastaa alaraajoistaan pysyvästi vammautuneet henkilöt. Laji on fyysinen ja nopeatempoinen ja kisojen yleisömäärillä mitatattuna seuratuin laji.</p> <p>Käynnistin tuotekehitysprojektini tutustumalla kelkkajääkiekkoon lajina ja erityisesti maalivahdin toimintaan sekä olemassaoleviin jääkiekkokelkkoihin. Seuraavaksi luonnostelin eri vaihtoehtoja kelkan rungosta, teräjärjestelmästä ja istuimesta. Valmistin prototyypin valittuani sopivimmat ratkaisut luonnosteni pohjalta. Koekäytössä kirjasin muutostarpeet ja suunnittelin muutosten toteutuksen.</p> <p>Koekäytössä havaittiin kelkan olevan kilpailukykyinen ja herkästi pelattava. Kelkan säädöt ovat monipuoliset ja yksityiskohdat harkittuja.</p>			
Avainsanat			
Jääkiekkokelkka, kelkkajääkiekko, maalivahti, apuväline, soveltava liikunta, tuotekehitys			

Degree Programme in <b>Orthotist and Prosthetist</b>		Degree <b>Bachelor of Health Care</b>
Author/Authors <b>Jukka Wall</b>		
Title <b>Goalkeeper's Ice Hockey Sledge for Adaptive Sports Equipment Rental Service ;Product Development Project</b>		
Type of Work <b>Final Project</b>	Date <b>Autumn 2009</b>	Pages <b>23+12 appendices</b>
<p>ABSTRACT</p> <p>My final project was to develop and manufacture a prototype of goalkeeper's ice hockey sledge for rental use. The sledge had to be widely adjustable to be suitable for a great number of players, light to control and easy to manufacture. The request for the project came from Solia, rental agency for adaptive sports equipment.</p> <p>Ice sledge hockey is a Paralympic version of ice hockey for persons with disabilities in the lower part of their body. Ice sledge hockey is a fast and physical game and thus most popular event in the Paralympics.</p> <p>I started my product development project by exploring the game and the sledges. I paid special attention to the goalkeeper's game and needs. Next I sketched a frame, blade a system and a seat for the prototype of the sledge. I chose the best suitable sketch and started to manufacture the first version of sledge. When the first version of prototype was finished the sledge was tested in action. According to feedback from the trial I made some improvements on the sledge.</p> <p>The result of this project was an ice hockey sledge which is widely adjustable and light to control. Some structures need fine tuning but generally the features of the sledge were appreciated.</p>		
Keywords <b>ice hockey sledge, sledge hockey, goalkeeper, aid device, adaptive sports, product development</b>		

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	1
2	KELKKAJÄÄKIEKKO LAJINA.....	2
3	TUOTEKEHITYKSEN KÄYNNISTÄMINEN.....	3
3.1	Lajiin tutustuminen.....	3
3.2	Maalivahtipeli .....	4
3.3	Markkinoilla oleviin kelkkoihin tutustuminen ja arviointi .....	5
3.4	Maalivahdin kelkan erityispiirteet.....	6
3.5	Solian näkökulma .....	7
4	PROTOTYYPIN LUONNOSTELU.....	7
5	PROTOTYYPIN KEHITTÄMINEN JA VALMISTUS .....	10
5.1	Materiaalivalinnat.....	10
5.2	Istuin ja istuimen kiinnitys.....	11
5.3	Runko.....	12
5.3.1	Takaosa .....	12
5.3.2	Etuosa.....	14
5.4	Teräyksikkö ja terät .....	15
5.5	Koekäyttö.....	16
5.6	Muutokset koekäytön perusteella.....	17
5.7	Kehitysideoita .....	19
5.8	Prototyypin materiaalikustannukset .....	20
6	ARVIOINTI.....	21
	LÄHTEET .....	23

LIITTEET 1 - 5

## 1 JOHDANTO

Osku Kuutamo Soliasta ehdotti tammikuussa 2009, että suunnittelisin ja valmistaisin heille jääkiekkokelkan maalivahdille. Solia on soveltavan liikunnan apuvälinepalvelu, josta voi vuokrata soveltavan liikunnan apuvälineitä. Soliasta saa myös neuvontaa välinehankintoihin ja koulutusta välineiden käyttöön. (SOLIA 2009). Solialla on vuokratavana Kanadassa ja Norjassa valmistettuja kenttäpelaajan jääkiekkokelkkoja, mutta ei ainoatakaan maalivahdille suunniteltua kelkkaa. Kenttäpelaajan kelkan mitoitus, säädettävyys ja teräjärjestelmät eivät ole optimaalisia maalivahdin käyttöön, koska kelkalla ei voi liikkua sivuttaisiin, ja taaksepäin liikkuminen on hankalaa. Hyvän tasapainon saavuttaminen vaatisi terän hiomisen suuremmaksi kuin kenttäpelaajien terän, eikä tuollainen toimenpide ole kovin järkevää. Kelkkaa tulaisiin käyttämään myös kelkkajääkiekon tunnettuuden edistämiseksi.

Työn tavoitteena on valmistaa Kansainvälisen paralympiakomitean kelkkajääkiekkosääntöjen (LIITE 2) mukainen maalivahdin jääkiekkokelkan prototyyppi, joka on hyvä pelata, monipuolisesti säädettävä, edullinen ja helppo valmistaa.

Kelkkajääkiekon harrastajia on Suomessa vielä hyvin vähän. Aktiivisesti pelaa ainoastaan yksi joukkue SHT-Sledgehammers, joka koostuu aiemmin Oulunkylän Kiekko-kerhossa pelanneista harrastajista. Jyväskylässä kelkkajääkiekkoa on harrastettu soveltavana terveysliikuntana jo seitsemän vuotta, mutta seuratoiminta on aloitettu vasta vuosi sitten junioritasolla. Yhtenä tavoitteena Solialla on kelkkajääkiekon harrastamisen lisääminen ja tunnetuksi tekeminen, johon myös tämä opinnäyte antaa pienen panoksensa.

Työn tekee erityisen mielekkääksi ja mielenkiintoiseksi kiinnostukseni apuvälineisiin, liikuntaan ja liikuntavälineisiin. Koen voivani olla avuksi soveltavan liikunnan apuvälinettä tarvitsevalle ja viedä tärkeäksi kokemaani asiaa hieman eteenpäin. Kelkan prototyypin suunnittelussa ja valmistuksessa pääsen soveltamaan koulussa opittuja työmenetelmiä ja oppimaan uutta.

## 2 KELKKAJÄÄKIEKKO LAJINA

Kelkkajääkiekko on kehitetty jo 1960-luvulla Ruotsissa, ja se tuli paralympialaisten talvikisojen ohjelmaan 1994 Lillehammerissa. Kelkkajääkiekko on vauhdikas ja fyysinen peli, jonka johdosta siitä on tullut kisojen seuratuin laji katsojamäärillä mitattuna. Kelkkajääkiekkoa pelataan 15 maassa. (Paralympiakomitea 2009a). Kelkkajääkiekko on Suomessa vielä pieni laji verrattuna tavalliseen jääkiekkoon, joka on Suomen suosituin urheilulaji (Suomen Jääkiekkoliitto 2009.)

Kelkkajääkiekon säännöt (LIITE 2) on sovellettu Kansainvälisen jääkiekkoliiton säännöistä. Suurimpina eroina ovat välineet. Luistimien sijasta pelaajat istuvat kelkassa alaraajat eteen ojennettuina. Kenttäpelaajilla on kaksi mailaa, joiden pituus saa olla korkeintaan yksi metri. Mailassa on lapa, jolla pelaaja käsittelee kiekkoa. Mailan toisessa päässä on vähintään kuusi piikkiä, joita pelaaja käyttää liikkumiseen. Pelaajilla pitää olla kypärässään kasvot ja kaulan peittävä silmikko mailan piikkien aiheuttamien vammojen välttämiseksi. (Paralympiakomitea 2009b.)

Ottelussa pelataan kolme erää, jotka kestävät 15 minuuttia tehollista peliaikaa. Molemmissa joukkueissa kentällä on viisi kenttäpelaajaa ja maalivahti. Pelaajia saa vaihtaa lennossa. Vaihtopelaajat odottelevat pelivuoroaan kentän reunalla rajatulla alueella tai vaihtoaitiossa. Joukkueessa saa olla korkeintaan 15 pelaajaa, 13 kenttäpelaajaa ja kaksi maalivahtia. Ottelun voittaa joukkue, joka on tehnyt enemmän maaleja. (Paralympiakomitea 2009b.)

Pelaajilla pitää olla alaraajoissa sellainen pysyvä vamma, joka estää normaalin luistelun ja pystyjääkiekon pelaamisen, sekä on helposti havaittavissa. Ylävartalon vammoilla ei ole vaikutusta pelaajien luokitukseen, ja ylävartalon oletetaan toimivan normaalisti. (Paralympiakomitea 2009b.)

Luokituksen saadakseen pelaajalla tulee olla vähintään jokin seuraavista vammoista. Jalkojen pituuseron tulee olla vähintään seitsemän senttimetriä. CP -vammassa spastisuuden tai toimintahäiriön tulee olla vähintään luokkaa 7. Polvinivelessä tulee olla vähintään 30 asteen ojennusvajausta tai nivel pitää olla jäykistetty. Nilkkanivelen pitää olla jäykistetty. Molemmissa alaraajoissa pitää olla vähintään kymmenen lihaspisteen pareesi. Amputaatiolinjan tulee olla vähintään nilkan tasolla. (Paralympiakomitea 2009b.)



KUVIO 1. Kelkkajääkiekko.

### 3 TUOTEKEHITYKSEN KÄYNNISTÄMINEN

#### 3.1 Lajiin tutustuminen

Tuotekehitysprojektini käynnistyi tammikuussa 2009. Projekti noudatti perinteistä tuotekehityksen kaavaa: käynnistäminen, luonnostelu, kehittäminen ja viimeistely (Jokinen 2001:14.) Aloitin tutustumisen kelkkajääkiekkoon lajina internetistä löytyvien videoleikkeiden ja Kansainvälisen paralympiakomitean, IPC:n, kelkkajääkiekkoa esittelevien kotisivujen avulla. Kansainvälisen paralympiakomitean kotisivuilta löytyivät kelkkajääkiekkosäännöt (LIITE 2) ja tietoa itse lajista. Säännöistä selviävät kelkkojen mittojen rajoitukset ja määräykset ja maalivahdin kelkan erityisominaisuudet.

Internetistä kartoitin myös kelkkojen valmistajia. Kelkkoja valmistetaan pääasiassa Kanadassa ja USA:ssa, mutta löysin myös norjalaisen valmistajan kotisivut. Kotimaisen kelkan on valmistanut Tojo-sport, mutta kelkka ei täytä IPC:n sääntöjä ja on peliominaisuuksiltaan puutteellinen. Kelkka on kuitenkin toimiva lajiin tutustumisessa, mutta sen ominaisuudet eivät riitä enempään. Solialla on vuokrattavana viiden eri valmistajan kenttäpelaajien kelkkoja mutta ei yhtään maalivahdin kelkkaa.

Samalla kun kartoitin kelkkojen valmistajia, etsin videoleikkeitä internetistä, joissa näkyisi maalivahdin toimintaa. Videoleikkeitä löytyi runsaasti, mutta maalivahdin työskentelyä otoksissa oli melko vähän.

Kävin myöhemmin alkukesästä seuraamassa epävirallista OKK:n ja JYP Junioreiden Suomen-mestaruusottelua Laukaassa, jossa näin myös maalivahdin työskentelyä ja liikumista pelitilanteissa sekä keskustelin valmentajien ja maalivahtien kanssa kelkalle asetetuista vaatimuksista ja maalivahtipelistä yleensä. Keskusteluissa kävi ilmi, että jokaisella maalivahdilla on omat mieltymyksensä, joten yksilöllinen kelkka olisi heille paras ratkaisu. Rungon tukevuus ja herkkäliikkeisyys nousivat tärkeimmiksi kelkan ominaisuuksiksi. Rungon tulisi myös olla suora, jotta kelkan kallistaminen jäätä vasten ja torjuminen kelkan runkoa hyväksi käyttäen olisi mahdollista (kuvio 4).

### 3.2 Maalivahtipeli

Maalivahdin tehtävänä on estää kiekkojen pääsy omaan maaliin, mutta hän voi muutenkin osallistua peliin. Toisin kuin kenttäpelaaja, joka liikkuu pääasiassa eteenpäin, maalivahti liikkuu torjuessaan eteen, taakse, sivuille, pyörähtelee pysty akselinsa ympäri ja heittäytyy jälle. Tämän vuoksi kelkan kaarto-ominaisuudet eivät ole tärkeitä, vaan kelkan on oltava vakaa, mutta helppo liikuteltava. Maalivahdin tulee pystyä peittämään mahdollisimman paljon maalia, jotta tarve liikkua maalin edessä olisi pieni. Maalivahdin yläraajojen liikkuvuuden pitää olla hyvä, jotta hän pystyy torjumaan myös maalin yläosiin kohdistetut laukaukset. Kelkkajääkiekossa käytetään samaa maalia kuin pystyjääkiekossa.

Maalivahti voi käyttää kahta mailaa, joista toisen tulee olla samanlainen kuin kenttäpelaajilla, mutta yleensä maalivahdit käyttävät yhtä mailaa. Maila (kuvio 2) voi olla joko suora tai taivutettu kuten pystykiekossakin. Mailakäden suojana on kilpi ja toisessa kädessä kiinniottohansikas eli räpylä. Maalivahti liikkuu mailassa ja hanskassa olevien piikkien avulla (kuvio 3).



KUVIO 2. Maalivahdin mailat taivutettu ja suora.





KUVIO 3. Maalivahdin liikkumisvälineet, piikit mailassa ja räpylässä.

Maalivahti käyttää yläraajojaan sekä liikkumiseen että torjuntaan, joten torjuessaan maalivahti voi liikkua vain toisen käden avulla, mikä rajoittaa liikkumista.



KUVIO 4. Torjuminen heittäytymällä.

Maalivahti voi istua kelkassa alaraajat eteen ojennettuina (kuvio 4) tai ristissä. Risti-istunta olisi peittävyuden ja edestä jään pintaa pitkin tulevien kiekkojen torjumisen kannalta parempi asento, mutta epämukava. Risti-istujan kelkka on lyhyt, jolloin alaraajojen aiheuttama momenttivarsi jää lyhyeksi. Jäälle heittäytyen torjuminen on risti-istunnassa hankalampaa kuin alaraajat eteen ojennetussa istuma-asennossa. Samaten jäästä ylöspääsy on leveän kelkan vuoksi hankalaa.

### 3.3 Markkinoilla oleviin kelkkoihin tutustuminen ja arviointi

Maalivahdin kelkat ovat useimmiten jossakin pikkupajassa yksilöllisesti mittojen mukaan tehtyjä tai kenttäpelaajan kelkasta muokattuja kelkkoja, joissa istutaan alaraajat

suorana, vaikka alaraajat ristissä istuminen olisi pelin kannalta parempi. Jääkiekkokelkan rakenne on hyvin yksinkertainen, ja rakennetta rajaavat tiukasti IPC:n säännöt, jolloin kelkat muistuttavat perusratkaisuiltaan toisiaan.

Löysin yhden valmistajan, joka valmistaa sarjatuotantona varta vasten maalivahdille suunniteltua kelkkaa. Kanadalainen Unique Inventions -yhtiö valmistaa kelkkaa, joka soveltuu jalat ristissä pelaavalle maalivahdille. Lisäksi yrityksellä on myös runsaasti erilaisia komponentteja, joilla kelkkaa voi muokata yksilöllisiin tarpeisiin sopivaksi. Listoilla on erilaisia istuimia, istuinten korotuksia, teriä, teräkiinnityksiä, jalkatukia ja -hihnoja sekä keulaosia. Osa komponenteista sopii yhteen kenttäpelaajan kelkkarungosta, josta voi tehdä maalivahdin kelkan, jossa istutaan alaraajat eteen ojennettuina. Varsinkin teräjärjestelmä vaikutti kehittyneeltä ja mietityltä ratkaisulta, jossa muoviterään voi yhdistää tavallisen terän, ja näin helpottaa ylösnousua jäältä leveällä kelkalla. Runko on koottu ruuviliitoksilla ja profiilipaloilla, jolloin tasapainon säätäminen onnistuu lähes kaikille pelaajille optimaaliseksi. Istuimen leveys on myös säädettävissä, mutta siltikään se ei anna optimaalista pelituntumaa, koska istuin on melko lyhyt eikä reisien tuki ole kovin hyvä. Euroopassa yritystä edustaa Spokes'n Motion Ranskassa (Unique Inventions 2009.)

#### 3.4 Maalivahdin kelkan erityispiirteet

Maalivahdin kelkan tulee olla vakaa, mutta ketterä. Kelkan pitää voida liukua jäällä eteenpäin, sivusuunnassa ja taaksepäin sekä pyörähtää hallitusti pystyakselin ympäri. Kelkan runko pyritään tekemään sääntöjen puitteissa mahdollisimman suljetuksi, jotta sitä voi käyttää kiekkojen torjumiseen (kuvio 4).

Maalivahti liikkuu melko pienellä alueella eikä kelkkaa tarvitse kallistaa kääntyäkseen. Maalivahdit käyttävät pääasiassa samoja alaraajojen suoja kuin kenttäpelaajatkin, mutta säännöissä suositellaan pohkeiden suojausta, joten kelkassa tulee olla riittävästi tilaa. Kelkasta tulee näin luonnostaan kenttäpelaajan kelkkaa leveämpi ja vakaampi, mutta kelkan pitää olla riittävän kapea, jotta jäätorjunnasta pääsee myös ylös helposti ja nopeasti. Maalivahdin kelkassa saa käyttää muovisia teriä teräksisten sijaan, ja ne saavat olla enintään 32 cm pitkät (Paralympiakomitea 2009b.)

### 3.5 Solian näkökulma

Kelkka tulee Solialle vuokrakäyttöön, jolloin sitä käyttävät erikokoiset henkilöt. Tämän vuoksi kelkan pitää olla monipuolisesti ja helposti säädettävissä. Kelkka toimitetaan vuokraajalle Matkahuollon kautta linja-autolla, jolloin pieneen tilaan pakattavuus ja keveys ovat eduksi.

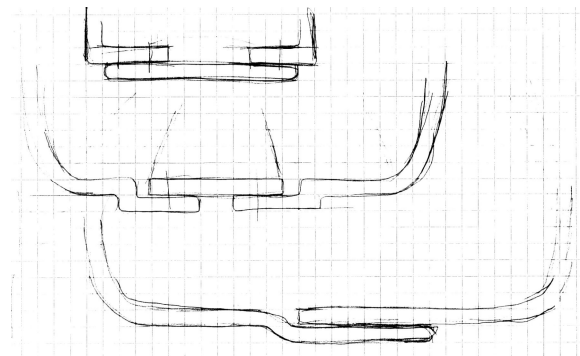
Kelkkajääkiekko on määritelty Suomen Invalidien Urheiluliiton SIU:n toimintasuunnitelmassa uuslajiksi, ja siihen panostetaan mm. hankkimalla kelkkoja Solian vuokrattavaksi lajiin tutustujille. Lajia tehdään tunnetuksi useilla paikkakunnilla syksyllä 2009 ja keväällä 2010 (SIU 2009.)

## 4 PROTOTYYPIN LUONNOSTELU

Luonnostelin prototyyppiä kolmessa osassa: kelkan runko, terien runko ja terät sekä istuin kiinnityksineen. Luonnosteluvaiheessa ja ideoiden kehittämisessä käytin apuna mieliekarttaa (LIITE 1), jotta pystyin paremmin hahmottamaan työn kokonaisuutena.

Rungosta ja teräkomponentista olisi tarkoitus saada yksinkertaiset tee itse -valmistusta tai rakennussarjaa ajatellen: vähän erilaisia osia, helppoja työstää, liitokset kotona tehtäviä, materiaali rautakaupasta saatavaa vakiotavaraa.

Istuin on mielestäni pelituntuman kannalta kelkan tärkein osa. Maalivahdin on oltava koko pelin ajan torjuntavalmiudessa, eikä kesken pelin ole aikaa korjailta istuma-asentoa. Yksilöllisesti muotoiltu istuin olisi luonnollisesti paras ratkaisu. Koska kelkka tulee vuokra- ja kokeilukäyttöön ja pelaajat voivat olla hyvinkin erikokoisia, har-



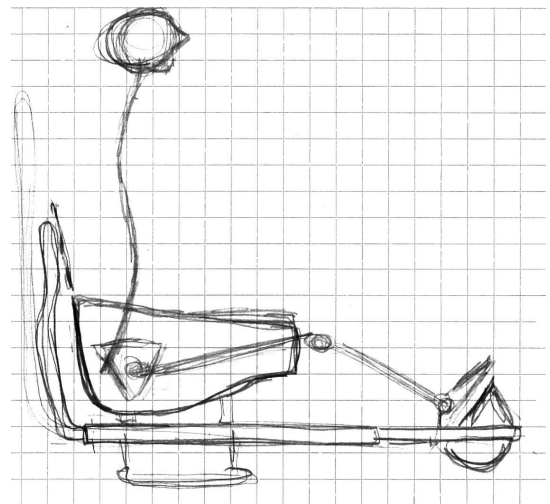
KUVIO 5. Luonnos, istuimen leveyssäätö.

kitsin aluksi istuimen tekemistä leveydeltään säädettäväksi. Suunnittelin tekeväni kipsimallista niin leveän, että muovin olisi voinut leikata keskeltä halki ja yhdistää puoliskot ruuviliitoksella eri levyisiksi istuimiksi. Leveydeltään säädettävän istuimen kiinni-

tyksen rakenteesta olisi tullut melko monimutkainen enkä ollut varma istuimen lujuudesta. Toisena ideana oli tehdä kipsimuotista kaksiosainen ja säätää muotin leveyttä laittamalla muoviliuskat osien väliin, jolloin olisi samalla muotilla voitu tehdä eri levyisiä yhtenäisiä istuimia. En kuitenkaan osannut ratkaista puoliskojen yhdistämistä mielestäni riittävän hyvin, niin että olisin vienyt ajatusta luonnoksesta prototyypiksi. Kipsi on hauras materiaali, enkä osannut nopeasti ratkaista, miten kipsinegatiivi olisi rakennettava, jotta se kestäisi useita muovivetoja. Ei myöskään tuntunut järkevältä valmistaa prototyyppiin useita erikokoisia istuimia.

Koska resursseja ja aikaa oli käytettävissä rajallisesti, päätimme toimeksiantajan kanssa, että prototyypin istuimesta tehdään yksiosainen ja leveä. Tukevammille pelaajille istuin sopisi sellaisenaan, ja hoikemmille maalivahdeille istuin saadaan tiukasti istuvaksi solumuovilevystä leikatuilla paloilla ja hihnoilla.

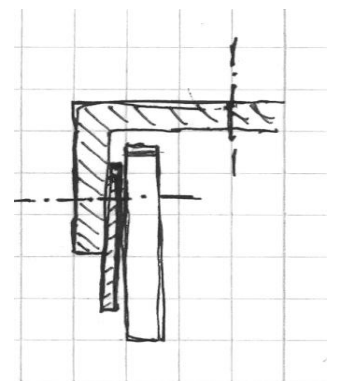
Istuinkulmaksi luonnostelin n. 10 astetta, jolloin alaraajat koukistuvat hieman. Tällöin reiden takaosan lihakset rentoutuvat eivätkä vedä lantiota takakenoon ja lannerankaa kyfoosiin. Selkärangan ja lantion hyvän asennon ylläpitämistä edesauttaa istuinkyhmyille varattu tila istuimessa, jolloin istuma-asennosta tulee luonnollinen ja rento. Vieläkin enemmän koukussa olevat alaraajat parantaisivat kelkan ketteryyttä pienentämällä keulan vipuvartta, mutta toi-



KUVIO 6. Luonnos istuma-asennosta.

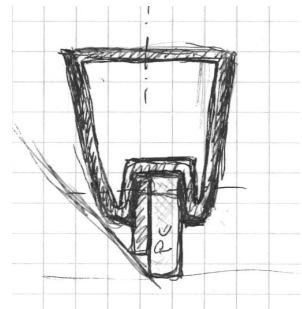
saalta kurotteleminen eteen torjuntoihin olisi vaikeampaa ja ulottuvuus rajoitetumpi. Luonnoksissa kiinnitin istuimen suoraan runkoon ilman erillistä kiinnityselementtiä, jotta rakenne olisi mahdollisimman yksinkertainen.

Terien rungon luonnostelin valmistettavaksi L-profiilista (kuvio 7). Suljettu profiili (kuvio 8) olisi tukevampi ja sen voisi tehdä keveämmäksi kuin L-profiilista valmistetun. Suljettu rakenne on vaikea valmistaa eikä valmiita ratkaisuja ole helposti saatavilla. L-profiilinen rakenne olisi yksinkertainen ja helppo valmistaa. Erilliset teräyksiköt myös sallisivat vapaasti valita kulloisellekin



KUVIO 7. Luonnos terärungosta, L-profiili.

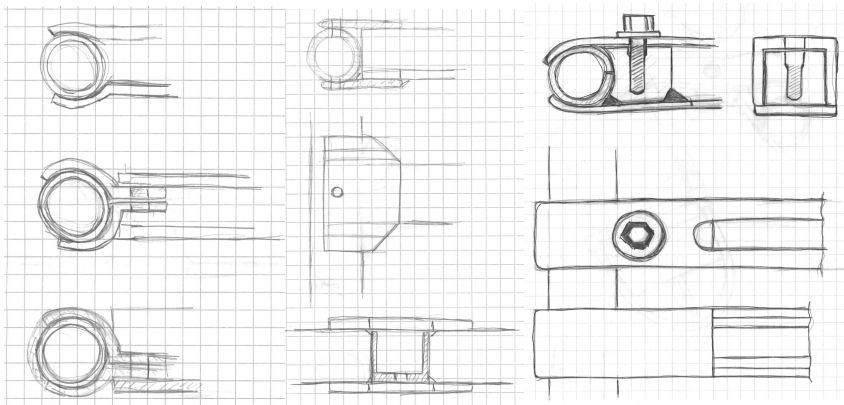
käyttäjälle sopivan terien leveyden. Suunnittelin kiinnittäväni teräyksiköt kelkan runkoon pulteilla. Terät suunnittelin valmistavani samasta muovista kuin istuimen. Terät kiinnittäisin neljällä läpipultilla. Kelkan tasapainottamiseksi teräyksiköiden pitää olla säädettävissä myös pituussuunnassa. Suunnittelin sahaavani L-profiiliin pitkittäisurat, joissa teräyksiköt kelkan runkoon kiinnittävät pultit liikkuvat.



KUVIO 8. Luonnos terärungosta, suljettu.

Runko osoittautui kelkan vaikeimmaksi komponentiksi jo luonnosteluvaiheessa, koska kelkan piti olla pituudeltaan säädettävä, jotta erikokoiset pelaajat voisivat käyttää kelkaa. Arvioin pituussäädön tarpeeksi 30 - 40 senttimetriä, mikä teki suunnittelutyöstä haasteellisen. Luonnostelin kelkan rungoksi kaksi erilaista mallia. Ensimmäinen runkomalli oli yhtenäistä putkea, jossa istuin oli pituussäädettävä. IPC:n säännöt eivät salli runkoputkien ulottuvan enempää kuin 1 senttimetrin yli istuimen takaosan (Paralympiakomitea 2009b). Totesin jo heti luonnostelun alkuvaiheessa, että tällä runkomuodolla ei voi saavuttaa riittävää pituussäätöä. Toinen runkovaihtoehto oli teleskooppinen runko, jossa istuin oli kiinteä, ja eturunko painuu takimmaisten runkoputkien sisään. Tällainen runko painaa vähän enemmän kuin ensimmäinen vaihtoehto, koska putkea tarvitaan enemmän ja takarunko on halkaisijaltaan suurempaa putkea kuin eturunko. Tällaisella rakenteella kuitenkin saavutetaan suurempi säätövara, mikä oli tässä tapauksessa tärkeämpää. Tähän runkomalliin oli myös helpompi suunnitella erilaisia terien kiinnitysvaihtoehtoja.

Terien kiinnitykseksi runkoon luonnostelin kaksi poikittaista U-profiilia, jotka samalla toimisivat rungon jäykisteinä. Profiilin pohjaan tekisin urat, joiden läpi terät kiinnittäisin pultilla runkoon. Urat mahdollistaisivat terien leveyden säätämisen.



KUVIO 9. Luonnoksia rungon liitoksista.

Rungon jäykistämiseksi tarvitaan vielä kaksi poikittaistukea, joita voi käyttää myös istuimen kiinnityspisteinä. Luonnostelin poikittaisten tukien kiinnitykseksi jotakin varasaliikkeistä saatavaa pantaa, joka olisi helppo kiinnitys kotirakentajille (kuvio 9). Yhtenä vaihtoehtona suunnittelin tekeväni kiinnikkeet itse, ja tukevimpana vaihtoehtona oli koota runko hitsaamalla.

## 5 PROTOTYYPIN KEHITTÄMINEN JA VALMISTUS

### 5.1 Materiaalivalinnat

Rungon materiaaliksi valitsin alumiinin. Vaihtoehtona olisi ollut rakentaa prototyyppi teräksestä, mutta alumiini on paino-lujuussuhteeltaan terästä parempi. Alumiinin ominaispaino on  $2,7 \text{ g/cm}^3$ , teräksen  $7,85 \text{ g/cm}^3$  eli samanlainen teräsrakenne painaa 2,9 kertaa alumiinista enemmän. Alumiinin murtolujuus riippuu suuresti seoksesta. Pursoetuilla alumiineilla murtolujuus on  $200 \text{ N/mm}^2$ , perusteräksellä kuten huonekaluputkella vastaavasti  $400 \text{ N/mm}^2$  (Haapaniemi 1978: 182,188.) Yhtä luja alumiinirakenne on lähes kolmanneksen keveämpi teräksiseen verrattuna. Alumiinia on myös melko vaivatonta työstää käsityövälineillä ilman konepajakalustoa. Luonnollisen oksidikerroksensa ansiosta alumiinilla on hyvä korroosionkesto ilman erillistä suojaustakin. Lisäksi alumiini on melko halpaa. Huonoina puolina on oksidikerroksen tahraavuus ja hankala pintakäsittely kotiooloissa sekä nykyisin melkoisen heikko saatavuus rautakaupoista. Alumiinin kimmokerroin on  $70 \text{ kN/mm}^2$ , kun taas teräksen kimmokerroin on  $206 \text{ kN/mm}^2$ , eli alumiini on huomattavasti joustavampaa kuin teräs, joka pitää ottaa rakenteissa huomioon (Haapaniemi 1978: 182,188.) Maalivahdin kelkkaan ei kuitenkaan kohdistu yhtä kovia törmäyksiä kuin kenttäpelaajan kelkkaan, joten joustavuus ei ole iso ongelma.

Myös terien kiinnikkeet päätin valmistaa alumiinista. Testikappaleilla tekemiäni koe-kuormitusten perusteella päätin alumiinin olevan tähänkin tarkoitukseen riittävän luja ja jäykkä.

Päätin valmistaa prototyypin istuimen HD-polyeteenistä vetämällä. HD-polyeteeni on melko edullista, kulutuskestävää ja sitkeää myös alhaisissa lämpötiloissa (Vink Finland 2009.) Istuimen olisi voinut valmistaa myös laminoimalla, mutta en hallitse menetelmää

riittävästi, joten päädyin tutumpaan muovivetoon, johon on myös tarvittavat työvälaineet istuimen muotin ja istuimen valmistamiseksi.

## 5.2 Istuin ja istuimen kiinnitys

Aloitin prototyypin varsinaisen valmistamisen istuimen kipsimuotin tekemisellä. Istuimen kipsimuotti on melko iso, ja sen kuivuminen muovinvetoa varten kestää melko kauan. Kipsin kuivumista odotellessani, voin valmistaa kelkan muita osia. Muovia ei voi vetää kostean kipsin päälle, koska kipsistä voi höyrystyä vettä kuuman muovin alle, mikä aiheuttaa kuplia muoviin. Pahimmillaan kuplat voivat heikentää istuimen kestävyttä tai estää istuimen kiinnittämisen kelkkaan.

Istuimen pitää vuokrakäytössä sopia monenlaisille käyttäjille. Yhteistyökumppanin kanssa sovimme, että istuimesta ei tehdä leveydeltään säädettävää, vaikka se parantaisikin kelkan käytettävyyttä vuokrakäytössä. Sovimme, että teemme istuimesta riittävän leveän ja pitkän, jotta isokin käyttäjä mahtuu siinä istumaan. Pienempiä maalivahteja varten tehdään sarja pehmusteita, joilla istuin saadaan heillekin sopivaksi.

Istuimen koon hahmottamiseksi käytin valmiiden istuimien mittoja. Solialla on valikoimissaan Tojo-sportin hiihtokelkkoja joiden suurin istuin todettiin hieman liian pieneksi. Käytin muovinvedossa pilalle mennyttä istuimen ahiota muottina kipsivalokseen, josta työstäisin istuimeni kipsinegatiivin. Koska istuimeni pitää olla suurempi kuin muottina käyttämäni ja tarvitsin myös työstövaraa reunoihin, korotin aihion reunoja ja pidensin istuimen reisosaa.

Kun kipsi oli kovettunut, poistin muotin ja lisäsin ohuita kerroksia kipsiä muotin sivuille ja taakse, sekä täytin ylimääräisiä muotoja. Kun olin saavuttanut riittävän leveyden ja pituuden, hion haluamani muodot kipsiin ja silotin pinnan. Tarkistin vielä mitat isolla työntömitalla ja jätin kipsin kuivumaan muovinvetoa varten. Kipsin pinnan ei tarvitse olla täysin sileä, koska paksu polyeteenilevy ei imeydy pieniin koloihin. Tärkeintä on saada muoto oikeaksi ja symmetriseksi.

Kipsinegatiivin kovetuttua vedin muovin kahden opiskelijatoverini avustuksella. Veto onnistui hyvin, ja jätin muovin jäähtymään kipsin päälle. Polyeteeni kutistuu voimak-

kaasti jäähtyessään, jolloin muotti pitää aihion oikean kokoisena. Muovin jäähtyttyä irrotin aihion ja muotoilin siitä istuimen.

Kiinnitin istuimen kelkan rungossa oleviin pitkittäisiin kiskoihin kuuden millimetrin lukkoruuveilla ja Nylock-muttereilla, joissa on muovinen mutterin tahattomasti auki kiertymistä estävä rengas. Muovia vasten tulevan ruuvinkannan alle laitoin halkaisijaltaan 25 mm:n korialuslevyn estämään ruuvin painumista muoviin. Istuimen takaosa kiinnittyi suoraan kiskoon poraamiini reikiin. Etuosaan rakensin hitsaamalla kahdesta 45x20x1,5 mm:n alumiinisesta neliöputkesta 90 mm korotuksen, johon tein kevennysaukot. Aukot mahdollistivat myös korotuksen kiinnittämisen rungon kiskoihin ja istuimeen.

Jotta pelaaja pysyisi tukevasti istuimella koko pelin ajan, asensin kaksi 50 mm:n levyistä hihnaa, joilla istuin kiristetään tukevasti pelaajan ympärille. Hihnoihin mitoitin runsaasti säätövaraa, jotta ne riittävät suurikokoisellekin pelaajalle.

Viimeistelin istuimen 10 mm:n paksuisella umpisoluisella polyeteenivaahtolevy pehmusteella, jonka liimasin kontaktiliimalla istuimeen.

### 5.3 Runko

Vuokraamokäytössä kelkan pituutta pitää voida säätää erikokoisille pelaajille sopivaksi. Kelkan runko koostuu kahdesta teleskooppimaisesti toisiinsa liittyvästä osasta, joilla rungon pituutta voi säätää 94 cm:stä 139 cm:iin viiden senttimetrin portaissa. Rungon osat lukitaan toisiinsa putkien läpi kulkevalla ruuvilla.

#### 5.3.1 Takaosa

Kelkan rungon valmistuksen aloitin teräkomponenttien kiinnityksien valinnalla, koska terien kiinnitys määrää suurelta osin rungon muun rakenteen. Olin luonnostellut tekeväni runkoon kaksi poikittaistukea U-palkista, joiden pohjaan oli tarkoitus sahata urat teräkomponenttien kiinnitystä ja säätöä varten. Löysin 25x25x3 mm:n alumiinista profiilia, joka sopi teräkomponenttien kiinnitykseen vieläkin paremmin kuin U-palkki. Profiili on Purson vakiokalusteprofiilia ja riittävän tukevaa terien kiinnitykseen (Purso Oy 2009.) Profiilin neliömäinen muoto tuo lisää jäykkyyttä runkoon. Profiiliin ei tarvitse sahata aukkoa, koska siinä on yhdellä sivulla ura, johon teräkomponentin voi kiinnittää



lukkoruuvilla. Tein vielä lukkoruuville prikan alumiinisesta latan palasta, johon jyrsin neliömäiset reiät lukkoruuvien kannalle (kuvio 10). Priikka estää lukkoruuvia pyörimästä kiristyksessä, jolloin terien säätämiseen tarvitaan vain yksi avain. Terien kiinnitysprofiilit asensin 130 mm:n etäisyydelle toisistaan.

Rungon sivuputkien materiaaliksi valitsin 28x2 mm pursotetun alumiiniputken. Olin luonnostellut rungon takaosan pituudeksi 70 cm, jolloin eturungon vapaaksi jäävät sivuputket sopivat hyvin takarungon sisään vaikka pituussäätöä on 40 cm ja vapaata pituutta vielä 20 cm. Kelkan kokonaispituudeksi tuli näin 139 cm.

Istuimen kiinnityspisteiksi ja rungon jäykisteiksi tein kaksi poikittaistukea samasta putkesta kuin sivut. Näin rungosta tuli tikapuumainen rakenne. Lisäsin vielä kaksi pitkittäistä lattaa rungon päälle istuimen kiinnikkeiksi. Latta mahdollistaisi istuimen paikan valinnan vapaammin kuin pelkät poikittaistuet.

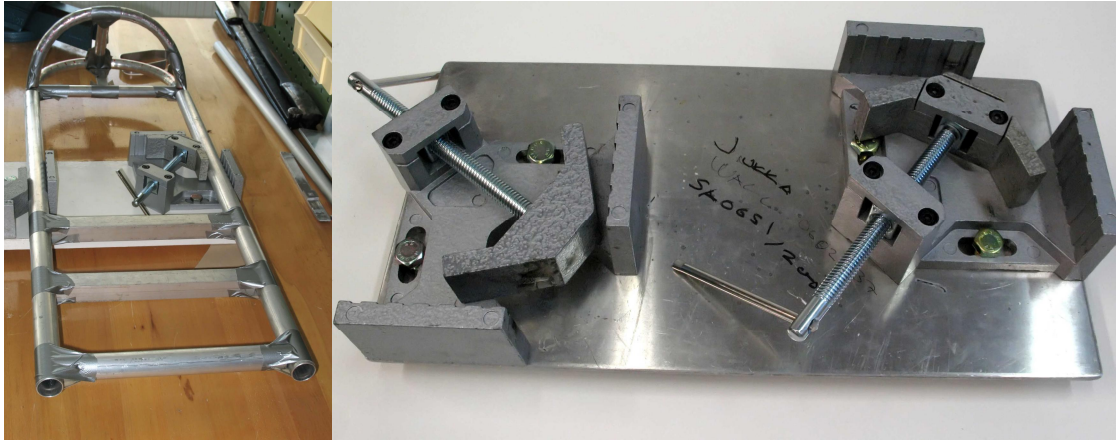
Alkuperäinen ideani oli koota prototyyppin rungon takaosa kaupasta ostettavilla kiinnittimillä (Kuvio 8) esimerkiksi hydraulikkaputkien kiinnittimillä, joita kutsutaan staufeiksi alkuperäisen valmistajansa mukaan. Sopivia riittävän lujia kiinnittimiä ei kuitenkaan löytynyt, joten päätin koota myös rungon takaosan hitsaamalla. Hitsaus vaatii tarkat sovitukset osien välille, mikä aiheutti melkoisesti lisätyötä, koska tarjolla ei ollut laitteita, jolla koveran muodon olisi voinut jyrsiä palkin päähän, vaan työ piti tehdä käsityökaluilla.



KUVIO 10. Teräyksikön kiinnitys runkoon.

Teleskooppimaisen rakenteen vuoksi on tärkeää, että kelkan rungon sivuputket ovat yhdensuuntaiset. Rungon osien sovittamisen helpottamiseksi ja hitsaustueksi valmistin jigin kahdesta ostamastani kulmapuristimesta ja lastulevyn palasta. Lastulevy ei ole sovelias materiaali hitsausalustaksi, joten jigin lopulliseen versioon kiinnitin puristimet viiden millimetrin paksuiseen alumiinilevyyn. Sivuputket oli melko helppo säätää yhdensuuntaiseksi, koska kiinnitin kulmapuristimet levyyn 10 mm:n pulteilla, jotka sallivat

puristimille pienen säätövaran. Sivuputkien yhdensuuntaisuuden varmistin ristiin mitaamalla.



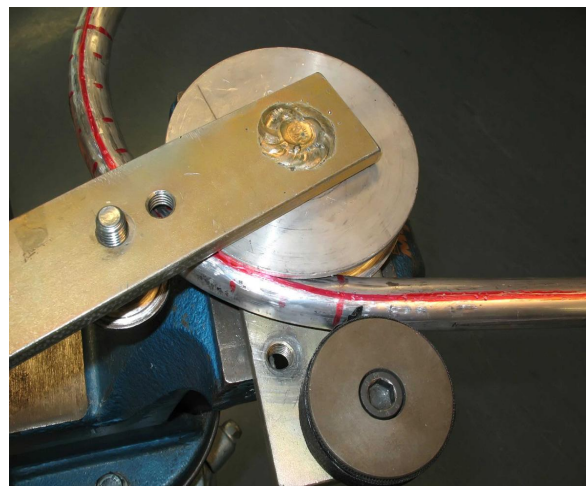
KUVIO 11. Rungon ensimmäinen versio teipattuna jigissä ja hitsausjigi.

### 5.3.2 Etuosa

Etuosan putkeksi valitsin 22x1,5 mm pursotetun alumiiniputken. Luonnoksissa arvioin putken seinämävahvuudeksi 2 mm, mutta tuota vahvuutta ei ollut ostohetkellä tarjolla. Käyttämälläni taivuttimella työstettävän putken suurin halkaisija on 22 mm, joka osittain määräsi putken läpimitan.

Kaaren muodon tekemiseksi, piirsin työpöytään kiinnitetylle kartongille luonnostelujeni pohjalta harpilla kaaren ja sivuputkien ääriviivat. Piirroksesta voin tarkistaa taivutuksen pyöreyyden ja että sivuputket tulevat yhdensuuntaisiksi. Sivuputkien suoruus ja yhdensuuntaisuus on tärkeää, koska runko on kaksiosainen, ja etuosan sivuputket liukuvat takarungon sisään mahdollistaen rungon pituussäädön.

Manuaalisella putkentaivuttimella työskennellessä taivutusta on vaikea pitää samassa tasossa horisontaalisesti. Helpottaakseni orientaatiotani, piirsin putken kylkeen tussilla suoran linjan, jonka pidin taivuttaessani koko ajan samassa kohdassa taivuttimen tuunaan nähden. Lisäksi merkitsin putkeen taivutuksen alku- ja loppukohdat ja piirsin kahden senttimetrin vä-



KUVIO 12. Eturungon kaaren taivuttaminen.

lein merkit joiden mukaan siirsin putkea aina saman matkan, jotta kaaresta tulisi tasainen (kuvio 12). Jalkatuen kaaren ja jalaksen taivutin samalla tekniikalla.

Kun olin saanut kaaret taivutettua, tein yli jääneestä putkesta jalkatuen ja sovitin putkien liitokset kuten takarungon poikittaistuet. Jalakselle tein kiinnityksen sekä rungon 20X5 mm lattatangosta ja sovitin liitokset hitsausta varten. J alas on korkeussäädettävä, koska jotkut pelaajat saattavat haluta jalaksen olevan koko ajan jäätä vasten. Edistyneemmät pelaajat taas suosivat kelkan tasapainottamista siten, että j alas on hieman irti jäädästä ja pelaajan paino ainoastaan terillä. J alas on tukena vain tarvittaessa.

Taivutuksessa putki litistyi hieman, vaikka käytin putken nimellishalkaisijan mukaista vastetta. Vasteen ura oli hivenen liian matala, jolloin sen reunat eivät yltäneet putken keskilinjaan saakka. Pieni muotovirhe ei kuitenkaan haittaa kelkan pelattavuutta.

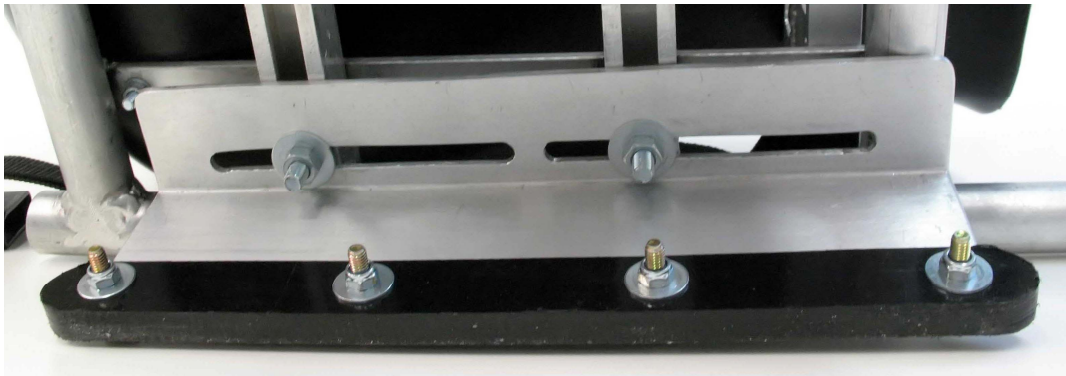
#### 5.4 Teräyksikkö ja terät

Teräyksiköksi luonnostelin alumiinisen 50x90x4 mm L-profiilin. Profiilia ei ollut sellaisenaan saatavilla, joten hankin 100x100x4 mm putkiprofiilia, josta sahaamalla valmistin L-muotoisen kappaleen. Teränpitimien pituudeksi valitsin 30 senttimetriä, joka on sääntöjen sallima enimmäismitta (Paralympiakomitea 2009b.) Tällöin terä peittää mahdollisimman pitkän matkan kelkan alustaa. Pitkäteräinen kelkka on myös tukevampi istua kuin lyhytteräinen. Kiinnitin terien pitimien aihiot lukkopihdeillä yhteen ja hion samankokoisiksi nauhahiomakoneella. Profiilin ulkoreunan jätin teräväksi, jotta maalivahti voi tukeutua profiilin reunaan jäätöruunnasta ylösnousteen saan.



KUVIO 13. Teräyksikön valmistus.

Terien aseman pitää olla säädettävä, jotta mahdollisimman moni maalivahti saa mieleisensä peliasennon. Luonnostelin terien säätövaraksi  $\pm 60$  mm, jonka arvelin olevan riittävä. Tarvittiin siis kaksi 120 mm pitkää uraa. Keskelle jätin 10 mm levyisen kaistaleen ja päihin 25 mm palat tukevoittamaan kiinnitystä (kuvio 13).



KUVIO 14. Prototyypin 1.0 terä.

Terät tein kahdesta 6 mm:n polyeteenilevystä sahatuista kaistaleista. Kaistaleet jäivät yli istuimelle tarkoitettua levystä, jota piti kaventaa uuniin sopiviin mittoihin. Polyeteeni sopii terien materiaaliksi koska se on hyvin kulutusta kestävä, sitkeää myös alhaisissa lämpötiloissa eikä ime kosteutta, mutta on hivenen taipuisaa (Vink Finland 2009.) Polyeteenin taipuisuuden vuoksi kiinnitin terät neljällä 6 mm:n ruuvilla teräyksikköön. Kiinnityksen tukevoittamiseksi käytin korilaattoja tavallisten aluslevyjen sijaan (kuvio 14).



KUVIO 15. Prototyyppi 1.0 ennen koekäyttöä.

### 5.5 Koekäyttö

Kelkkaa koekäytettiin SHT Sledheammersin harjoituksissa 10.11.2009. Maalivahti Timo Karko oli pääosin tyytyväinen kelkan rakenteisiin. Kelkan säädettävyys, keveys ja rungon tukevuus sai kehuja. Myös teriä kehuttiin herkästi liukuviksi. Seuran välinevastaavan mielestä oli hyvä asia, että kelkan säätämisessä ei tarvita kuin kahta 10 mm:n ja yhtä 13 mm:n kiintoavainta. Näin työkalulaukku pysyy kevyenä.





KUVIO 16. Prototyypin 1.0 testaus.

Kelkan runko oli maalivahdin mielestä liian avoin (kuvio 15), jolloin kiekko mahtui kulkeutumaan rungon lomitse ja mahdollisesti liukumaan maaliin. Samoin suuri istuinkulma jätti paljon tilaa rungon ja alaraajojen väliin kuten kuviossa 16 näkyy. Runko oli myös liian korkea, koska testaajan kädet eivät ylettäneet kunnolla jäähän, jolloin liikkuminen oli hankalaa, vaikka kelkka muuten liukkuikin herkästi. Ulottumisen teki hankalammaksi myös pystympi istuma-asento verrattuna testaajan omaan kelkkaan, jossa hän istuu melko kyyryssä. Tällöin kädet ulottuvat paremmin jään pintaan. Jyrkkä istuinkulma myös vaikeutti jäätä ylöspääsyä, jolloin torjunta-asennosta toiseen siirtyminen vaati paljon voimaa. Ylöspääsemistä vaikeutti myös korkeahko runko. Rungon säätävä etuosa vaikutti myös hieman liian kevytrakenteiselta ja notkealta.

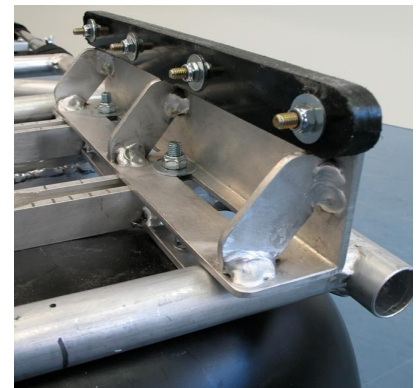
## 5.6 Muutokset koekäytön perusteella

Koekäytön perusteella päätin madaltaa istumakorkeutta madaltamalla teräyksikköä sääntöjen sallimissa rajoissa ja muuttamalla istuimen kiinnitystä. Istuinkulman loiventamiseksi muotoilin istuimen uudelleen. Rungon avoimuutta vähentääkseni lisäsin takarunkoon kaksi poikittaistukea ja eturunkoon siirrettävän poikkituen.

Suurin muutos tuli istuimeen ja istuimen kiinnitykseen. Ensimmäistä istuinversiota ei voinut vain kiinnittää loivempaan kulmaan, koska silloin istuimen takareuna asettuisi etukenoon asentoon, painaisi selkää ja tekisi istumisen hankalaksi. Muutin istuimen kipsimuottia niin, että istuinkulmaksi tulee alle viisi astetta, niin että polvissa säilyy pieni taivutus. Loivennuksen tein lisäämällä kipsiä istuimen muotin takareunaan muodon säilyttäen. Lisäksi madalsin istuinkyhmyille varattua tilaa hieman lisäämällä kipsiä muotin etureunaan ja reisien alle tulevaan kohtaan.

Kipsin kuivuttua tein koko istuimen kattavan pehmusteen kipsimuotin päälle polyeteenivaahtolevystä. Lämmitin levyä uunissa, jotta se muotoutuisi hyvin kipsille, ja kiinnitin levyn nitojalla. Pehmuste jää muovivedon alle, jolloin se sopii suoraan istuimeen. Tämän jälkeen vedin uuden istuimen 6 mm:n HD-polyeteenistä. Muovin jäähtyttyä, irrotin aihion kipsimuotista, ja hioin istuimen reunat pyöreiksi. Madalsin istuimen kiinnitystä irrottamalla latat rungon päältä, ja hitsasin latoista leikatut kappaleet runkoputkien väliin samoihin kohtiin kuin alkuperäisetkin kiinnikkeet. Näin sain madallettua istuinkorkeutta vielä yhden senttimetrin. Kiinnitin istuimen takaosastaan lattoihin, ja tein etukiinnikkeen palasta 15x30 mm:n alumiiniputkea. Viimeistelin istuimen kiinnittämällä pehmusteen kontaktiliimalla.

Madalsin teräyksiköitä niin paljon, että kelkan runk korkeudeksi tuli 8,5 cm eli alin sääntöjen sallima korkeus. Madaltamiseen riitti palkin hiominen matalammaksi ja uusien kiinnitysreikien poraaminen terille. Lisäksi tein 4 x 30 mm alumiinisesta latasta kolme tukea, jotka hitsasin teräyksiköihin tukevoittamaan rakennetta (kuvio 17).



KUVIO 17. Teräyksikkö ja terä muutosten jälkeen.

Rungon avonaisuutta pienensin hitsaamalla takarunkoon poikittais- ja vinoputken. Säännöt sallivat kolmen poikittaistuen asennuksen runkoon istuimen etupuolelle, joten kelkka on edelleen sääntöjenmukainen. Runkoa ei tarvitse jäykistää lisää, joten hyvin ohutseinäinenkin putki riittäisi tähän tarkoitukseen, mutta runkoputkea oli vielä sopivat palat jäljellä, joten käytin niitä. Lisäksi tein eturunkoon liikuteltavan jäykisteen 15x30 mm alumiiniprofiilista (kuvio 18). Kiinnitin jäykisteen kahdella letkunpitimellä eturunkoon niin, että

rungon pituussäätö on edelleen mahdollista, mutta putki myös tukee runkoa törmäystilanteissa ja samalla vähentää kiekkojen läpimenoa jäätorjunnoissa.

Lisäsin myös kantapäiden alle tulevan ja sääriamputoitujen pelaajien tynkää tukevan hihnan leveyttä. Säännöt sallivat hihnojen olevan maksimissaan 10 cm leveät, joten ompelin kaksi 5 cm:n levyistä hihnaa yhteen. Leveämpi hihna on mukavampi ja tukevampi ja estää paremmin kiekkojen läpimenoa rungosta.



KUVIO 18. Kelkan prototyyppi 1.5 varusteineen.

### 5.7 Kehitysideoita

Esitin työn tilaajalle, että kelkasta voisi jalostaa enemmän liikuntarajoitteisille henkilöille elämyskelkan, jota avustaja liikuttaisi. Kelkkaa voisi käyttää vaikkapa terveysliikunnassa ja tapahtumissa, jolloin sellaisetkin henkilöt, joiden yläraajojen toimintakyky ei mahdollista kelkkajääkiekkoa, voisivat osallistua peliin. Idea tuli toimeksiantajan pyynnöstä tehdä istuimeen korkeampi selkänöja tai istuin. Kelkkaan tulisi teräksiset terät ja työntökahva, josta avustaja ohjaisi kelkkaa. Idea menee jo vähän ohi alkuperäisestä toimeksiannosta, mutta yhteistyökumppani piti ehdotusta varsin hyvänä ja kehittämisen arvoisena.

Kapeammalla rungolla varustettuna kelkka soveltuisi hyvin myös kenttäpelaajalle. Teräsjärjestelmän voisi ostaa valmiina, jolloin runkoon ei tarvitsisi hitsata kiskoja teräyksikölle. Samaten rungon etuosan voisi tilata joltakin metallipajalta valmiina. Istuin on hankalin valmistettava, mutta niitäkin saa useilta valmistajilta. Oppilastyönä valmistettuna istuimen saisi yksilöllisenä, eikä hintakaan olisi kovin korkea.

Kelkkaa testannut maalivahti ehdotti vakiovarusteisiin lisättäväksi reisiä suojaavan kilven valmistamista, jolloin pelatessa voi käyttää kevyempiä housuja jääkiekkohousujen sijaan, ja istuimesta voi tehdä tiukemmin istuvan.

Leveydeltään säädettävän istuimen kehittäminen olisi haastava projekti. Varsinkin vuokra- ja seurakelkoissa säädettävällä istuimella olisi maailmanlaajuiset markkinat, mutta suurelta valmistajat eivät ole tässä vielä onnistuneet.

## 5.8 Prototyypin materiaalikustannukset

Prototyypin materiaalit olivat edullisia. Kelkassa käyttämäni alumiiniputki ja -profiili olivat halpaa, koska seinämävahvuudet olivat ohuet. Hinta nousee, kun putken seinämävahvuus kasvaa, mutta materiaalikustannukset pysyvät silti harrastajillekin siedettävänä. Prototyyppiä rakentaessa materiaalia kuluu enemmän kuin valmiiseen tuotteeseen, jolloin kustannus on vieläkin alhaisempi. Käytin prototyyppiä kehittäessäni mahdollisimman paljon ylijäämäpaloja, joilla testasin rakenteiden toimivuutta uuden materiaalin sijaan. Käytetyt materiaalit olen eritellyt taulukkoon 1.

Prototyyppiä kehittäessäni valmistin kaksi istuinta ja kahdet teräyksiköt. Tuotantoversioiden valmistusmateriaalien hinta yhdellä istuimella ja yksillä teräyksiköillä on alle sata euroa, vaikka erittelystä puuttuukin hihnojen kustannukset, koska hihnojen materiaalia oli Solialla entuudestaan.



TAULUKKO 1. Maalivahdin jääkiekkokelkan materiaalierittely.

<b>Materiaali</b>	<b>Hinta €</b>	<b>Selitys</b>
Al-putki	13,00	Rungon valmistusmateriaalit 2x28 mm 3 m, 1,5x22 mm 2,5 m
Al-profiili	30,00	Teräyksiköiden valmistusmateriaalit neliöputki 4x100 mm 0,7 m
Muovilevy	52,70	Istuimien ja terien valmistusmateriaali 2 m <sup>2</sup>
Pehmusteet ja tulpat	6,90	Istuimen 1 pehmusteet ja rungon suojatulpat
Soljet	7,50	Istuimen 1 vöiden soljet
Pehmusteet ja soljet	13,20	Istuimen 2 pehmusteet ja vöiden soljet
Imukangas	1,84	Istuimen 1 muovivetoon
Imukangas	9,28	Istuimen 2 muovivetoon
Ruuveja	2,01	Kiinnitystarvikkeita runkoon ja istuimiin
Aluslevyjä	1,91	Kiinnitystarvikkeita runkoon ja istuimiin
Letkukiinnittimet	1,80	Eturungon jäykisteen kiinnittimet
Yhteensä:	140,14	

## 6 ARVIOINTI

Onnistuin melko hyvin tavoitteessani rakentaa IPC:n sääntöjen mukainen maalivahdille suunniteltu jääkiekkokelkka. Kelkan perusrakenne osoittautui testissä hyväksi, joten sitä ei tarvitse työstää enempää. Materiaalien vahvuuksia pitää vielä hienosäätää ja mitoitus-tarkistaa mahdollisiin tuotantoversioihin. Kelkan ensimmäinen versio painoi 5,2 kg pelikunnossa, eivätkä toteutetut muutokset nostaneet painoa yli 6 kg:n. Peliominaisuu-detkin olivat hyvät.

Yhtenä tavoitteena oli tarkastella, miten kelkan voisi valmistaa itse. Tällä runkoraken-teella itse rakentaminen vaatii hyvää alumiinin hitsaustaitoa ja kunnon työvälineitä. Pro-totyypin rakentamisesta saamani kokemuksen perusteella maalivahdin jääkiekkokelkan runko on järkevintä koota hitsaamalla, koska siten rakenteesta tulee riittävän jäykkä mutta kevyt. Rungon etuosaa ei voi oikein muuten valmistaakaan kuin hitsaamalla, kos-ka säännöt kieltävät terävät ulokkeet. Alumiini materiaalina oli oikea valinta, koska sen työstäminen kotikonstein on huomattavasti helpompaa kuin teräksen ja alumiinista val-mistettu runko on huomattavasti teräksistä kevyempi.

Jääkiekkokelkkojen markkinat ovat Suomessa todella pienet. Tulevaisuudessakaan ei pelaajien määräksi ole odotettavissa kuin 50 - 100 harrastajaa, jolloin maalivahdin kelk-

koja ei tarvittaisi kuin korkeintaan kymmenen. Tällöin jääkiekkokelkkojen valmistaminen maalivahteille ei ole mikään liikeidea, vaan harrastus. Mielestäni jääkiekkokelkkoja kannattaisi valmistaa rakennussarjoina. Tällöin kelkka olisi helposti räätälöitävissä kullekin pelaajalle, eikä varastossa tarvitsisi pitää kokonaisia kelkkoja. Joku pieni metallipaja voisi valmistaa kenttäpelaajille 2 - 3 eri levyistä keulaosaa, jotka sopisivat kaikki samaan runko-osaan. Teräjärjestelmät voisi ostaa valmiina, koska saatavilla on hyviä modulaarisia teräjärjestelmiä, joihin takarunko sovitetaan. Maalivahtien kelkat voisi valmistaa samalla periaatteella, mutta erityistarpeet huomioiden. Hankalin valmistettava on istuin, joka pitäisi olla jokaiselle yksilöllisesti muotoiltu ja mitoitettu, mutta nykyisissäkin valmiskelkoissa on tarjolla vain muutama erikokoinen istuin. Istuimia voisi mielestäni tehdä oppilastyönä, jolloin hintakin pysyisi harrastepelaajille siedettävänä.

## LÄHTEET

Haapaniemi, Heikki (toim.) 1978: Autoteknillinen taskukirja. Tampere: Suomen Autoteknillinen Liitto ry.

Jokinen, Tapani 2001: Tuotekehitys. Helsinki: Otatieto Oy.

Paralympiakomitea 2009a: Ice Sledge Hockey. Verkkodokumentti.  
<[http://www.paralympic.org/release/Winter\\_Sports/Ice\\_Sledge\\_Hockey/About\\_the\\_sport/](http://www.paralympic.org/release/Winter_Sports/Ice_Sledge_Hockey/About_the_sport/)>. Luettu 15.4.2009.

Paralympiakomitea 2009b: Ice Sledge Hockey. Verkkodokumentti.  
<[http://www.paralympic.org/release/Winter\\_Sports/Ice\\_Sledge\\_Hockey/Rules/IPC\\_Ice\\_Sledge\\_Hockey\\_Rule\\_Book\\_v1.4\\_2008\\_12\\_06.pdf](http://www.paralympic.org/release/Winter_Sports/Ice_Sledge_Hockey/Rules/IPC_Ice_Sledge_Hockey_Rule_Book_v1.4_2008_12_06.pdf)> Luettu 15.4.2009.

Purso Oy 2009. Vakioprofiilit. Verkkodokumentti.  
<[http://www.purso.fi/downloadable\\_files/esitteet/purso\\_standard\\_profiles\\_fi\\_en\\_2009.pdf](http://www.purso.fi/downloadable_files/esitteet/purso_standard_profiles_fi_en_2009.pdf)>. Luettu 27.4.2009.

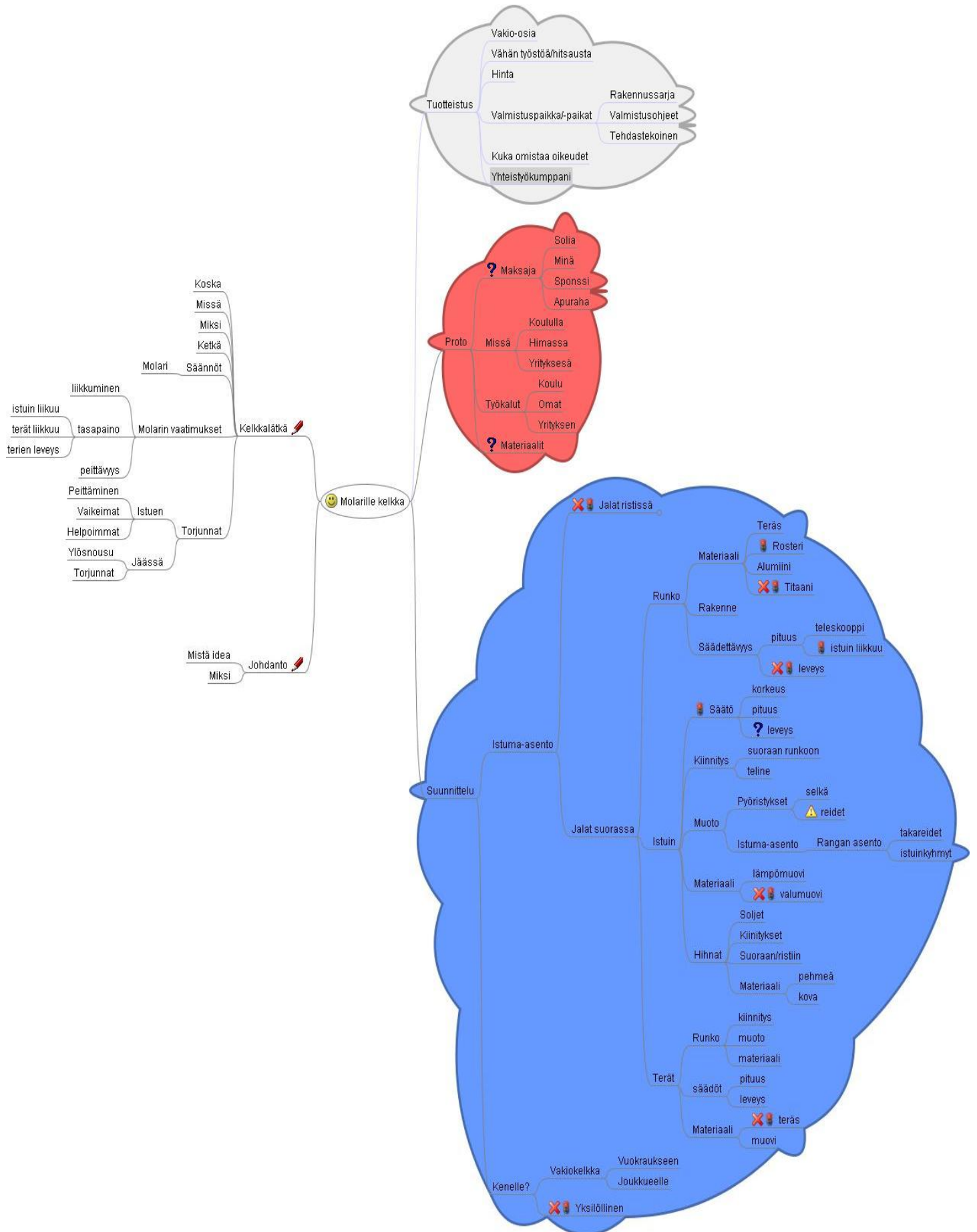
SIU 2009: Suomen invalidien urheiluliitto ry. Verkkodokumentti. <<http://www.siu.fi>>  
Luettu 12.11.2009.

SOLIA 2009: Soveltavan liikunnan apuvälinetoiminta SOLIA. Verkkodokumentti.  
<<http://www.siu.fi/fin/liikuntavaluevuokraus/>>. Luettu 6.4.2009.

Suomen Jääkiekkoliitto ry 2009: Suomen Jääkiekkoliitto ry info. Verkkodokumentti.  
<http://www.finhockey.fi/info/>. Luettu 25.10.2009.

Unique Inventions Inc. 2009: Unique Inventions. Verkkodokumentti.  
<<http://www.uniqueinventionsinc.com>>. Luettu 13.11.2009.

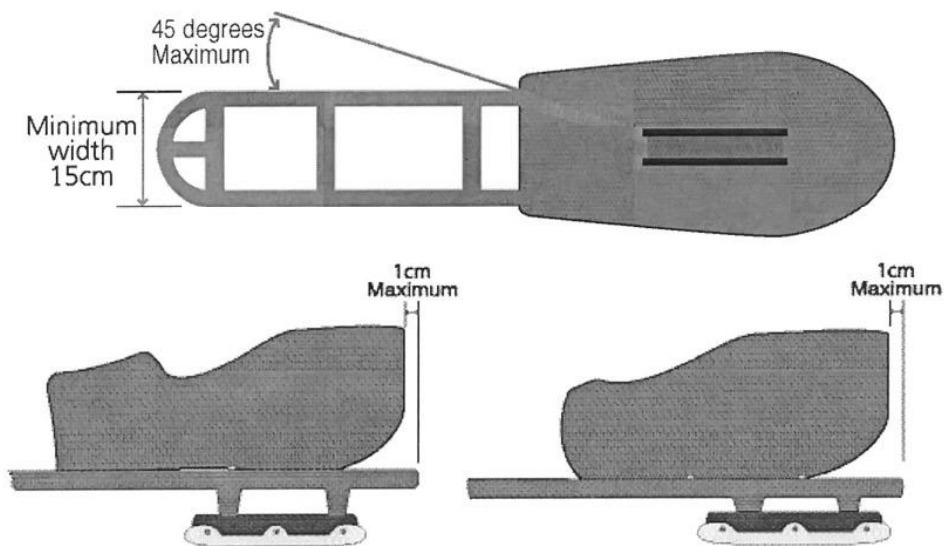
Vink Finland Oy 2009. Tuotteet. Verkkodokumentti.  
<<http://www.vink.fi/TUOTTEET/Tuotteet/PE.aspx>>. Luettu 27.4.2009.



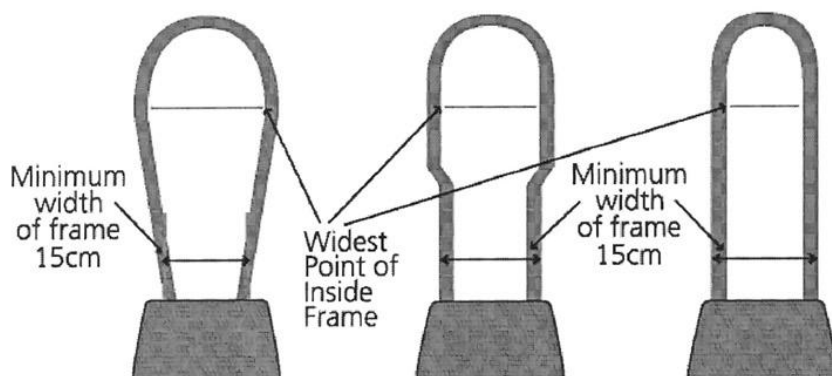
**SECTION 4 - GOALKEEPER EQUIPMENT (MOBILITY DEVICES), PROTECTIVE CLOTHING, ACCESSORIES AND FOOT PROTECTION**

**400 - GOALKEEPER SLEDGE FRAME**

- a) Sledge frames may be constructed of the following approved material: Steel, aluminum, titanium. The Material must be cylindrical and not have a diameter smaller than 1.5cm or greater than 3cm.
- b1) The frames main side rails shall be **15cm MINIMUM** width (measured from the out side of the frame) and a maximum width no greater than the seat of the sled. The side rails of the frame may taper underneath the seat to accommodate the blades; any taper must **NOT** exceed **45 degrees**.  
No more than **1cm** of the frame may protrude beyond the rear of the seat or in the event the player sits cross legged, beyond the legs.
- b2) In the case of a double amputee player, the blade/ blade carrier may sit on the rear end of the frame. The frame must protrude **1cm** beyond the end of the blade.

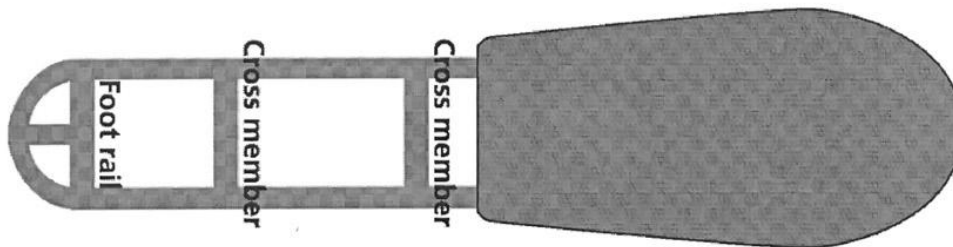


- c) The front of the sledge shall have a continuous curve with a maximum radius one half (1/2) of the inside width of the frame at its widest point forward of the seat.

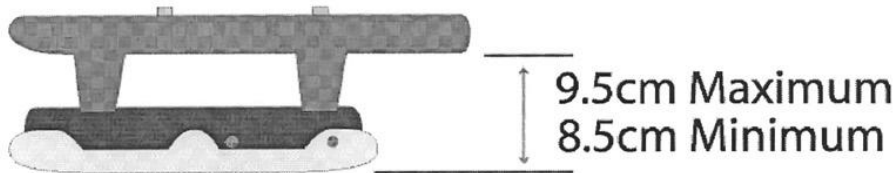


GOALKEEPER EQUIPMENT, CLOTHING, PROTECTIVE EQUIPMENT

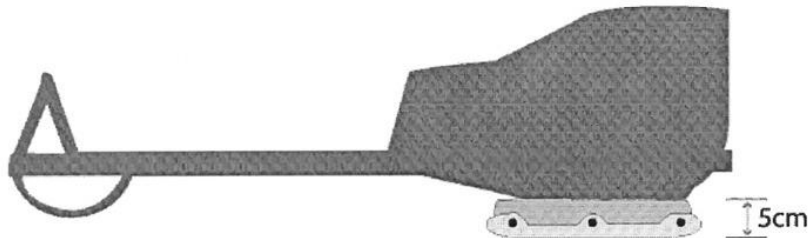
- d) The frame may be fitted with a maximum of **(4)** four cross members, and one foot rail, mounted forward of the seat. The cross members may be square or cylindrical and not have a diameter smaller than **1.5cm** or greater than **3cm**.



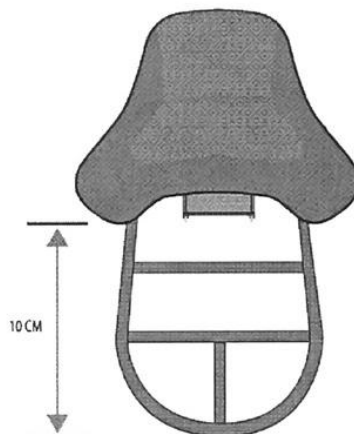
- e) The height of the main frame measured from the ice to the bottom of the frame shall be **8.5cm minimum - 9.5cm maximum**.



- f) Players seats/buckets may sit on the ice hockey blades/ blade carrier, as long as it is not below **5cm**.

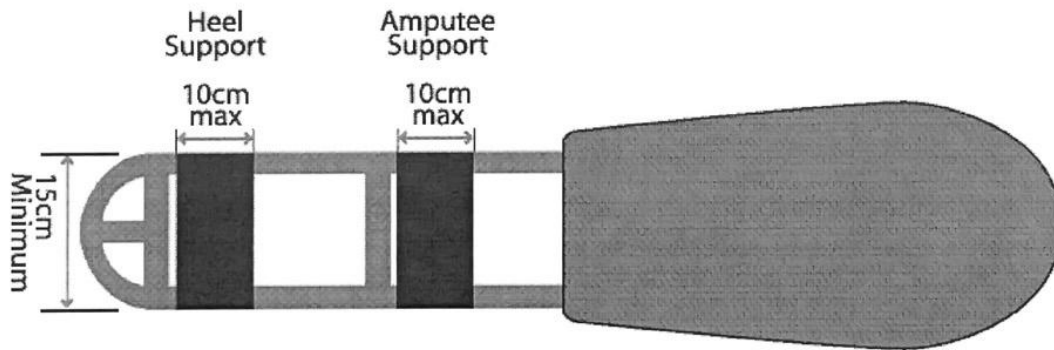


- g) The minimum length of the goalkeepers sled frame must:
- 1 Extend **10cm** beyond the front end of the players seat bucket.
  - 2 Accommodate the required **minimum 10cm** length of the front skid.



**401 - HEEL SUPPORT**

Each Sledge may have a heel support with a maximum width of **10cm**. If the player is a single amputee, a second support may be used for the stump (maximum width of **10cm**). No part of the stump may hang below the frame.



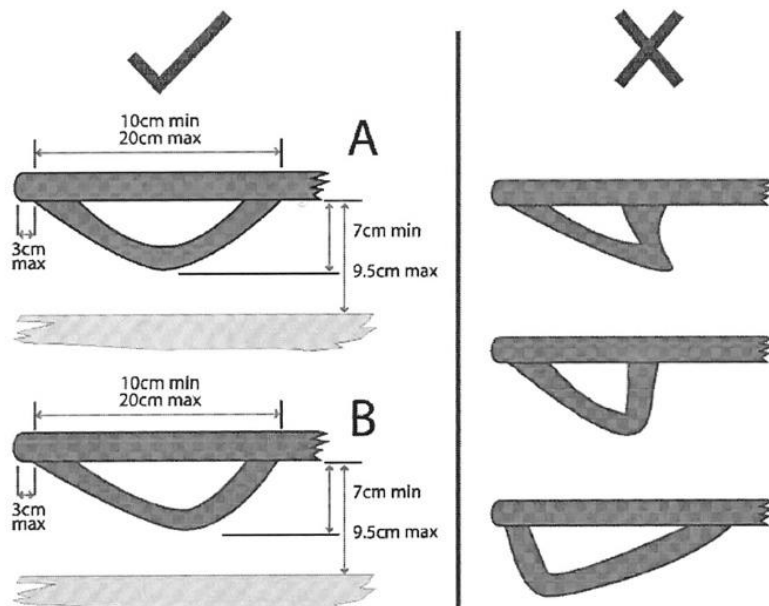
**402 - FRONT**

**SKID**

The Sledge must have one skid. The front skid must be attached to the frame not more than **3cm** from the front of the main frame. The skid must be mounted in the Centre of the frame and extend backwards **10cm minimum** and **20cm maximum**. The skid measured from the frame downward towards the ice must be no less than **7cm minimum** and **9.5cm maximum**.

Material:

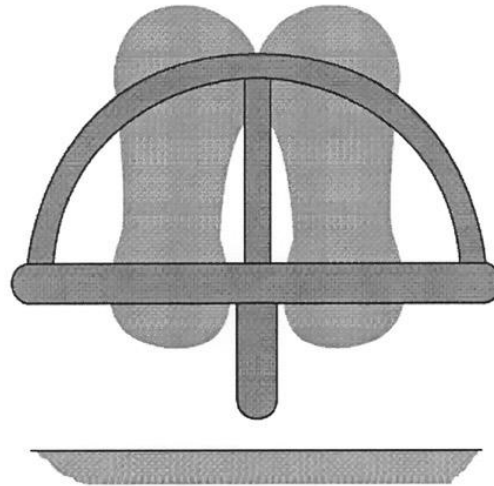
- a) The skid may be made of the same material as the main frame. If made of the same material, it must be cylindrical and have a diameter of not less than **1.5cm minimum** and **3cm maximum**.
- b) The skid may be designed of a nylon/plastic material. It may be solid in shape and have a width of not less than **1.5cm minimum** and **3cm maximum**.



**403 - FOOT GUARD/ SUPPORT**

A foot guard/support shall be made of the same material as the mainframe, and have a diameter of not less than **1.5cm minimum** and **3cm maximum**.

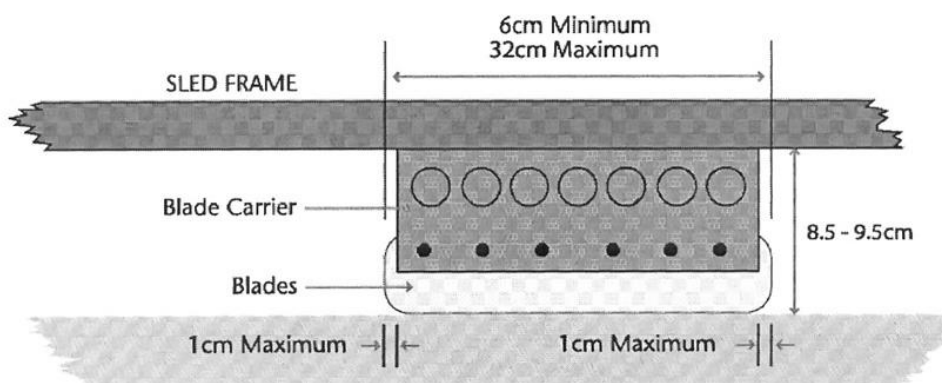
The foot guard/support shall vary in height (depending on each players' foot size) and must not extend outside the main frame, and must not extend above the players feet/foot.



**404 - SKATE BLADES/ BLADE CARRIER**

a) Each Sledge shall be mounted with one **(1)** blade minimum and two **(2)** blades maximum, mounted parallel and square under the seat of the sled, there is no minimum width that the blades are set apart. The maximum width is the width of the seat. The blades may not exceed **6cm minimum** and **32cm maximum**. The blades must not protrude more than one **(1)** centimeter beyond the front or back of the blade carrier.

b) Plastic blades are acceptable for Goalkeeper's only.



**405 - GOALKEEPER SEAT**

a) The Seat may be made from any suitable material and must have no sharp edges (edges rounded off). No more than 1cm of the frame may protrude beyond the rear of the seat. If the goalkeeper sits cross-legged, the seat may be extended sideways to protect the knees, but may not protrude more than **1cm** beyond the players knees.



- b) The maximum height a seat may sit above the ice is **20cm**, measured from a flat surface to the lowest point of the underside of the main seating area of the seat. (See diagram below.)
- c) Removable seat cushions or built-in padding or combination thereof must **NOT** exceed **5cm** in height, nor overlap the seat.
- d) No external projection or protruding beyond the seat or back support towards the rear of the sledge will be allowed in excess of **1cm**.
- e) Straps and/or adhesive tape may be used to secure players feet, ankles, knees and hips to the sledge.



GOALKEEPER EQUIPMENT, CLOTHING, PROTECTIVE EQUIPMENT

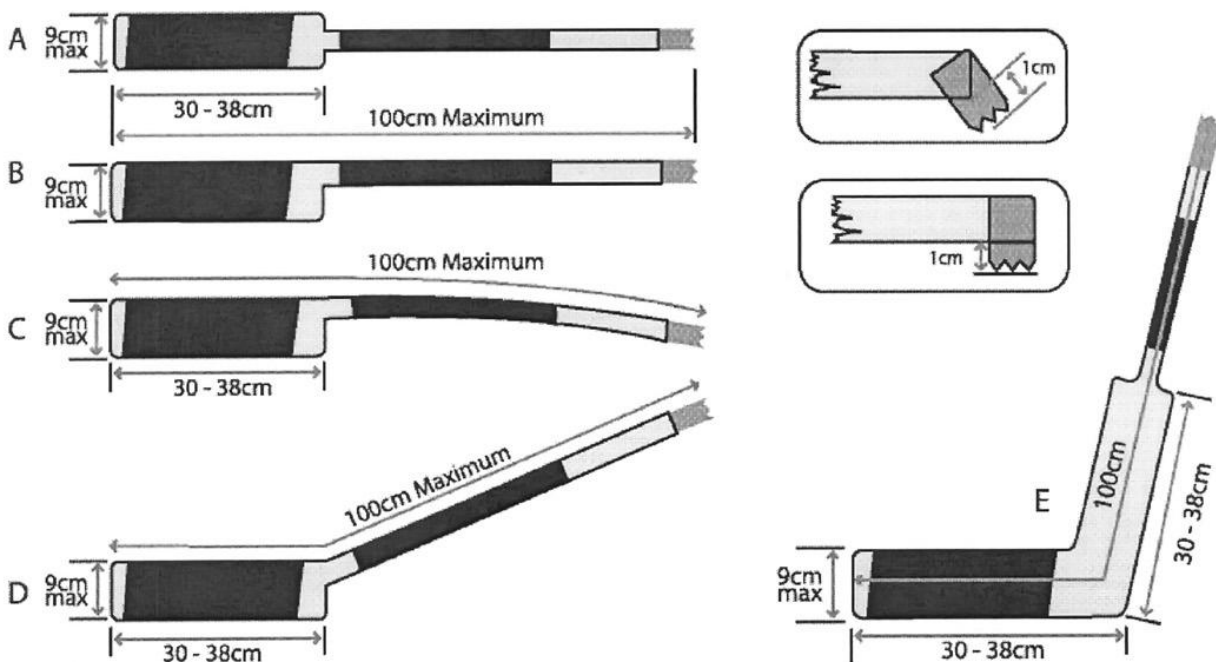
**406 - GOALKEEPER'S STICKS**

Sticks shall be made of wood or other material, such as aluminum, fiberglass or plastic. It must not have any projections and all edges must be bevelled. Adhesive non-fluorescent tape of any colour may be wrapped around the stick at any place.

Dimensions:

- |        |                               |   |
|--------|-------------------------------|---|
|        | -maximum length               | - 100cm measured along the centre line. |
| Shaft: | -must have a minimum width of | - 2cm                                   |
|        | -minimum thickness            | - 2.8cm                                 |
|        | -minimum length               | - 30cm                                  |
| Blade: | -maximum length               | - 38cm from the heel to the toe.        |
|        | -maximum width                | - 9cm                                   |

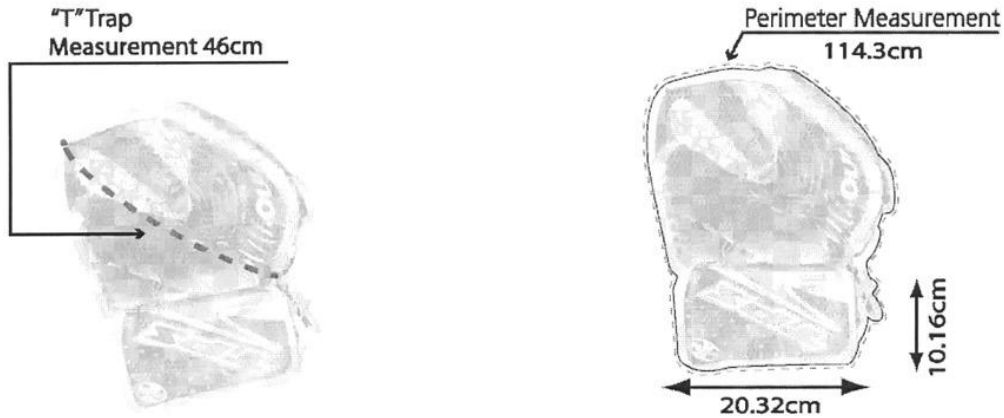
The Goalkeeper's stick blade may be curved, and the curvature shall be restricted in such a way that the distance of a perpendicular line, measured from a straight line drawn from any point at the heel to the end of the blade, shall not exceed 1.5cm. The Goalkeeper's stick may have an additional pick at the base of the blade not exceeding 1cm, set at 90 degrees at the butt end of the stick to facilitate movement back and forth in the goal (i.e. push or pull).



**407 - GOALKEEPER'S GLOVES**

The maximum outside dimensions of the catching glove shall not exceed: **20.32cm** in length at any part of the wrist cuff, which shall be **10.16cm** in width (height). Distance from the heel along the pocket to the top of the T trap shall be no more than **46cm**. The perimeter of the catching glove shall not exceed **114.3cm**.

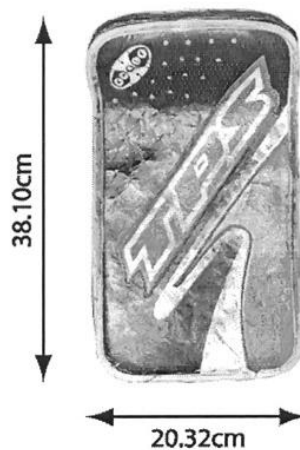
These shall be allowed to have fixed protuberances or picks protruding but must be securely attached to the catching glove. The picks shall not exceed **1cm** in length.



**408 - BLOCKING GLOVE**

The maximum dimensions of the protective padding attached to the back of the forming part of a blocking glove, shall measure:

- 38.1cm** in length
- 20.32cm** in width



**CLOTHING**

**409 - GOALKEEPER CLOTHING**

Refer to clothing specifications **Rule 308**.

**PROTECTIVE EQUIPMENT (ACCESSORIES)**

**410 - GOALKEEPER'S HELMET AND FULL FACE MASK**

- a) During the game and during the pre-game warm-up, all Goalkeeper's must wear an ice hockey full-face mask with a hockey helmet, or a goalkeeper's full-face head protector.

Goalkeeper's face masks must be constructed in such a way that a puck may not get through it, that neither the puck, nor a stick blade, and nor the pick end might get through it.



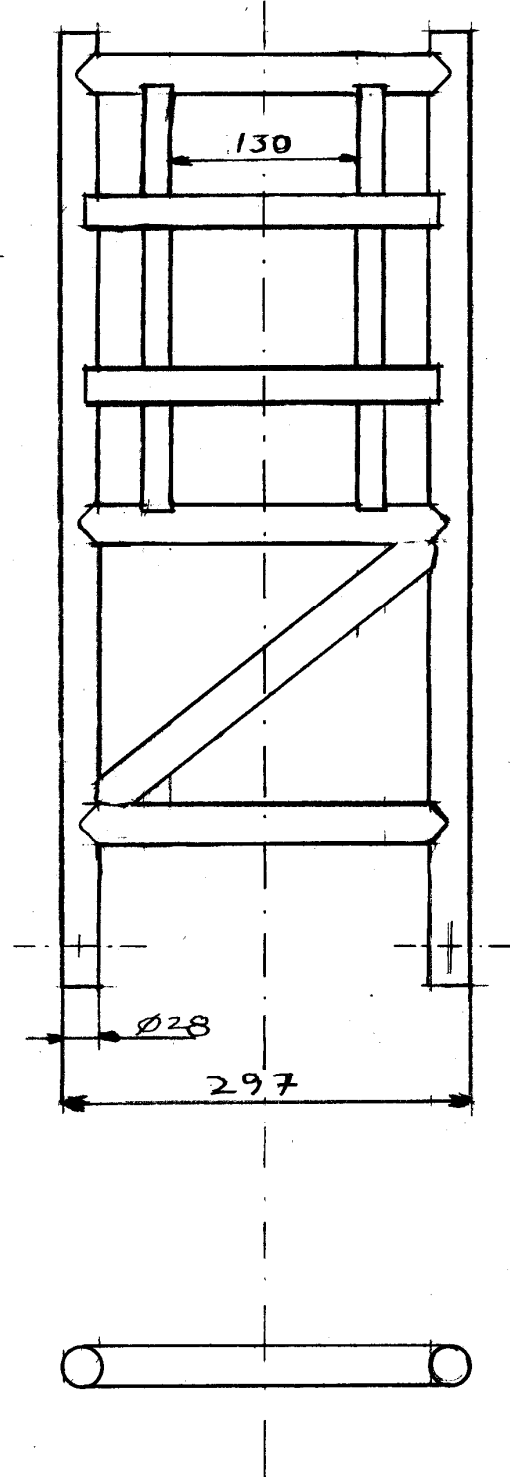
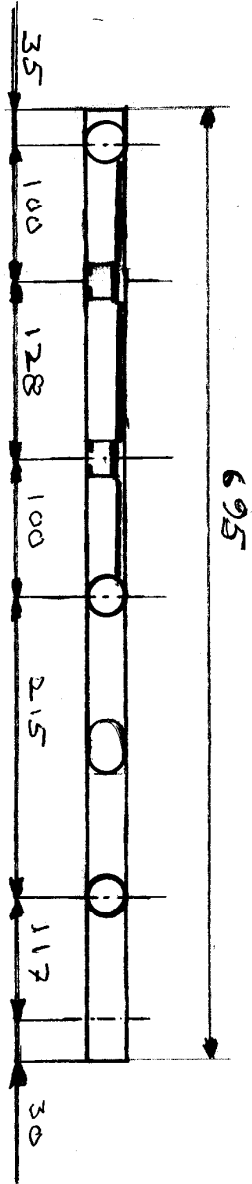
**411 - GOALKEEPER'S LEG GUARDS**

The goalkeeper's side leg guard shall not exceed 5cm higher than the leg(s) of the goalkeeper, and not extend beyond the feet. A goalkeeper may use hockey shin guards, or baseball shin guards as protection. These guards must be worn on the outside of the uniform.

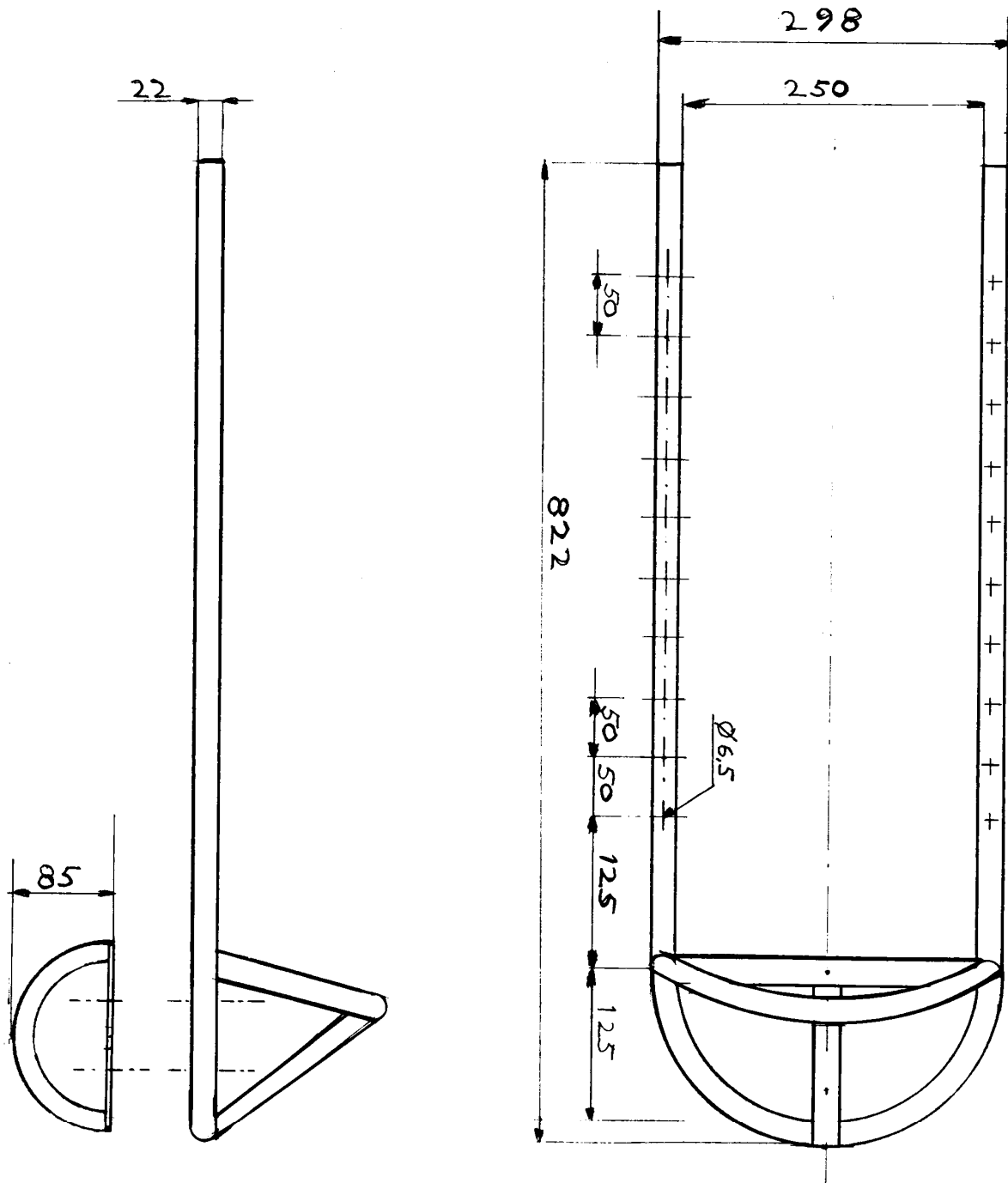
A plate or any kind of device covering the space between the sledges frame is not permitted.

**412 - FOOT PROTECTION**

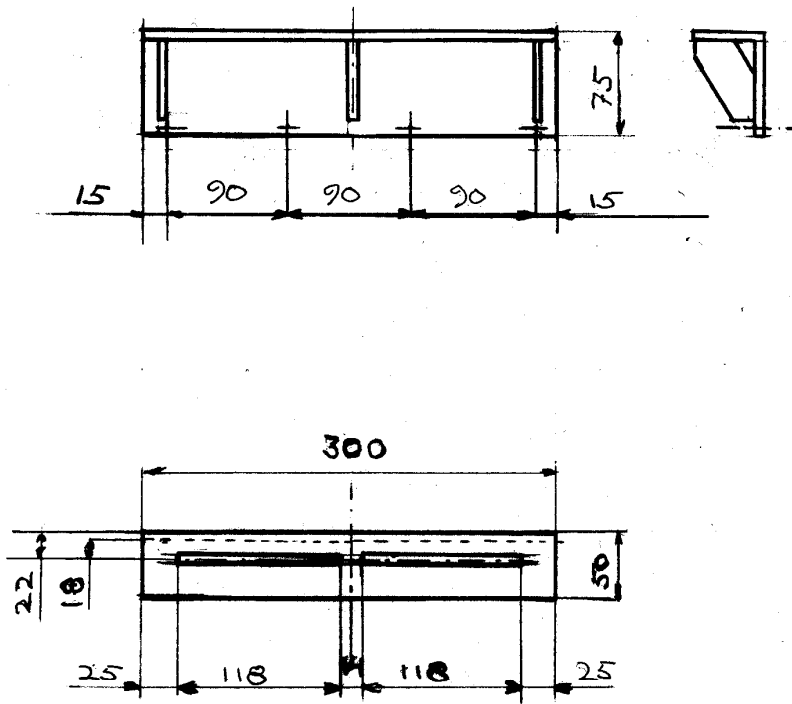
Refer to **Rule 317**



<b>MAALIVAHDIN</b>	Piirtäjä	Muutos	Mittakaava
<b>JÄÄKIEKKOKELKKA</b>	JWa		
Rungon takaosa	Pvm	Versio	1:5
	26.2.2010	1.0	



<b>MAALIVAHDIN</b> <b>JÄÄKIEKKOKELKKA</b> Rungon etuosaa	Piirtäjä JWa	Muutos	Mittakaava  1:5
	Pvm 26.2.2010	Versio 1.0	



<b>MAALIVAHDIN JÄÄKIEKKOKELKKA</b> Teräjäjestelmä	Piirtäjä JWa	Muutos	Mittakaava  1:5
	Pvm 26.2.2010	Versio 1.0	