

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
Tuotekehitys

Tutkintotyö

Tomi Salmivuori

ÄLYKKÄÄN LIIKENNEMERKIN MEKANIKKASUUNNITTELU

Työn ohjaaja:
Työn tilaaja:
Tampere 2005

Jyrki Oinonen
Mikkelin ammattikorkeakoulu, valvojana DI Jari Forsström

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU

Kone- ja tuotantotekniikka

Tuotekehitys

Tomi Salmivuori

Älykkään liikennemerkin mekaniikkasuunnittelu

Tutkintotyö

27 sivua + 11 liitesivua

Työn ohjaaja

Jyrki Oinonen

Työn teettäjä

YTI-tutkimuskeskus, Mikkelin AMK, valvojana Jari Forsström

Marraskuu 2005

TIIVISTELMÄ

Euroopan unioni on julkaissut tieliikenteen toimintaohjelman valkoisen kirjan, jonka tavoitteena on puolittaa tieliikennekuolemien määrä vuoteen 2010 mennessä. Tavoitteeseen pyritään muun muassa kehittämällä ajoneuvojen sekä tieympäristöjen turvajärjestelmiä älykkäämmiksi sekä parantamalla niiden vuorovaikutusta. Mikkelin ammattikorkeakoulu sekä YTI-tutkimuskeskus ovat ryhtyneet kehittämään älykästä liikennemerkkiä, jonka avulla risteysonnettomuuksia voitaisiin vähentää herättämällä kuljettajan huomio riittävän ajoissa ennen risteystä jos sitä lähestytään liian suurella nopeudella. Tässä SmartSign-projektiin liittyvässä työssä suunnitellaan kotelointi merkin vaatimille antureille ja elektroniikalle, joka käsittää kaksi päätien tutkaa, SMS-sivutientutkan sekä prosessorimoduulin. Suunnittelun lähtökohtana sekä tavoitteena on ollut saada komponentit mahdollisimman keskitetysti yhteen paikkaan. Ratkaisuna kehiteltiin kotelo, joka on kärkikolmion muotoinen ja joka toimii samanaikaisesti komponenttien suojana sekä liikennemerkkinä. Yksinkertaistettuna liikennemerkin syvyyttä vain lisättiin niin paljon että komponentit mahtuvat sisälle ja tutkille on tarvittava

säästövara.

TAMPERE POLYTECHNIC

Mechanical and Production Engineering

Product development

Tomi Salmivuori Mechanical design of smart traffic sign

Engineering thesis 27 pages + 11 appendices

Thesis supervisor Jyrki Oinonen

Commissioning Company YTI-tutkimuskeskus, Mikkeli Polytechnic, Supervisor Jari Forsström
November 2005

ABSTRACT

European Union has published Road Safety Action Program called White Paper. Its main goal is that in 2010 the number of fatal accidents has reduced by half. The most important means to reach the goal is the more intelligent production of vehicles and road areas security systems. Mikkeli Polytechnic and YTI-research centre have started to generate an intelligent traffic sign that would help to reduce crossroad accidents. SmartSign works by arousing the drivers' attention early enough before the crossroad if it's been approached too fast. In this SmartSign-project there's been designed a housing for electronics and sensors which include two main road radar, a SMS-side road radar and a processor module. The starting point for a design is to gather all the components to one place. This problem has been solved by designing a housing that has a shape of a traffic sign, thus it is a component's housing and a traffic sign at the same time.

SISÄLLYSLUETTELO

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

SISÄLLYSLUETTELO.....	4
1 JOHDANTO	5
2 SUUNNITTELUN LÄHTÖKOHDAT	7
2.1 Tieliikenneasetukset.....	7
2.2 Elektroniset komponentit	7
2.2.1 Decatur SI - 2, päätien nopeustutka	8
2.2.2 SMS – nopeus/etäisyystutka	9
2.2.3 CEF akustiset anturit.....	10
2.2.4 Aurinkopaneeli.....	10
2.2.5 Akku.....	11
2.2.6 Lataussäädin.....	12
2.2.7 Prosessorimoduuli	12
2.2.8 Varoitussignaalin antolaite.....	13
3 KOTELOIDEN MEKANIKKASUUNNITTELU	13
3.1 Elektronisten anturien koteloinnin suunnittelu	15
3.1.1 Anturikotelon materiaalin valinta	16
3.1.2 Teräs.....	16
3.1.3 Alumiini	17
3.1.4 Muovi.....	17
3.1.5 Vaatimustaulukko ja laatukaavio	18
3.1.6 Lujuusopillinen tarkastelu.....	21
3.1.7 Kannatinkehikko	23
3.2 Akustojen koteloinnin suunnittelu	23
3.3 Aurinkokennon sijoittelu ja kiinnitykset.....	24
4 LOPPUPÄÄTELMÄT.....	25
LÄHDELUETTELO.....	27
LIITTEET	

Tekniset piirustukset, 11 kpl

1 JOHDANTO

Tänä päivänä Suomi on yksi maailman kärkeä liikenneturvallisuuden saralla. Työskentely tämän tavoitteen saavuttamiseksi on aloitettu jo 1970-luvulla, jolloin pahimmillaan vuonna 1972 kuoli liikenteessä lähes 1600 ihmistä ja loukkaantui miltei 16 000. Laajamittaisen liikenneturvallisuuksitoiminnan ansiosta kehitys kuitenkin saatiin positiiviseksi, ja liikennekuolemien määrä vähentyi vuoteen 1996 asti. Tämän jälkeen tilanne näyttää pysähtyneen eikä ole mainittavasti muuttunut vuoteen 2000 mennessä. Liikennevakuutuksista korvattujen vahinkojen määrä on noussut vuosina 1998 ja 1999. Muissa pohjoismaissa tilanne on hyvin samankaltainen vertailtaessa kuolleiden määriä suhteutettuna asukaslukuun. Valtioneuvosto on asettanut vuonna 1997, tavoitteeksi että vuoteen 2005 kuolemantapauksien määrän pitäisi olla alle 250 /7/.

Viime vuosien pysähtyneen turvallisuuskehityksen johdosta vuosille 2001–2005 laadittu liikenneturvallisuuksusuunnitelman toimenpideohjelmalla pitäisi laskennallisesti pystyä vähentämään 150 liikennekuolemaa, jotta vuodelle 2005 asetettuun tavoitteeseen varmimmin päästäisiin. Lopullisen ohjelman kokonaisvaikutukset ovat laskennallisesti 120 liikennekuolemaa, ja sekin edellyttää huomattavaa lisäpanostusta liikenneturvallisuuksustyöhön /7/.

Komission 12.9.2001 julkaisema valkoinen kirja Eurooppalainen liikennepolitiikka vuoteen 2010: valintojen aika ehdottaa 60:tä toimenpidettä liikenneturvallisuuden parantamiseksi, koska Euroopassa tapahtuu vuosittain 1,3 miljoonaa onnettomuutta, joissa kuolee 40 000 ja loukkaantuu 1,7 miljoonaa ihmistä. Näistä onnettomuuksista aiheutuvat kustannukset ovat arviolta 160 miljardia euroa. Tähän asiakirjaan sisältyy myös kohta käyttäjät, jonka tiimoilta on tehty tieliikenneturvallisuuden toimintaohjelma (vuosille 2003–2010). Toimintaohjelma käsittää kohdan tiedonanto neuvostolle ja Euroopan parlamentille Turvallisia ja älykkäitä ajoneuvoja tieto- ja viestintäteknikan avulla. Tässä tiedonannossa tuodaan esille toimenpiteitä, joita komissio aikoo toteuttaa nopeuttaakseen älykkäiden turvajärjestelmien kehitystä. Koska suuri osa onnettomuuksista tapahtuu inhimillisen erehdyksen seurauksena, pyritään ongelmien ratkaisussa parantamaan ajoneuvojen sekä tieympäristöjen älykkäitä turvajärjestelmiä sekä näiden vuorovaikutusta /11/. Autoliiton julkaiseman Moottori-lehden mukaan Suomessa sattuu paljon liikennekuolemia nimenomaan kärkeäkolmioiden läheisyydessä sivutieltä tulevan kuljettajan huomion herpaantumisen takia /12/. Suomessa kärkeäkol-

mion ja stop-merkin läheisyydessä kuolee noin 18 ihmistä vuodessa. Mikkelin ammattikorkeakoulun ja YTI-tutkimuskeskuksen toteuttama SmartSign - projekti siis sopii hyvin tähän tavoitteeseen. Projektissa suunniteltavan merkin toiminta on seuraava: SmartSign on älykäs kärkikolmio tai STOP – merkki, joka valvoo risteysalueen liikennettä ja varoittaa vaaratilanteista. Järjestelmä havainnoi ajoneuvoja anturien avulla ja huomaa, mikäli sivutieltä risteystä lähestyvällä (väistämisvelvollisella) ajoneuvolla on liian suuri tilannenopeus eikä se pysty pysähtymään täysin ennen risteystä. Vaarasta varoitetaan vain, kun lähestyttävällä päätiellä on liikennettä. Mekaniikkasuunnittelun osuus projektissa käsittää komponenttien kotelointien ja kiinnitysten suunnittelun.

2 SUUNNITTELUN LÄHTÖKOHDAT

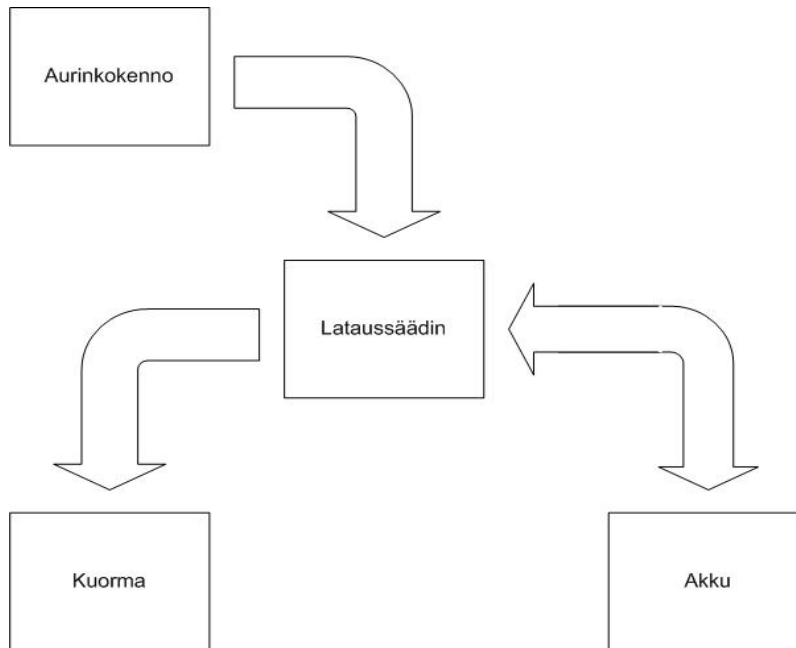
2.1 Tieliikenneasetukset

Ennen kuin on mahdollista aloittaa kotelointien suunnittelu tai edes elektroniikan valinta, on paneuduttava tarkastelemaan tieliikennelakia sekä tieliikenneasetuksia, jotka määrittelevät hyvin tarkasti sen, millaisia liikennemerkkejä on luvallista käyttää. Myös materiaalivalinnoille on annettu tarkat kriteerit, joiden mukaan on työskenneltävä. Tässä kappaleessa tarkastellaan tieliikenneasetusten vaatimuksia mekaniikkasuunnittelun kannalta. Tiehallinnon internetsivuilta löytyvät ohjeet sekä asetukset, joita pitää noudattaa yleisiä ajo- ja kävelyteitä tai näiden opasteita suunniteltaessa. Liikennemerkkin pohjamateriaalista mainitaan seuraavaa: ”Liikennemerkki voidaan valmistaa tarkoitukseen soveltuvasta levyateriaalista kuten vanerista tai alumiinista. Merkit voidaan valmistaa myös muusta materiaalista, jonka tulee kestää säätä ja kuormitusta laatuvaatimuksia vastaavasti.” /8/. Varoitussignaalksi on ajateltu vilkkuvaa valoa tai äänisignaalia kuten rautateiden tasoristeyksissä. Valo-opasteista on annettu seuraavanlainen säädös: ”Erityisestä syystä voidaan varoitusmerkin tai suojatietä osoittavan liikennemerkkin yhteydessä merkin vaikutuksen tehostamiseksi käyttää opastimia, joissa on enintään kaksi pyöreätä valoaukkoa vilkkuvaa keltaista valoa varten. Opastimet sijoitetaan joko liikennemerkkin ylä- tai alapuolelle. Jos opastimessa on kaksi valoaukkoa, tulee niiden olla vierekkäin samalla korkeudella, ja valojen tulee vilkkua vuorotellen (LiikMA tlv 36§) /9/.

2.2 Elektroniset komponentit

Seuraavissa kappaleissa esitellään älykkään liikennemerkkin sisältämät elektroniset komponentit sekä niiden toimintaperiaatteet. Projektin elektroniikkasuunnittelusta vastaa TTY:n opiskelija Tommi Kokkonen. Järjestelmän tehtävänä on havaita liikennemerkkiä lähestyvä ajoneuvo ja varoittaa tämän kuljettajaa, mikäli ajoneuvon tilanopeus on liian suuri ja päätiellä (tie jota ajoneuvo lähestyy) on liikennettä. Liikennettä havainnoidaan käyttämällä erilaisia ympäristöä havainnoivia antureita. Anturit kommunikoivat järjestelmän sydämenä toimivan prosessorin kanssa käyttäen erilaisia

dataväyliä. Prosessorin ohjelmisto vastaa liikennetilanteiden analyysistä ja varoitussignaalin käynnistämisestä tarvittaessa. Järjestelmän käyttövoimana toimii aurinkokennon, lataussäätimen ja akun muodostama teholähde, joka antaa käyttöjännitteen muulle järjestelmälle.



Kuva 1 Aurinkokenno/akkusysteemin periaatekuva.

2.2.1 Decatur SI - 2, päätien nopeustutka

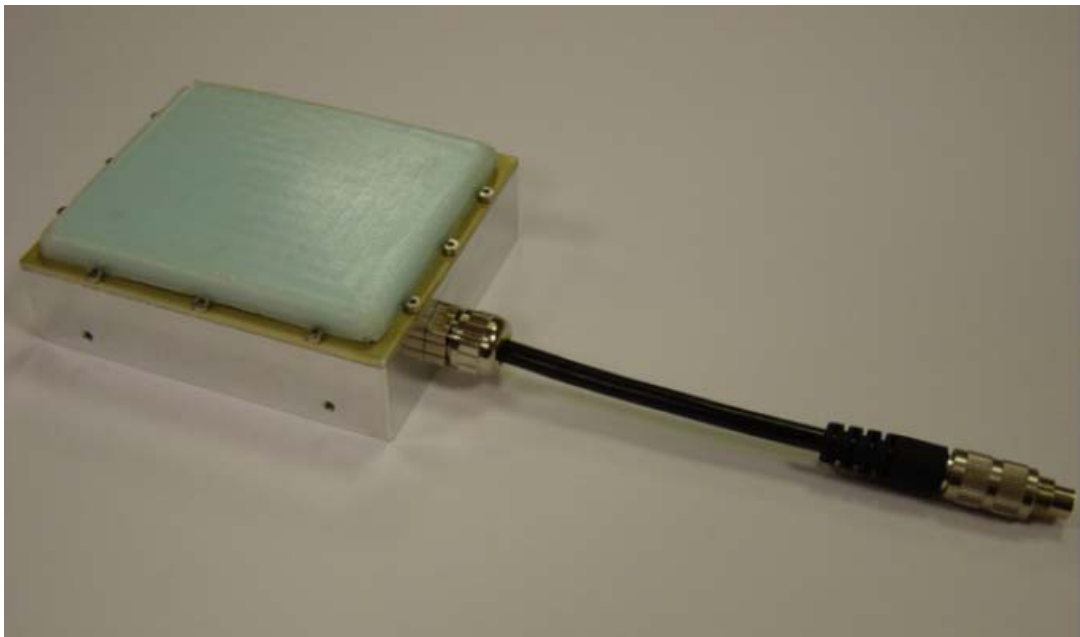


Kuva 2 Decatur SI-2 nopeustutka

Decatur Electronics Inc:n valmistamia Decatur SI-2 nopeustutkia käytetään havainnoimaan päätien liikennettä molemmista suunnista. Laitteen ominaisuuksiin kuuluu, että se mittaa automaattisesti lähestyviä kohteita ”lukittuen” kohteeseen ja näin ollen mittaa ajoneuvon nopeutta koko sen ajan, kun se on keilassa. Näin on eliminoitu se virhe, että laite rekisteröisi loittonevia kohteita ja aiheuttaisi varoituksen. Päätien liikennesensorit liittyvät prosessorikortilla oleviin DB-9 –liittimiin. Mikrokontrolleri kommunikoi sensoreiden kanssa käyttäen lähetykseen ja vastaanottoon sarjaväyliään (USART), jotka kytketään RS232 –lähetin/vastaanotinpiiriin, siitä signaalit johdetaan edelleen kyseiselle DB-9 –liittimelle.

2.2.2 SMS – nopeus/etäisyystutka

SMS-nopeus/etäisyystutka on alun perin suunniteltu ajoneuvokäyttöön sijoitettuna auton etu- ja takapuskuriin, josta laite mittaa etäisyyksiä edessä ja takana ajaviin. Jos laitteisto havaitsee edessä tai takana olevan kohteen lähestyvän tai olevan liian lähellä, se suorittaa yhteistyössä auton muun elektroniikan kanssa ennaltamäärätyn varoitimenpiteen. Tässä tapauksessa tutkaa käytetään havaitsemaan sivutietä saapuvan ajoneuvon etäisyyttä liikennemerkistä, joka toimii nollapisteenä niin sivutien kuin päätienkin suhteen. Tutkan elektroniikka on asennettu alumiiniseen koteloon, joka on päällystetty vaahtomuovikannella.



Kuva 3 SMS- nopeus/etäisyystutka, paino 435 g

2.2.3 CEF akustiset anturit

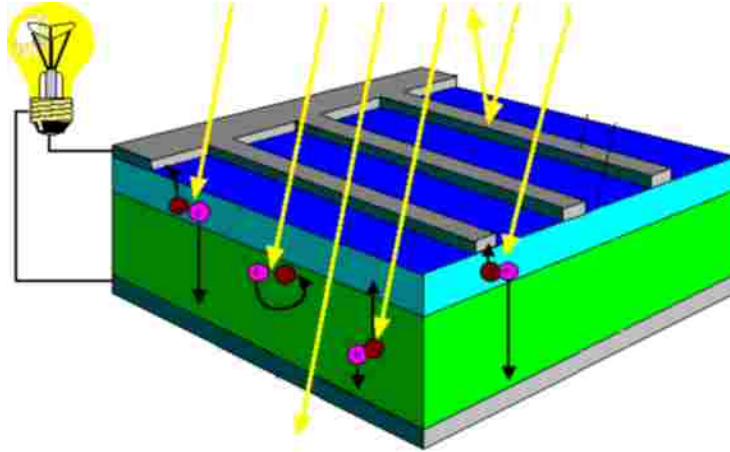
Control Expressin valmistamat anturit muodostavat kokonaisuuden jossa yksi maahan tien läheisyyteen asetettu akustinen anturi havaitsee liikenteen ja useampi anturi mittaa ajoneuvon nopeuden perustuen anturien tunnettuun välimatkaan. Näin voidaan vertailla tutkan ja akustisten antureiden suorituskykyä nopeuden mittauksessa, laitteiston testausvaiheessa. Nopeusanturit liittyvät prosessorimoduuliin CAN-väylän avulla, jonka ne jakavat nopeus/etäisyys-tutkan kanssa, ja saavat käyttöjännitteensä erillisiä johtimia myöten.

Prossessorimoduuli käynnistyy vähäkulutuksisesta (sleep -mode) tilasta liiketunnistimen ohjaamana. Tätä varten toteutetaan akustisella liiketunnistimella jännitesignaali, joka herättää prosessorin. Keskeytyssignaali tuodaan prosessorin ulkoiseen keskeytystuloon. Herätetulo on prosessorikortilla optoerotettu. Käyttöjännitteensä anturit saavat erillisiä johtimia myöden. Antureiden käyttöjännitesyöttö toteutetaan siten, että mikrokontrollerin I/O -linjoilla voidaan ohjata käyttöjännitteen kytkemistä esim. PMOS -transistoreiden avulla tai muulla vähän tehoa kuluttavalla tavalla. Jännitesyöttöön toteutetaan ylijännitesuojaus transienttidiodilla. Koska akkujärjestelmän nimellisjännite on 12 VDC, käytetään jännitteenä tätä. Erillistä jänniteregulointia ei käytetä.

2.2.4 Aurinkopaneeli

Aurinkokennot muuttavat auringon valon suoraan sähköenergiaksi. Kennon raaka-aineena on maaperästä saatava pii, joka teollisesti työstetään sähköä tuottavaksi aurinkopaneeliksi. Aurinkopaneeli koostuu alumiinikehyksestä, lasilevystä sekä kennoista. Aurinkokenno on elektroninen komponentti, puolijohde. Kun auringonsäteen energia osuu kennon valoherkkään puolijohderajapintaan, se irroittaa piiatomien elektronit liikkeeseen, joka muodostaa jännitteen kennon ylä- ja alapinnan välille. Kytkemällä tarpeellinen määrä kennoja sarjaan saadaan muodostettua tarvittava jännite esim. akun varaamiseen. Kun kennosto eli aurinkopaneeli yhdistetään sähköjohtimilla kuormaan (esim. akkuun tai lampuun), syntyy virtapiiri, jossa sähkövirta kulkee. Virran suuruus

on suoraan verrannollinen säteilyn voimakkuuteen/9/. Piissä tapahtuvan elektronien liikkeen auringonsäteen osuessa siihen mahdollistaa pintojen välinen PN-liitos. PN-liitoksen toiminta perustuu p- ja n-tyypin rajapinnan erikoislaatuisuuteen.



Kuva 4 PN-liitoksen toimintaperiaate.

Kun n- ja p-tyypin kiteet joutuvat kosketuksiin toistensa kanssa diffuusion johdosta, elektroneja sekä aukkoja liikkuu rajapinnan yli. Kun elektroni kohtaa aukon, nämä molemmat vapaat varauksenkuljattajat häviävät. Tällainen sidoksiin joutunut elektroni ei pääse enää kovin helposti irti. Tästä seuraa, että rajapintaan muodostuu tyhjennysalue, joka ei sisällä vapaita varauksenkuljettajia. Tätä aukkojen ja elektronien yhdistymistä kutsutaan rekombinaatioksi. Täydellinen sekoittuminen ei pääse tapahtumaan, koska n-puolen rajakerrokseen jää pelkkiä paikallaan pysyviä positiivisia ioneja ja p-puolelle pelkkiä negatiivisia ioneja. Ionit muodostavat liitoskohtaan sähkökentän, jolla estetään elektronien ja aukkojen liikkuminen toisiaan kohden, jolloin tyhjennysalue jää rajalliseksi. Tällöin muodostuvaa potentiaalieroja kutsutaan diffuusiojännitteeksi./1/

2.2.5 Akku

Akkua käytetään varastoimaan aurinkokennon keräämä energia myöhempää käyttöä varten. Erityisesti talven kaamosaika sekä erittäin lyhyt valoisa aika vaativat varsin paljon laitteistolta, etenkin yhdistettynä erittäin kylmiin olosuhteisiin. Kylmä ilma heikentää akun kykyä varastoida sähköä, ja laitteiston toiminta hidastuu lämpötilan riittävän suuren laskun myötä. Akkuna käytetään jotain yleistä aurinkokennojärjestelmiin

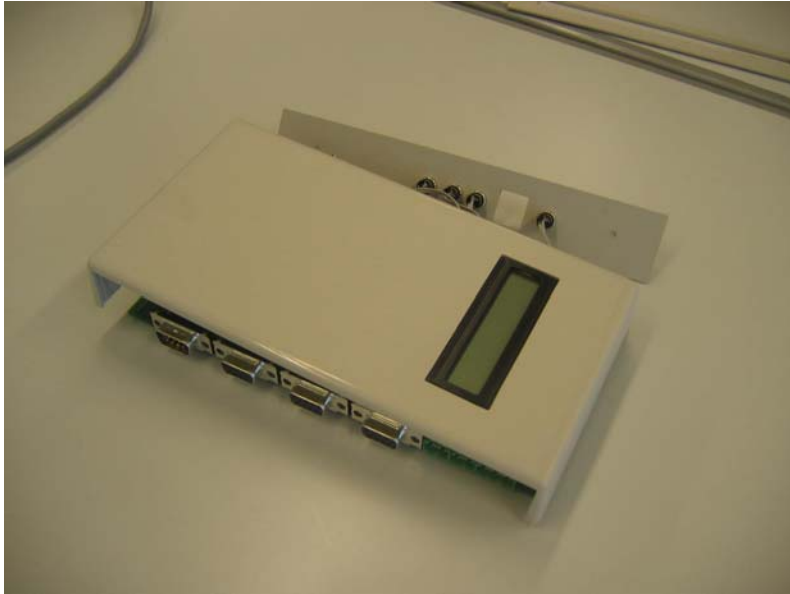
suunniteltua lyijyakkua. Lyijyakun valintaa puoltavat sen suorituskyky hankalissa lämpötiloissa sekä yleisyytensä takia alhaisempi hinta. Akun kapasiteetin tulee olla alustavien laskelmien mukaan n. 200 Ah, jotta liikennemerkillä riittäisi käyttövoimaa talven pimeinä kuukausina.

2.2.6 Lataussäädin

Aurinkokenno liitetään lataussäätimeen, joka kontrolloi akun latausta. Säätimen tulee olla varustettu akun ylilataussuojalla sekä akun säästämiseksi kytkeä kuorma irti akun ollessa liian tyhjä. Lataussäädin sisältää liittimet kennolle, akulle ja syötettävälle järjestelmälle (kuorma), joten johdotus on yksinkertaista.

2.2.7 Prosessorimoduuli

Järjestelmän prosessorimoduulina toimii mikrokontrollerin ympärille rakennettu kytkentä, joka sisältää tarvittavat liittännät ja ohjauselektronikan järjestelmän muille osille, kuten antureille. Mikrokontrolleri on Microchipin valmistama PIC18F6680, jonka valintaa puolsivat antureiden käytössä tarvittavien väylien (CAN ja RS485) tuki, monipuoliset kehitystyökalut ja -ohjelmistot sekä kontrollerivalmistajan asema alan markkinajohtajana. Prosessorimoduulin piirikortilla on tarvittavat oheiskomponentit sekä liittännät anturien käyttämiseen sekä ohjelmointiliitäntä, EEPROM -muistipiiri ja reaaliaikakello (RTC). Valittu mikrokontrolleri sisältää tuen CAN- ja RS485-väylille, jolloin lisäksi tarvitaan kyseisiin väyliin soveltuvat lähetys/vastaanottopiirit sekä näiden mahdolliset oheiskomponentit. RS232-liittännät voidaan toteuttaa edellä mainittuja väyliä helpommin mikrokontrollerin yleisten I/O-linjojen avulla käyttäen jotain sopivaa RS232 lähetin/vastaanotinpiiriä ja oheiskomponentteja. RS232-liitäntöjä toteutetaan kaksi päätien liikennesensoreita varten sekä yksi ulkoista dataliitäntää varten. Nämä ovat kaksisuuntaisia. Yksi, vain ulospäin toimiva liitäntä jätetään varalle. Lisäksi kontrollerin sarjaporttiin liittyvät EEPROM-muistipiiri sekä reaaliaikakellopiiri (RTC), joita voidaan käyttää tallennettaessa dataa liikennemerkin toiminnasta ja liikennetapahtumista.



Kuva 5 Prosessorimoduuli

2.2.8 Varoitussignaalin antolaite

Varoitussignaali välitetään autoilijalle kahdella vuorotellen vilkkuvalla pyöreällä led-valolla. Kotelo on tärinän- ja iskunkestävää ABS-muovia, vesitiivis, ja linssit polykarbonaattia. Koneisto on koteloitu ja täysin suljettu. Etukansi on lukittu kahdella turvapultilla, jotka voi avata vain erikoisavaimella.



Kuva 6 Twinlite-varoituspaste

3 KOTELOIDEN MEKANIKKASUUNNITTELU

Lähdettäessä suunnittelemaan mitta-anturien koteloitinta, tai minkä tahansa kokonaisuuden koteloitinta/mekaniikkaa, on ensin huomioitava erinäiset vaatimukset kuten edellä mainitut Tiehallinnon ohjeet liikennemerkkien suunnittelussa. Myös ilki-valta on otettava huomioon suunnittelussa, koska koteloihin tullaan sijoittamaan varsin arvokasta elektroniikkaa, ja liikennemerkit sijoitetaan usein varsin syrjäisiin risteyksiin, vaikkakin taajama-alueille. Huollettavuus on osittain huomioitu jo Tiehallinnon omis-sa suosituksissa, mutta ei ole pahitteeksi mieltä sitä vielä hieman pidemmälle. Osa

huollettavuutta tai huoltovapautta on oikein tehty materiaalivalinta, jolloin pitkällä aikajänteellä säästytään suurilta huoltotoimenpiteiltä. Materiaalivalinnassa vaikuttavat myös edellä esitellyt komponentit. Jotta niille saadaan luotua optimaaliset toimintolosuhteet, esimerkiksi komponenttien IP-luokitukset eli veden ja pölyn kestävyys, eli kestäkö kotelo kevyesti ylhäältä roiskuvaa, useammasta suunnasta suihkuavaa vettä vai pitäisikö kotelo veden ulkopuolella jos se upotettaisiin kokonaan veteen ja pölyn siedon suhteen, että kuinka pieniä hiukkasia sisälle pääsee tunkeutumaan. Tulee ottaa huomioon myös se onko valittavalla materiaalilla minkäänlaisia haittavaikutuksia komponenttien toimintaan; häiritseekö esimerkiksi kokometallinen kotelo tutkien toimintaa vai onko siitä etua? Kotelointien suunnittelu on kokonaisuutena varsin haastava tehtävä hieman syvemmin mietittynä, varsinkin kun tämän projektin puitteissa ei ole mahdollisuutta jatkokehittämiseen eikä mahdollinen valmistaja ole tiedossa.

Tarvittavien koteloiden suunnittelussa käytetään Catia V5 3D suunnitteluohjelmaa, ja alaohjelmia: Part Designia kolmiulotteisten mallien tekemiseen, Assembly Designia kokoonpanojen tekemiseen ja Drafting-valikkoa kuvantojen tekemiseen. Catia-ohjelmalla komponenttien mallintaminen aloitetaan nurinkurisessa järjestyksessä vanhempiin suunnitteluohjelmiin verrattuna, koska osan mallintaminen aloitetaan suoraan kolmiulotteisena Part Design-valikossa, josta valmis 3D-malli siirretään Drafting-valikkoon. Siellä se muunnetaan kaksiulotteiseksi perinteisemmäksi mittakuvaksi. Komponenttien mallintaminen suoraan kolmiulotteisiksi helpottaa huomattavasti muodon ja mittasuhteiden hahmottamista eikä ole pienen harjoittelun jälkeen sen hankalampaa kuin tavallisten 2D-kuvien tekeminenkään; tietysti nopea ja sujuva mallintaminen vaatii harjoitusta. Valmiit kuvat, niin kolmi- kuin kaksiulotteisetkin, on mahdollista muuttaa asiakasta varten esimerkiksi PDF-muotoon, jolloin lukeminen onnistuu ilman suunnitteluohjelmia tai voidaan käyttää markkinoilla olevia ilmaisia tai maksullia katseluohjelmia. Nämä ohjelmat tai PDF-muotoon muuttaminen eivät kuitenkaan salli kuvien käsittelyä, vaan silloin pitää olla käytettävissä täysi suunnitteluohjelma. Valmiit 3D-kuvat ovat muutenkin käyttökelpoisia eivätkä vain hyvännäköistä markkinoinnin apua. Niistä on mahdollista saada esimerkiksi työstökeskuksille suoraan tehtyä yhteensopivien ohjelmien avulla oikeat työstöradat ilman että niitä pitäisi manuaalisesti välissä ohjelmoida.

3.1 Elektronisten anturien koteloinnin suunnittelu

Anturien koteloinnin suunnittelussa katsottiin parhaaksi lähteä liikkeelle laatukaavion avulla, jotta saadaan pisteytettyä tärkeysjärjestykseen projektin kannalta tärkeimmät ominaisuudet sekä materiaalit. Liikennemerkkipylvääseen asennettavaksi on suunniteltu kolmea mittaavaa anturia: kaksi Decatur-tutkaa, jotka tarkkailevat päätien liikennettä molempiin suuntiin sekä yksi SMS-nopeus / etäisyystutka, joka tarkkailee sivutieltä tulevien autojen nopeuksia ja sijaintia.

Kauempana sivutiellä sijaitsevat CEF:n akustiset anturit, jotka rekisteröivät ajoneuvon aiheuttaman värinän tienpinnassa, nämä anturit eivät kuitenkaan kuulu kotelointisuunnittelun piiriin. Systeemiä syöttävä teholähde on aurinkopaneelin, tehonsäätimen ja akun muodostama kokonaisuus, jonka suunnittelusta kerrotaan myöhemmin. Näiden kaikkien komponenttien rajapintana toimii prosessorimoduuli eli laitteiston aivot, joka käsittelee kaikkien anturien signaalit ja tekee niiden perusteella ohjelman mukaiset toimenpiteet.

Suunnittelun, huollon ja kustannusten kannalta on parasta, jos komponentit kyetään suunnittelemaan mahdollisimman vähiin koteloihin keskitetysti. Laitteisto, joka sijoitetaan lähelle liikennemerkkiä on järkevää pyrkiä sijoittamaan mahdollisimman keskitetysti, jolloin ulkoisten johdotusten määrä saadaan mahdollisimman pieneksi ja muun muassa ilkvallan mahdollisuutta karsittua. Näillä toimilla pystytään myös mahdollisia huoltotoimenpiteitä helpottamaan. Suunnittelussa päädyttiinkin pyrkimään päätien tutkien, sivutientutkan ja prosessorimoduulin sijoittamiseen samaan koteloon liikennemerkkipylvääseen. Pylvääseen sijoitettavan kotelon suunnittelussa täytyy kiinnittää erityistä huomioita kokonaisuuden painoon. Liian painava kokonaisuus aiheuttaa ongelmia kiinnitykseen sekä liikennemerkkipylvääseen aiheutuvana momenttina. Kolari-turvallisuus on myös ensiarvoisen tärkeä asia etenkin jos pylvääseen sijoitettavat masstat pääsevät kasvamaan suhteettomasti.

Ajatuksena on myöskin suunnitella kotelo liikennemerkkiin, joka tässä tapauksessa on varoitusmerkki eli tasasivuinen kolmio, jonka kärki on suunnattu alaspäin. Jos suunnittelussa lähdetään tähän suuntaan niin kotelon koko ja muoto ovat hyvin rajoitettuja, mutta syvyysuunnassa on reilusti liikkumavaraa. Tieliikenneasetuksissa määritellään merkin yhden sivun mitaksi 900 mm käytettäessä normaalikokoista merkkiä. Tässä tapauksessa päädytään normaalikokoiseen merkkiin koska nopeusrajoitus on maksimissaan 60 km/h.

3.1.1 Anturikotelon materiaalin valinta

Tiehallinnon liikennemerkkien rakennetta ja pystytystä koskevassa verkkojulkaisussa todetaan: ”Liikennemerkit voidaan valmistaa tarkoitukseen soveltuvasta levymateriaalista kuten vanerista tai alumiinista. Merkit voidaan valmistaa myös muusta materiaalista, jonka tulee kestää säätä ja kuormitusta laatuvaatimuksia vastaavasti” /4/. Materiaalit on rajattu teräkseen, alumiiniin tai muoviin. Vaneri on rajattu pois, koska liikennemerkki toimii osana laitekoteloa eikä vanerista valmistetulla kotelolla pystytä takaamaan vaadittavia laadullisia ominaisuuksia. Näitä kolmea materiaalia vertaillaan vaatimustaulukon avulla ja valitaan tulosten perusteella parhaiten kohteeseen sopiva materiaali. Seuraavassa on esitelty kunkin materiaalin erityisominaisuuksia niin muokattavuuden kuin lujuusominaisuuksien osalta. Kotelon sijoittaminen pylvään varteen 2.2 – 2.4 metrin korkeuteen risteysalueelle helpottaa osaltaan hieman kotelon suunnittelua, koska ei tarvitse huomioida aerauskuormaa eikä tiesuolan kuluttavaa vaikutusta aerausnopeuksien ollessa pienet risteysalueella. Liikennemerkin koon (900 mm sivu, 0,405 m²) johdosta tuulikuorma pitää ottaa suunnittelussa huomioon; vaikka pylväs tukeekin merkkiä keskilinjalta koko merkin matkalta, kolmion kahteen kärkeen kohdistuu tuulen voimasta kuormitusta.

3.1.2 Teräs

Teräs on seostettua rautaa; jonka kiderakenne on tilakeskeinen kuutiohila. Teräksen ominaisuudet riippuvat paljolti sen rakenteesta, jotka taas johtuvat hiilen ja seosainesten määrästä. Eräs teräksen käytön suurimmista ongelmista on sen huono korroosion ja syöpymisenkestämättömyys. Korroosiotyypit vaihtelevat ympäristön ja materiaalin ominaisuuksien mukaan, ja näistä tärkeimmät reaktiot ovat hapettuminen ja sähkökemiallinen syöpyminen. Korroosiota voidaan vähentää valitsemalla ominaisuuksiltaan tai pintakäsittelyltään sopiva laji. Ruostumaton teräs on rautapohjainen seos, jonka Cr-pitoisuus on vähintään 10,5 %. Ruostumattomien terästen hyvä korroosion kestävyys perustuu sen pinnalle muodostuvaan kromioksidikerrokseen, jolla on kyky uusiutua rikkoutuessaan hapettavissa olosuhteissa. Austeniittiset ruostumattomat teräkset ovat

myös hyvin hitsattavia, mutta 1,5-kertainen lämpölaajeneminen täytyy kuitenkin muistaa huomioida /6/.

3.1.3 Alumiini

Maankuori sisältää noin 8 % alumiinia, joten se on kaikkein yleisin metalli. Se ei kuitenkaan esiinny luonnossa puhtaana metallina, vaan metallioksidina. Alumiini on rakenteeltaan hyvin kevyttä, lujaa, sitkeätä sekä sillä on erittäin hyvä korroosionkestävyys. Alumiinin tiheys on 2.7 kg/cm³, joka on kolmannes teräksen tiheydestä, niinpä teräkseen verrattuna saavutetaan huomattava painoetu. Sitkeys mahdollistaa alumiinin hyvän muokattavuuden. Alumiinin reagoiessa veden ja ilman kanssa sen pintaan muodostuu hyvin kestävä ja suojaava oksidikerros. Alumiini on kuitenkin hankintahinnaltaan varsin kallis materiaali, ja sen lastuava työ on hankalaa.

3.1.4 Muovi

Muovi on yleisnimitys materiaaleille, jotka on valmistettu polymeereistä ja lisäaineista. Valmistuksen yhteydessä perusaineeseen lisätään lisäaineet, jotka määräävät muovin ominaisuudet esimerkiksi lasi- ja hiilikuidut lisäävät mekaanisia lujuusominaisuuksia, täyteaineet kuten liitujauhe tai kivi noki vaikuttavat muun muassa lujuuteen, kimmoisuuteen, kulutuskestävyyteen ja painoon. Lämpötilan kesto jakaa muovit kahteen eri ryhmään sen mukaan kuinka ne sietävät lämpötilan nousua: kestonuoveihin ja kertamuoveihin. Kestomuovit ensin pehmenevät lämmön noustessa ja sitten sulavat, ja niitä voidaan sulattaa ja muovata toistuvasti. Kertamuovit kovettuvat lämmön vaikutuksesta, eikä niitä ole mahdollista muokata jälkeenkäin, kertamuovit eivät sulaa vaan hajoavat, kun lämpötila nousee tarpeeksi ja niiden molekyylisidokset pääsevät rikkoutumaan. Eri muovien nimet muodostuvat niiden peruspolymeerin mukaan tai perustuvat sen lyhenteeseen. Tässä vertailussa on mukana kaksi eri muovilaatua, jotka vaikuttavat parhaimmillaan kyseiseen tehtävään: Polykarbonaatti (PC), joka on kestonuovi, ja lasikuituvahvisteinen polyesteri (UP) joka on kertamuovi /2/.

Polykarbonaatti kehitettiin 1950-luvulla, ja se on läpinäkyvä kestonuovi, joka laskeaan amorfisiin kestonuoveihin alhaisesta kiteysasteestaan huolimatta. Polykarbonaatti on iskutukea materiaali, ja sen iskulujuus on tunnetuista muoveista korkein. Mutta

polykarbonaatin on havaittu hauraana murtuvan monissa käytännön sovelluksissa. Polykarbonaatin ominaisuuksia ovat muun muassa /4/ :

- lujuus, kovuus, jäykkyys, sitkeys
- lämmönkestävyys (135 °)
- pieni muottikutistuma
- erinomaiset sähköiset ominaisuudet

Tyydyttämätön polyesteri lujitetaan yleensä valmistuksen yhteydessä, ja lujitteena on useimmiten lasikuitu eri muodoissa. Monissa sovelluksissa hyödynnetään PET-muovien hyviä ominaisuuksia, joita ovat /5/ :

- jäykkyys
- mittatarkkuus
- hyvät sähköiset ominaisuudet.

Lopullista materiaalivalintaa tämän raportin puitteissa ei tehdä vaan kaikki suunnitelmat ovat ehdotuksia, jotka Mikkelin ammattikorkeakoulu joko hyväksyy tai hylkää.

3.1.5 Vaatimustaulukko ja laatukaavio

Tuotekehitysprojektissa toimiminen on suurelta osin luovaa toimintaa sekä luovien ongelmanratkaisumenetelmien tuntemista. Mutta menetelmiäkin tärkeämpää on suunnittelutiimin välinen tiedonkulku ja kyky kuunnella muita tiimin jäseniä. Tämän Älykäs liikennemerkki-projektin tiimoilta on kuitenkin ollut pakko luopua monien tuotekehitysmenetelmien käytöstä, koska ne ovat tiimityökaluja, ja tämän projektin mekaniikkasuunnittelusta/muotoilusta vastaa yksi henkilö. Projektin parhaiden ideoiden karsiminen pyritään tässä tapauksessa hoitamaan vaatimustaulukon ja laatukaavioiden avulla. Vaatimustaulukkoa käytetään apuna selkiyttämään asiakkaan tuotteelta vaatimia ominaisuuksia sekä myöskin selkiyttämään suunnittelutiimin omat ajatukset projektin suhteen. Vaatimustaulukko (taulukko 1) on saksalaisten kehittämä apuväline uudenlaisen tuotteen määrittelyyn /6/.

Kun vaatimustaulukon avulla on selvitetty haluttavat ominaisuudet niin muotojen, toimintojen kuin materiaalienkin suhteen, siirrytään käyttämään laatukaaviota (taulukko 2), jonka avulla nähdään, kuinka hyvin kukin tekninen ominaisuus vastaa asiak-

kaan toivomuksia. Jokaiselle ominaisuudelle annetaan painoarvoa kuvaava piste, jonka mukaan huomataan, mikä ominaisuus pystyy joustamaan ja mitkä taas ovat välttämättömiä tuotteelle. Pisteytys on kolmiosainen: 3 = suuri vaikutus, 2 = on vaikutusta, 1 = voi vaikuttaa. Laatukaaviota käytetään vertaamaan teknisten ominaisuuksien vaikutusta käyttäjän tarpeiden tyydyttämiseen sekä omaa tuotetta kilpailijoiden vastaaviin tuotteisiin. Tässä tapauksessa laatukaaviota käytetään vain asiakkaan tarpeisiin, koska markkinoilla ei ole vastaavaa tuotetta eikä omaakaan aikaisempaa versiota ole olemassa. Painoarvolla saadaan esille ne ominaisuudet, joilla on suurin merkitys suunnittelussa ja joihin tulee kiinnittää huomiota. Kaaviosta on jätetty huomiotta ominaisuuksien painotus.

Laatukaaviosta huomataan, että kotelon muodolla on pisteytettynä suurin merkitys suunnittelun kannalta, koska se vaikuttaa laitteiden häiriöttömään toimintaan. Esimerkiksi talvella estetään lumen kertyminen kojeikkunoiden eteen, koska se estäisi niitä havainnoimasta päätien liikennettä. Materiaali vaikuttaa lujuusominaisuuksiin ja näin ollen myös materiaalipaksuuksiin. Komponenttien häiriöherkkyys joillekin materiaaleille täytyy myös huomioida. Painolla on suora merkitys kolariturvallisuuteen, mitä painavampi kotelo, sitä enemmän vahinkoa se aiheuttaa törmäyksessä. Kotelon ulkomitat täytyy huomioida suunnittelussa siten, että kotelon täytyy peittyä täysin liikenerkin taakse.

VAATIMUSLUETTELO		
Osakokonaisuus, toiminto: ANTURIKOTELO		
Muutos pvm.	Esittäjä	Vaatus, toivomus
		<p>1. GEOMETRIA</p> <p>Kotelon mahduttava kärkikolmion taakse. Kotelon sivun pituus on 900 mm.</p> <p>Kotelon sisältä täytyy olla kahdella tutkalla suora näköyhteys päätielle.</p> <p>Koteloon täytyy mahtua 2 kpl päätien tutkia yksi sivutien tutka sekä prosessorimoduuli.</p> <p>Sivutien tutkan edessä ei saa olla metallia tai sähköä johtavaa materiaalia, joka estäisi signaalin läpäisemisen.</p> <p>2. MATERIAALI</p> <p>Kotelon tulee kestää vettä, kosteutta, tiesuolaa ja UV-säteilyä vahingoittumatta.</p> <p>Kannettava max. 10 kilon paino.</p> <p>3. MUOTOILU</p> <p>Asentajalla/korjaajalla helppo pääsy komponentteihin.</p> <p>Helppo asentaa.</p> <p>Muotoilultaan käyttäjäystävällinen, toiminta varma sekä varsin myyvän näköinen.</p>

Taulukko 1 Vaatimustaulukko

LAATUKAAVIO			TEKNISET OMINAISUUDET			
KOHDE: Anturikotelo TEKIJÄ: Tomi Salmivuori						
Tekniset ominaisuudet			Kotelon ul- komitat	Kotelon muoto	Materiaali	Paino
Käyttäjän tarpeet						
Geometria	Komponentit mahtuvat kolmi- on pinta-alalle		3	3	1	3
	Laitteiden häiriö- tön toiminta		2	3	3	1
käytettävyys	Helppo asennet- tavuus		2	2	1	3
	Helppo huolletta- vuus		1	2	1	2
	Puhtaana pysy- vyys		1	3	1	1
Sään vaiku- tus	Pakkasen kesto		1	2	2	1
	Kuuman kesto		1	1	2	1
	Kosteuden kesto		1	2	2	1
Turvallisuus	Kolariturvallisuus		2	2	3	3
	Sähköturvallisuus		1	2	2	1
	Paloturvallisuus		1	1	2	1
			16	23	20	18

Kaavio 2 Laatukaavio

3.1.6 Lujusopillinen tarkastelu

Suunniteltaessa kotelo muovista, joka on materiaalina metallia huomattavasti heikompi lujusominaisuuksiltaan, täytyy kiinnittää erityistä huomiota rakenteiden kestävyys-
teen. PC-muovilla on kaikista muoveista parhaimmat lujusominaisuudet, mutta ne

eivät yllä lähellekään metalleja. Tässä työssä tosin ei ole tarpeenkaan saavuttaa metallirakenteille tyypillisiä lujuuksia. Osien optimoinnin kannalta on kuitenkin oleellista kiinnittää huomiota lujuusominaisuuksiin. Koteloon kohdistuvaa virumista on pyritty vähentämään edempänä esiteltävän kannatinkehikon avulla, joka vähentää muovirakenteiden virumista kuormitettuna ja pitkän ajan kuluessa. Tuulikuorma pääsee vaikuttamaan eniten kotelon etupuolen kolmion kärkiin, joissa rakenne on ohuimmillaan ja joiden takana ei ole kotelorakennetta tukevoittamassa merkkiä. Suunnittelun kannalta heikoimmaksi kohdaksi arvioidaan kotelon sisäpuolella sijaitsevat asennuslevyn kiinnikkeet, joita on neljä kappaletta. Seuraavassa on laskettu yhteen kiinnikkeeseen kohdistuva rasitus.

PC-muovin taivutuslujuus $R_b = 80 \text{ Mpa} = 80 \text{ N/mm}^2$

PC-muovin virumislujuus: (1000 h) taivutusjännitys = 13.7 N/mm^2

Lasketaan ensiksi putken taivutusvastus W ja suurin momentti M_{\max}

Pyyreän putken taivutusvastuksen kaava:

$$W = \frac{\pi}{32 \cdot D} (D^4 - d^4)$$

$$W = \frac{\pi}{32 \cdot 20} (20^4 - 10^4) = 736,3 \text{ mm}^3$$

$$M = F \cdot t$$

$$M = 150 \text{ N} \cdot 22 \text{ mm} = 3300 \text{ Nmm}$$

Lasketaan suurin jännitys.

$$\sigma = \frac{M}{W}$$

$$\sigma = \frac{3300 \text{ Nmm}}{736,3 \text{ mm}^3} = 4,48 \text{ N/mm}^2$$

Verratessa kuorman aiheuttamaa taivutusjännitystä PC-muovin taulukkoarvoon huomataan, että tappi kestää kuorman vaivatta. Tarkasteltaessa pitkäkestoista kuormitusta eli virumista taivutusjännityksen arvo pienenee huomattavasti, mutta edelleenkin ei olla vaararajoilla kestävyys suhteen. Voidaan päätellä että kotelo kestää sekä sisäiset että ulkoiset luonnolliset rasitukset hyvin.

3.1.7 Kannatinkehikko

Liikennemerkki ja kotelointi täytyy voida myöskin kiinnittää pylvääseen. Edellä mainituin perustein päädyttiin suunnittelemaan liikennemerkki sekä kotelo yhtenäiseen kolmion muotoiseen koteloon. Materiaaliksi valittiin muovi, polymeerin lisäainetta suunnittelun tässä vaiheessa sitovasti päättämättä. Vaikkakin eräillä muovilaaduilla voidaan saavuttaa hyvin suuret lujuusarvot, muoville on ominaista viruminen ajan myötä. Suunnittelemalla rasitukset mahdollisimman pieniksi pystymme lisäämään kotelon elinikää. Virumista kuten myös telineen ja kotelon kiinnitysruuviin aiheuttamaa leikkausjännitystä koteloon, voimme vähentää suunnittelemalla kannatinkehikon alareunaan tason, joka kantaa kotelon ja sen sisältämien komponenttien painon ja näin ollen vähentää koteloon kohdistuvia rasituksia. Tämän tason avulla voidaan liikennemerkkin asennusta helpottaa. Ensin asennetaan kehikko pylvääseen ja tämän jälkeen nostetaan kotelo tasolle, josta se on helppo kiinnittää taustastaan kehikkoon. Kannatinkehikon materiaaliksi katsottiin parhaimmaksi vaihtoehdoksi alumiini, jolla on pitkälti teräksen lujuusominaisuudet, mutta joka on kuitenkin kolme kertaa kevyempää. Alumiininen rakenne ei myöskään vaadi minkäänlaista pintakäsittelyä sen pintaan muodostuvan oksidikerroksen ansiosta, joten se on varsin huoltovapaa materiaali. Rakenteeltaan kannattimen toivotaan olevan yksinkertainen ja helposti valmistettavissa.

3.2 Akustojen koteloinnin suunnittelu

Aurinkokennojen tuottama energia tarvitsee voida varastoida myöhempää käyttöä varten tilanteissa jolloin luonnon oma valo ei riitä laitteiston vaatiman virran tuottamiseen. Tällöin energian on oltava saatavilla varastoista. Koska koko liikennemerkkin laitteisto toimii itsenäisesti erillään muusta sähköverkosta, energia on helpointa varastoida akkuihin, joista saadaan virta pimeänä aikana tarvittaessa. Akkujen koon ja ennen kaikkea massan takia niitä on mahdotonta sijoittaa aivan anturien läheisyyteen, esimerkiksi samaan koteloon. Parasta onkin sijoittaa akut omaan erilliseen kaappiin merkin läheisyyteen. Kaapin suunnittelussa tulee huomioida ensisijaisesti huollettavuus, ilkivalta, säänkesto ja ilmanvaihto. Kaapin materiaalin tulee olla kestävä niin ilmaston kulutusta kuin ilkivaltaakin vastaan, joten kaapin tulee olla metallinen. Suunnitellaanko kaappi itse vai käytetäänkö hyödyksi kotelonvalmistajia ja heidän jo

olemassa olevia mallejaan? Tutkittaessa valmistajien mallistoja huomattiin, että esimerkiksi saksalaiselta kotelovalmistajalta Rittalilta löytyy ulkokäyttöön suunniteltuja betonijalustalle sijoitettavia malleja. Tässä vaiheessa voidaankin kysyä, onko tarpeellista alkaa suunnitella jotakin, joka on jo valmiina saatavilla. Ei tietenkään, koska silloin puhumme aivan eri kustannusluokan tuotteesta varsinkin jos valmis tuote täyttää asetetut edellytykset.

Akustojen kotelointiin katsottiin parhaaksi valita Rittalin CS-sarjan ulkokaappi no CS 9783.040, jonka mitat ovat seuraavat, leveys 600, korkeus 800 ja syvyys 400 mm. Mitoiltaan kaappi on tilavampi kuin tämänhetkinen akusto edellyttää, mutta se mahdollistaa mahdolliset laajennukset tulevaisuudessa sekä täyttää kaikki kaapilta vaadittavat ominaisuudet.



Kuva 7 Rittal CS-sarjan ulkokaappi

3.3 Aurinkokennon sijoittelu ja kiinnitykset

Aurinkokenno vaatii mahdollisimman esteettömän yhteyden aurinkoon koko auringon kiertoajaksi päivän mittaan. Tällaisessa tapauksessa parhaimmalta tuntuisi sijoittaa kennosto liikennemerkkin tolpan päähän, jolloin mahdolliset varjot karsitaan pois ja aurinko pääsee paistamaan esteettä kennostoon koko päivän ajan.

Kiinnityksen pitää tapahtua mahdollisimman yksinkertaisesti ja tukevasti niin kennoon kuin pylvääseenkin.

4 LOPPUPÄÄTELMÄT

Jo projektin alkuvaiheessa itselleni tuli hyvin selväksi että tuotekehitystoiminta on suurelta osin tiimityötä. Monet luovan ongelmanratkaisun menetelmät on tarkoitettu nimenomaan ryhmätyökaluiksi, joita yhden hengen kehitysprojekteissa ei voida saada toimimaan toivotulla tavalla. Tämä koskee nimenomaan ideointi vaihetta, jolloin pitäisi kehittää uusia innovaatioita. Suunnittelussa voitiin kuitenkin hyvin käyttää apuna vaatimustaulukkoa sekä laatukaaviota, joilla omat ajatukset ja tavoitteet pystyttiin selkeyttämään. Tällaista suunnitteluprojektia yksin tehdessä ja etenkin suunnittelun alkuvaiheessa yksin tahtoivat ideat ja ajatukset puuroutua. Tämän jälkeen kaikkeen suunniteltuun alkoi suhtautua varsin negatiivisesti puolueettoman ja ulkopuolisen arvioinnin puuttuessa.

Kun materiaaliksi päätettiin lopulta valita muovi astuttiin suunnittelun puolelta aivan tuntemattomalle alueelle. Suunnittelua aloitettaessa paljon aikaa kului tutustuessa eri muovilaatuihin, mitä muovista voi tehdä ja mitä ei. Tämän jälkeen kotelon muotoa miettiessä piti huomioida muovisuunnittelun erityisvaatimukset, kuten materiaalin tasapaksuus, terävien kulmien välttäminen ja reikien mitoittaminen.

Itse suunnittelussa muovikotelon mahdolliset heikkoudet kantavuuden suhteen nimenomaan kylmissä olosuhteissa saatiin ratkaistua kannatinkehikon kulman avulla, joka kantaa suurimmalta osalta massasta johtuvat rasitukset. Metallisilla kotelorakenteilla tämä ongelma olisi helposti vältetty, mutta rakenne olisi ollut huomattavasti rajoituneempi muotoilun osalta ja massat olisivat kasvaneet huomattavasti. Jos suunnittelussa olisi lähdetty yksinkertaisempaan suuntaan ja vaikkapa erillisiin metallisiin koteloihin olisi ollut resurssien haaskausta käyttää suunnittelijaa suunnittelemaan koteloi- ta, joita on saatavilla useilla eri valmistajilla. Nyt suunniteltava tuote on tarkoitus saattaa koko Euroopan laajuiseen markkinointiin, jolloin muotoilullakin tulee olemaan suuri osuus. Materiaalina teräs, ja varsinkin ruostumaton teräs, on huomattavasti kalliimpaa kuin yhden kotelon vaatima muovimäärä, vaikkakin muovista valmistettaessa muotin valmistuskustannukset ovat todella suuret. Muottikustannukset tasoittuvat huomattavasti suhteutettaessa sitä suunniteltuun myyntivolyymiin, joka on kymmeniä tuhansia Euroopan laajuisella markkina-alueella.

Kaiken kaikkiaan voi sanoa, että suunnittelu oli huomattavasti haastavampaa kuin aluksi olin ajatellut. Pidän tätä vain helppona seinien sijoittamisena antureille, mutta

ainakin materiaalin myötä tehtävä vaikeutui huomattavasti. Mielestäni muovi antaa tosin suurempia vapauksia muotojen suhteen kuin metalli, mutta tuo myös monia vaikeuksia.

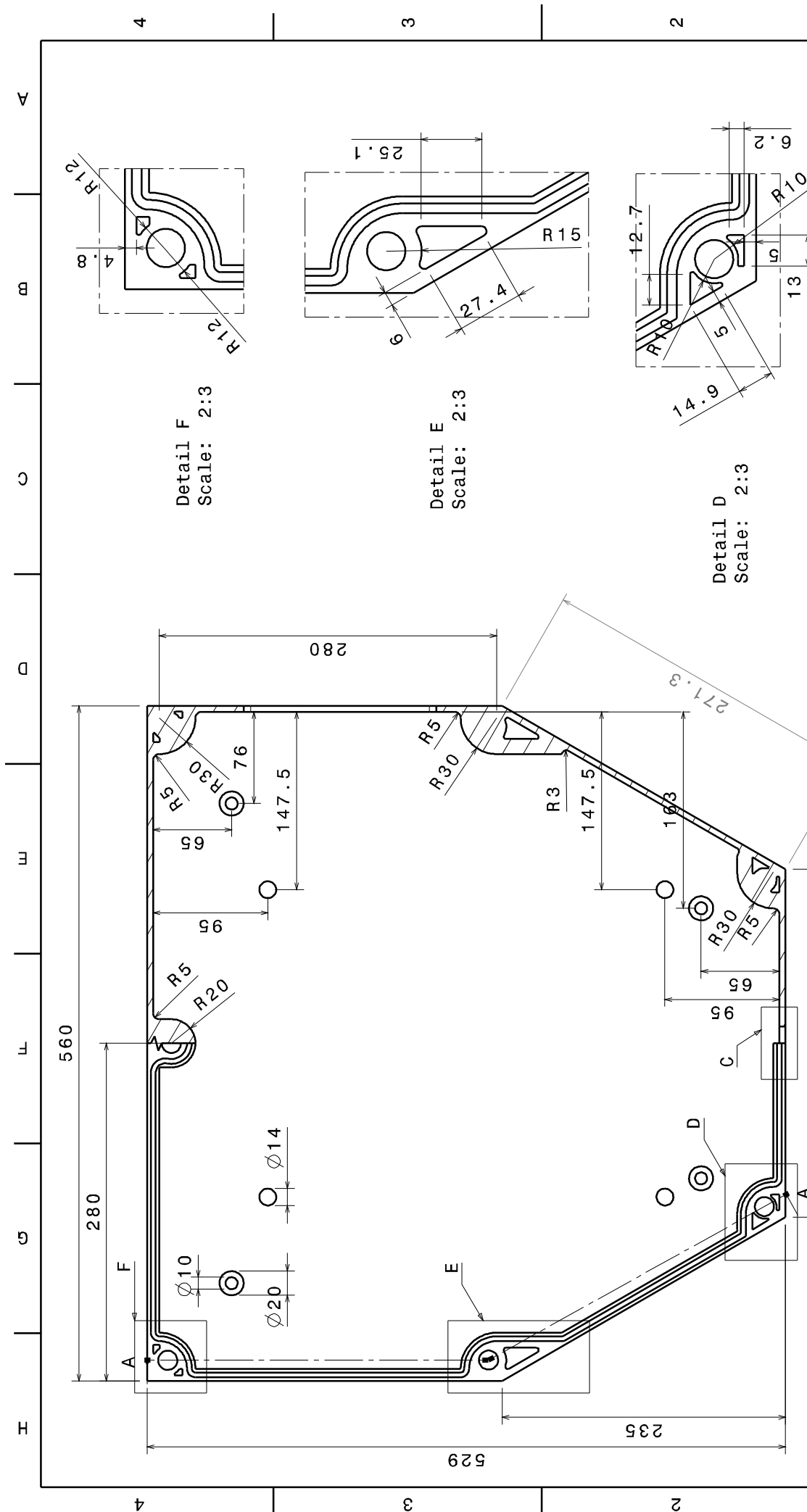
LÄHDELUETTELO

Kirjalliset lähteet

- 1 Mäkelä, Mikko – Mäkelä, Riitta – Siltanen, Olavi, Insinöörikoulutuksen fysiikka 2. Tammertekniikka 2002. S. 293
- 2 Lepola, Pertti – Makkonen, Matti, Materiaalit ja niiden käyttö. WSOY 2003 S. 110 - 114
- 3 Laaksonen, Harri, Tuotekehitysoppikurssin K2114 luentomoniste. 2003
- 4 Järvelä, Pentti - Syrjälä, Kai – Vastela, Martti, Ruiskuvalu. Plastdata oy 2000 S. 33 - 34
- 5 Airasmaa, Ilkka – Kokko, Juha – Komppa, Veikko – Saarela, Olli, Muovikomposiitit. Muoviyhdistys ry 1991 s.57 – 58
- 6 Koivisto, Kaarlo – Laitinen, Esko – Niinimäki, Esko, Konetekniikan materiaalioppi, Edita 2001

Sähköiset lähteet

- 7 Valtioneuvoston periaatepäätös tieliikenteen turvallisuuden parantamisesta [www.valtioneuvosto.fi]
- 8 Tiehallinto, Liikennemerkkien rakenne ja pystytys [www.tiehallinto.fi/julkaisut]. [viitattu 1.9.2005].
- 9 Tiehallinto, Yleisohjeet liikennemerkkien käytöstä [www.tiehallinto.fi/julkaisut]. [viitattu 1.9.2005].
- 10 Aurinkoteknillinen yhdistys ry. [www.aurinkoteknillinenyhdistys.fi/opas/].[viitattu 19.8.2005].
- 11 Euroopan unioni, Valkoinen kirja: eurooppalainen liikennepolitiikka vuoteen 2010 [www.europa.eu.int]. [viitattu 20.10.2005]
- 12 Tutkimussuunnitelma, Rossi, Markku [markku.rossi@mikkeliyamk.fi]



Detail F
Scale: 2:3

Detail E
Scale: 2:3

Detail D
Scale: 2:3

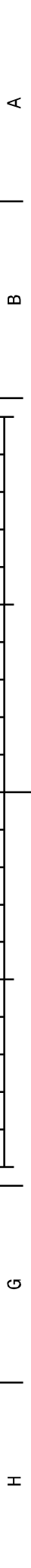
Front View
Scale: 1:3

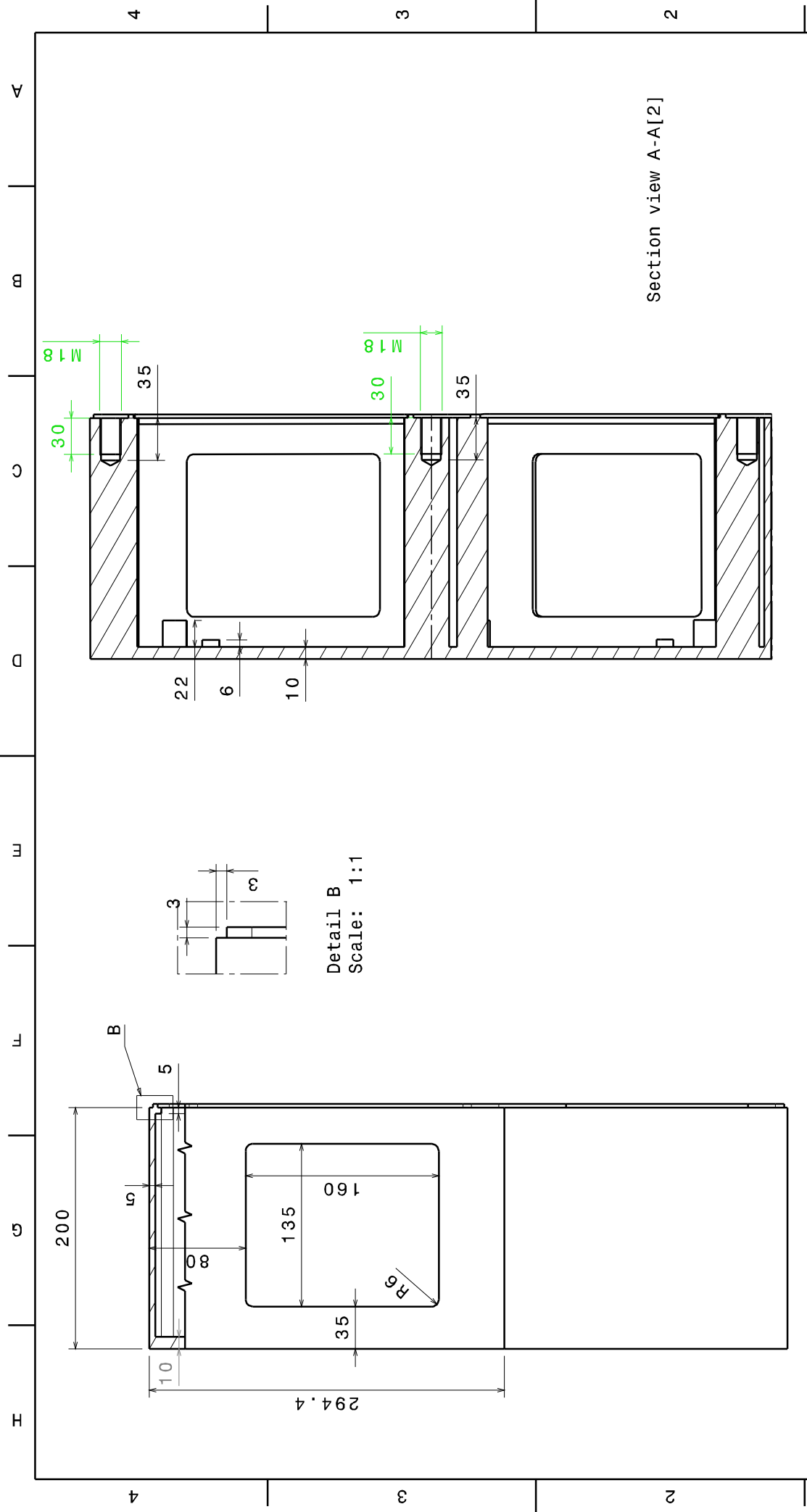
Detail C
Scale: 2:3

This drawing is our property.
It can't be reproduced
or communicated without
our written agreement.

Tampereen ammattikorkeakoulu

DRAWING TITLE		Anturikotelo PC-muovi	
DRAWN BY	DATE	SIZE	REV
Salmivuori	14.10.2005	A3	X
CHECKED BY	DATE	DRAWING NUMBER	
XXX	XXX	002	
DESIGNED BY	DATE	SCALE	SHEET
Salmivuori	14.10.2005	1:3 WEIGHT (kg)	1/2





Detail B
Scale: 1:1

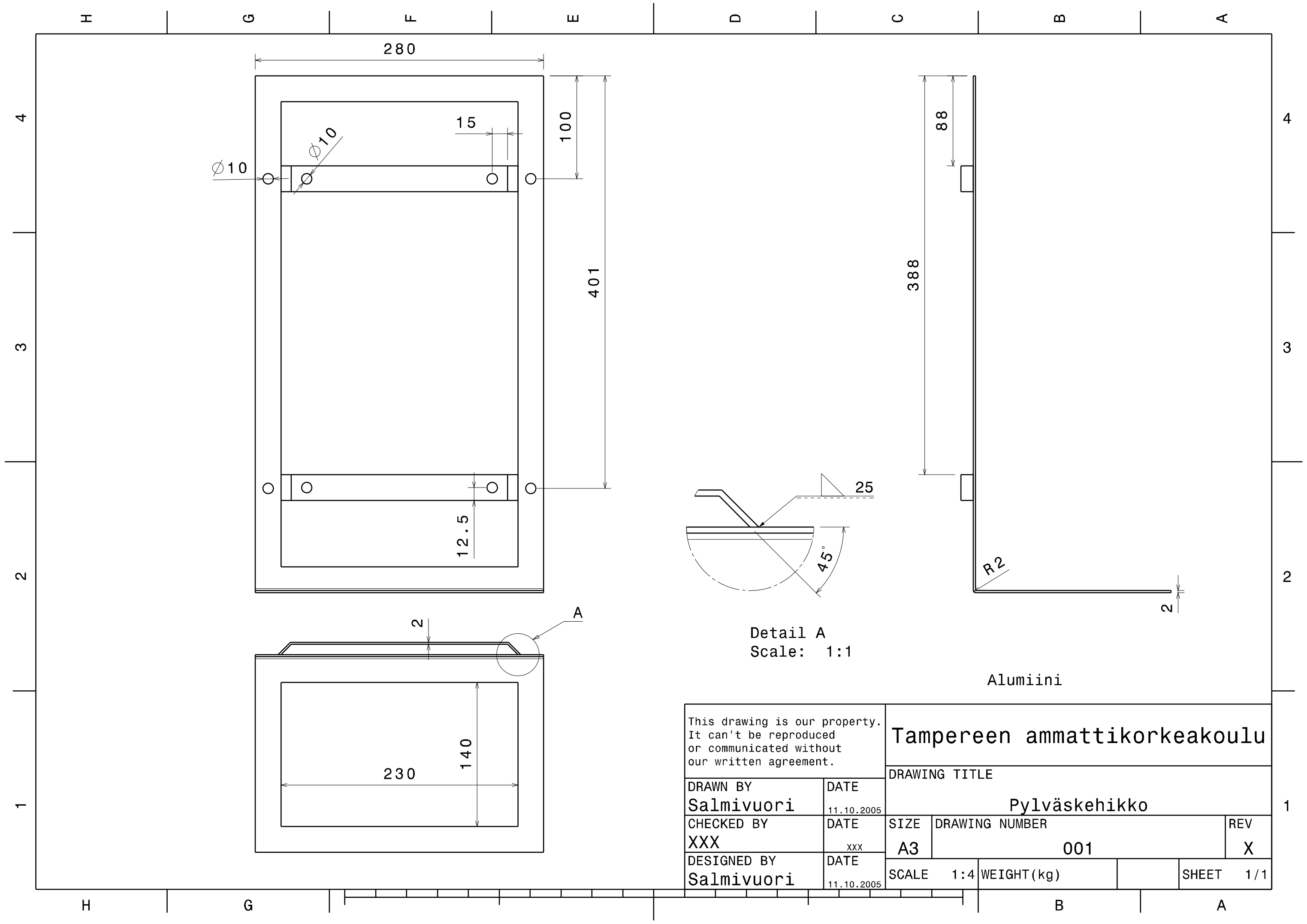
This drawing is our property. It can't be reproduced or communicated without our written agreement.

DRAWN BY	DATE
Salmivuori	14.10.2005
CHECKED BY	DATE
XXX	xxx
DESIGNED BY	DATE
Salmivuori	14.10.2005

DRAWING TITLE	
Tampereen ammattikorkeakoulu	
Anturikotelo	
SIZE	DRAWING NUMBER
A3	002
SCALE	1:3 WEIGHT (kg)
2/2	

A B G H

Section view A-A[2]



Detail A
Scale: 1:1

Alumiini

This drawing is our property. It can't be reproduced or communicated without our written agreement.		Tampereen ammattikorkeakoulu		
DRAWN BY Salmivuori		DRAWING TITLE Pylväskehikko		
CHECKED BY XXX		DATE 11.10.2005	SIZE A3	DRAWING NUMBER 001
DESIGNED BY Salmivuori		DATE 11.10.2005	SCALE 1:4	REV X
		WEIGHT(kg)	SHEET 1/1	

D

C

B

A

4

4

3

3

2

2

1

1

7	001	Seinäkehikko	Alumiini	1
6	007	Kojeikkuna	Tiivistenauha+Pleksilasi	2
5	002	Anturikotelo	PC-muovi	1
4	006	Suojalevy	PC-muovi	7
3	005	Anturikotelon kansi	PC-muovi	1
2	004	Asennuslevy	Teräslevy	1
1	003	Messinkiholkki	10x15mm M8x10	4
Osa Piirustus no.				Kpl

This drawing is our property.
It can't be reproduced
or communicated without
our written agreement.

Tampereen ammattikorkeakoulu

DRAWING TITLE

Anturikotelo
Osaluettelo

DRAWN BY
k1tsalmi

DATE
14.10.2005

CHECKED BY
XXX

DATE
XXX

SIZE
A4

DRAWING NUMBER

010

REV
X

DESIGNED BY
Salmivuori

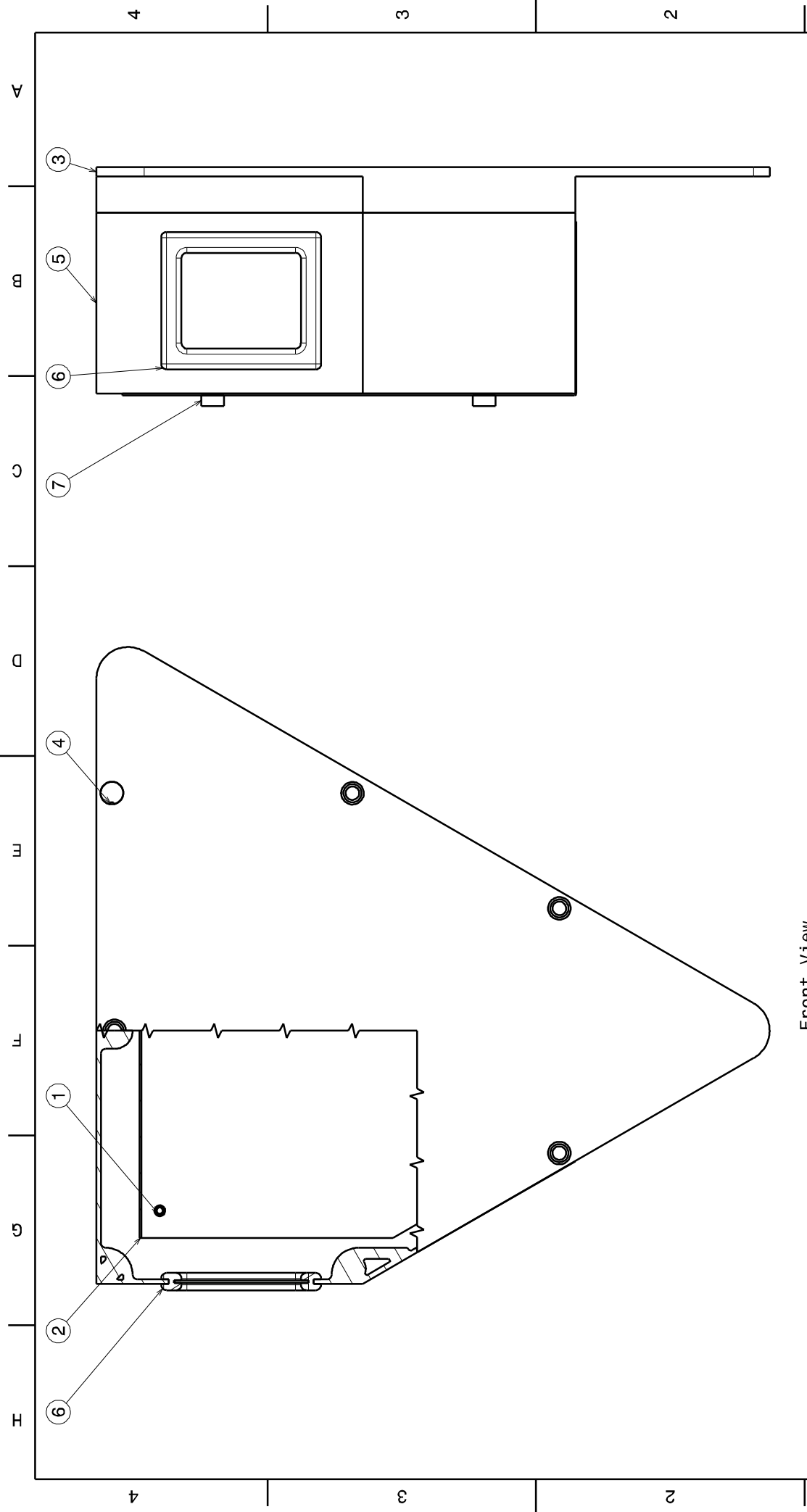
DATE
14.10.2005

SCALE 1:1 WEIGHT(kg)

SHEET 2/2

D

A



Front View
Scale: 1:4

This drawing is our property.
It can't be reproduced
or communicated without
our written agreement.

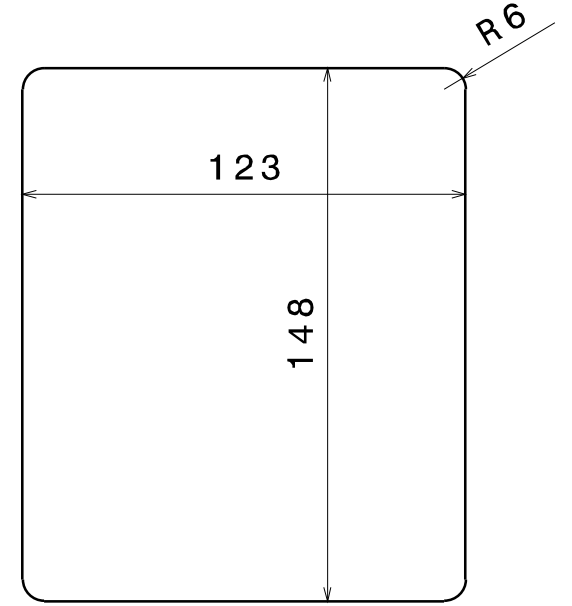
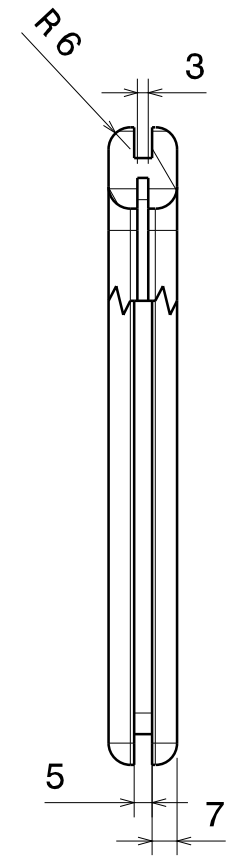
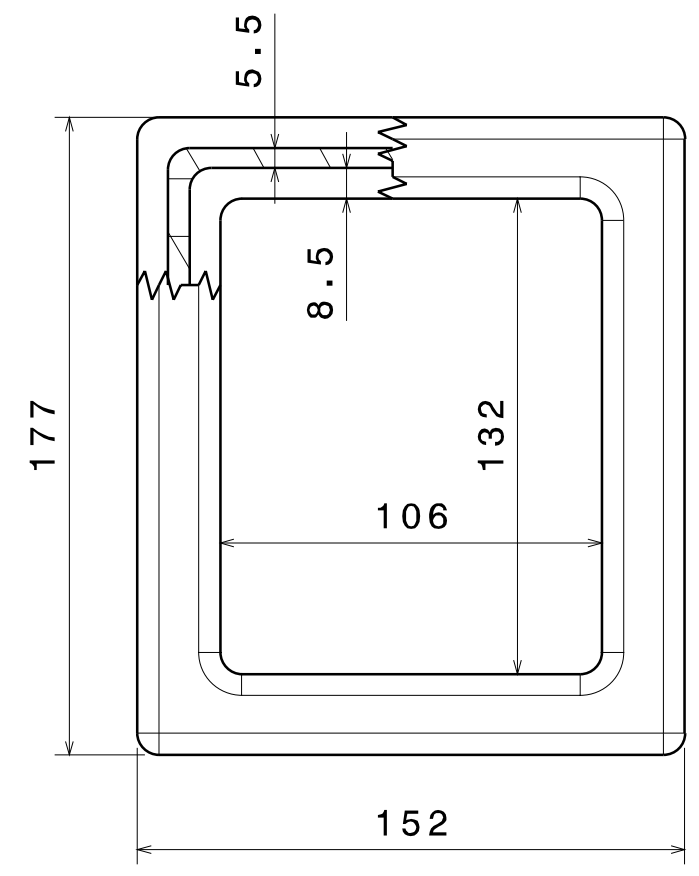
DRAWN BY	DATE
Salmivuori	14.10.2005
CHECKED BY	DATE
XXX	xxx
DESIGNED BY	DATE
Salmivuori	14.10.2005

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU	
DRAWING TITLE	
Anturikotelo, kokoonpano	
SIZE	REV
A3	X
DRAWING NUMBER	
010	
SCALE	SHEET
1:4 WEIGHT (kg)	1/2

A B A
H G

H G F E D C B A

4
3
2
1

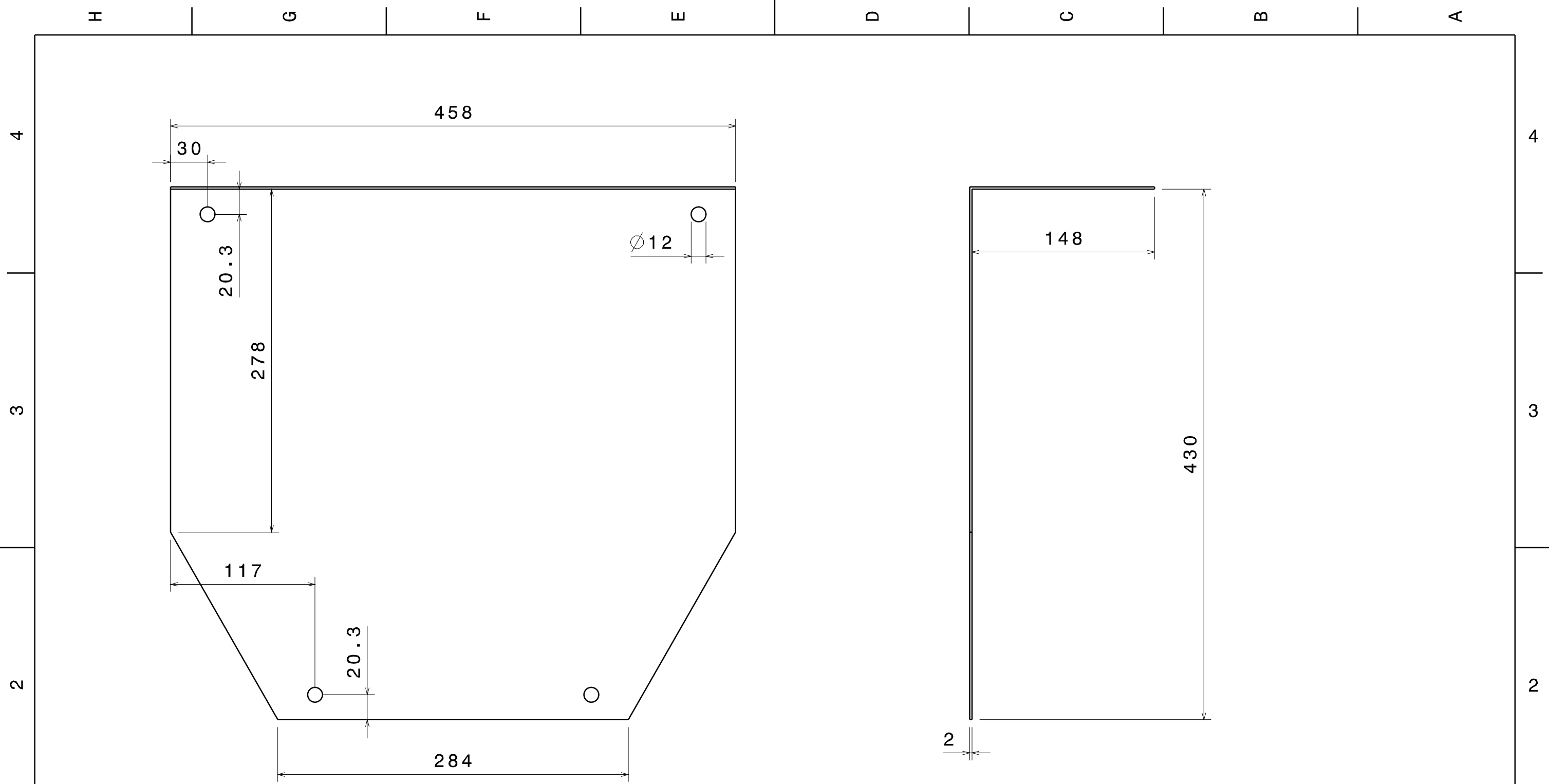


Tiivistenauha
Finnprofiles lasitusnauha
Nro. SM141

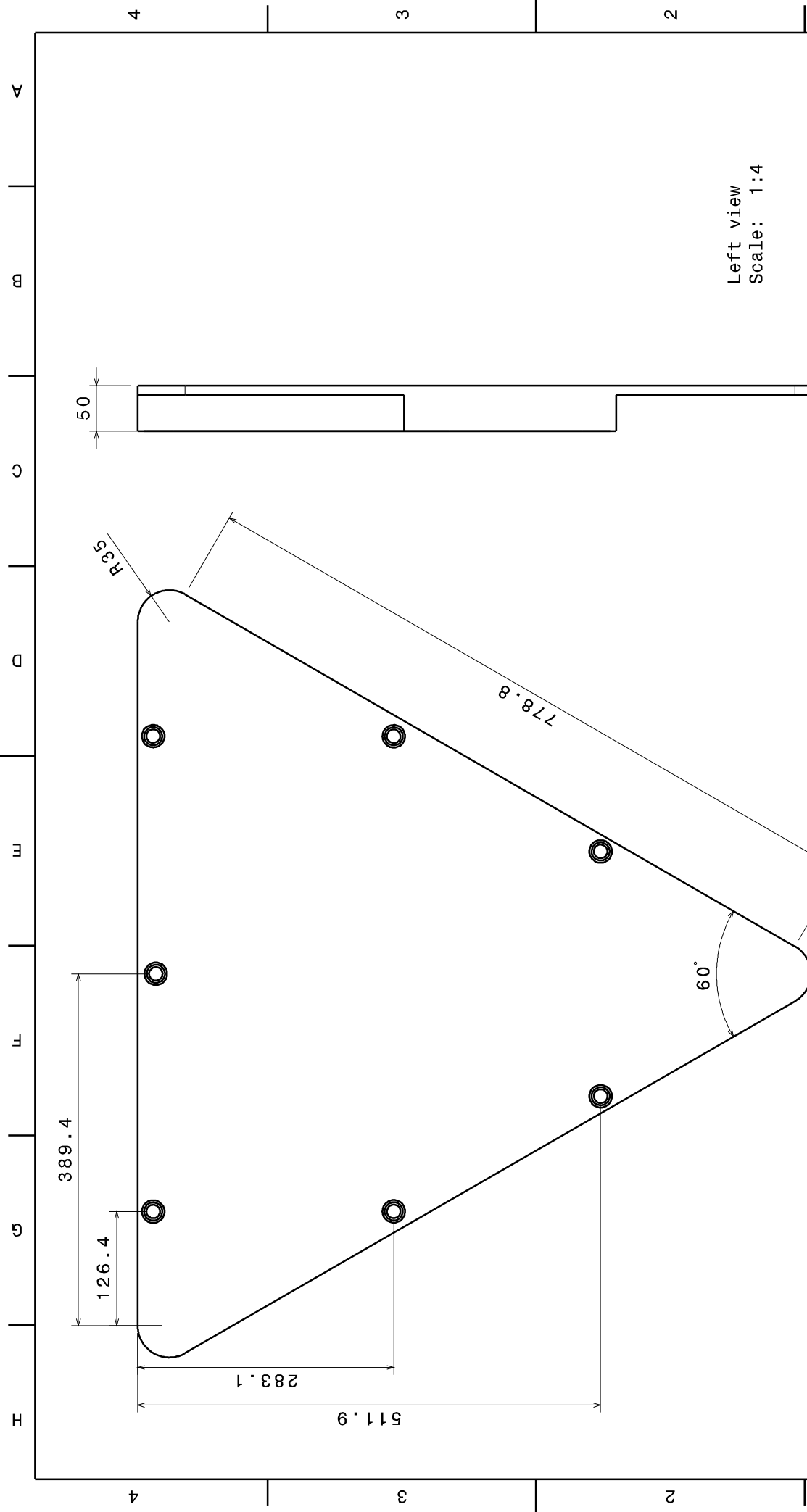
Pleksilasi
t= 2mm

This drawing is our property. It can't be reproduced or communicated without our written agreement.		Tampereen ammattikorkeakoulu		
DRAWN BY Salmivuori		DATE 14.10.2005		DRAWING TITLE Kojeikkuna Tiivistenauha+pleksilasi
CHECKED BY XXX		DATE xxx		
DESIGNED BY Salmivuori		DATE 14.10.2005		REV X
SCALE 1:2		DRAWING NUMBER 007		SHEET 1/1
WEIGHT(kg)				

H G B A



This drawing is our property. It can't be reproduced or communicated without our written agreement.		Tampereen ammattikorkeakoulu		
DRAWN BY Salmivuori		DRAWING TITLE Asennuslevy		
DATE 11.10.2005	CHECKED BY XXX	DATE xxx	SIZE A3	DRAWING NUMBER 004
DESIGNED BY Salmivuori	DATE 11.10.2005	SCALE 1:3	WEIGHT(kg)	REV X
		SHEET		1/1



This drawing is our property.
It can't be reproduced
or communicated without
our written agreement.

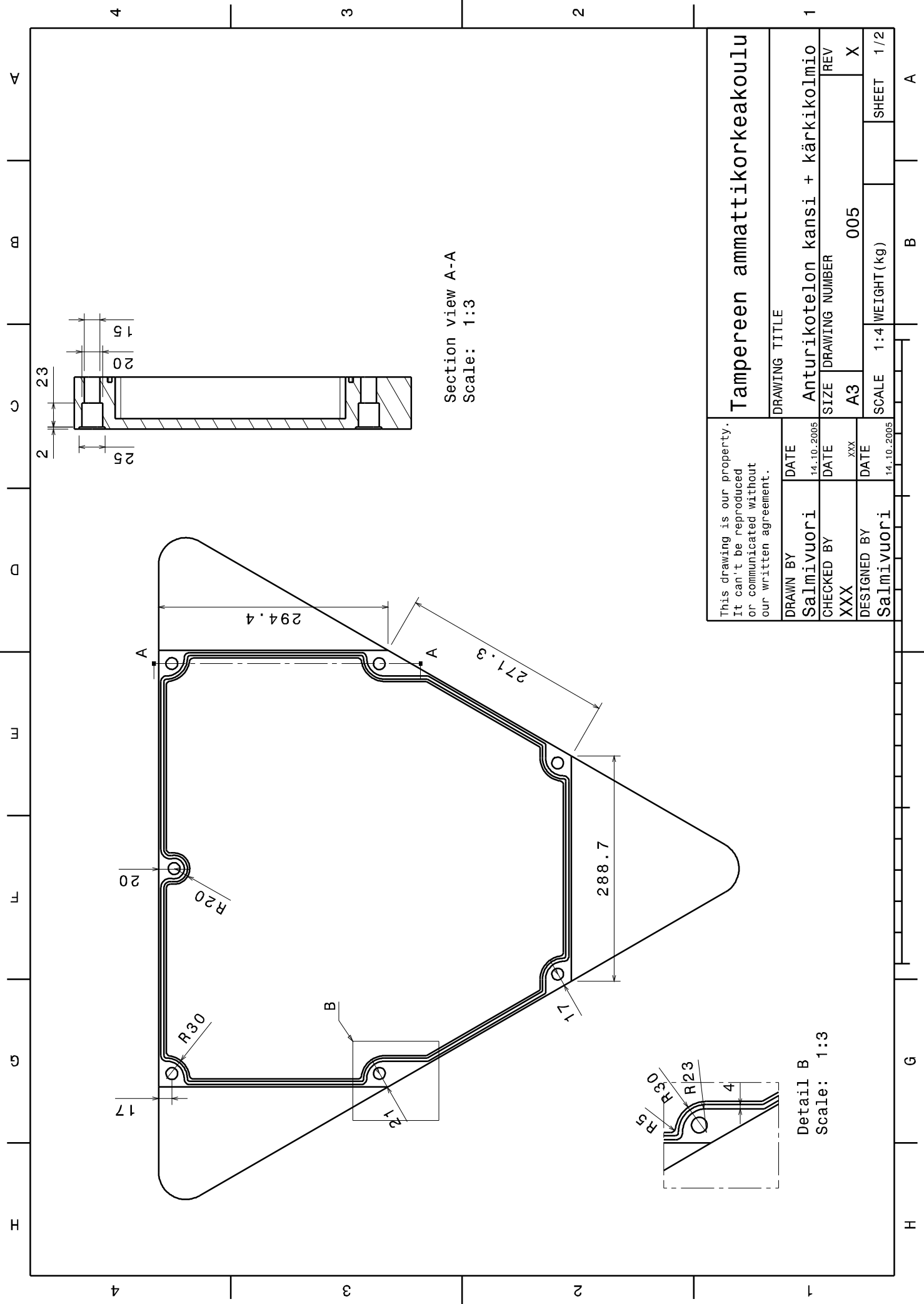
DRAWN BY	DATE
Salmivuori	14.10.2005
CHECKED BY	DATE
XXX	XXX
DESIGNED BY	DATE
Salmivuori	14.10.2005

DRAWING TITLE	
Tampereen ammattikorkeakoulu	
Anturikotelon kansi + kärkikolmio	
SIZE	REV
A3	X
DRAWING NUMBER	
005	
SCALE	SHEET
1:4 WEIGHT (kg)	2/2

Front View
Scale: 1:4

Left view
Scale: 1:4

A B C D E F G H A B A



Section view A-A
Scale: 1:3

Detail B
Scale: 1:3

This drawing is our property.
It can't be reproduced
or communicated without
our written agreement.

DRAWN BY Saalmivuori	DATE 14.10.2005
CHECKED BY XXX	DATE xxx
DESIGNED BY Saalmivuori	DATE 14.10.2005

Tampereen ammattikorkeakoulu

DRAWING TITLE	
Anturikotelon kansi + kärkikolmio	
SIZE A3	DRAWING NUMBER 005
SCALE 1:4 WEIGHT (kg)	REV X
SHEET 1/2	

D

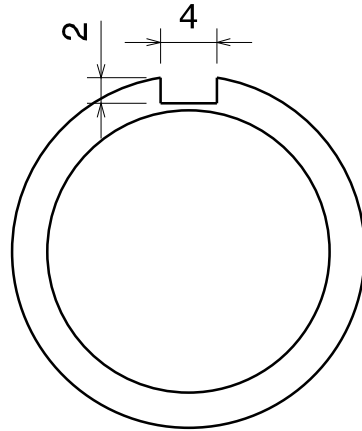
C

B

A

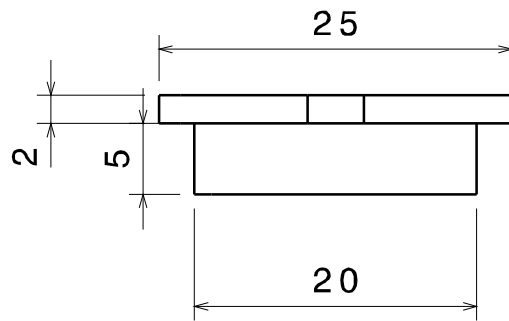
4

4



3

3



2

2

Scale: 2:1

1

1

This drawing is our property.
It can't be reproduced
or communicated without
our written agreement.

Tampereen ammattikorkeakoulu

DRAWING TITLE

Suojalevy

DRAWN BY
Salmivuori

DATE
11.10.2005

CHECKED BY
XXX

DATE
XXX

SIZE
A4

DRAWING NUMBER

008

REV
X

DESIGNED BY
Salmivuori

DATE
11.10.2005

SCALE

2:1

WEIGHT(kg)

SHEET

1/1

D

A