

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU  
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma  
Kone- ja laiteautomaatio

Tutkintotyö

Henri Ekola

**RUNGON SUUNNITTELU EC 38 TA -DYNAMOMETRILLE JA  
JÄÄHDYTYSJÄRJESTELMÄN ESISUUNNITTELU**

Työn ohjaaja  
Työn teettäjä  
Tampere 2007

Tekn. Lis. Tauno Kulojärvi  
TAMK autolaboratorio

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU  
Kone ja tuotantotekniikan koulutusohjelma  
Kone- ja laiteautomaatio

Henri Ekola	Rungon suunnittelu EC 38 TA -dynamometrille ja jäähdytysjärjestelmän esisuunnittelu
Tutkintotyö	22 sivua+16 liitesivua
Työnohjaaja	Tekn. Lis. Tauno Kulojärvi
Työn teettäjä	Tampereen ammattikorkeakoulu
Kesäkuu 2007	
Hakusanat	Dynamometri

### TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulun (TAMK) autolaboratorion pyörrevirtadynamometri EC 38 TA on ollut koko 2000-luvun poissa käytöstä muodostaen suuren puutteen autolaboratorion laitekantaan. Tämä tutkintotyö on osa projektia, jossa dynamometri otetaan uudelleen käyttöön.

Tässä tutkintotyössä keskitytään mekaniikan suunnitteluun. Työssä on suunniteltu rungon mallia, joka on suhteellisen helposti liikuteltava ja monipuolisine säätöineen mahdollistaa erilaisten ja erikokoisten moottoreiden testauksen. Runko mallinnettiin Catia 3D ohjelmalla. 3D-malleista tuetettiin tarvittavat piirustukset rungon rakentamista varten. Runkokehikko ja moottorin kiinnittimet koottiin TAMK:n työpajassa ja hitsaamossa.

Jäähdytysjärjestelmän osalta tehtiin esisuunnittelua ja mitoitusta pohjaksi jäähdytysjärjestelmän rakentamista varten.

Projekti on tällä hetkellä alkuvaiheessa, ja siinä on potentiaalia saada hyvin toimiva testauspenkki Tampereen ammattikorkeakoulun käyttöön. Ennen kuin moottoreita voidaan testata, täytyy jäähdytysjärjestelmä rakentaa esisuunnitelman pohjalta. Säättö-, mittaus-, ja ohjauslaitteet tulee kytkeä dynamometriin sekä oheislaitteisiin ja suunnitella moottorien ohjaus ja hallinta.



## ALKUSANAT

Tutkintotyö on tehty Tampereen ammattikorkeakoulun autolaboratoriolle. Se tarjosi insinöörityön aiheen, joka liittyy dynamometrilaitteiston kehittämiseen. Dynamometriprojekti käynnistyi keväällä 2007, ja tämä tutkintotyö on osa sitä. Dynamometriprojekti on laaja ja haasteellinen, ja alkuvaiheessa vielä. Tarkka tehtäväkuvaus muodostui projektin edetessä. Lopulliseksi tavoitteeksi tämän tutkintotyön osalta muodostui rungon suunnittelu ja jäähdytysjärjestelmän esisuunnittelu. Runko saatiin hitsattua hitsaamossa valmiiksi ja jäähdytysjärjestelmän komponenttien osalta on tiedossa osien koot ja hinta-arviot pohjautuen muutamien osien tarjouspyyntöihin.

Tampereen ammattikorkeakoulun puolesta dynamoprojektin vetäjänä toimi Jarmo Lilja. Työn ohjaajana ja teknisenä asiantuntijana toimi Tampereen ammattikorkeakoulun autolaboratorion puolesta Tauno Kulojärvi. Hänen tekninen osaaminen ja vuosien kokemuksensa olivat suureksi avuksi projektin edetessä.

Kiitoksen ansaitsee myös Sisu Diesel Oy ja erityisesti kehitysinsinööri Aarne Nyman ja suunnittelupäällikkö Ismo Hämäläinen. Heidän perehdytyksensä dynamometrin teolliseen käyttöön valaisi näkemystä. Lisäksi heiltä saamani tekninen materiaali toimi suunnittelun lähtökohtana.

Käytännön työn toteutuksessa opastusta antoi laboratorioinsinööri Jari Seppälä, joka hoiti osien tilauksia ja opastuksen koulun hitsauslaitteisiin.

Tampereella 31.5.2007

Henri Ekola

**SISÄLLYSLUETTELO**

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

ALKUSANAT

SISÄLLYSLUETTELO .....	5
1 JOHDANTO .....	7
1.1 Tehtävän määrittely ja tavoitteet .....	7
1.2. Projektin taustat ja käynnistys .....	7
2 DYNAMOMETRIN EC TA 38 TEKNISET TIEDOT .....	8
3 VAATIMUKSET TURVAJÄRJESTELMÄLLE .....	9
4 RUNGON SUUNNITTELU .....	10
4.1 Säädettävien moottorin kiinnittimien suunnittelu .....	11
4.2 Rungon erot Sisu Dieselin dynamometriin verrattuna .....	12
4.3 Jäähdytysjärjestelmän erot Sisu Dieselin dynamometriin verrattuna .....	13
5 RUNGON KOKOAMINEN .....	14
5.1 RHS-putkipalkkien sahaus .....	14
5.2 Runkokehikon hitsauskokoontaminen .....	15
6 JÄÄHDYTYSJÄRJESTELMÄN ESISUUNNITTELU .....	16
6.1 Jäähdytysjärjestelmän komponenttien sijoittelu .....	16
6.2 Mitattavat kohteet ja suureet jäähdytysjärjestelmässä .....	18
6.3 Jäähdytysjärjestelmän vesipumppu .....	20
7 YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET .....	22

**LIITTEET**

- Liite 1 Piirustus laippa dynamometrin alle
- Liite 2 Piirustus kiinnittimen alalevy
- Liite 3 Piirustus kiinnittimen alaosan ylälevy
- Liite 4 Piirustus kierrereikälaippa
- Liite 5 Piirustus kiinnitinlevy 2 (hole 3) ja kiinnitinlevy 2 (hole 4)
- Liite 6 Piirustus kiinnitinlevy 1 (hole 3)
- Liite 7 Piirustus kiinnitinlevy 1 (hole 4)
- Liite 8 Piirustus levy 100\*130\*15
- Liite 9 Piirustus moottorin kiinnityslevy (hole 3)
- Liite 10 Piirustus moottorin kiinnityslevy (hole 4)
- Liite 11 Piirustus laippa moottorin alle
- Liite 12 Piirustus värinälevy
- Liite 13 Piirustus reikälevy 150x130x15
- Liite 14 Piirustus RHS-putkipalkit
- Liite 15 Sisu Diesel 420 DSRE tekniset tiedot
- Liite 16 Värinän vaimentimet

SYMBOLLEIDEN JA MERKKIEN SELITYKSET

Pa	Pascal, paineen yksikkö $1N / m^2$
MPa	1000000 Pa
Catia	3D-mallinnusohjelmisto
°C	Celsius aste
Hv	Hevosvoima, = 0,73549875 kW
kg	Kilogramma
kW	Kilowatti
N	Newton, SI-järjestelmän voiman yksikkö
Nm	Newton-metri, momentin ja vääntömomentin yksikkö.
TAMK	Tampereen ammattikorkeakoulu

# 1 JOHDANTO

## 1.1 Tehtävän määrittely ja tavoitteet

Tutkintotyön tavoitteena on toimia suunnittelun ja valmistuksen pohjana dynamoprojektin mekaniikan suunnittelemiseen. Lähinnä tässä tutkintotyössä keskitytään rungon suunnittelemiseen ja myös valmistamiseen resurssien mukaan, mikä käytännössä tarkoittaa omaa vuosien saatossa kertynyttä ammattitaitoa metallitöistä.

Jäähdytysjärjestelmän osalta tehdään esisuunnittelu. Lisäksi hankitaan tarjouspyyntöjä hinnan arvioimiseksi.

## 1.2. Projektin taustat ja käynnistys

Dynamoprojekti lähti käyntiin Jarmo Liljan toimesta. Hän haki Tampereen ammattikorkeakoulusta tutkintotyön tekijöitä projektiin. Alkuperäisen suunnitelman mukaan Tampereen ammattikorkeakoulu ja Dekati Oy olisivat tehneet projektin edetessä tiivistä yhteistyötä. Dekati Oy on Tampereella toimiva yritys, jonka toimiala on erilaiset pienhiukkasten mittaukset ja analysoinnin sovellukset. Tarkoitus oli, että Dekati Oy:stä muodostuisi tärkeä asiakas TAMK:n autolaboratoriolle, kun dynamometrilaitteistoa käytettäisiin tulevaisuudessa myös heidän päästömittauslaitteidensa testaustarpeisiin. Suunnittelun alkuvaiheessa mukaan tullut idea järjestelmän siirrettävyydestä mahdollistaisi sen, että laitteisto voitaisiin siirtää melko helposti myös Dekati Oy:n tiloihin. Dekati Oy ei kuitenkaan saanut projektille Teknologian tutkimuskeskuksen (TEKES) rahoitusta, jolloin he vetäytyivät toistaiseksi hankkeesta. Näin ollen työn teettäjänä toimii yksin TAMK:n autolaboratorio.

Projektia päätettiin viedä kuitenkin eteenpäin, koska se tarjoaa valmiina hyviä lisätestausten mahdollisuuksia TAMK:n autolaboratoriolle. On myös mahdollista, että palveluja tai itse laitteisto voitaisiin myydä tai vuokrata ulkopuoliselle asiakkaalle.

## 2 DYNAMOMETRIN EC TA 38 TEKNISET TIEDOT

Käyttöopas /1/ mukaan:

Teho

Maksimi pyörimisnopeus on 8000 kierrosta minuutissa. Maksimi jarrutusteho 165 kW (220 hv)

Maksimi vääntömomentti 475 Nm.

Paino

300 kg

Jäähdytysveden virtaus:

Minimivirtaus käytön aikana 6350 litraa/tunti.

Jäähdytysveden paine:

Minimipaine käytön aikana on 0.074 MPa.

Jäähdytysveden lämpötila

Jäähdytysveden lämpötila ei saa ylittää 60 °C

### 3 VAATIMUKSET TURVAJÄRJESTELMÄLLE

Turvajärjestelmän kriittiset osat tulee saada automaattiseksi, jotta sekä testaajan, että laitteiston turvallisuus pysyy taattuna.

Testaushuoneessa tulee olla savunilmaisimet, jotka tarvittaessa pysäyttävät koekäytön ja katkaisevat polttoaineen syötön moottorilta.

Testaushuoneessa tulee olla sammutusvälineistöä.

Hätä-seis-painikkeita tulee olla riittävästi ja oikein sijoiteltuna.

Jarrusta mitattavat kohteet, joiden muuttuminen tai häiriö ovat vaaraksi:

1. Jäähdytysveden lämpötila. Veden lämpötila ei saa ylittää 60 °C. Mikäli tähän rajaan tullaan täytyy automatiikan sammuttaa moottori
2. Jäähdytysveden virtaus. Virtauspaineen tulee olla koko ajan yli 0.074 MPa, mikäli tämä raja alittuu, ei jarrua saa kuormittaa.

Moottorista mitattavat kohteet, joiden muuttuminen tai häiriö on vaaraksi:

1. moottoriöljyn lämpötila
2. moottoriöljyn paine
3. moottorin jäähdytysveden lämpötila
4. moottorin jäähdytysveden virtaus

Yllä mainitut moottorin arvot riippuvat aina testattavasta moottorista. Tekniset tiedot löytyvät moottorin teknisistä tiedoista.

Dynamometrin ja moottorin sekä niiden välisen akselin tulee olla koteloitu. Esimerkiksi laakeririkon sattuessa lentävät osat eivät saa aiheuttaa vaaraa testaushenkilökunnalle. Kotelointi estää lisäksi esimerkiksi hihan tarttumisen kardaniakseliin.

## 4 RUNGON SUUNNITTELU

Rungon suunnittelun lähtövaatimukset.

1. Rungon pitää olla liikuteltava.
2. Materiaaleiksi tulee valita standardimateriaaleja
3. Runko pitää pystyä kokoamaan TAMK:n tiloissa
4. Moottorin kiinnittimet pitää olla helposti säädettävissä eri moottoreille.

Rungon kokonaispaino ei saa nousta liian suureksi, jotta ensimmäinen vaatimus toteutuisi. Saman säännön toteuttamiseksi ulkomittojen on oltava riittävän pienet, että liikuteltavuus on hyvä. Rungon suunnittelussa päädyin siihen, että on parempi laittaa dynamometri kiinteästi runkoon kiinni ja muut kiinnittimet tehdä säädettäviksi. Dynamometri kuitenkin aina käyttää samaa jäähdytysjärjestelmää, ja moottoreissa taas voi olla suuriakin eroavaisuuksia. Jo pelkästään ahtoilman välijäähdytin on monilla valmistajilla erilainen.

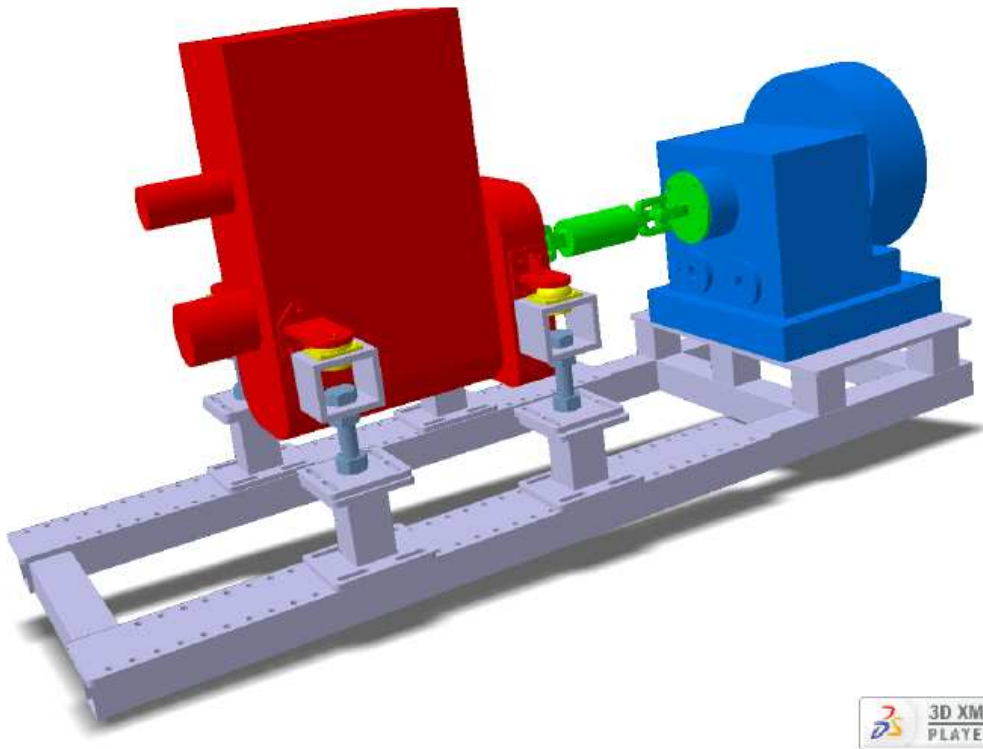
Kaikki levystä leikattavat osat mitoitettiin siten, että ne voidaan leikata samasta levystä. Levyn paksuus on 15 millimetriä. Levymateriaali on standardin EN 10025 mukainen S355.

Putkipalkkimateriaaliksi valitsin standardin EN 10219 mukaisen neliönmuotoisen putkipalkin kooltaan 100\*100\*4 mm.

Kaikki materiaali tilattiin samalta toimittajalta paljousalennuksien toivossa, toimittajalle lähetettiin liitteissä 1-13 olevat piirustukset.

Mallintamista varten pyysin Sisu Dieseliltä tekniset tiedot sen 420 DSRE - moottorista, jota käytin suunnittelun lähtöpohjana. Sisu Dieselin lähettämät piirustukset löytyvät liitteestä 15. Kuten kuvasta 1 näkyy, moottoria ei ollut tarpeen mallintaa tarkasti muuta kuin kiinnittimien osalta. Moottorin kiinnittimiä suunnitellessani käytin lähtökohtana Sisu Dieseliltä saamien värinänvaimentimien mitoitusta. Värinänvaimentimet ovat liitteessä 16. Säädettävien moottorin kiinnittimien yläpään kiinnityslevyt on mitoitettu siten, että Sisu Dieselin käyttämän värinänvaimentimen saa suoraan kiinni niihin.

Rungon suunnittelussa pidin myös silmällä sitä vaihtoehtoa, että Tampereen ammattikorkeakoululle voidaan tulevaisuudessa ostaa uusi ja ehkä suuremman tehon jarruttamaan pystyvä pyörrevirtadynamometri. Rungon lujuus kestäisi tehokkaammankin moottorin testauksen.



Kuva1 3D-malli dynamometrin rungosta.

#### **4.1 Säädettävien moottorin kiinnittimien suunnittelu**

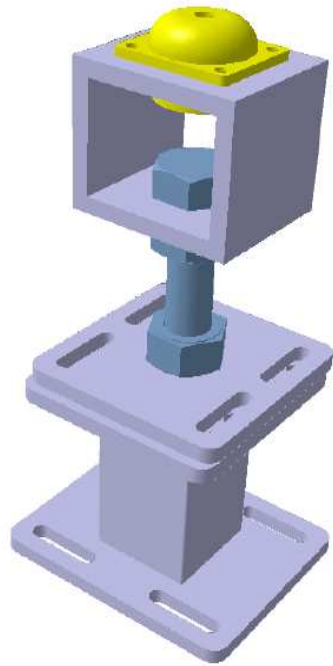
Kiinnittimien suunnittelussa lähdettiin liikkeelle siitä tavoitteesta, että säädettävyyksi olisi mahdollisimman monipuolinen. Tämä mahdollistaisi erilaisten moottoreiden testaamisen. Dynamometrin ollessa kiinteästi rungossa kiinni moottorin kiinnittimistä täytyy olla säädettävät. Kiinnittimissä on korkeus-, leveys-, ja puituussuunnan säätö, jotta hyvinkin erilaiset ja kokoiset moottorit saadaan testattua.

Kardanin suuntainen säätäminen tapahtuu alimmasta kohdasta kiinnittintä. Valitsin reikien paikat liitteessä 1 näkyvään dynamon alle tulevaan laippaan niin, että säätäminen suhteessa liitteessä 2 näkyvään kiinnittimen alalevyyn on portaaton.

Sivuttaissuuntainen säätäminen tapahtuu kiinnittimen keskikohdassa liitteessä 3 näkyvän kiinnittimen alaosan ylälevyn ja liitteessä 4 näkyvän kierrereikälaipan välillä.

Korkeussuunta säädetään ruuvista M42 jonka pituus on 200 millimetriä.

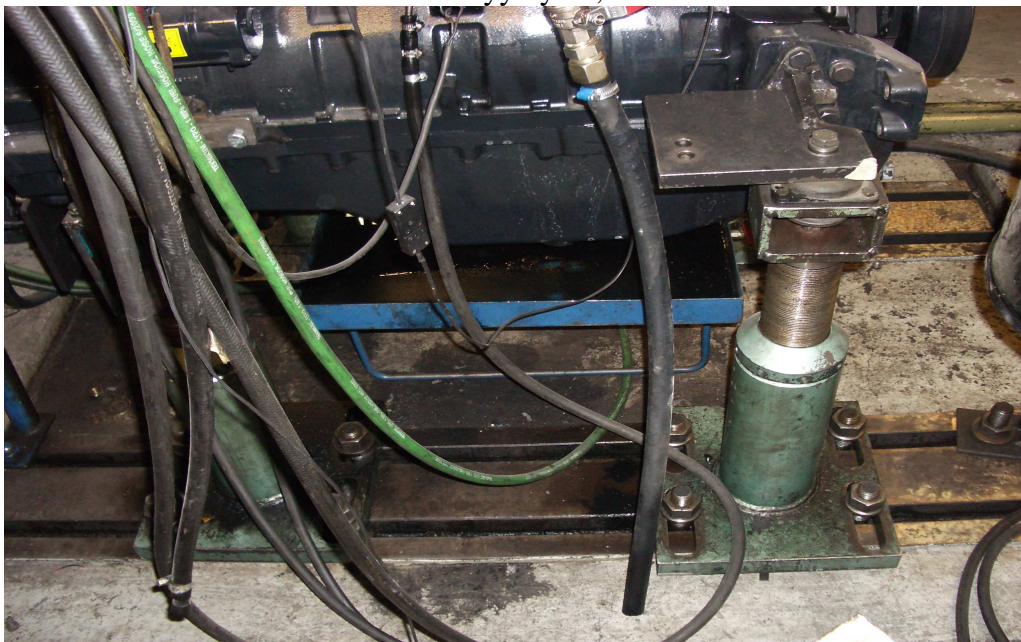
Kuvassa 2 on säädettävän moottorin kiinnittimen malli. Kiinnittimen rakenne on yksinkertainen, mutta monipuolisesti säädettävä. Kuva on tuotu Word-asiakirjaan 3D XML playerilla, koska se pitää kuvan vähän muistia vievänä, esittäen mallista vain ulkoisen geometrian.



Kuva 2 Säädetävän moottorinkiinnittimen 3D malli.

#### **4.2 Rungon erot Sisu Dieselin dynamometriin verrattuna**

Suurin ero on järjestelmän liikuteltavuus. Sisu Diesel Oy:n testilaboratorion tiloissa Linnavuoressa oli käytössä 8 kappaletta pyörrevirtadynamometrejä. Ne kaikki oli asennettu kiinteästi lattiaan. Lattiaan oli valettu alusta, jonka päällä dynamometri sekä moottori kiinnittimineen olivat. Kuvassa 3 näkyy hyvin, miten tukevasti moottori on alustassa kiinni.

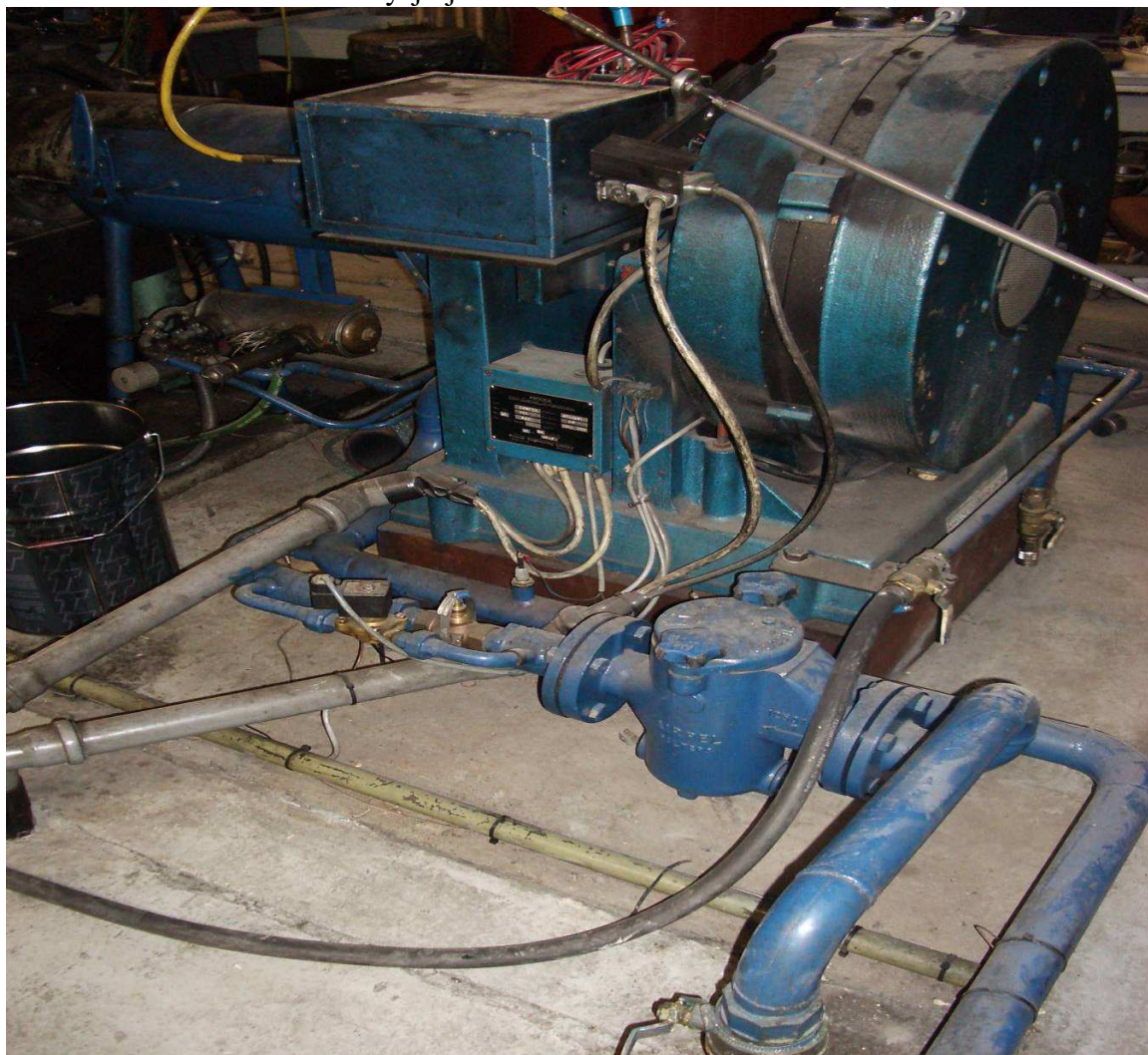


Kuva 3 Moottori ja moottorin kiinnittimet Sisu Diesel Oy:n tiloissa Linnavuoressa

### **4.3 Jäähdytysjärjestelmän erot Sisu Dieselin dynamometriin verrattuna**

Sisu Dieselillä jäähdytysjärjestelmä oli myös kiinteä ja putket kulkevat lattian läpi, tilan säästämiseksi. Kuvassa 4 näkyy miten putkitus tulee lattian läpi. Sisu Dieselin jäähdytysjärjestelmä koostui monesta piiristä, koska jäähdytystarve kahdeksalle dynamometrille on suuri. Lisäksi syntynyttä lämpöä hyödynnetään lämmitysjärjestelmän kautta.

Dynamoprojektin jäähdytysjärjestelmän suunnittelussa pidetään mielessä myös vaihtoehto hukkalämmön talteen otosta, mutta vielä satunnaisella käytöllä, ja tässä vaiheessa se ei tule kysymykseen. Yksi vaihtoehto olisi liittää dynamometrin jäähdytysjärjestelmä Tampereen ammattikorkeakoulun lämmitysjärjestelmään esimerkiksi lämmönvaihtimen kautta.



Kuva 4 Jäähdytysjärjestelmän putket kulkevat lattian läpi Sisu Diesel Oy:n tiloissa Linnavuoressa.

## 5 RUNGON KOKOAMINEN

Runko koottiin koulun laboratoriotiloissa. Runko ja säädettävät kiinnittimet hitsasin kokoon koulun hitsaamossa.

### 5.1 RHS-putkipalkkien sahaus

Palkit tilattiin Rauta Soini Oy:ltä, ja ne toimitettiin 6 metrin mittaisina. Palkeista sahattiin tarvittavat osat automaattisahalla, joka näkyy kuvassa 5. Palkkien käsittelyssä sai käyttää avukseen hyvää nostotekniikkaa, koska sahan kohdalle ei nosturilla yltänyt, ja palkin paino oli 11.73 kg/m.



Kuva 5 RHS-putkipalkkien sahaus automaattisahalla.

## 5.2 Runkokehikon hitsauskoonpano

Runkokehikon hitsauksen suoritin Tampereen ammattikorkeakoulun hitsaamossa, josta näkyy osa hitsaustilaa kuvassa 6. Palkit hitsattiin Mig-hitsausmenetelmällä. Palkit hitsattiin kehähitsillä, riittävän lujuuden saavuttamiseksi ja myös korroosion estämiseksi, jotta vesi ei pääse tunkeutumaan rakenteen sisällä. A-mittana oli kaikissa saumoissa noin 5 mm. Hitsauksen edetessä hitsauspistoolin lämpötila kohosi melkoisesti, koska pistooli ei ollut vesijäähdytteinen. Suuttimen palamisen ehkäisemiseksi täytyi rajoittaa hitsausnopeutta ja antaa pistoolin välillä jäähtyä

Itse hitsaamo oli hyvin ilmastoitu, savukaasujen poisto hoidettiin kahden tehokkaan imurin avulla. Riittävän tehokas ilmasointi teki hitsaamisesta miellyttävää.



Kuva 6 Runkokehikon hitsattiin kokoon Tampereen ammattikorkeakoulun hitsaamossa.

## 6 JÄÄHDYTYSJÄRJESTELMÄN ESISUUNNITTELU

Tilasin Suomen jäähdytintehdas Oy:ltä /3/ tarjouspyynnön jäähdytinjärjestelmän suunnittelemiseksi. Heidän laskentaohjelmasta saatiin seuraavat tiedot, joita voidaan käyttää jäähdytinjärjestelmän mitoittamiseen.

Jäähdytystehon tarve: 165 kW

Vesipumpun tuotto: 110 l/min

Jäähdyttimelle tulevan veden lämpötila: 60 °C

Ympäristön lämpötila: 20 °C

Lämpötilaero  $\Delta T = 40$  °C

Puhallin:

Puhaltimen tarvittava tilavuusvirta:  $7.2 \text{ m}^3 / \text{s}$

Jäähdyttimenkenno:

Korkeus x Leveys x Pituus: 1000 x 900 x 114 + 90mm / säiliö

Lamellijako 2.8 mm

Putkijako k8 SYM

korkeus 1 m

leveys 0.9 m

Kennon pinta-ala =  $0.9 \text{ m}^2$

Ilman virtausnopeus 8 m/s

Jäähdyttimen ominaisjäähdytysteho  $q : 4.6$

Jäähdytysteho:

$Q = q \times A \times \Delta T$  165.6 kW

Jäähdyttimen äärimitat n. 1200 mm x 950 mm x 140 mm

Ilmanvirtauksen ohjaimen korkeus esimerkiksi n. 200 – 300 mm jolloin jäähdyttimen ja ohjaimen kokonaispaksuus n. 400 mm

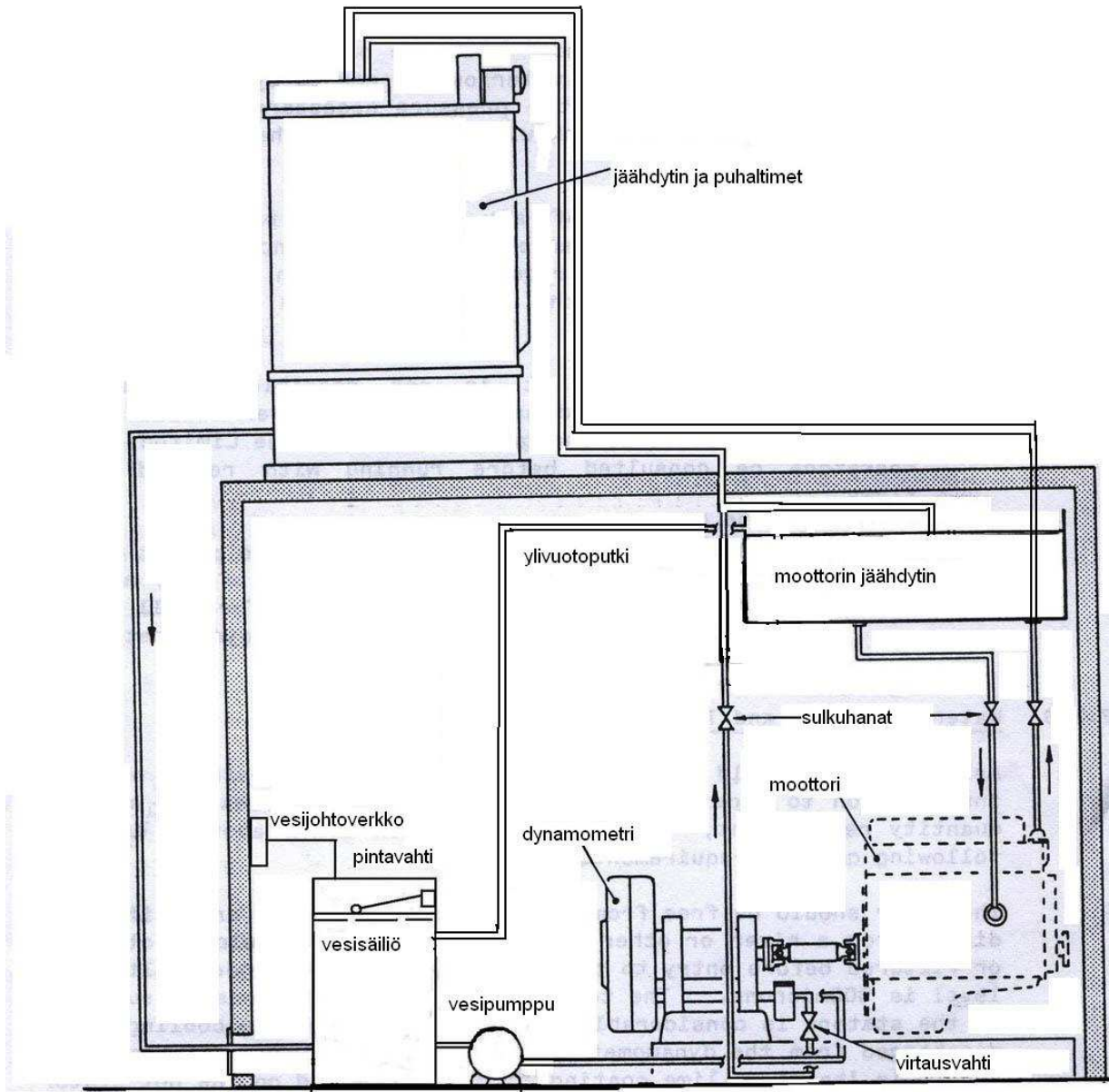
### 6.1 Jäähdytysjärjestelmän komponenttien sijoittelu

Dynamometrin jäähdytysjärjestelmä rakennetaan kahdelle erilliselle alustalle. Molemmat alustat hitsataan jäljelle jääneistä RHS-putkipalkeista. Toisella alustalla ovat puhaltimet ja jäähdytin ja toiselta alustalla vesisäiliö ja vesipumppu. Tällaisella sijoittelulla saavutetaan hyvä siirreltävyys ja alustat voidaan sijoittaa minne tahansa. Esimerkiksi alusta, jolla on jäähdytin ja puhaltimet voidaan siirtää laboratorion katolle, jossa saavutetaan jo luonnostaan hyvä ilman virtaus jäähdyttimen läpi. Molemmat moduulit pakataan samalla tavalla pieneen tilaan, kuten kuvassa 7 oleva Dyno systemsin moottorin jäähdytysjärjestelmä on. Jäähdytystarve on maksimissaan 165 kW.



Kuva 7 Dyno systemsin jäähdytysjärjestelmä.

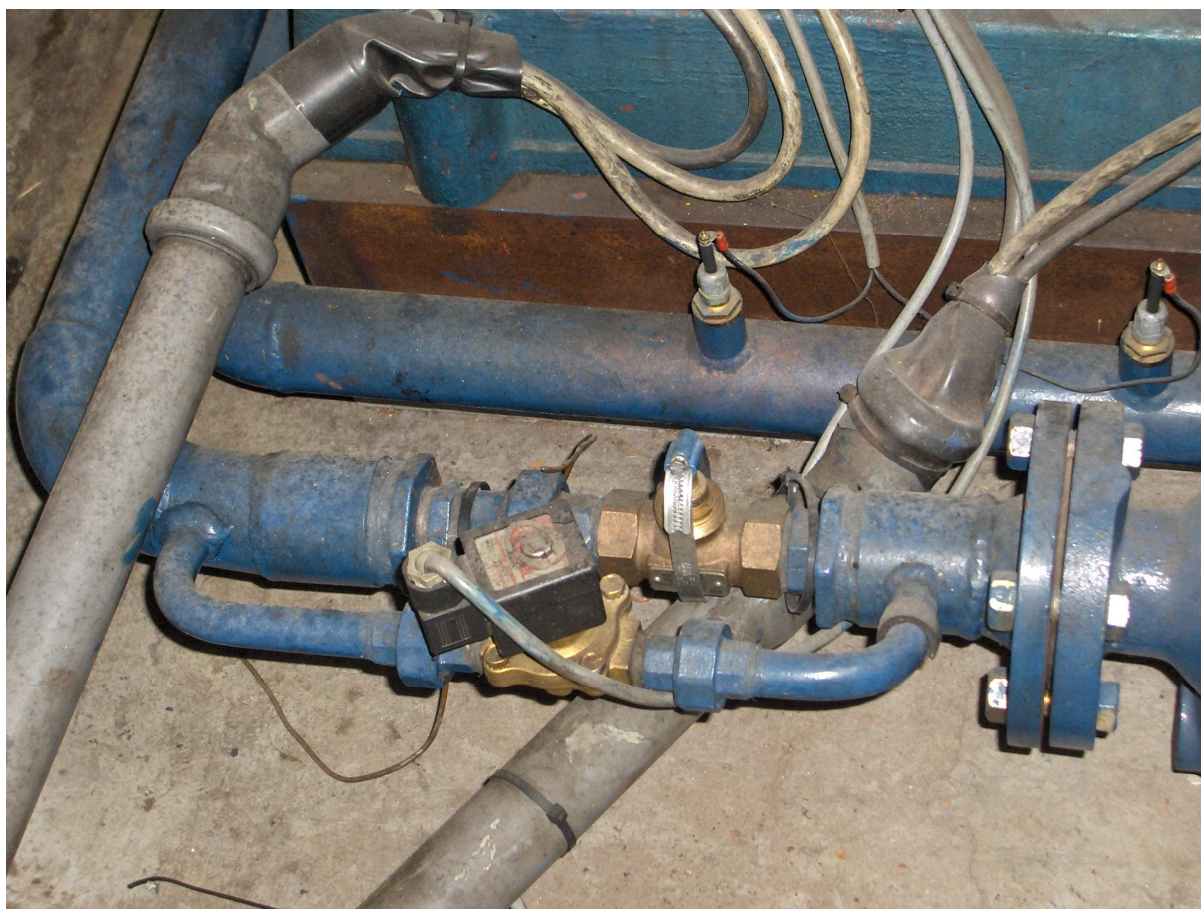
Vedenkierto jäähdytysjärjestelmässä toteutetaan seuraavalla tavalla. Vesipumppu pumppaa vettä suodattimen läpi dynamometrille. Veden virtausta on oltava koko ajan vähintään 6350 litraa minuutissa ja painetta vähintään 0,074 MPa. Suodattimena voi käyttää jo valmiiksi dynamometrissä kiinni olevaa suodatinta. Veden virrattua suodattimen läpi se tulee dynamometrille, josta edelleen jatkaa matkaansa jäähdyttimelle. Dynamometriltä tulevasta vedestä osa voidaan kierrättää moottorin jäähdyttimen kautta. Se riippuu testattavan moottorin jäähdyttimestä. Moottorin jäähdyttimessä on ylivuoto putki, josta ylimääräinen vesi palaa vesisäiliöön. Jäähdytinmoduuli voidaan sijoittaa esimerkiksi testauslaboratorion katolle kuten kuvassa 8. Jäähdyttimeltä vesi virtaa edelleen vesisäiliöön. Vesisäiliössä on pintavahti joka huolehtii siitä, ettei säiliön pinta laske liian alas. Mikäli vedenpinta laskee liian alas, täytetään säiliötä vesijohtoverkosta, joka automaattisesti tai manuaalisesti. Täyttö riippuu jäähdytysnesteen seostuksesta. Vesisäiliöstä vesipumppu pumppaa veden uudelleen kiertoon. Kuten kuvasta 8 ilmenee.



Kuva 8 Vedenkierto dynamometrin jäähdytysjärjestelmässä

## 6.2 Mitattavat kohteet ja suureet jäähdytysjärjestelmässä

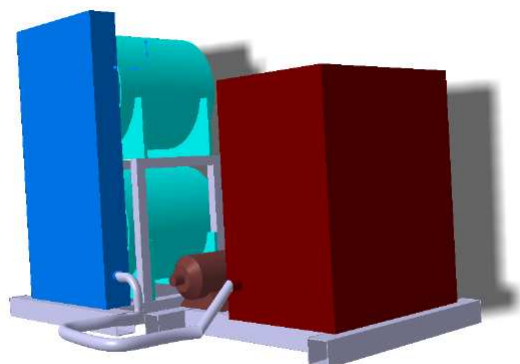
Jäähdyttimelle tulevasta putkesta mitataan dynamometriltä poistuvan veden lämpötila. Jäähdyttimeltä lähtevästä putkesta mitataan jäähdytetyn veden lämpötila. Vesisäiliöstä mitataan veden pinnan korkeutta, jolle asetetaan kriittinen arvo, jonka alle vedenpinta ei saa laskea. Vesipumpulta suodattimelle lähtevästä putkesta mitataan veden virtausnopeus, jolle myös asetetaan alaraja. Virtauksen mittaukseen käytetään virtausvahtia, kuten kuvassa 9 olevassa Sisu dieselin dynamometrissä. Alarajana virtaukselle on 6350 litraa tunnissa. Mikäli raja alittuu, dynamometriltä katkaistaan virran syöttö ja moottori sammutetaan. Näin estetään dynamometrin ylikuumentuminen.



Kuva 9 Virtausvahti Sisu-Dieselin dynamometrin jäähdytysputkessa.

Vanhimmissa dynamometreissä on rungosta eristetty, tulo- ja lähtöputkiin asennetut metallitapit, joiden välistä resistanssia valvoo dynamometrin oma sisäinen kytkentä. Tämän tyyppinen anturointi tarkkailee, että jäähdytysvesiputket ja dynamometri ovat täynnä vettä, jolloin se johtaa hieman sähköä tapista toiseen.

Uudemmissa dynamometreissä on virtausvahti, johon voidaan säätää raja-arvo virtausmäärälle. Nämä ovat erillisiä komponentteja, joista vesi menee läpi ja niissä on sisällä koho. Säätäminen tapahtuu kiristämällä kiristysruuvia, joka painaa sisällä olevaa joustaa. Kohossa on magneetti ja virtausvahdin sisällä reed-rele, jota se käyttää. /6/



Kuva 10 Dynamometrin jäähdytysjärjestelmä koostuu kahdesta moduulista, joista toinen voidaan sijoittaa esimerkiksi testauslaboratorion katolle

### **6.3 Jäähdytysjärjestelmän vesipumppu**

Sopiva pumppu jäähdytysjärjestelmään olisi monijaksoinen keskipakopumppu. MAX 120-60 1- tai 3 -vaiheisena.

Kyseistä pumppua myy esimerkiksi Noramaa Oy. /4/.

Pumpun tiedot:

teho: 1,25 kW

tuotto maksimissaan: 120 l/min.

paine maksimissaan: 0.6 MPa

imukorkeus maksimissaan: 7 m

pumpussa on sisäänrakennettu ejektori

nettohinta: 250,00 euroa alv 0 %

LVI-koodi: 4724416



Kuva 7 Monijaksoinen keskipakopumppu MAX 120-60

Vaihtoehto 2

Keskipakopumppu MULTINOX 200-65A-T 3-vaiheisena

Pumpun tiedot:

teho: 2,2 kW

tuotto maksimissaan: 200 l/min.

paine maksimissaan: 0.65 MPa

imukorkeus maksimissaan: 7 m

pumpussa on sisäänrakennettu ejektori

LVI-koodi: 4724408

nettohinta: 350,00 euroa alv 0 %



Kuva 8 Keskipakopumppu MULTINOX 200-65A-T

Hinnat perustuvat tarjouspyyntöön, joka on päivätty 13.4.2007 /5/.

## 7 YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Dynamoprojektin käynnistyksessä oli ongelmia. Aiottu rahoitus ei onnistunut, ja ulkopuolinen yritys ei lähtenyt mukaan. Oma osuuteni projektissa tarjosi kuitenkin mielekkään aiheen tutkintotyöhön. Uutta asiaa tuli opittua reilusti, lähtien aina 3D-ohjelman käytön harjoittelusta. Kuvien mallintaminen itse opiskellen sujui hyvin; tosin aikaa se vei, ja tunteja ei siinä vaiheessa laskettu. Catia-ohjelman peruskurssin olin käynyt kahta vuotta aiemmin Tampereen ammattikorkeakoulussa. Piirustusten tuottaminen malleista tilauksia varten oli tarkkaa työtä. Osien toimittajalla kun ei ole välttämättä tietoa siitä, millaiseen kokonaisuuteen osat tulevat kiinni, joten esimerkiksi levyjen leikkaus tehtiin vain piirustusten mukaan.

Kokoamisvaiheessa sahasin itse RHS-palkit ja myös hitsasin runkokehikon kokoon. Mielestäni myös hitsaaminen onnistui hyvin.

Dynamoprojekti on vielä alkuvaiheessa, mutta jo hyvin vauhdissa. Siinä on potentiaalia kasvaa toimivaksi moottoreiden testausalustaksi, jota kaivataan Tampereen ammattikorkeakouluun.

Dynamometriprojekti on onnistuessaan hyödyllinen ajatellen Tampereen ammattikorkeakoulun opetustiloja ja niiden välineistöä. Itse projektissa mukana oleville kertyy runsaasti lisää oppia niin itse tekniikasta kuin myös projektityön tekemisestä.

## LÄHTEET

### Painetut lähteet

1.Froude Consine EC 38 TA Dynamometer Product Data Sheet No. 867B Liite 3  
Babcock International Company 1985

.

### Sähköiset lähteet

2. Tutkintotyöohje. [sähköinen dokumentti.] Tampereen ammattikorkeakoulun intranet. [viitattu 8.3.2007.] Saatavissa: <https://intra.tpu.fi/sivut/tm/data/index.htm>

3. Suomen jäähdytintehdas oy [www sivu] [viitattu 15.4.2007] saatavissa: <http://www.finnradiator.com/company.php?lan=fin>

4. Noramaa oy [www sivu] viitattu 18.4.2007 saatavissa: <http://www.noramaa.fi/index.phtml?s=67>

### Painamattomat lähteet

5.Toimitusjohtaja Vainio Pekka Noramaa oy, tarjouspyyntö 17.4.2007

6. Kehitysinsinööri Aarne Nyman. Keskustelut kevät 2007, Sisu Diesel Oy, Tampere.

LIITTEET

Liite 1 Piirustus laippa dynamometrin alle

Liite 2 Piirustus kiinnittimen alalevy

Liite 3 Piirustus kiinnittimen alaosan ylälevy

Liite 4 Piirustus kierrereikälaippa

Liite 5 Piirustus kiinnitinlevy 2 (hole 3) ja kiinnitinlevy 2 (hole 4)

Liite 6 Piirustus kiinnitinlevy 1 (hole 3)

Liite 7 Piirustus kiinnitinlevy 1 (hole 4)

Liite 8 Piirustus levy100\*130\*15

Liite 9 Piirustus moottorin kiinnityslevy (hole 3)

Liite 10 Piirustus moottorin kiinnityslevy (hole 4

)

Liite 11 Piirustus laippa moottorin alle

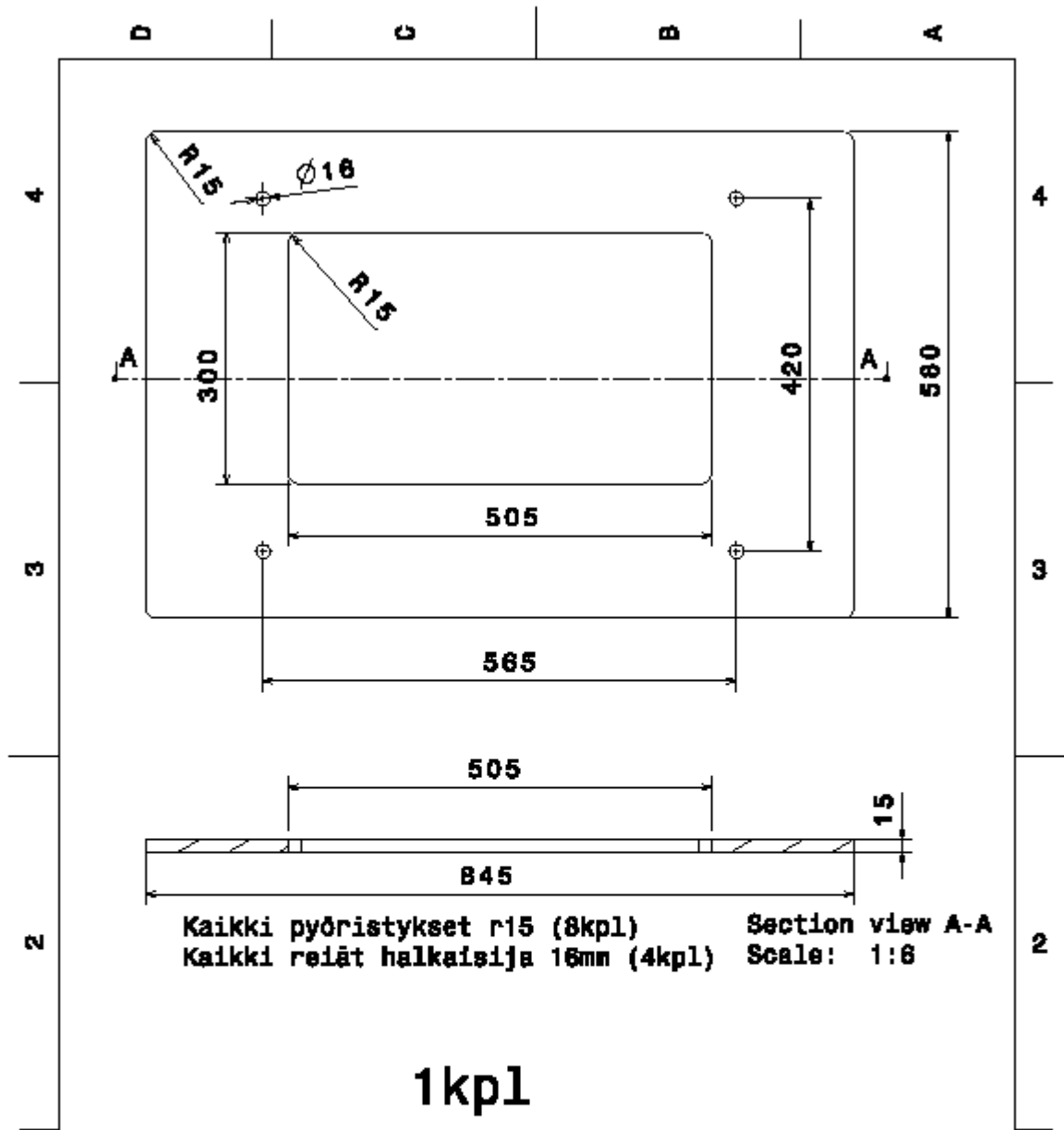
Liite 12 Piirustus värinälevy

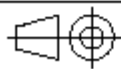
Liite 13 piirustus reikälevy 150x130x15

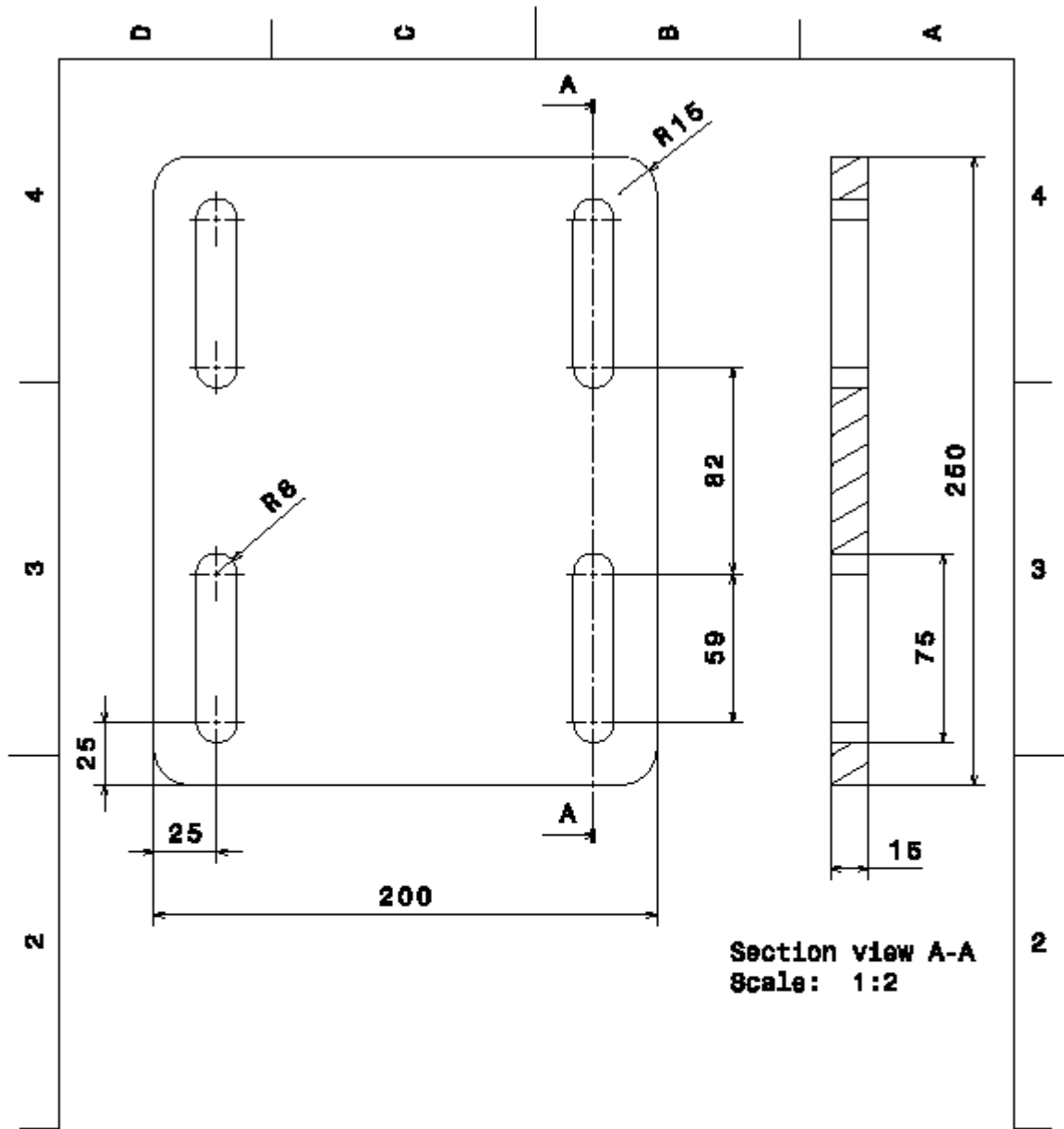
Liite 14 Piirustus RHS-putket

Liite 15. Sisu Diesel 420 DSRE tekniset tiedot

Liite 16 Värinän vaimentimet

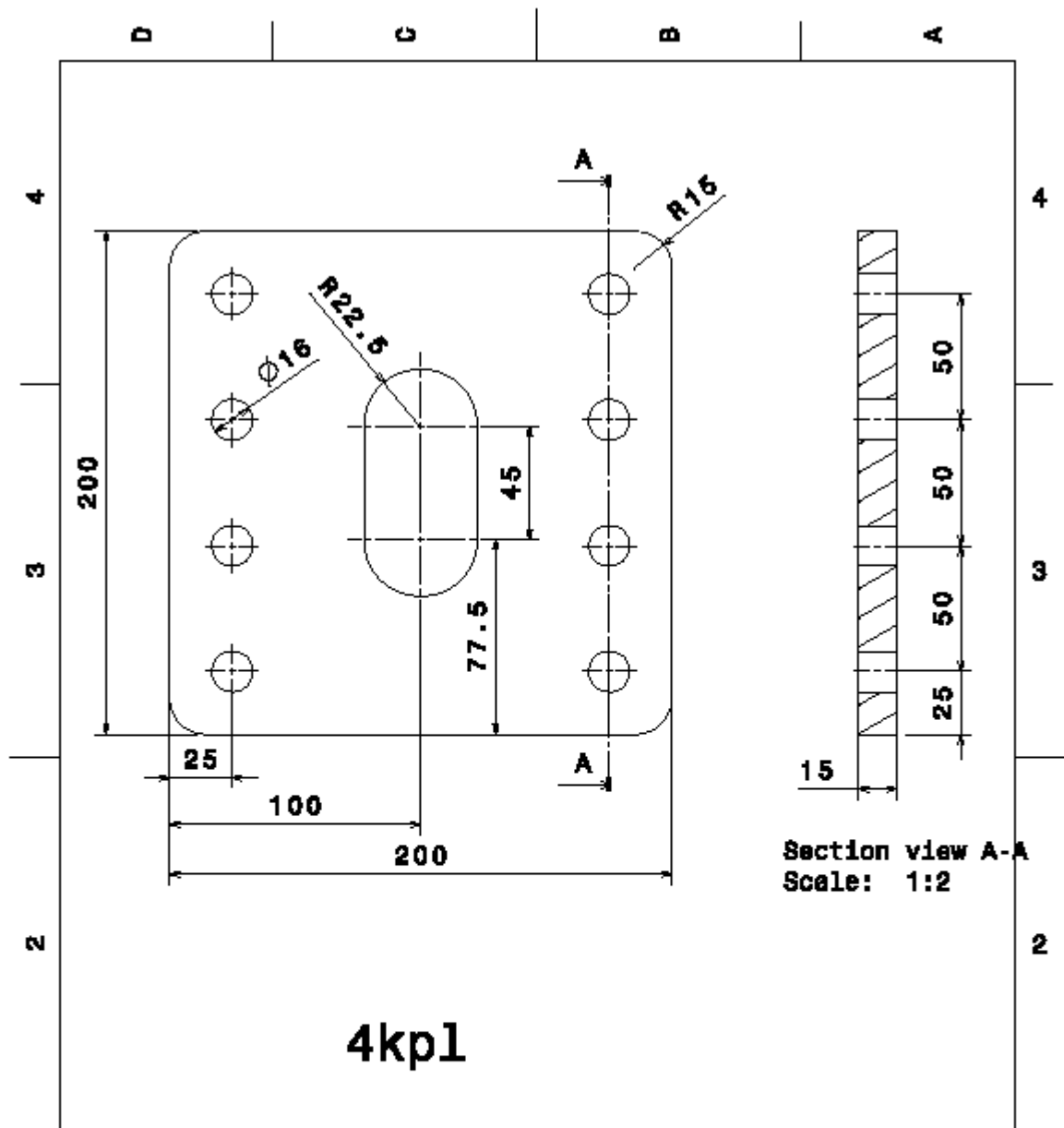


DESIGNER BY: <b>Henri Ekola</b> DATE: <b>3.4.2007</b>	CHECKED BY: <b>XXX</b> DATE: <b>XXX</b>	SIZE: <b>A4</b>		<b>Dynamoprojekti</b>		I	—
						H	—
SCALE: <b>1:6</b> DEGREE (1/6): <b>0,00</b> NUMBER OF SHEETS: <b>dynamon alle laippa</b> SHEET: <b>1/1</b>				E	—		
TITLE: <b>dynamon alle laippa</b>				D	—		
THIS DRAWING IS OUR PROPERTY; IT CAN'T BE REPRODUCED OR COMMERCIALIZED WITHOUT OUR WRITTEN AGREEMENTS.				C	—		
				B	—		
				A	—		



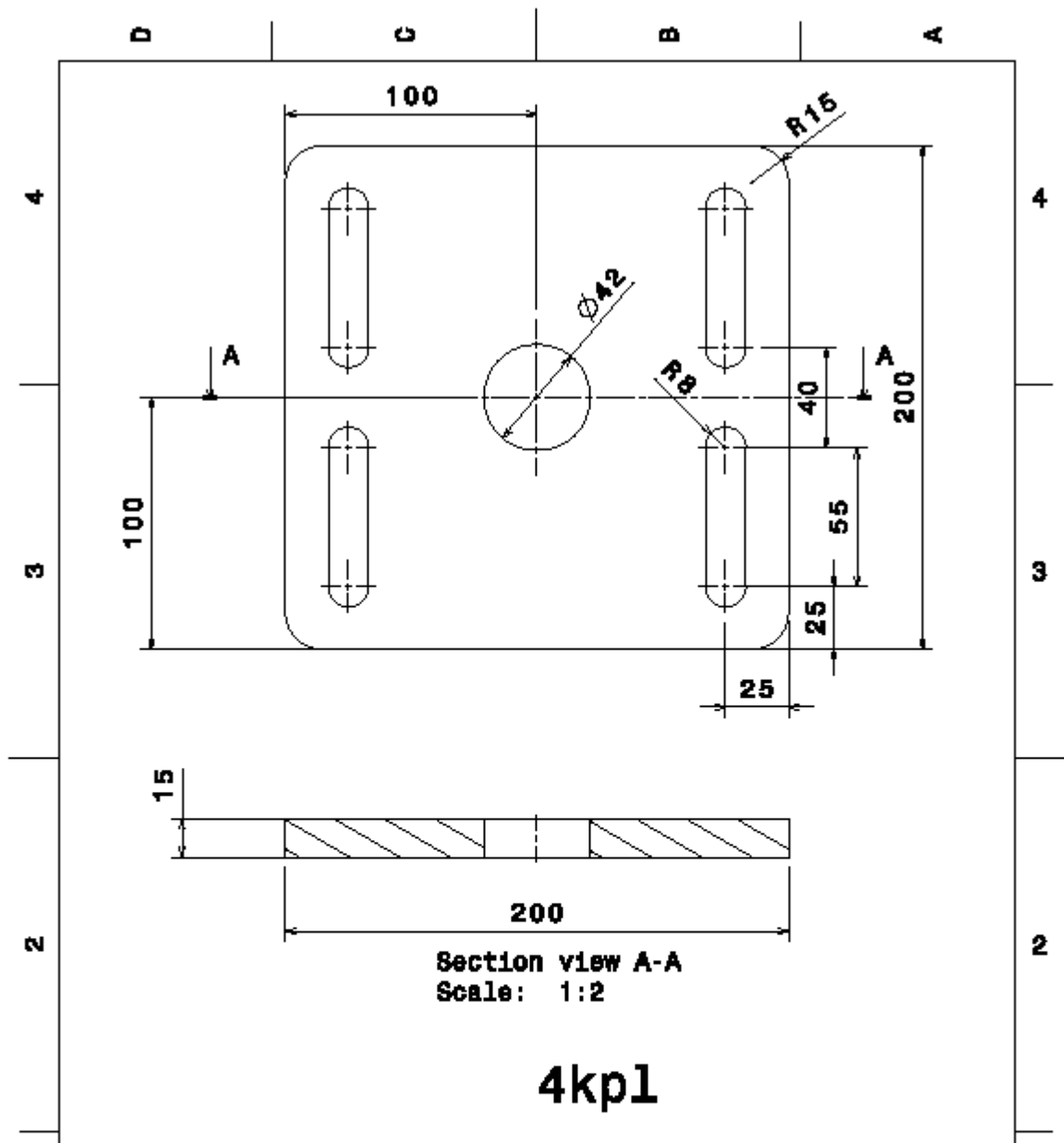
Section view A-A  
Scale: 1:2

This drawing is our property. It can't be reproduced or communicated without our written agreement.		<b>Dynamoprojekti</b>			
		DRAWING TITLE			
1	DRAWN BY <b>Henrie</b>	DATE 6.4.2007			1
	CHECKED BY <b>XXX</b>	DATE <b>XXX</b>	SIZE <b>A4</b>	DRAWING NUMBER <b>jalan-ala-levy</b>	REV <b>X</b>
	DESIGNED BY <b>XXX</b>	DATE <b>XXX</b>	SCALE <b>1:2</b>	WEIGHT (kg) <b>0,00</b>	SHEET <b>1/1</b>
	D				A

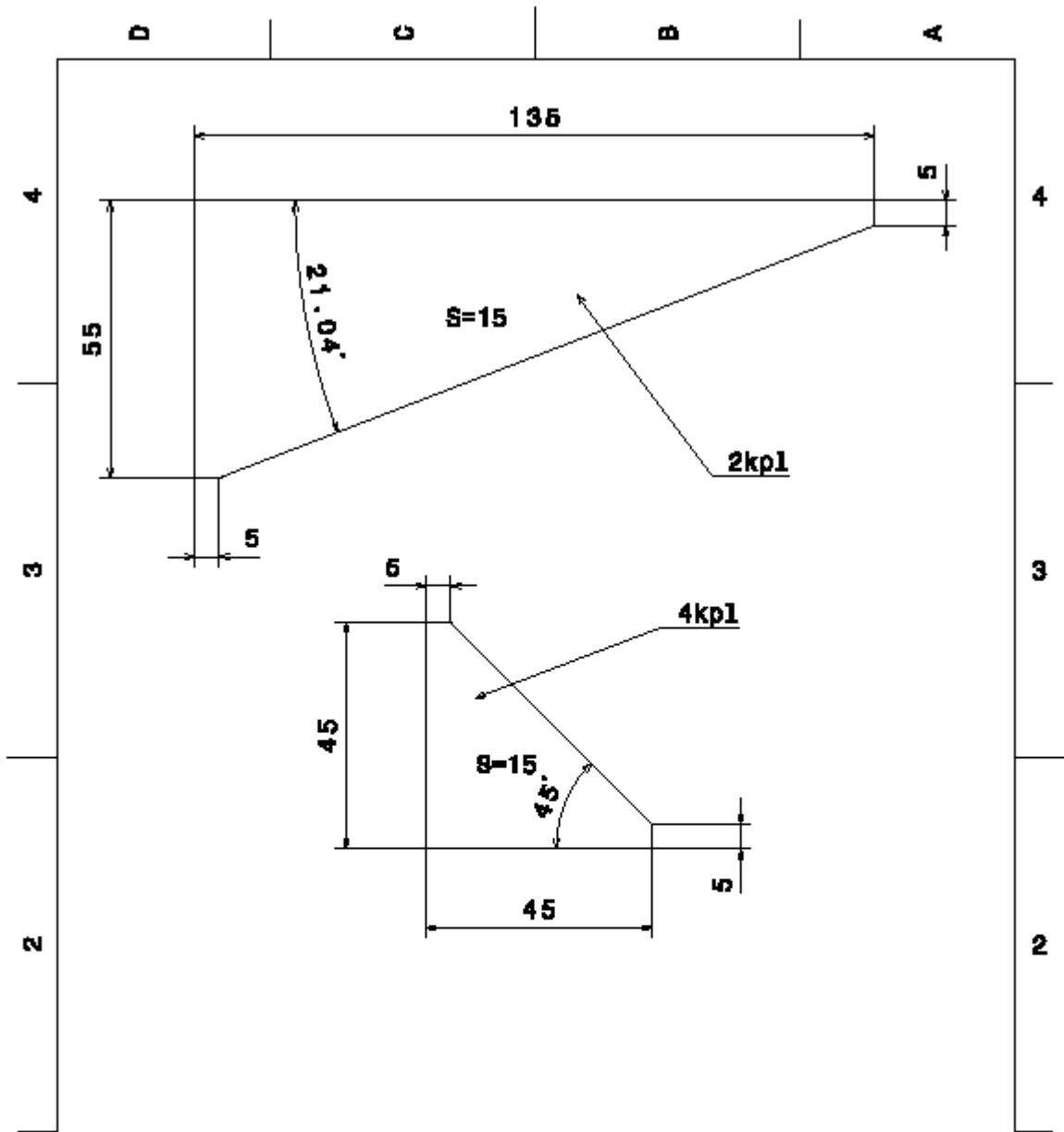


Section view A-A  
Scale: 1:2

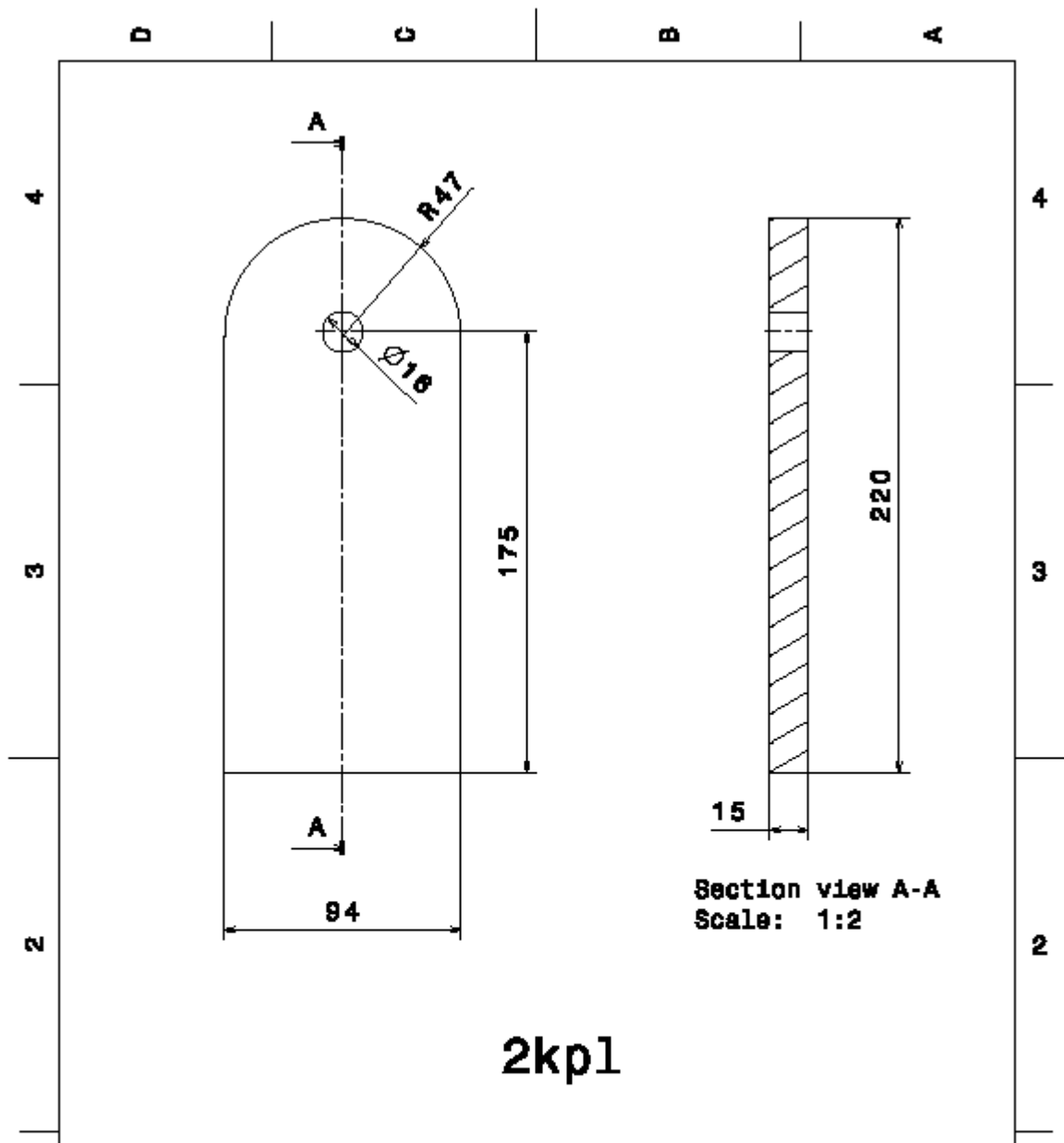
This drawing is our property. It can't be reproduced or communicated without our written agreement.		<b>Dynamoprojekti</b>			
		DRAWING TITLE			
<b>DRAWN BY</b> Henrie	<b>DATE</b> 6.4.2007				
<b>CHECKED BY</b> XXX	<b>DATE</b> XXX	<b>SIZE</b> A4	<b>DRAWING NUMBER</b> Jalan-ala-ylalevy	<b>REV</b> X	
<b>DESIGNED BY</b> XXX	<b>DATE</b> XXX	<b>SCALE</b> 1:2	<b>WEIGHT (kg)</b> 0,00	<b>SHEET</b> 1/1	



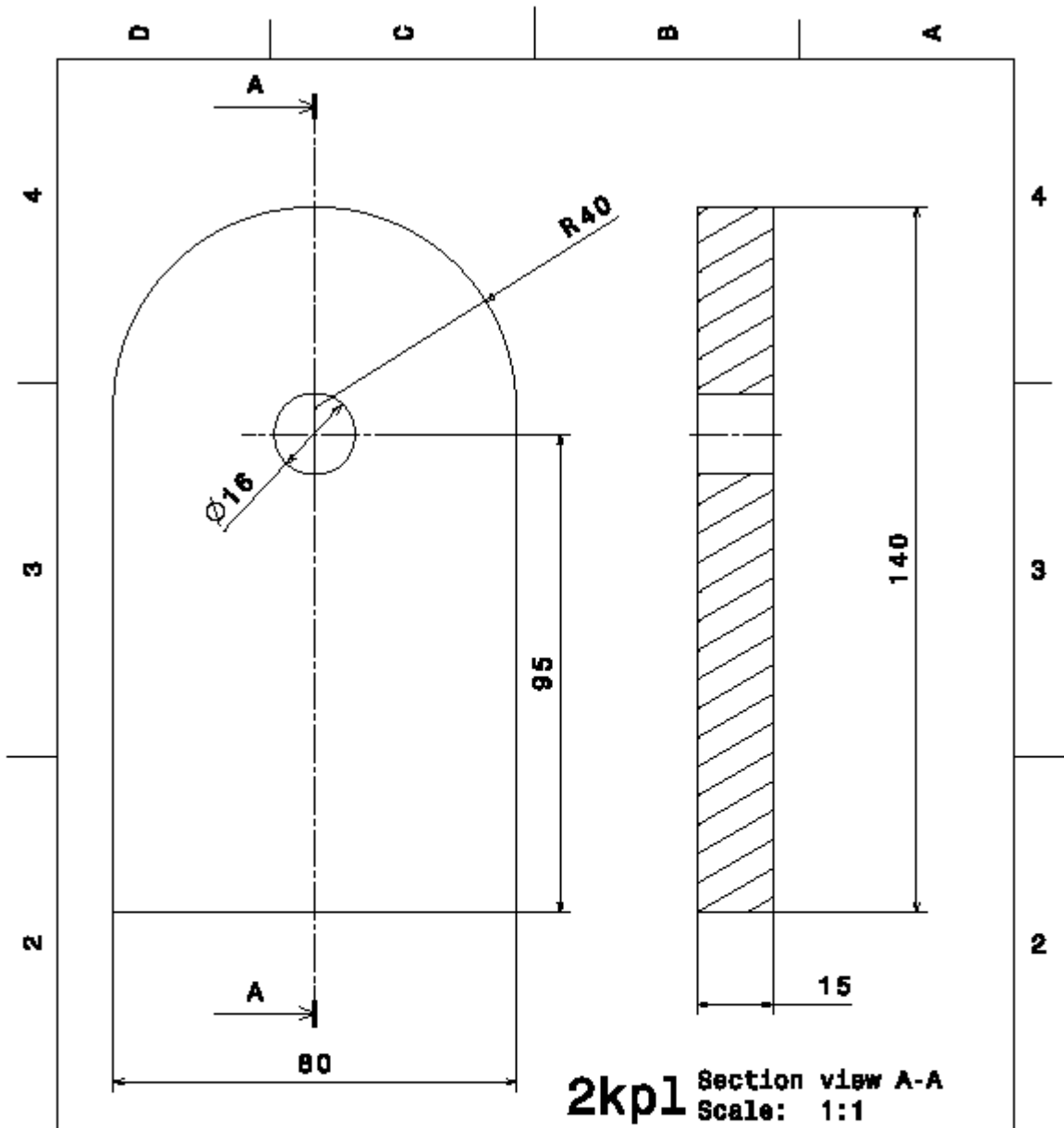
This drawing is our property. It can't be reproduced or communicated without our written agreement.		<b>Dynamoprojekti</b>			
		DRAWING TITLE			
DRAWN BY	DATE				
<b>Henri</b>	6.4.2007				
CHECKED BY	DATE	SIZE	DRAWING NUMBER	REV	
<b>XXX</b>	XXX	A4	<b>kierrosreikälaippa</b>	<b>X</b>	
DESIGNED BY	DATE	SCALE	1:1	WEIGHT(kg)	0,00
<b>XXX</b>	XXX	SHEET	1/1		



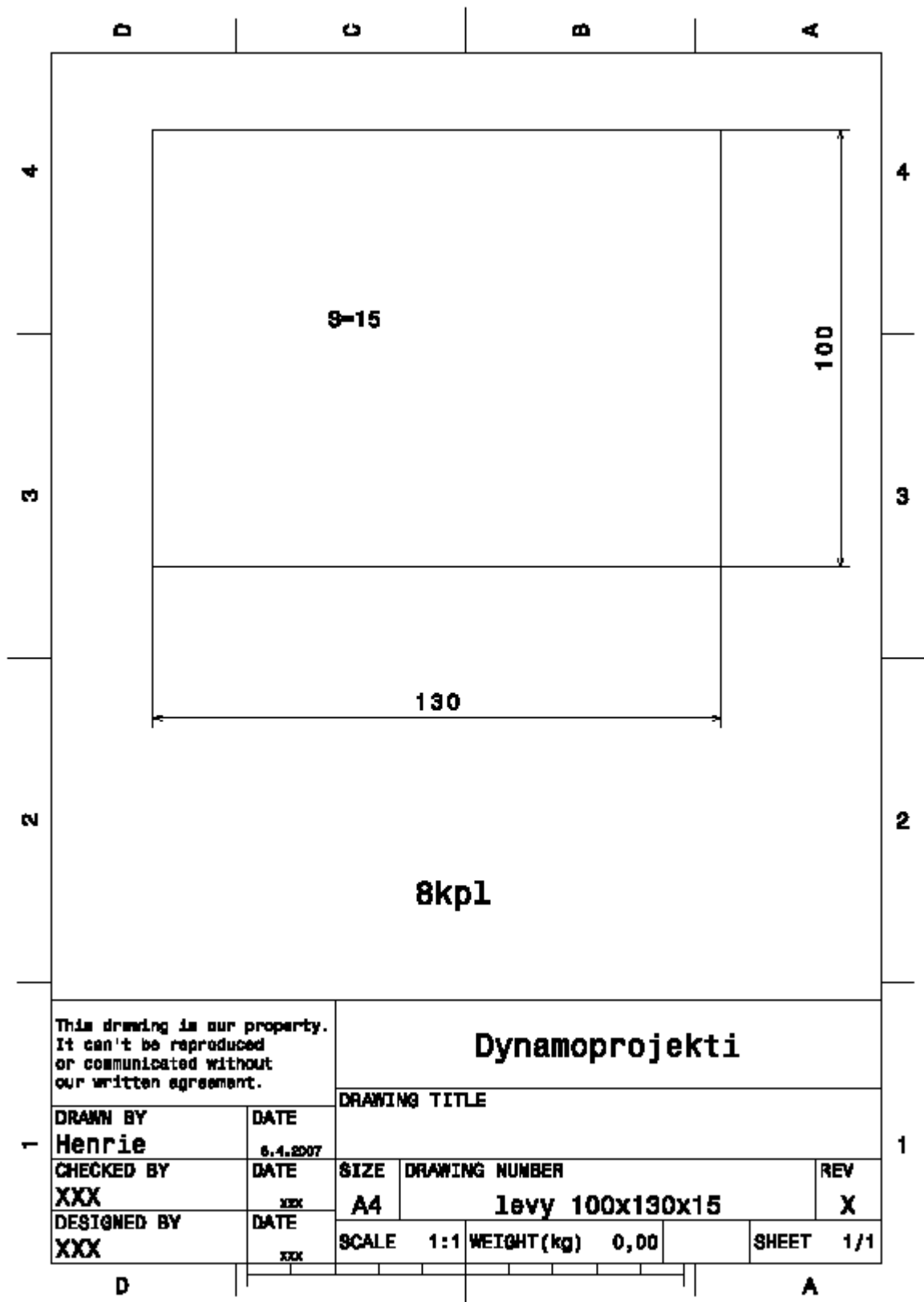
This drawing is our property. It can't be reproduced or communicated without our written agreement.		<b>Dynamoprojekti</b>			
		DRAWING TITLE			
1	DRAWN BY <b>Henrie</b>	DATE 6.4.2007			1
	CHECKED BY <b>XXX</b>	DATE <b>XXX</b>	SIZE <b>A4</b>	DRAWING NUMBER kiinnitinlevy2 (hole3) ja kiinnitinlevy2 (4hole)	REV <b>X</b>
	DESIGNED BY <b>XXX</b>	DATE <b>XXX</b>	SCALE 1:1	WEIGHT (kg) 0,00	SHEET 1/1
	D				A

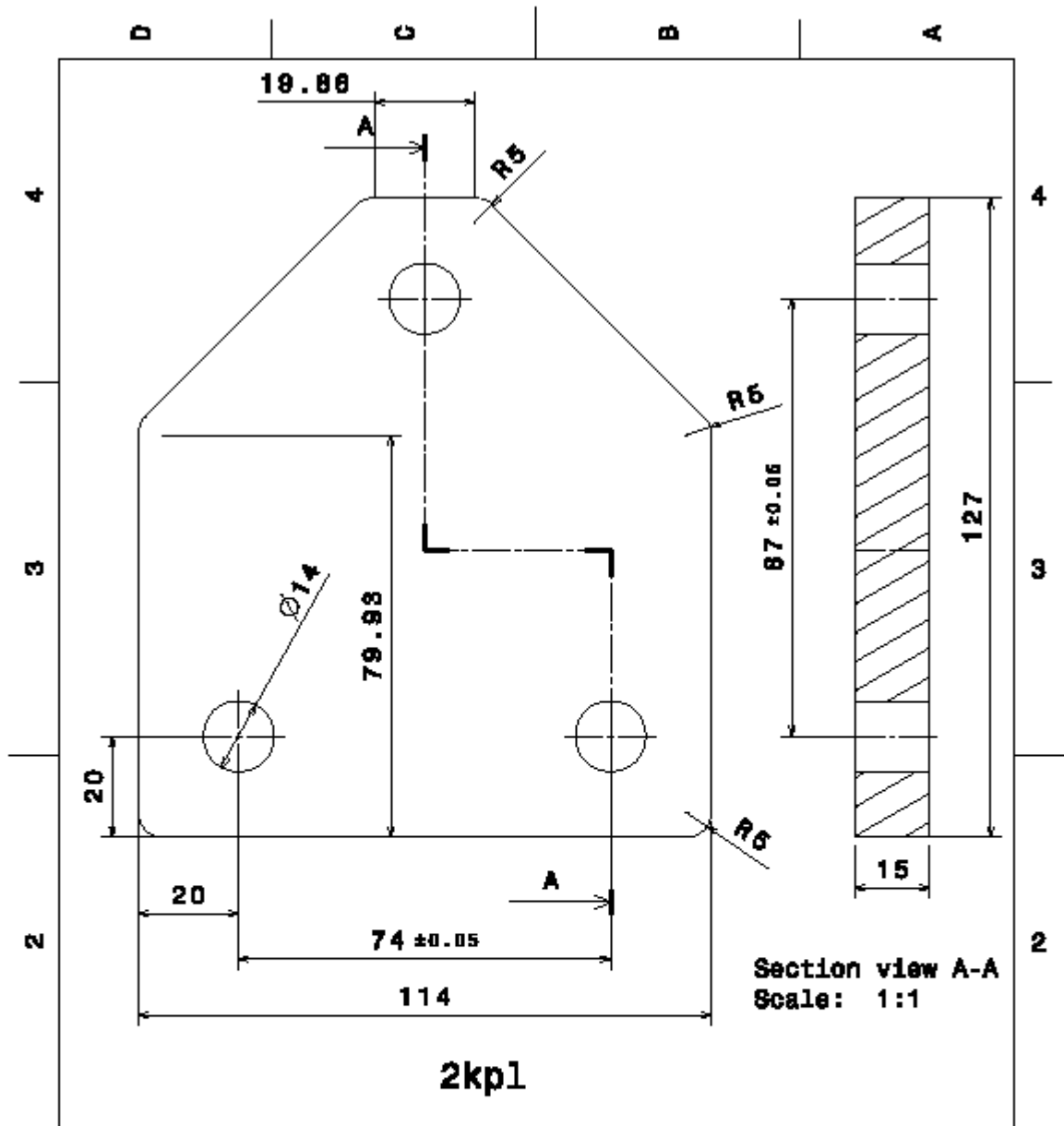


This drawing is our property. It can't be reproduced or communicated without our written agreement.		<b>Dynamoprojekti</b>			
		DRAWING TITLE			
1	<b>DRAWN BY</b> Henrie	<b>DATE</b> 6.4.2007			
	<b>CHECKED BY</b> XXX	<b>DATE</b> XXX	<b>SIZE</b> A4	<b>DRAWING NUMBER</b> kiinnitinlevy1 (hole 3)	<b>REV</b> X
	<b>DESIGNED BY</b> XXX	<b>DATE</b> XXX	<b>SCALE</b> 1:1	<b>WEIGHT(kg)</b> 0,00	<b>SHEET</b> 1/1

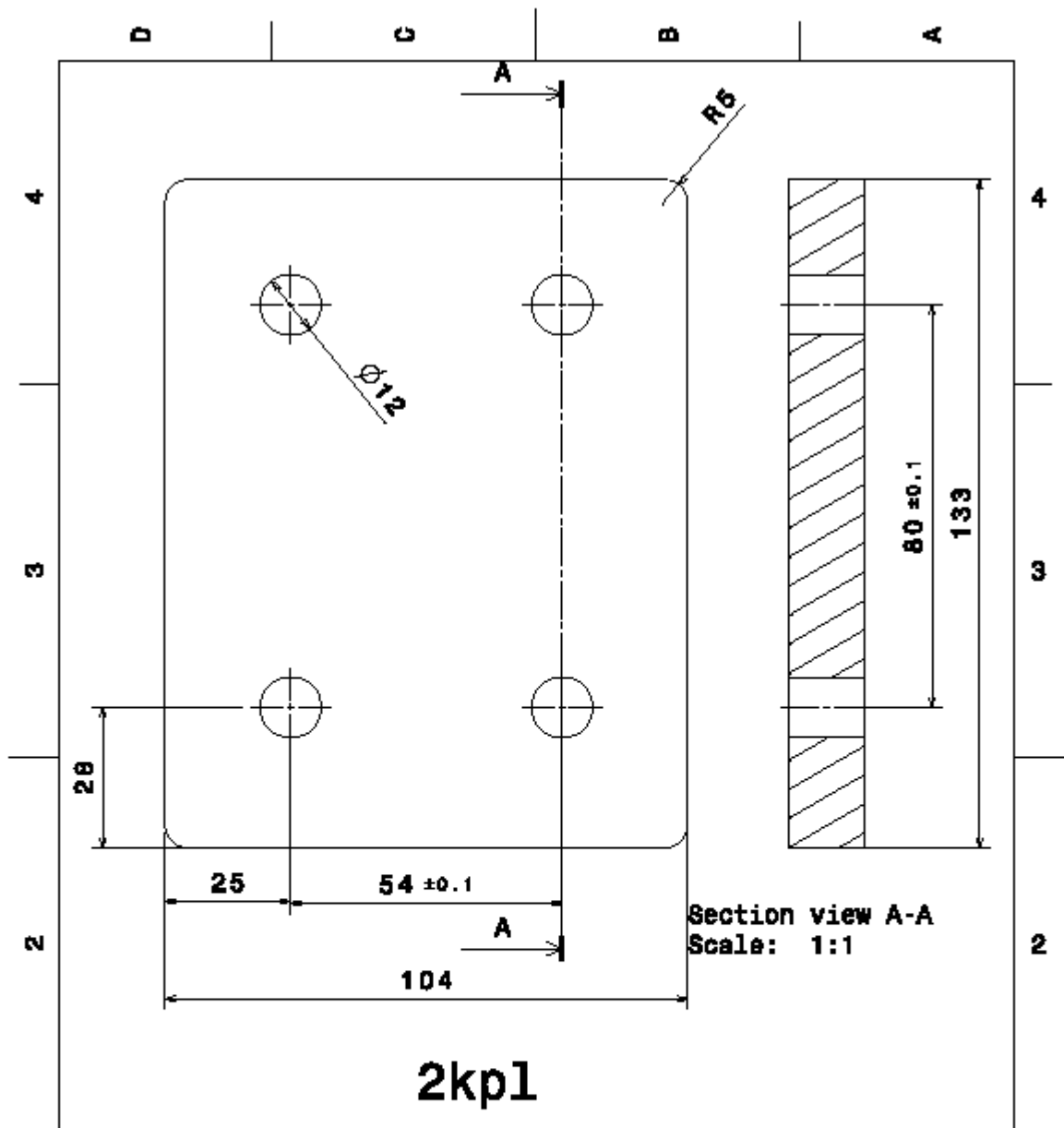


This drawing is our property. It can't be reproduced or communicated without our written agreement.		Dynamoprojekti			
		DRAWING TITLE			
DRAWN BY <b>Henrie</b>	DATE 6.4.2007				1
CHECKED BY <b>XXX</b>	DATE <b>XXX</b>	SIZE <b>A4</b>	DRAWING NUMBER <b>kiinnitinlevy1 (hole4)</b>	REV <b>X</b>	
DESIGNED BY <b>XXX</b>	DATE <b>XXX</b>	SCALE <b>1:1</b>	WEIGHT(kg) <b>0,00</b>	SHEET <b>1/1</b>	

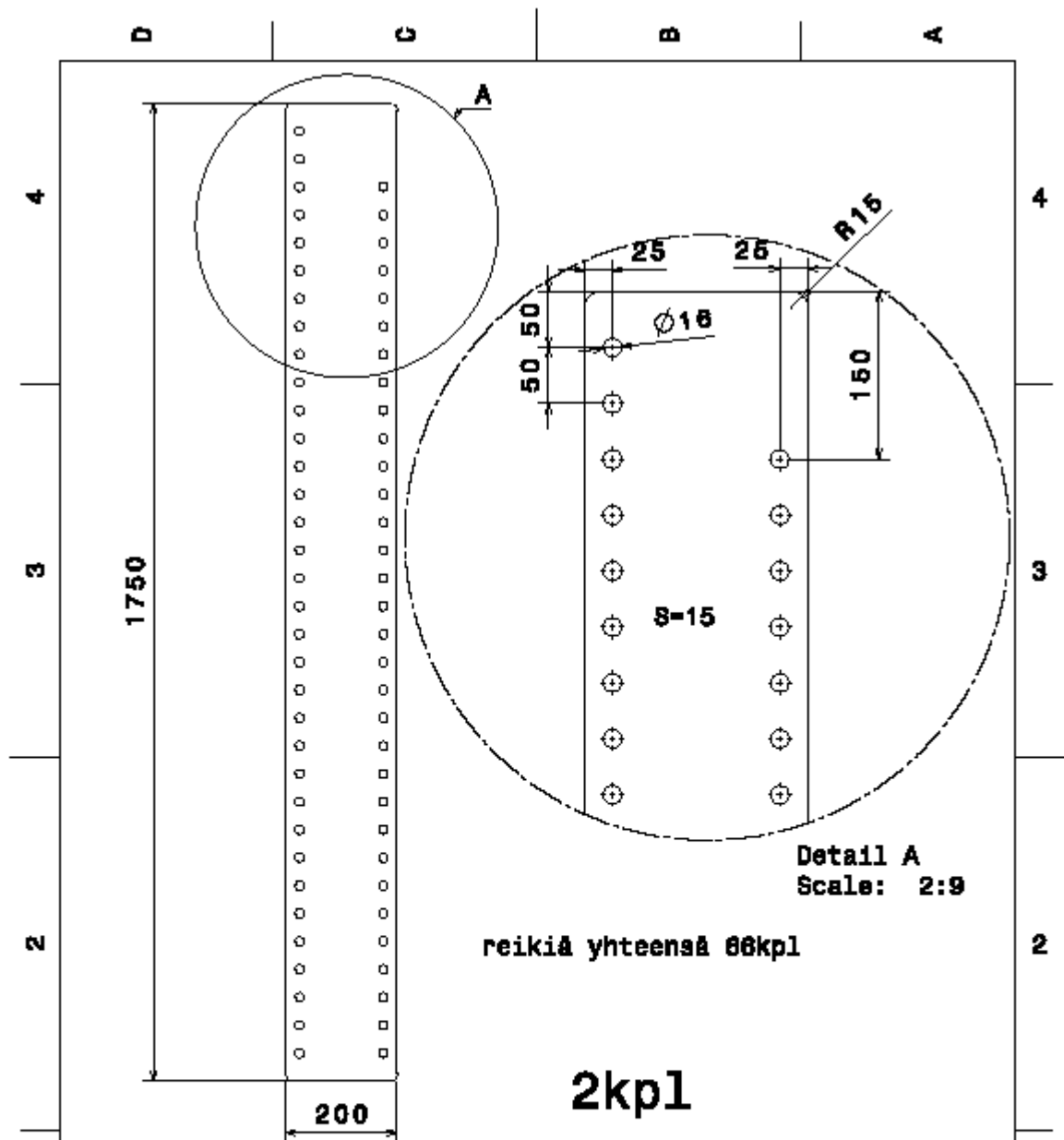




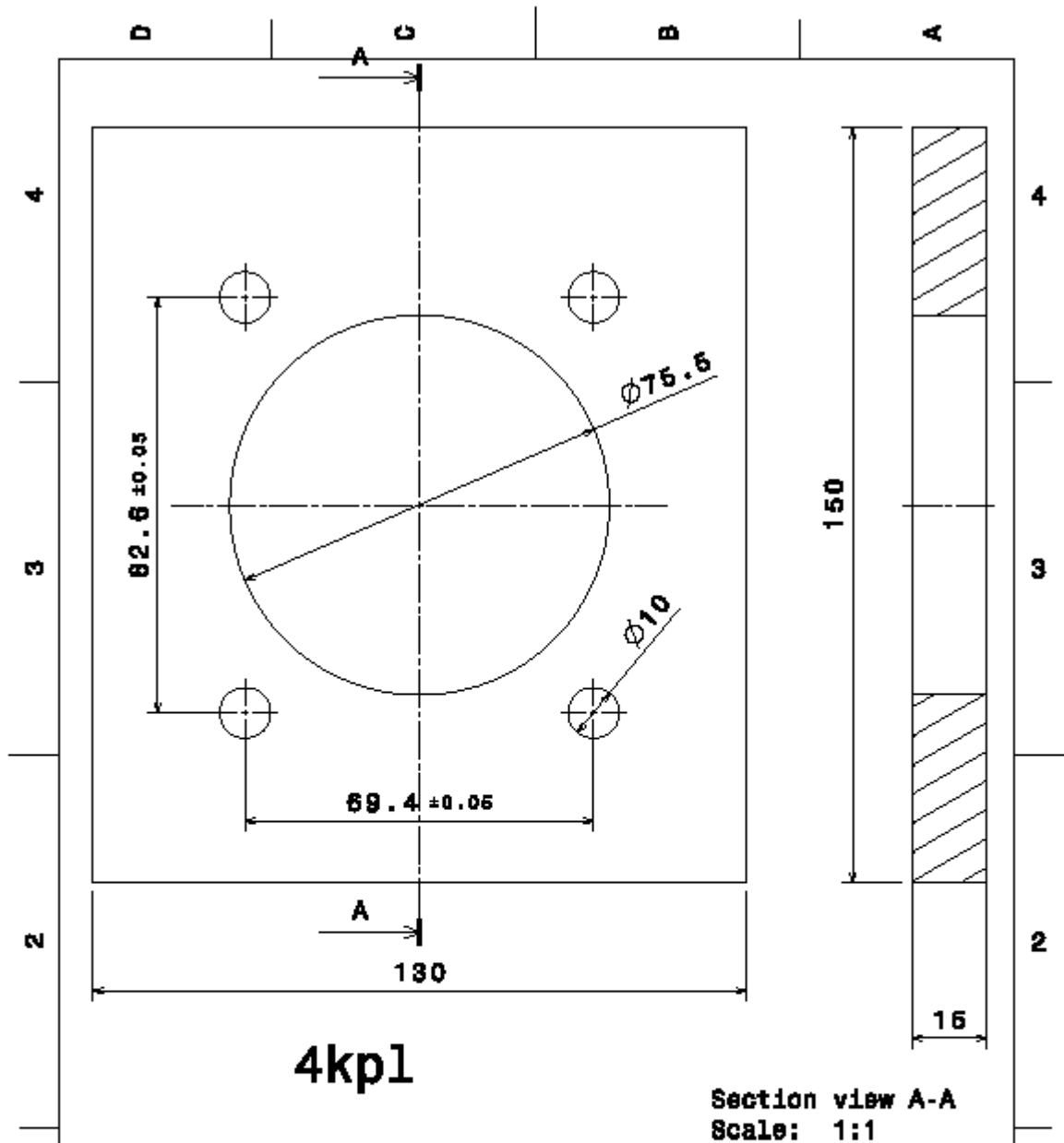
This drawing is our property. It can't be reproduced or communicated without our written agreement.		<b>Dynamoprojekti</b>			
		DRAWING TITLE			
<b>DRAWN BY</b> Henri	<b>DATE</b> 6.4.2007				
<b>CHECKED BY</b> XXX	<b>DATE</b> XXX	<b>SIZE</b> A4	<b>DRAWING NUMBER</b> moottoriin kiinnilevy 3hole	<b>REV</b> X	
<b>DESIGNED BY</b> XXX	<b>DATE</b> XXX	<b>SCALE</b> 1:1	<b>WEIGHT(kg)</b> 0,00	<b>SHEET</b> 1/1	



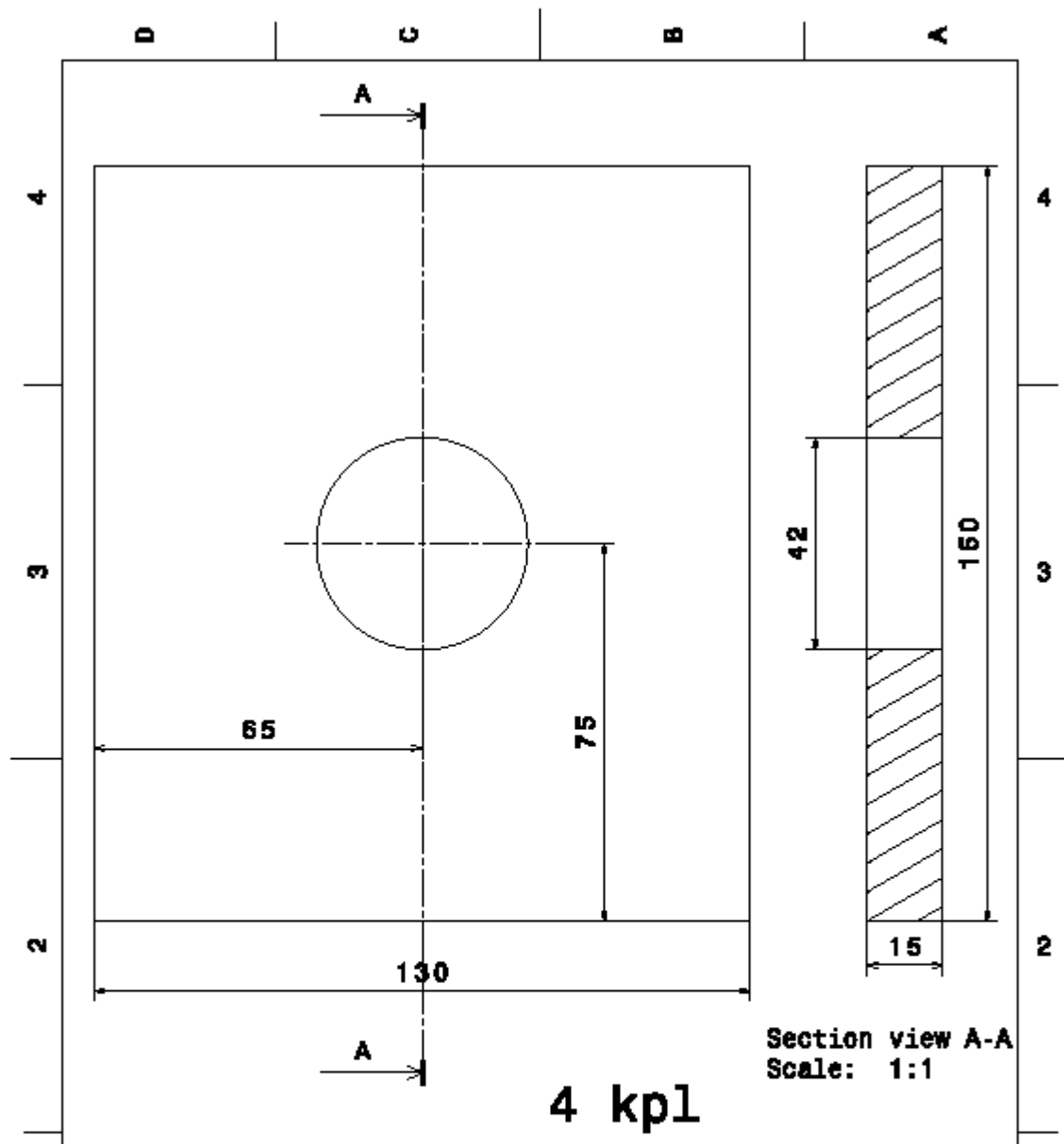
This drawing is our property. It can't be reproduced or communicated without our written agreement.		<b>Dynamoprojekti</b>		
		DRAWING TITLE		
1	<b>DRAWN BY</b> Henri	<b>DATE</b> 8.4.2007		
	<b>CHECKED BY</b> XXX	<b>DATE</b> XXX	<b>SIZE</b> A4	<b>DRAWING NUMBER</b> mottoriin kiinnilevy 4 hole
	<b>DESIGNED BY</b> XXX	<b>DATE</b> XXX	<b>SCALE</b> 1:1	<b>WEIGHT(kg)</b> 0,00
			<b>SHEET</b> 1/1	<b>REV</b> X



This drawing is our property. It can't be reproduced or communicated without our written agreement.		<b>Dynamoprojekti</b>			
		DRAWING TITLE			
1	<b>DRAWN BY</b> Henrie	<b>DATE</b> 6.4.2007			1
	<b>CHECKED BY</b> XXX	<b>DATE</b> XXX	<b>SIZE</b> A4	<b>DRAWING NUMBER</b> moottorinalle laippa	<b>REV</b> X
	<b>DESIGNED BY</b> XXX	<b>DATE</b> XXX	<b>SCALE</b> 1:1	<b>WEIGHT(kg)</b> 0,00	<b>SHEET</b> 1/1



This drawing is our property. It can't be reproduced or communicated without our written agreement.		<h2>Dynamoprojekti</h2>			
		DRAWING TITLE			
DRAWN BY <b>Henrie</b>	DATE 6.4.2007				1
CHECKED BY XXX	DATE XXX	SIZE A4	DRAWING NUMBER varinalevy	REV X	
DESIGNED BY XXX	DATE XXX	SCALE 1:1	WEIGHT(kg) 0,00	SHEET 1/1	



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

**Dynamoprojekti**

DRAWING TITLE

DRAWN BY  
**Henri**

DATE  
17.6.2007

CHECKED BY  
**XXX**

DATE  
XXX

SIZE  
**A4**

DRAWING NUMBER  
**holelevy 150x130x15**

REV  
**X**

DESIGNED BY  
**XXX**

DATE  
XXX

SCALE 1:1 WEIGHT(kg) 0,00

SHEET 1/1

D

A



**SisuDiesel**

Specifications, Industrial Engines

8-2-1

Section 8

Modification date: 30/4/2002

**SISUDIESEL 420 DSRE  
FOR INDUSTRIAL APPLICATION  
SPECIFICATION NO. 8326 60809**

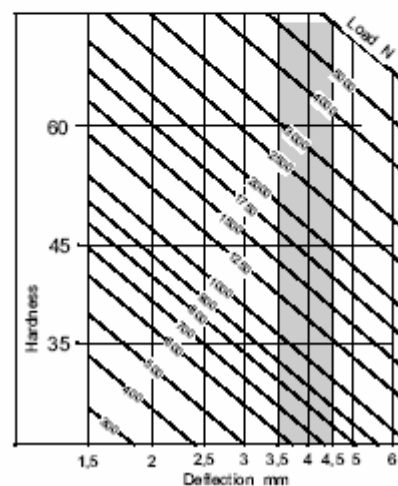
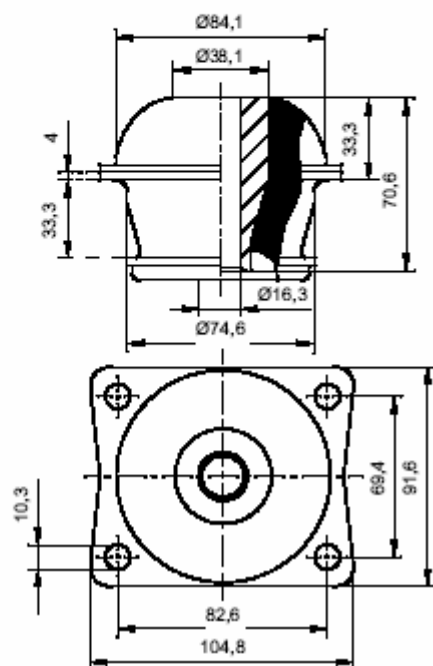
**TECHNICAL DATA**

Type	Four stroke direct injection diesel engine, liquid cooled, wet type cylinder liners
Aspiration	Turbocharged
Number of cylinders	4
Bore	108 mm
Stroke	120 mm
Displacement	4,4 litres
Compression ratio	16,5 : 1
Rotation, seen from flywheel end	Counterclockwise
Weight, dry (approx.)	360 kg
Power output (w/o fan)	85 kW / 2200 rpm
Max. torque	430 Nm / 1400 rpm

**SPECIFICATION**

Description		Part no.	Data sheet
Flywheel housing	SAE 3	8366 47440	2-2-1
Flywheel	SAE 11,5"	8361 24197	2-2-1
Exhaust manifold	dry	8367 64318	3-9-1
Intake manifold		8367 47044	3-7-1
Fuel filter		8366 59282	
Fuel prefilter		8366 59283	4-2-1
Oil sump		8361 20641	4-4-1
Oil filter		8366 47133	
Starter	12 V / 3 kW	8366 62073	6-1-1
Alternator	12 V / 65 A	8366 66723	6-1-1
Crankshaft pulley		8366 55534	7-10-2
Operator's Manual			7-24-1
<b>Additional equipment</b>			
Flange to exh. outlet		8366 47850	3-18-1
Fan	Ø508 mm puller, ratio 1:1,1	8367 59662	5-17-1
Radiator		8367 66498	5-27-1
Engine brackets	front	8366 47839	7-1-1
Engine brackets	rear	8361 14317	7-1-1



**ANTIVIBRATION MOUNTINGS**

Hardness/ shore	Part no.
35	8360 83172
45	8360 83173
60	8360 86078

The optimum result in vibration damping is reached at deflection between 3,5 and 4,5 mm. Select the right type from the chart so that the intersection of load line and mounting line (horizontal heavy block) is as close as possible to the optimum deflection area.

Note that the RH end of each mounting line indicates the maximum static load capacity of the mounting on the diagonal load scale and the maximum permitted static deflection on the vertical line.

**NOTE!** The engine movement during start and stop must be checked and related auxiliary components (fan shrouds and exhaust fittings e.g.) must be designed accordingly.