



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Kari-Jussi Mikael Haanpää

JÄNNITTEENMITTAUSVAUNUN KE- HITTÄMINEN KESKIJÄNNITEKOJEIS- TOON

Tekniikka
2016

ALKUSANAT

Tämä työ on tehty Vaasan ammattikorkeakoulun kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelmassa. Työn toimeksiantajana toimi VEO Oy sähköasemayksikkö. Työn ohjaajina toimi insinööri Marko Rantasalo ja VEO Oy:n kehityspäällikkö Ari Pätö. Haluan kiittää Marko Rantasaloa ja Ari Pätöä sekä tekniikan lisensiaatti Ahti Kuitusta saamastani tuesta ja opastuksesta työn aikana.

Vaasassa 4.11.2016

Kari-Jussi Haanpää

TIIVISTELMÄ

Tekijä	Kari-Jussi Haanpää
Opinnäytetyön nimi	Jännitteenmittausvaunun kehittäminen
Vuosi	2016
Kieli	suomi
Sivumäärä	42 + 2 liitettä
Ohjaaja	Marko Rantasalo

Opinnäytetyön aiheena oli uuden jännitteenmittausvaunun mekaaninen suunnittelu ja sovittaminen uudistettuun VEKE24-keskijännitekojeistoon. Suunnittelussa pyritään käyttämään mahdollisimman paljon samoja tai samankaltaisia ratkaisuja kuin nykyisessä käytössä olevassa katkaisijavaunussa.

Työ alkoi tutkimalla katkaisijavaunun osia ja vertailemalla niitä vanhan mittausvaunun osiin sekä mallintamalla tarvittavat sähköiset komponentit. Kokoonpanomallien avulla kriittiset komponentit aseteltiin paikoilleen ja näin saatiin kokonaiskuva tarvittavien muutosten ja uusien osien tekemiseen.

Työn lopputuloksena saatiin jännitetestattu jännitteenmittausvaunu. Vanhat osat saatiin korvattua tuotannossa olevan katkaisijavaunun osilla, niitä muokkaamalla sekä uusia osia mallintamalla.

VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES
Kone- ja tuotantotekniikka

ABSTRACT

Author	Kari-Jussi Haanpää
Title	Development of Voltage Measuring Truck
Year	2016
Language	Finnish
Pages	42 + 2 Appendices
Name of Supervisor	Marko Rantasalo

The subject of the thesis was to mechanically design and fit a new voltage measurement truck into the new VEKE24 medium voltage switchgear. The design is based on the currently used breaker truck and the objective was to use as many same or similar solutions as possible.

The thesis began studying the breaker truck parts and comparing them to the old measurement truck, as well as modeling necessary electrical components. Critical parts were replaced by using an assembly model, to get an overall image of necessary changes and a need of creating new parts.

The result of the thesis is a voltage tested voltage measurement truck. It was possible to replace the parts of the old voltage measurement truck with the parts of the currently used breaker truck parts by modifying them or creating new parts.

Keywords	3D-modelling, sheet metal modelling, assembly
----------	---

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

1	JOHDANTO	9
2	VEO OY	10
3	VEKE24 -KESKIJÄNNITEKOJEISTO	12
4	TIETOKONEAVUSTEINEN SUUNNITTELU	14
4.1	3D-mallinnus.....	14
4.2	3D-mallinnus käytännössä	14
4.3	Autodesk Inventor.....	15
4.4	Ohutlevytekniikka.....	16
4.4.1	Perustietoa ohutlevymallinnuksesta	16
4.4.2	Esimerkki ohutlevymallintamisesta	17
4.5	Kokoonpanot.....	29
4.5.1	Perustietoa kokoonpanoista ja niiden luomisesta.....	29
4.5.2	Esimerkki kokoonpanon luonnista	30
4.6	Työpiirustukset	32
4.6.1	Työpiirustukset yleisesti	32
4.6.2	Esimerkki työpiirustuksen luonnista	32
5	TYÖN KUVAUS	35
5.1	Aloitutus.....	35
5.2	Suunnittelu	36
5.3	Testaus	39
6	TULOKSET	41
	LÄHDELUETTELO.....	42
	LIITTEET	

KUVALUETTELO

Kuva 1. VEO:n organisaatio.....	10
Kuva 2. VEKE24-keskijännitekojeisto.	13
Kuva 3. Tekniset tiedot.	13
Kuva 4. Sovellusikkuna.....	15
Kuva 5. Grafiikkaikkuna.	16
Kuva 6. Uuden osamallin valinta.	17
Kuva 7. Uusi Sketch xy-tasolle.	18
Kuva 8. Suorakaiteen piirtäminen.	18
Kuva 9. Profiilin pinta.	19
Kuva 10. Ohutlevyasetusten määrittely.....	20
Kuva 11. Työn tallentaminen.	20
Kuva 12. Taivutusten määrittely.	21
Kuva 13. Toiset taivutukset.....	22
Kuva 14. Project Geometry.	22
Kuva 15. Viiva-piirre ja mitoitus.	23
Kuva 16. Leikkaus.....	23
Kuva 17. Aputaso.	24
Kuva 18. Reikien paikkapisteen mitoitus.....	25
Kuva 19. Kiinnitysreikien teko.....	25
Kuva 20. Tukieristimen kiinnitysreikien teko.	26
Kuva 21. Reikien peilaus.....	26
Kuva 22. Viisteiden teko.	27
Kuva 23. Levitys.	28
Kuva 24. Levitysgeometria.	28
Kuva 25. Levitys mallipuussa.	29
Kuva 26. Kokoonpanon aloitus.	30
Kuva 27. Osien tuonti kokoonpanoon.	31
Kuva 28. Valmis alikokoonpano, näkyvillä myös rajoitemerkintöjä.	32
Kuva 29. Piirustus pohjan valinta.....	33
Kuva 30. Osan tuominen piirustusarkille.	33
Kuva 31. Projektoiden luonti.	34

Kuva 32. Vanha 24 kV-mittausvaunu.	35
Kuva 33. Katkaisijavaunun malli ja suunnitteluun käytettävissä oleva tila, kuvassa valkoisena.	37
Kuva 34. 24 kV-mittausvaunun uudet osat.	39
Kuva 35. Suurjännitelaboratorio.	40
Kuva 36. Testilaitteisto.....	40
Kuva 37. 24 kV ja 12 kV jännitteenmittausvaunut (24 kV vasemmalla).....	41

LIITELUETTELO

LIITE 1. 24 kV jännitteenmittausvaunun testiraportti

LIITE 2. 12 kV jännitteenmittausvaunun testiraportti

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön aiheena oli suunnitella uusi jännitteenmittausvaunu VEKE24 kojeistoon. Jännitemittausvaunuja on kahdelle eri jännitteelle. Tässä työssä keskitytään 24kV jännitemittausvaunuun.

VEKE24-kojeisto, katkaisijavaunut sekä jännitteenmittausvaunut on suunniteltu 90-luvulla. Tarve jännitteenmittausvaunun päivittämiseen syntyi, kun Vaasa Kojelistot luopui omasta katkaisijavalmistuksesta ja siirtyi käyttämään korealaista Hyundai-katkaisijaa.

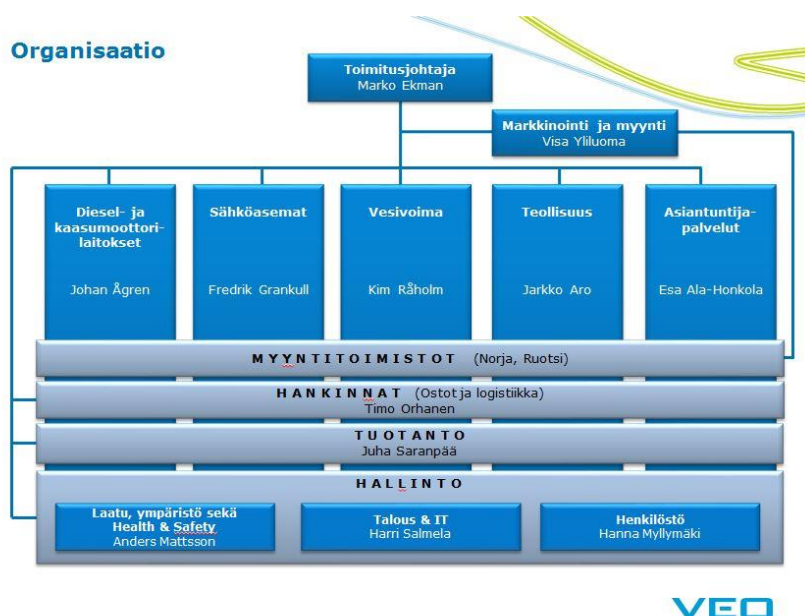
Tässä työssä pyritään hyödyntämään käytössä olevan katkaisijavaunun osia mahdollisimman paljon, joko suoraan tai niitä muokkaamalla. Työ sisältää osien 3D-mallinnusta sekä piirustusten ja kokoonpanokuvien tekoa osaluetteloihin valmiiseen testattuun tuotteeseen asti.

2 VEO OY

Vaasa Engineering perustettiin 6.12.1989. Asennustoiminta kasvoi ja Vaasa Service Oy perustettiin 1991. Seuraavana vuonna aloitettiin kojeistojen valmistus ja Vaasa Kojestot Oy perustettiin. Yhtiössä oli yhteensä 36 työntekijää. Vuonna 2012 Vaasa Service Oy ja Vaasa Kojestot fuusioituivat emoyhtiöön ja yhtiön nimi muuttuu VEO Oy:ksi. Yhtiön pääkonttori ja tuotantotilat sijaitsevat Vaasassa Runsorissa. Toimipaikkoja on myös Seinäjoella, Rovaniemellä ja Paimiossa, sekä konttorit Ruotsissa ja Norjassa. Konsernin liikevaihto oli vuonna 2015 noin 70 Me ja henkilöstöä noin 350. /1/

VEO Oy toimittaa automaatio- ja sähköistysjärjestelmiä ja palveluita energia- ja voimalaitoksille kotimaassa ja vientimarkkinoilla. Toimitukset sisältävät joko koko projektin tai vain projektin osia, joihin sisältyy projektijohtaminen, suunnittelu, käyttöönotot ja koulutus. VEO Oy tarjoaa myös laitosten modernisoinnin, huollon sekä järjestelmäpäivitykset. /1/

VEO Oy on jaettu eri liiketoimintayksiköihin, jotka ovat diesel- ja kaasumootorilaitokset, sähköasemat, vesivoima, teollisuus ja asiantuntijapalvelut. **(Kuva 1.)**



Kuva 1. VEO:n organisaatio.

VEOn osaamisalueita ovat:

- suunnittelu, ohjelmointi ja dokumentointi
- kokonais- ja osaprojektitoimitukset
- projektinhoito
- järjestelmien toteutukset
- asennukset
- koestukset ja käyttöönotot
- käyttäjien koulutus
- konsultointi
- after sales. /2/

VEOn omia tuotteita ovat:

- pienjännitekojeistot
- keskijännitekojeistot
- vakiosähköasemat
- ohjaustaulut ja – pulpetit
- valvomosovellukset
- turbiinisäätäjät
- magnetointilaitteet
- hälytys-, ja suojaus- ja ohjausjärjestelmät
- voimalaitos- ja teollisuusprosessien automaatio-sovellukset
- linjakäyttö ja moottorisovellukset. /2/

3 VEKE24 -KESKIJÄNNITEKOJEISTO

VEKE24 on sähkölaitosten ja teollisuuden sähkönjakeluun kehitetty keskijännitekojeisto (**Kuva 2.**), jossa yhdistyvät kompakti käytettävyys, moderni muotoilu ja turvallinen toimintavarmuus. Kennorakenne, eristeet ja läpiviennit on suunniteltu mahdollistamaan yksilöllisten asiakassovellusten tekninen ja taloudellinen toteuttaminen. Staattisesti jäykän runkorakenteen ansiosta VEKE24 kestää siirtoja ja pitkiäkin kuljetuksia. Jäykkä rakenne ei myöskään aiheuta jännityksiä kiskostoihin eikä kojeliitoksiin. Kokonaisuuden suunnittelussa on panostettu käytön turvallisuuteen. VEKE24-keskijännitekojeisto on IEC- ja EN- standardien mukaan tyyppitestattu ja valokaarikoestettu. /1/

VEKE24 keskijännitekojeiston käyttöalueita ovat:

- sähkölaitosten syöttöasemat
- teollisuuden sähkönjakelu
- voimalaitokset
- kuluttajan muuntamokojeistot.

Tekniset tiedot (**Kuva 3.**)

Jännitemittausvaunun tehtävät ovat:

- kiskojännitteen mittaaminen
- maasulkusuojaus
- sähköenergian mittaus.



Kuva 2. VEKE24-keskijännitekojeisto.

VEKE 24 KESKIJÄNNITEKOJEISTO

Tekniset tiedot

Nimellisjännite	12 kV	17,5 kV	24 kV
Nimellistaajuus	50/60 Hz		
Eristystaso vaihtojännitteellä	28 kV	38 kV	50 kV
Eristystaso syöksyjännitteellä	75 kV	95 kV	125 kV
Nimellisvirta	630...3150A	630...3150A	630...2000A
Oikosulkukestoisuus			
Tehollisarvo I _k /t _k 3s	40 kA		25 kA
Huippuarvo I _p	100 kA		63 kA
Kotelointiluokka			
Ulkoinen	IP3XD		
Osastointien välinen	IP2X		

Kuva 3. Tekniset tiedot.

4 TIETOKONEAVUSTEINEN SUUNNITTELU

4.1 3D-mallinnus

Yritykset ovat viime vuosina siirtyneet tuotesuunnittelussa kolmiulotteiseen piirtämiseen, eli 3D-mallintamiseen. 3D-mallintaminen on tehokas ja nopea tapa tehdä uusia osia ja kokoonpanoja. Etuja 2D-suunnitteluun on selkeä ja pyöriteltävä malli, osien yhteensopivuus helposti tarkistettavissa, osien lisääminen kokoonpanoon ja kokoonpanon toimivuuden testaaminen. 3D-mallien avulla törmäyksen toisiin osiin saadaan selville sekä virheet voidaan jäljittää kolmiulotteisten mallien avulla. Osaan tehtävä muutos myös päivittyy kaikkiin kokoonpanoihin. Mallia voidaan käyttää tehokkaasti myös lujuustarkastelumallin luomiseen ja lujuusanalyysien pohjatietona. /3/

3D-mallinnus tarkoittaa osien suunnittelua kolmiulotteisesti. Suunnittelussa käytetään kolmiulotteista koordinaatistoa, joka koostuu x -, y -, ja z -akselista. Käytännössä suunnittelija näkee osat sellaisina kuin ne ovat valmiina kappaleina. Suunnittelija antaa osille mekaaniset ominaisuudet, jotka osalla on valmiina tuotteena.

4.2 3D-mallinnus käytännössä

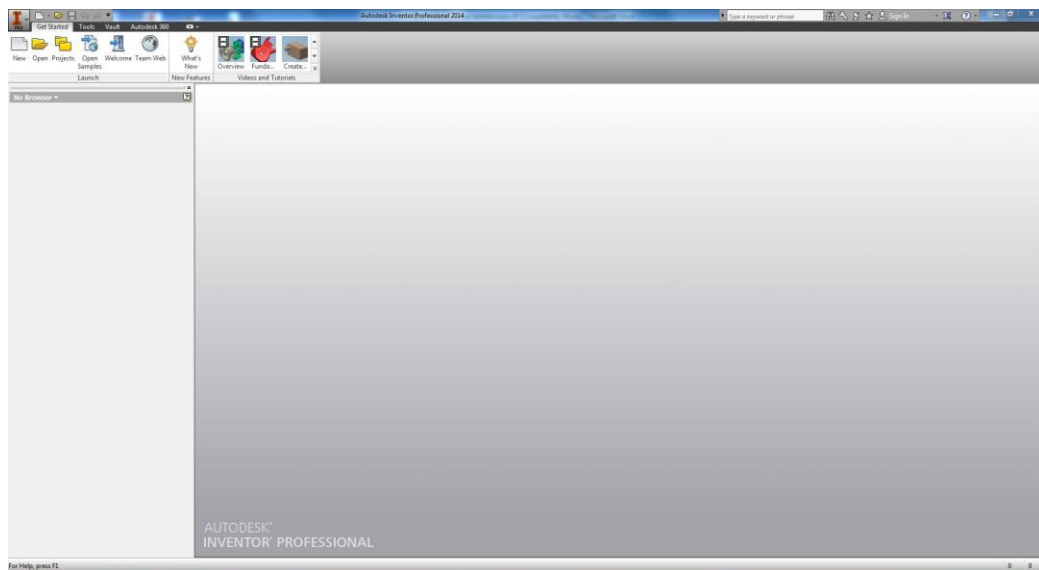
3D-mallintamiseen kuuluu eri vaiheita sekä kolme eri mallityyppiä, osa, kokoonpano ja piirustus. Ensimmäinen vaihe on saada lähtötiedot suunnittelijalle, jonka perusteella hän aloittaa suunnittelun. Lähtötietoina voi olla oma idea, 2D-piirustus tai asiakkaan toimeksianto. Seuraava vaihe on tarvittavien parametrien asettaminen 3D-mallinusjärjestelmään. Viimeisenä vaiheena on itse mallintaminen, jossa osasta tehdään valmis malli. Mallia kutsutaan osamalliksi ja useammasta osamallista muodostuu kokoonpano. Osamallista tai kokoonpanosta tehdään tarvittavat 2D-piirustukset osaluetteloiheen ja tuotetietoiheen, jotka toimitetaan valmistajalle.

Mallintamisen aikana täytyy huomioida, että malliin tulee usein muutoksia ja korjauksia työn edetessä, tällä varmistutaan tuotteen laadusta ja siitä, että mallista tulee halutunlainen.

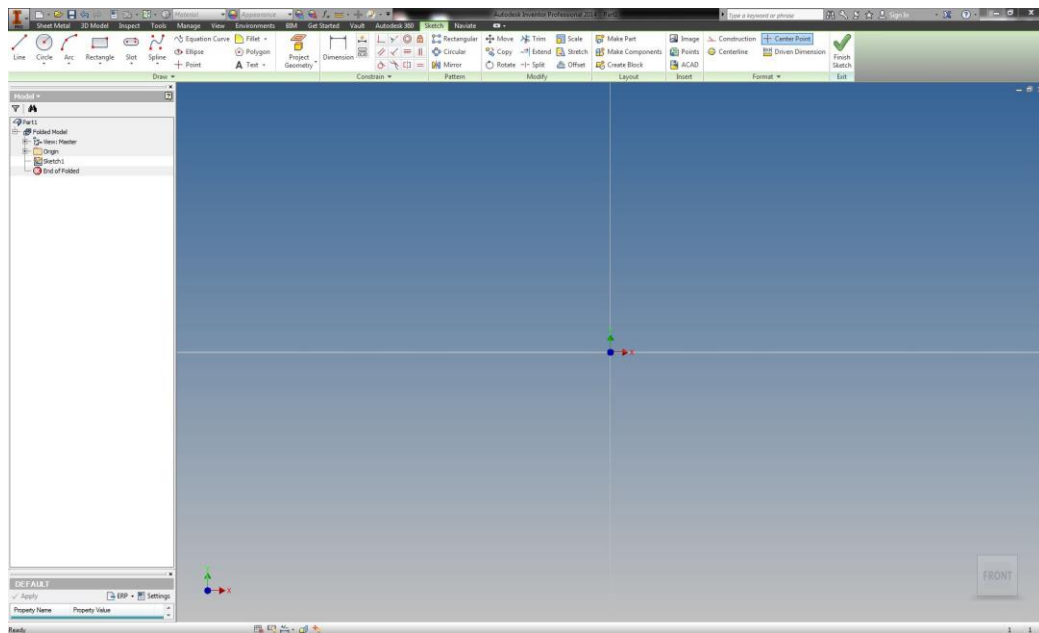
4.3 Autodesk Inventor

Inventor on Autodeskin suunnittelema 3D-mallinusohjelma. Inventorilla voidaan tehdä malleja (.ipt), osamalleja (.ipt), kokoonpanoja (.iam), hitsauskokoonpanoja (.iam), kokoonpanojen räjäytyskuvia (.ipn) ja mallien piirustuksia (.idw). Suluissa olevat lyhenteet ovat Inventorin käyttämiä standarditiedostotyyppejä./4/

Inventorissa sovellusikkuna (**Kuva 4.**) ja grafiikkaikkuna (**Kuva 5.**) muodostavat käyttöliittymän pääosat. Sovellusikkuna avautuu aina kun ohjelma käynnistetään. Sovellusikkunan sisälle aukeaa grafiikkaikkuna ja siihen ladataan muokattava tiedosto. Grafiikkaikkunoita voi olla samanaikaisesti auki useita.



Kuva 4. Sovellusikkuna.



Kuva 5. Grafiikkaikkuna.

4.4 Ohutlevytekniikka

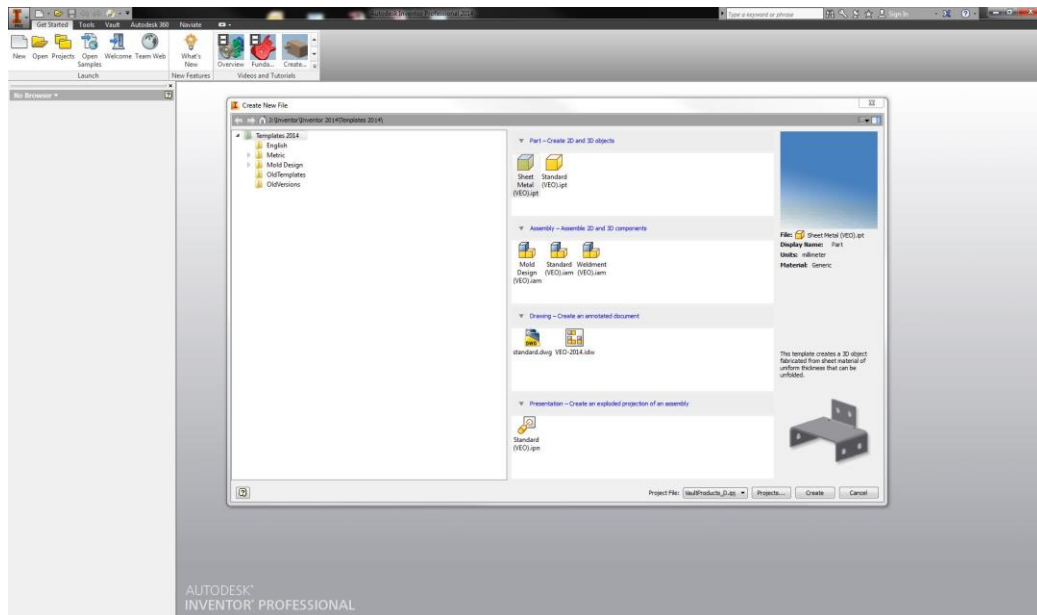
4.4.1 Perustietoa ohutlevymallinnuksesta

Levymallinnus perustuu erilaisten levyjen käyttöön. Levyn paksuuden ollessa $0,1 \text{ mm} < 6,0 \text{ mm}$, puhutaan ohutlevymallinnuksesta ja yli $6,0 \text{ mm}$ levyjen kohdalla levymallinnuksesta. Mallinnustyökalujen osalta tällaista jakoa ei esiinny, vaan levyjä käsitellään samoilla työkaluilla niiden paksuudesta riippumatta. Levymallinnuksessa malli tehdään levystä, ja kuten levyä myös mallia työstetään levyllä tyypillisiä työstömenetelmiä käyttäen. Levymallinnuksella tuotettujen tuotteiden työstömenetelmiä ovat

- kanttaus
- särmäys
- puristus- ja vetotyökalut
- pyöristyskoneet
- erilaiset levytyökeskukset, jotka voivat sisältää edellä mainittujen työstömenetelmien yhdistelmiä. /3/

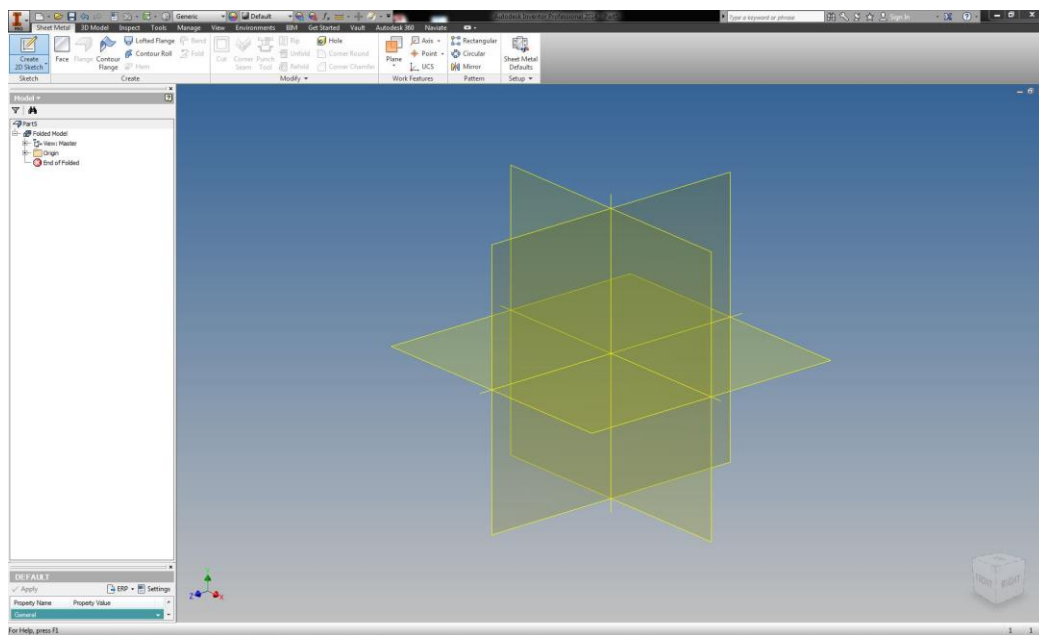
4.4.2 Esimerkki ohutlevymallintamisesta

Esimerkkinä ohutlevymallinnuksesta käytetään jännitteenmittausvaunuun kuuluvaa osaa. Mallinnus aloitetaan luomalla uusi (New) osamalli ja valitsemalla Sheet.Metal.ipt. **(Kuva 6.)**



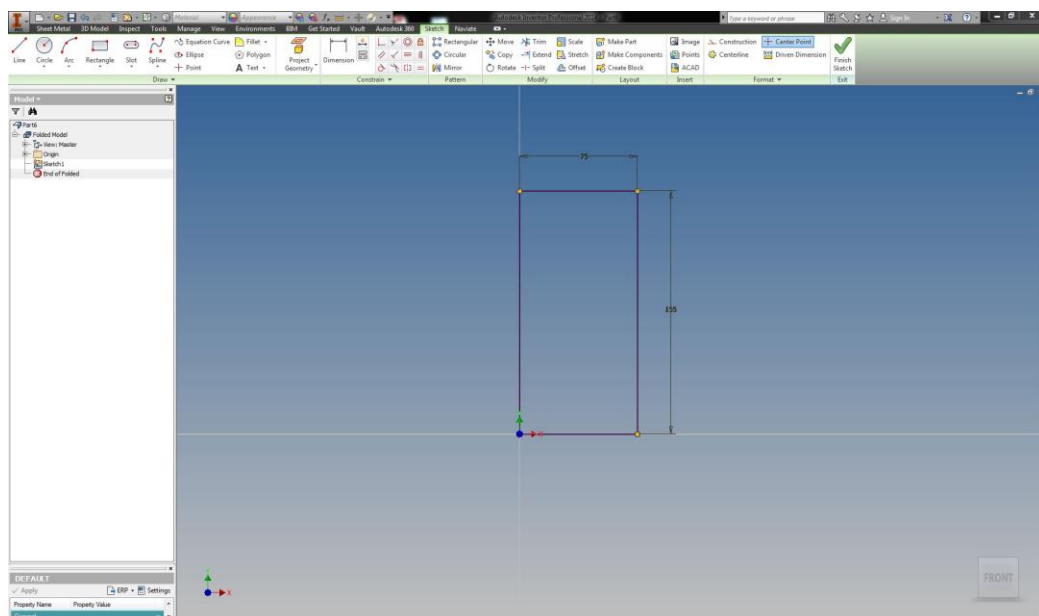
Kuva 6. Uuden osamallin valinta.

Seuraavaksi valitaan uusi Sketch ja xy-taso, jolle työtaso tehdään. **(Kuva7.)**



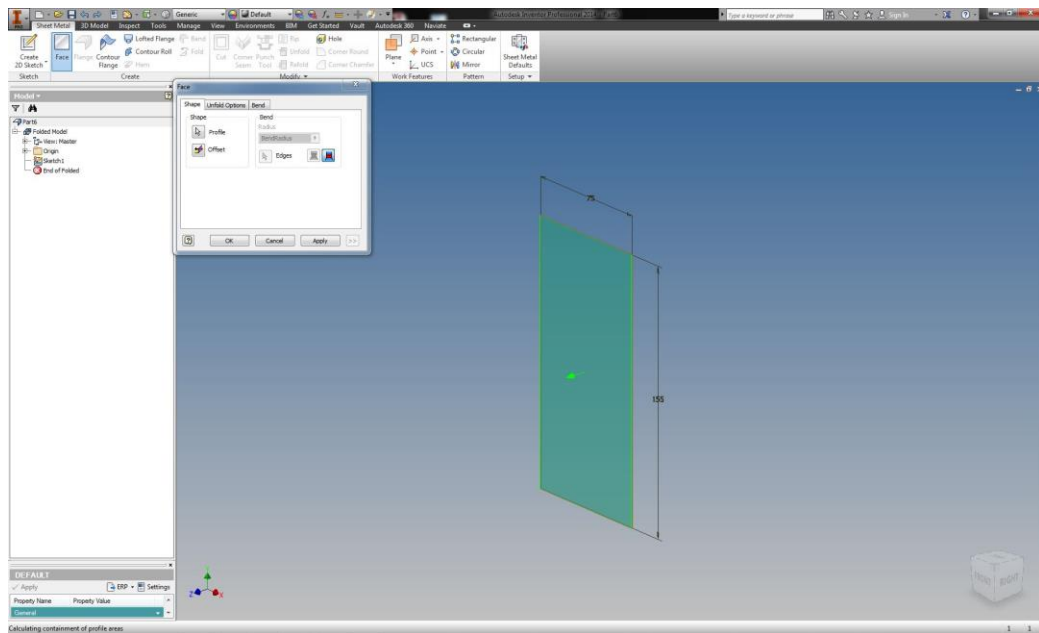
Kuva 7. Uusi Sketch xy-tasolle.

Piirretään ensimmäinen piirre, suorakaide (Rectangle) ja mitoitetaan se (Dimensi-
on). Suljetaan Sketch (Finish Sketch) (**Kuva 8.**)

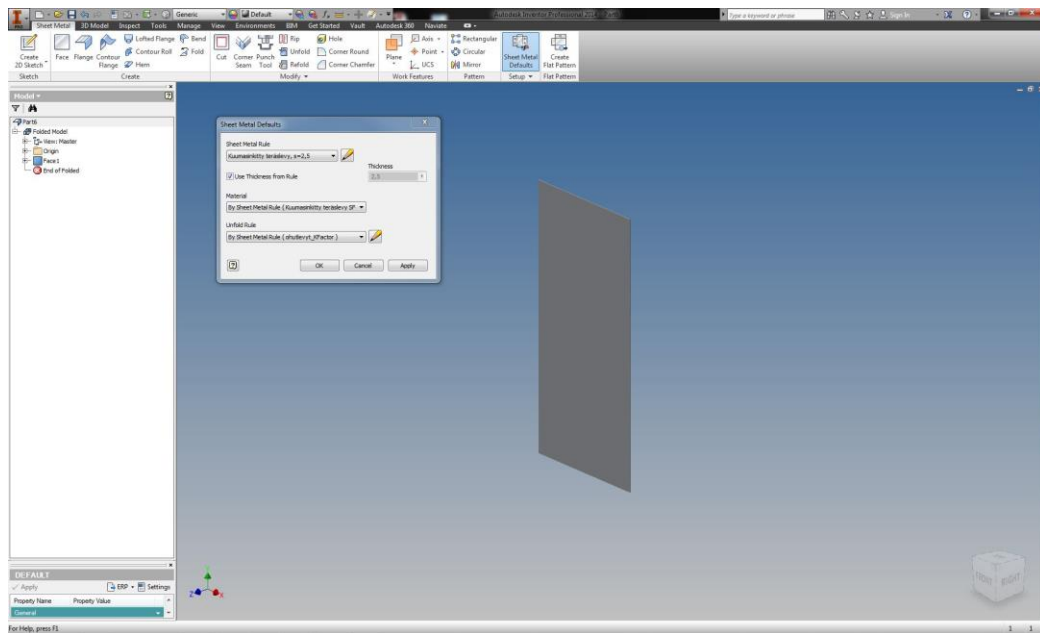


Kuva 8. Suorakaiteen piirtäminen.

Suljetaan Sketch. Nyt malliin voidaan lisätä seuraava piirre. Valitaan pinta (Face), jolloin ohjelma automaattisesti ehdottaa äsken piirrettyä suorakaidetta, hyväksytään OK:lla.. Profiilille on nyt saatu pinta. **(Kuva 9.)** Profiilille määritellään materiaali ja ainevahvuus ohutlevyasetuksista (Sheet Metal Default). Hyväksytään OK:lla. **(Kuva 10.)**

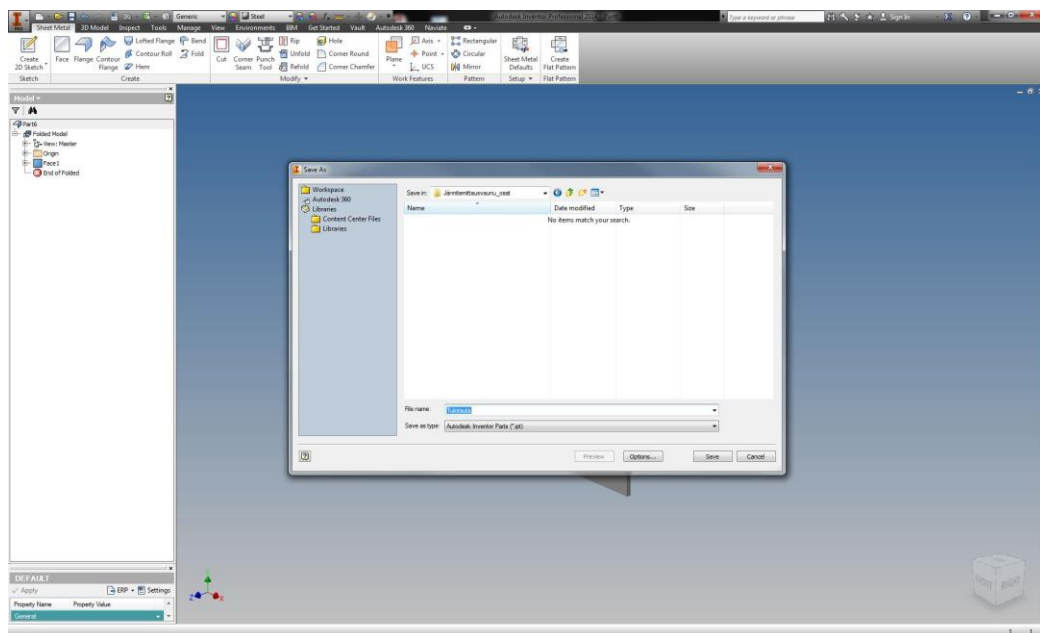


Kuva 9. Profiilin pinta.

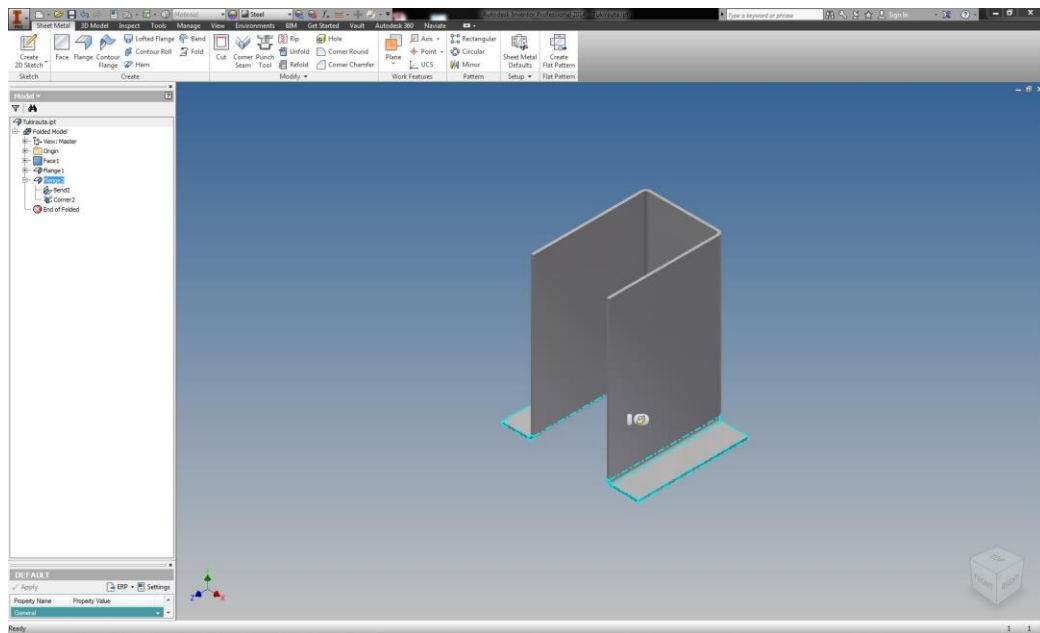


Kuva 10. Ohutlevyasetusten määrittely.

Tallennetaan työ valitsemalla pikakuvake yläreunasta tai päävalikosta Save-komennolla. Valitaan tallennushakemisto ja annetaan kappaleelle tiedostonimi ja tiedostotyyppiä .ipt. Hyväksytään painamalla Save. (**Kuva 11.**)

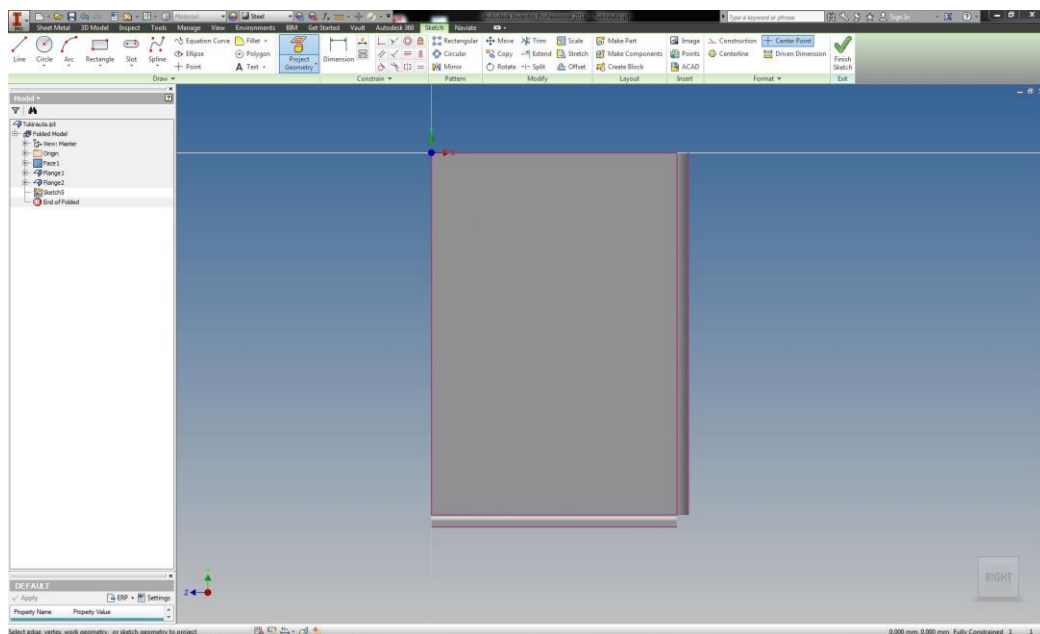


Kuva 11. Työn tallentaminen.

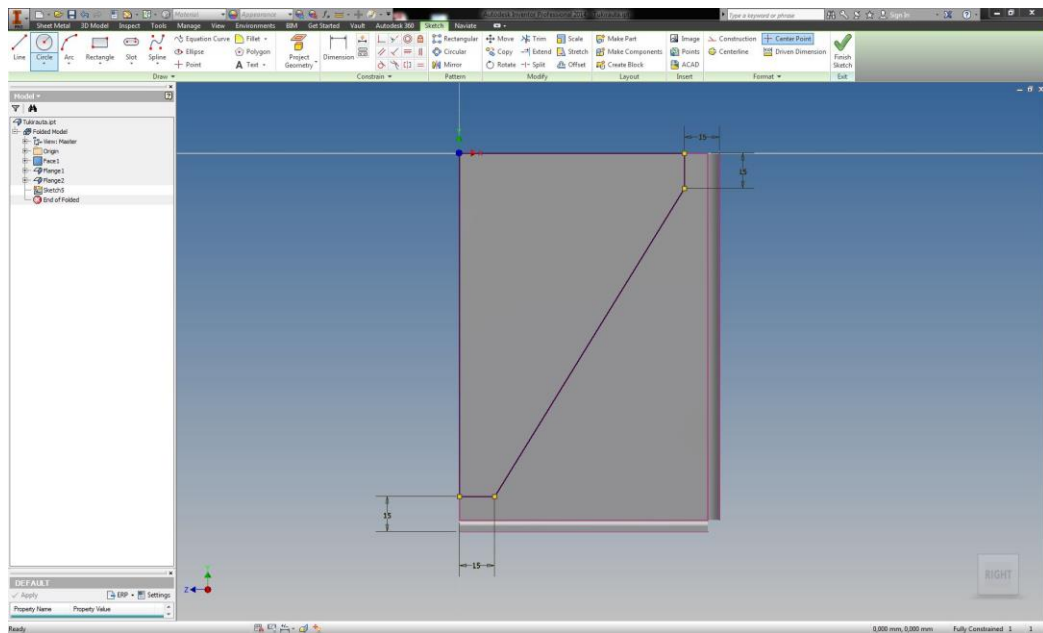


Kuva 13. Toiset taivutukset.

Seuraavaksi muokataan kappaleen sivut. Aloitetaan uusi Sketch ja valitaan tasoksi kappaleen oikea pinta. Project Geometry käskyllä tuodaan Sketchiin kappaleen reunaviivat, joita käytetään piirteen mitoittamiseen. **(Kuva 14.)** Viiva (Line) piirteellä piirretään muoto kappaleeseen ja mitoitetaan halutunlaiseksi. Suljetaan Sketch (Finish Sketch) **(Kuva 15.)**

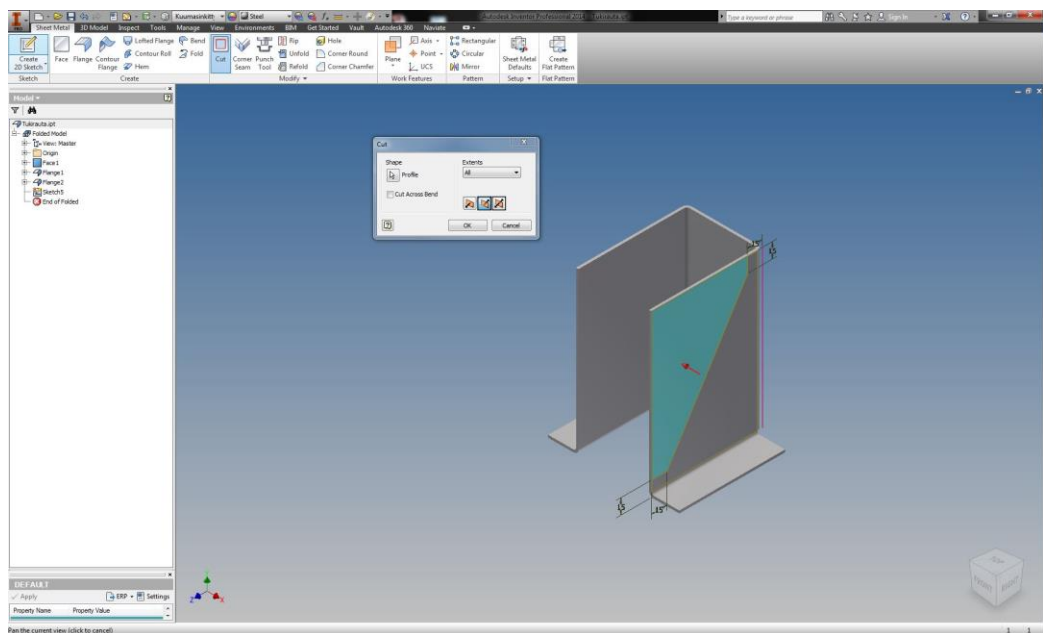


Kuva 14. Project Geometry.



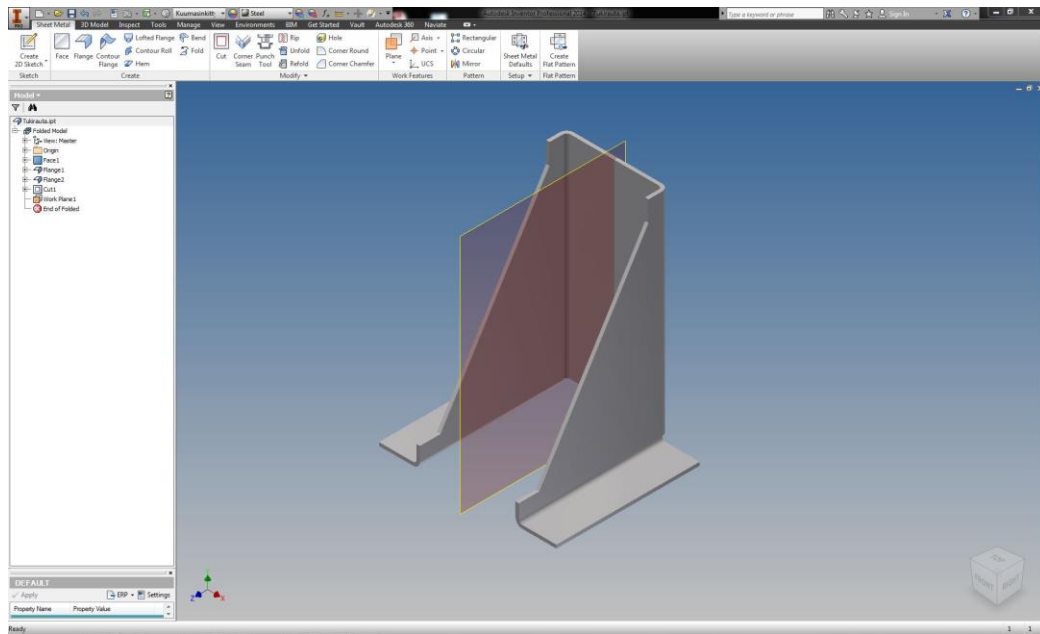
Kuva 15. Viiva-piirre ja mitoitus.

Leikkaa (Cut) – työkalulla leikataan Sketch:ssä piirretty alue koko kappaleen leveydeltä pois. Valitaan profiili, leikkaussuunta ja leikkaussyvyys (Extends). Hyväksytään OK:lla (**Kuva 16.**)



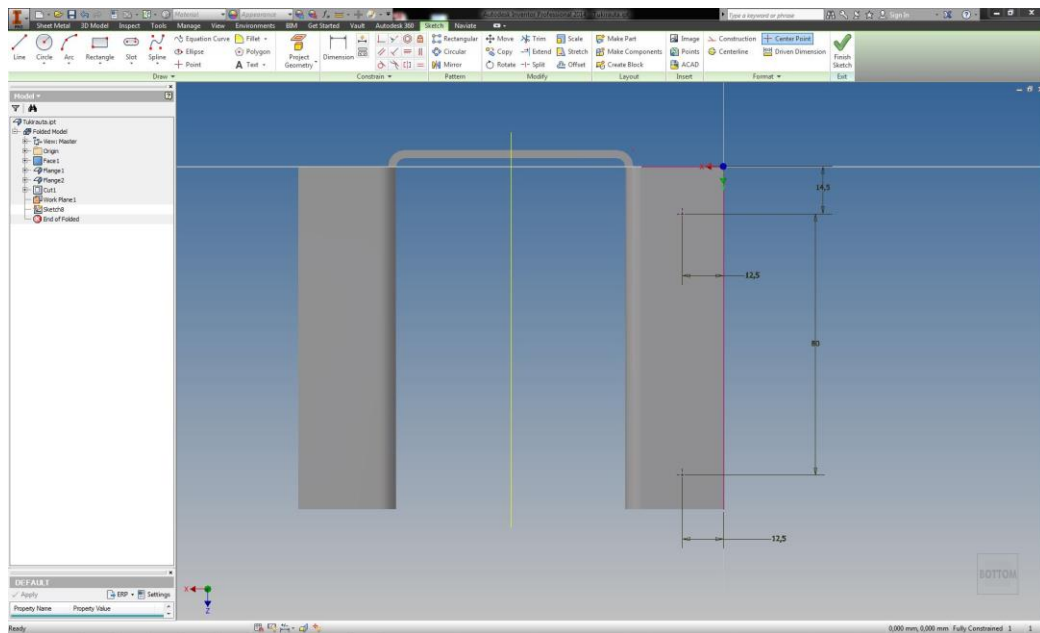
Kuva 16. Leikkaus.

Käännä kappale isometriseksi painamalla F6. Aluksi tehdään aputaso kappaleen keskelle. Valitse aputasojen tekokomento Work Plane. Osoita kappaleen vasenta ja oikeaa pintaa, aputaso ilmestyy pintojen puoliväliin. **(Kuva 17.)**



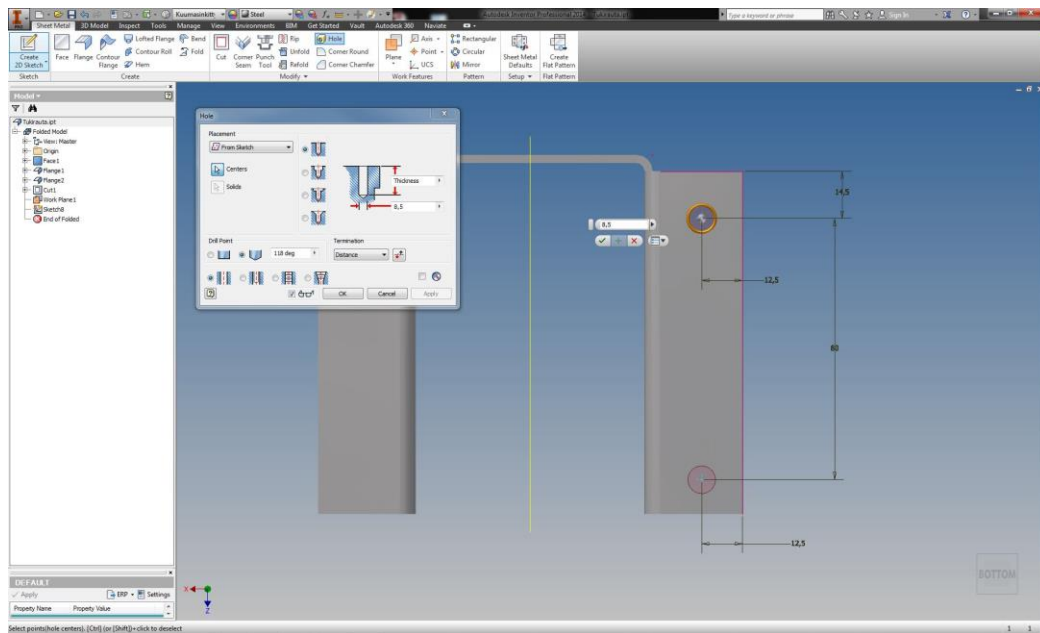
Kuva 17. Aputaso.

Käännä kappaleen pohja näkyviin ja tee uusi Sketch. Valitse piste (Point) – työkalu ja merkitse 2 pistettä, mitoitte pisteet ja sulje Sketch (Finish Sketch). **(Kuva 18.)**

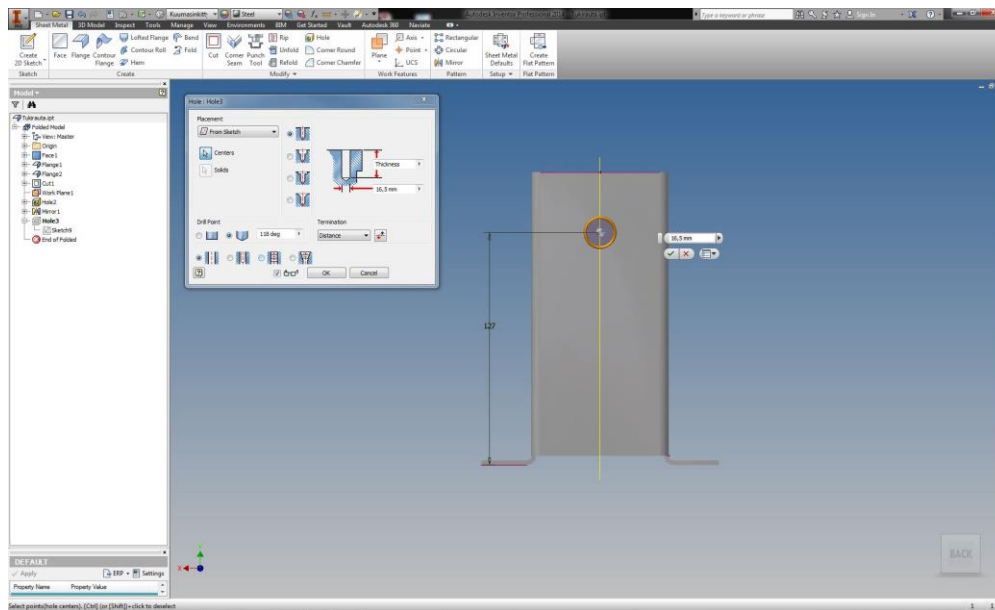


Kuva 18. Reikien paikkapisteen mitoitus.

Hole-komennolla tehdään reiät. Valitse pisteet, määritä reiän koko ja hyväksy OK:lla. (Kuvat 19-20.)

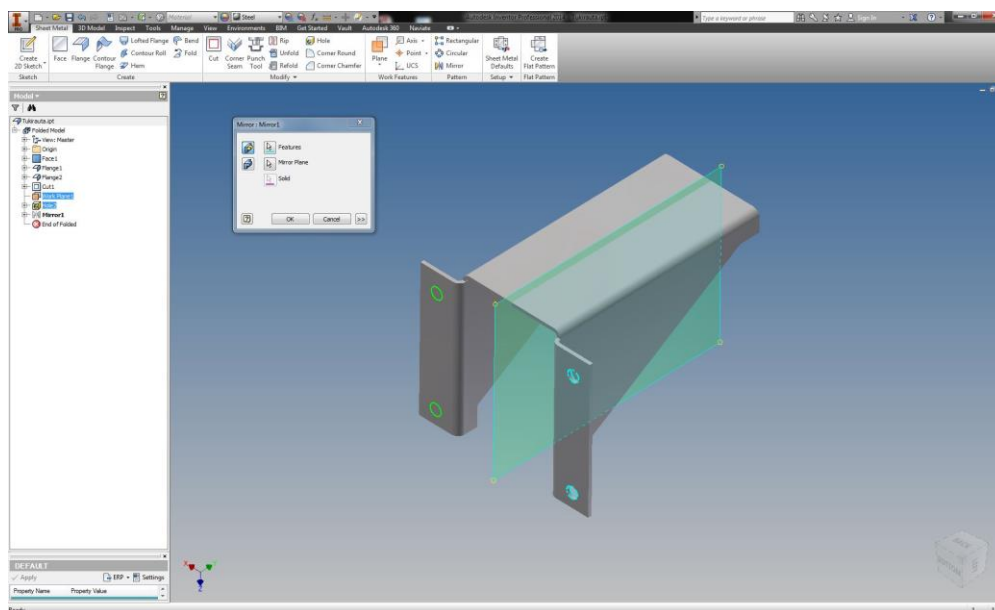


Kuva 19. Kiinnitysreikien teko.



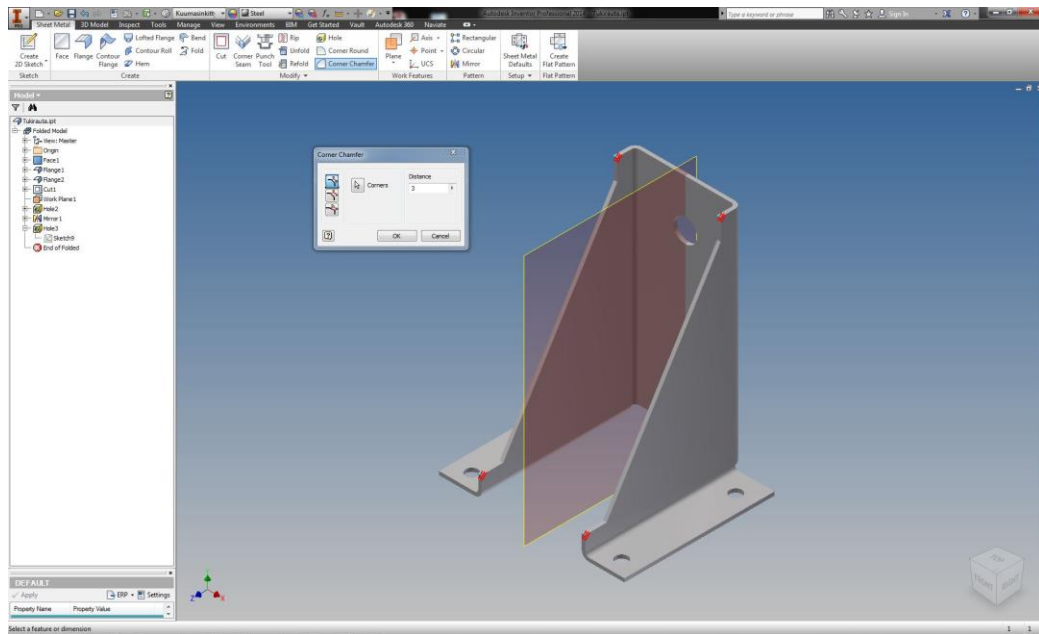
Kuva 20. Tukieristimen kiinnitysreikien teko.

Seuraavaksi kopioidaan reiät symmetrisesti kappaleen toiselle puolelle. Valitse Mirror-komento. Valitse piirre (Feature), jota kopioit mallipuusta, seuraavaksi valitaan taso (Mirror Plane) jonka suhteen reiät peilataan. Hyväksy OK:lla. (**Kuva 21.**) Nyt kappaleessa on 4 reiät.



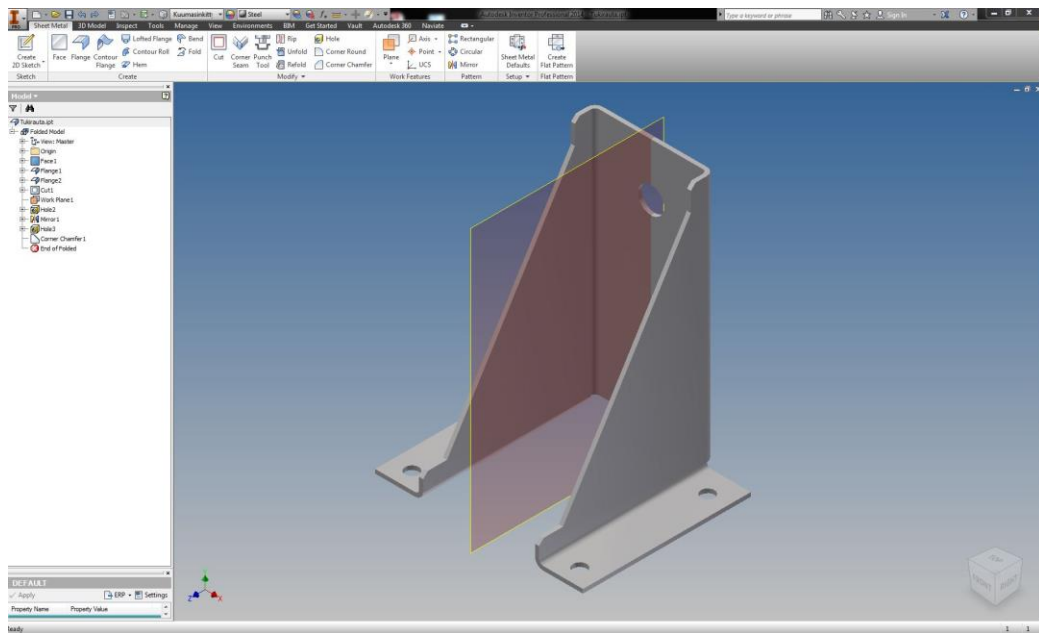
Kuva 21. Reikien peilaus.

Viimeistellään kappale viisteillä. Käännä kappale isometriseksi painamalla F6. Valitaan Corner Chamfer-komento ja valitaan neljä viistettävää nurkkaa. Määritellään viisteen koko ja hyväksytään OK:lla **(Kuva 22.)**

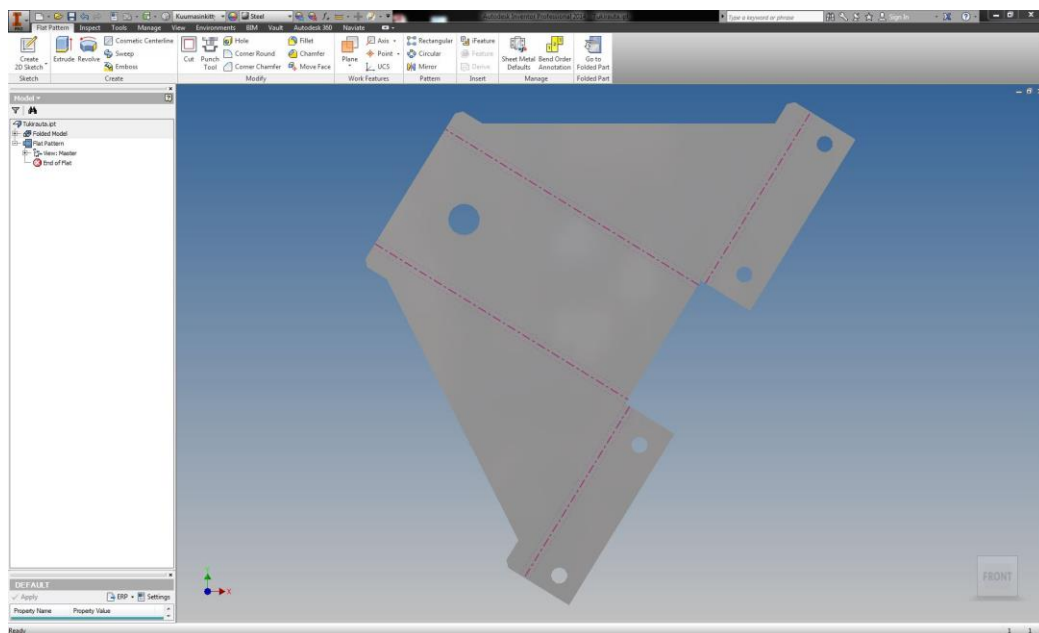


Kuva 22. Viisteiden teko.

Lopuksi kappaleesta tehdään levityskuva (Flat Pattern). Kappale saadaan valmistettua esim. levytyöstökoneella. Valitse komento Create Flat Pattern. **(Kuva 23.)** Ohjelma tekee levitysgeometrian automaattisesti. **(Kuva 24.)**

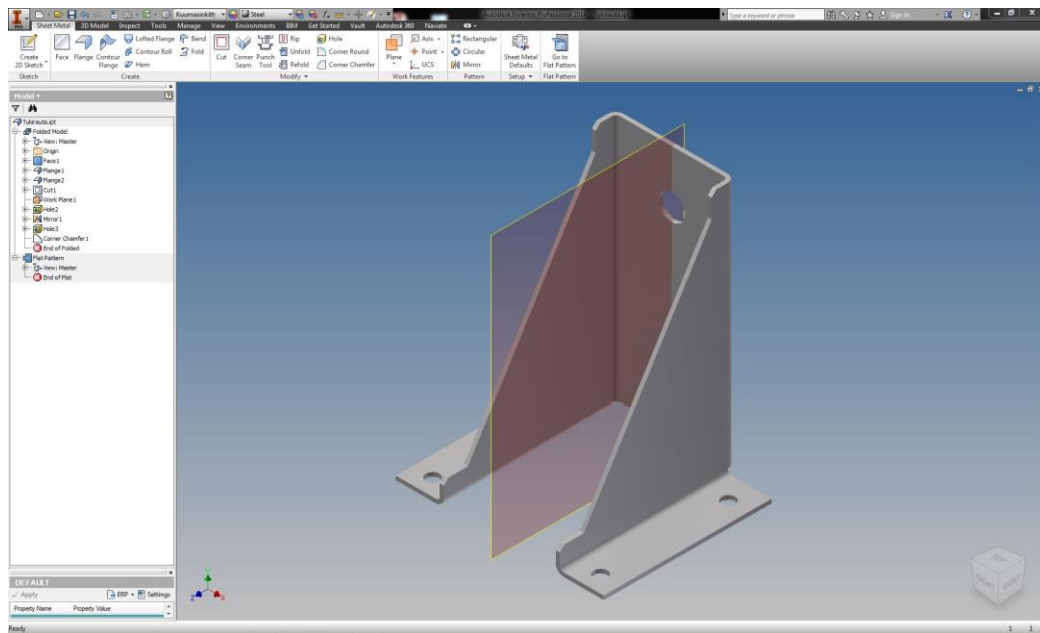


Kuva 23. Levitys.



Kuva 24. Levitysgeometria.

Palaa takaisin mallinnukseen komennolla Go to Folded Part. **(Kuva 24.)** Nyt mallipuuhan on ilmestynyt kappaleen levitys. **(Kuva 25.)**



Kuva 25. Levitys mallipuussa.

4.5 Kokoonpanot

4.5.1 Perustietoa kokoonpanoista ja niiden luomisesta

Kokoonpanot jaotellaan osakokoonpanoihin, pääkokoonpanoihin ja tuotannon kokoonpanoihin. Kokoonpanoissa saadaan paras hyöty 3D-suunnittelussa. Kappaleiden yhteensopivuus saadaan varmistettua tuomalla osat kokoonpanoon ja asettamalla ne kiinni toisiinsa eri rajoitteilla. Rajoitteita lisäämällä vähennetään kappaleelta vapausasteita, jolloin osan liike rajoittuu. /3/. Näitä rajoitteita ovat:

- **Mate:** Mate asettaa kaksi geometristä muotoa yhteen. Muotoja ovat pisteet, keskiviivat, viivat, särmät, pinnat, suorat tai tasot.
- **Angle:** Angle asettaa kaksi muotoa tiettyyn kulmaan toisiinsa nähden. Muotoja ovat tasot ja särmät.
- **Tangent:** Tangent määrittää kaksi elementtiä sivuamaan toisiaan tangentialisesti. Elementteinä ovat kartio, pallopinnat, pinnat, sylinteripinnat tai tasot.

- Insert: Insert asettaa sylinteripinnan tasopinnalle kohtisuoraan sylinterin akselia vastaan, esimerkiksi akseli ja reikä.

Kokoonpanoja voidaan tehdä eri tavoilla. Ensimmäisessä vaihtoehdossa on tuoda pääkokoonpanon perusosan ympärille osakokoonpanoja. Osakokoonpanoja voi olla jo valmiina tai niitä voidaan tehdä lisää työn edetessä. /3/

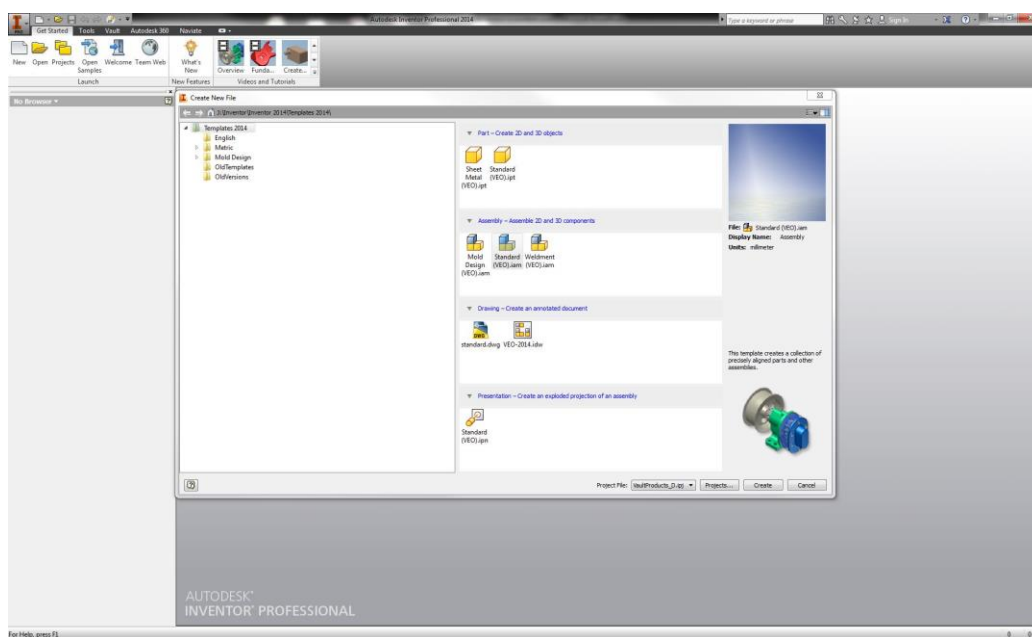
Toinen vaihtoehto on, että kaikki osat ja osakokoonpanot tehdään valmiiksi, jonka jälkeen luodaan kokoonpano. Tätä tapaa käytetään, kun tehdään malli jo olemassa olevasta tuotteesta. /3/

Kolmas vaihtoehto on sijoitussketsi käyttö kokoonpanon alustana. Tällöin sijoitusluuranko on osien ensimmäinen kiinnityselementti, jota säätämällä tarkastellaan toiminnallisten osien tarkkoja asemia ja liikeratoja. /3/

Kokoonpano viimeistellään tekemällä siitä 2D-piirustus ja osaluettelo.

4.5.2 Esimerkki kokoonpanon luonnista

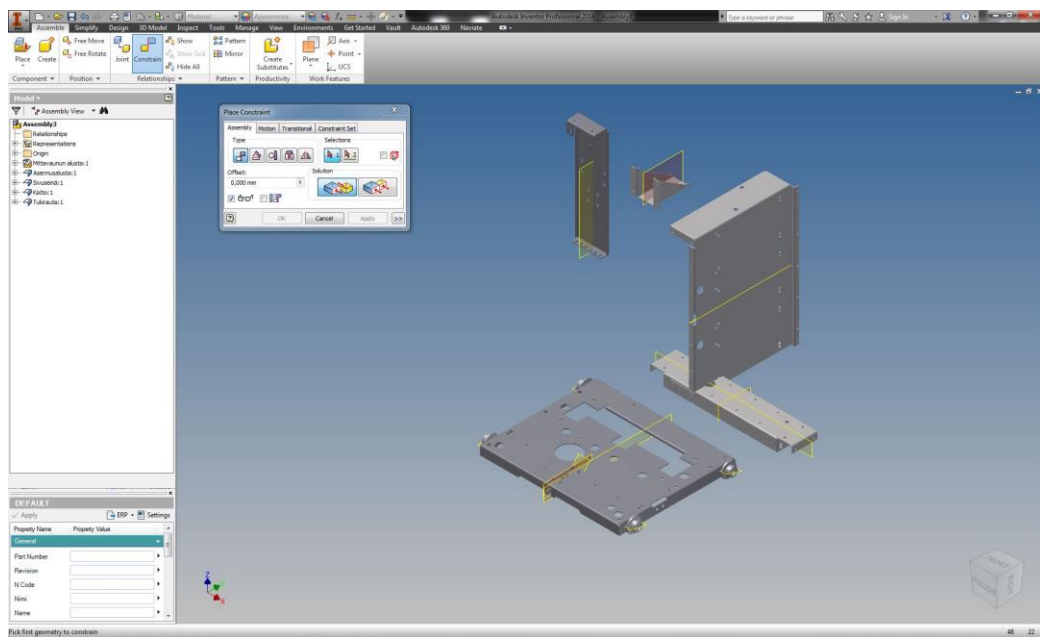
Esimerkissä käytetään muutamaa jännitemittavaunun osaa. Avataan uusi kokoonpanomalli valitsemalla tiedostotyyppiä Standard.iam (**Kuva 26.**)



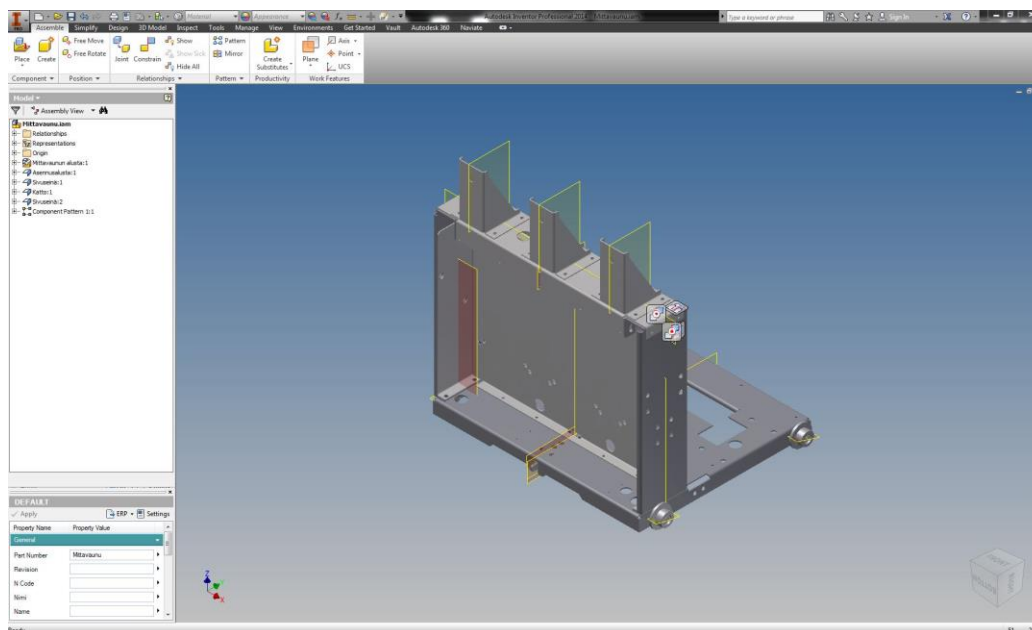
Kuva 26. Kokoonpanon aloitus.

Tuodaan osat kokoonpanoon Place Component- komennolla. Osien asennolla ei tässä vaiheessa ole merkitystä. **(Kuva 27.)** Tallennetaan kokoonpano Save- komennolla.

Seuraavaksi rajoitetaan kaikki osat paikoilleen valitsemalla Place Constraint- komento. Tässä esimerkissä rajoitetaan kaikki osat toisiinsa Insert- ja Mate- rajoitteilla. **(Kuva 28.)**



Kuva 27. Osien tuonti kokoonpanoon.



Kuva 28. Valmis alikokoonpano, näkyvillä myös rajoitemerkintöjä.

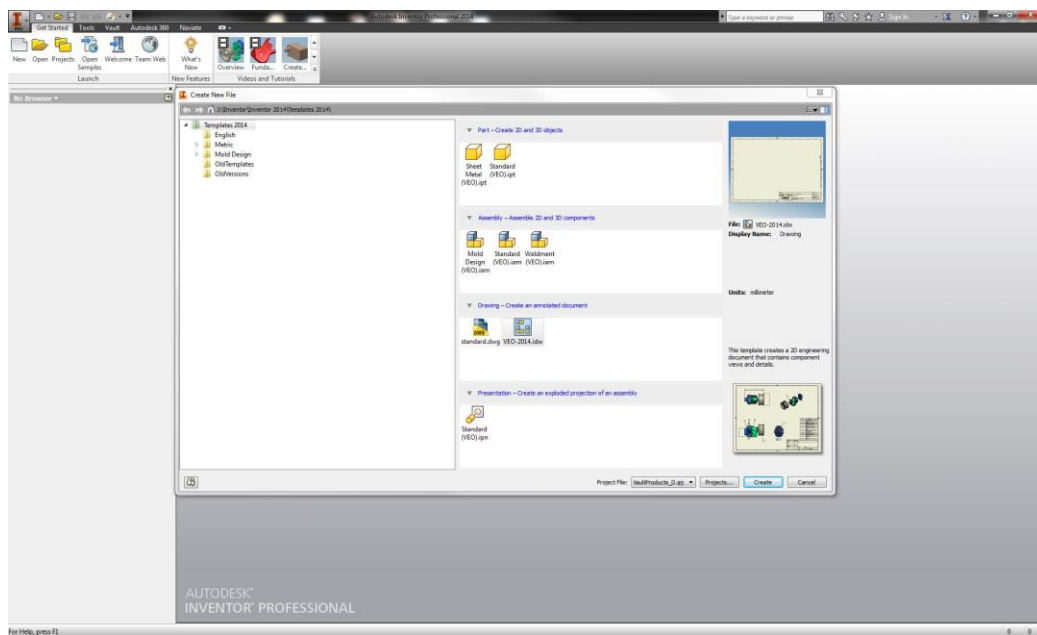
4.6 Työpiirustukset

4.6.1 Työpiirustukset yleisesti

Osan tai kokoonpanon valmistukseen tarvitaan paperille tulostettavia 2D- piirustuksia. Valmiista 3D-mallista saadaan hyvin nopeasti tehtyä kuvannot 2D-piirustukseen, johon lisätään kappaleen metraiaalitiedot, mitat ja tarvittavat toleranssit. Dokumentit ovat assosiatiivisia, joten mallissa tehty muutos muuttaa myös piirustuksen.

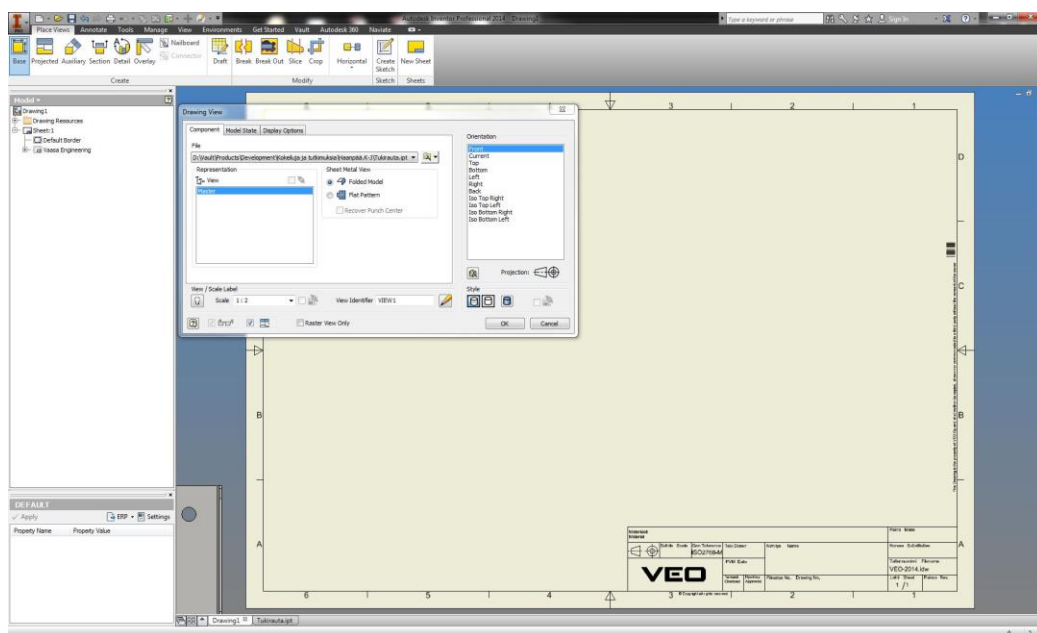
4.6.2 Esimerkki työpiirustuksen luonnista

Mallina käytetään kohdassa 4.4.2 tehtyä mittavaunun osaa. Aloitetaan uusi piirustustiedosto (Create New File). Valitaan VEOn oma tiedostomuoto VEO-2014.idw. (**Kuva 29.**)



Kuva 29. Piirustusohjan valinta.

Base-komennolla aukeaa ikkuna, josta päästään valitsemaan piirrettävä osa. Valitaan osalle sopiva koko piirustusarkille ja asetetaan osa haluttuun asentoon. (**Kuva 30.**)

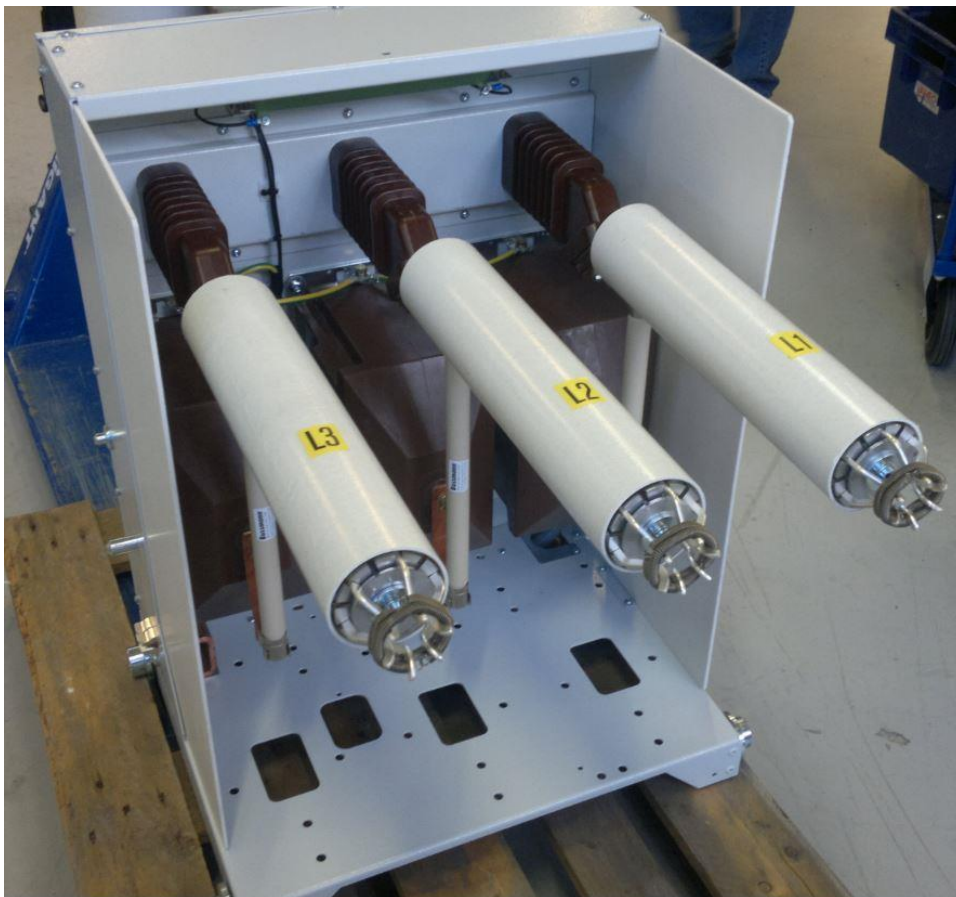


Kuva 30. Osan tuominen piirustusarkille.

5 TYÖN KUVAUS

5.1 Aloitus

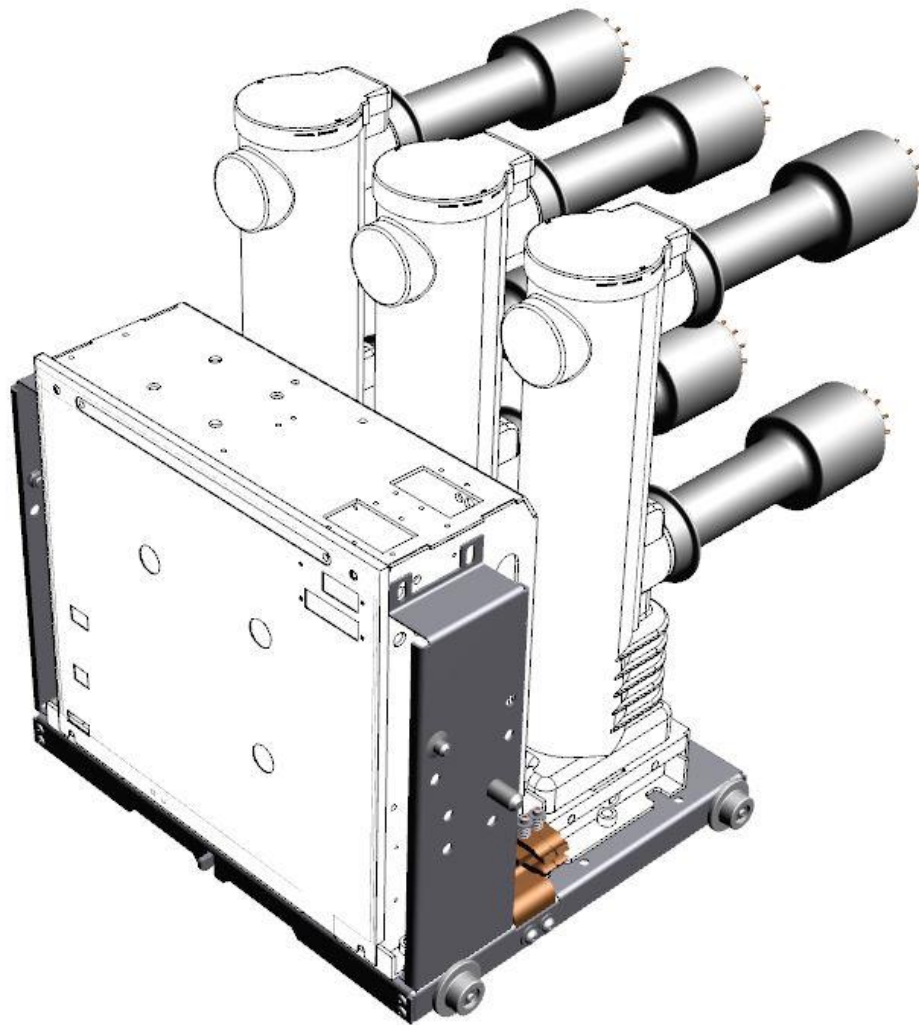
Työ aloitettiin tutkimalla kennon, 24 kV katkaisijavaunun ja vanhan 24 kV mittausvaunun osia ja selvittelemällä missä rajoissa osia voidaan yhdistää ja käyttää samoissa kokoonpanoissa. **(Kuva 32.)** Kennon muokkaaminen ei ollut mahdollista, koska siitä seuraisi uudet oikosulku- ja valokaaritestit. Tällöin kustannukset mittausvaunun kehittämiseen kasvaisivat huomattavasti. Lähtökohta oli myös, että katkaisijan pohjavaunu, sivuseinät, vaunun maadoitus ja aisan eristeosat eivät saa muuttua. Tällöin voidaan käyttää samoja eristeosia kuin katkaisijavaunussa.



Kuva 32. Vanha 24 kV-mittausvaunu.

5.2 Suunnittelu

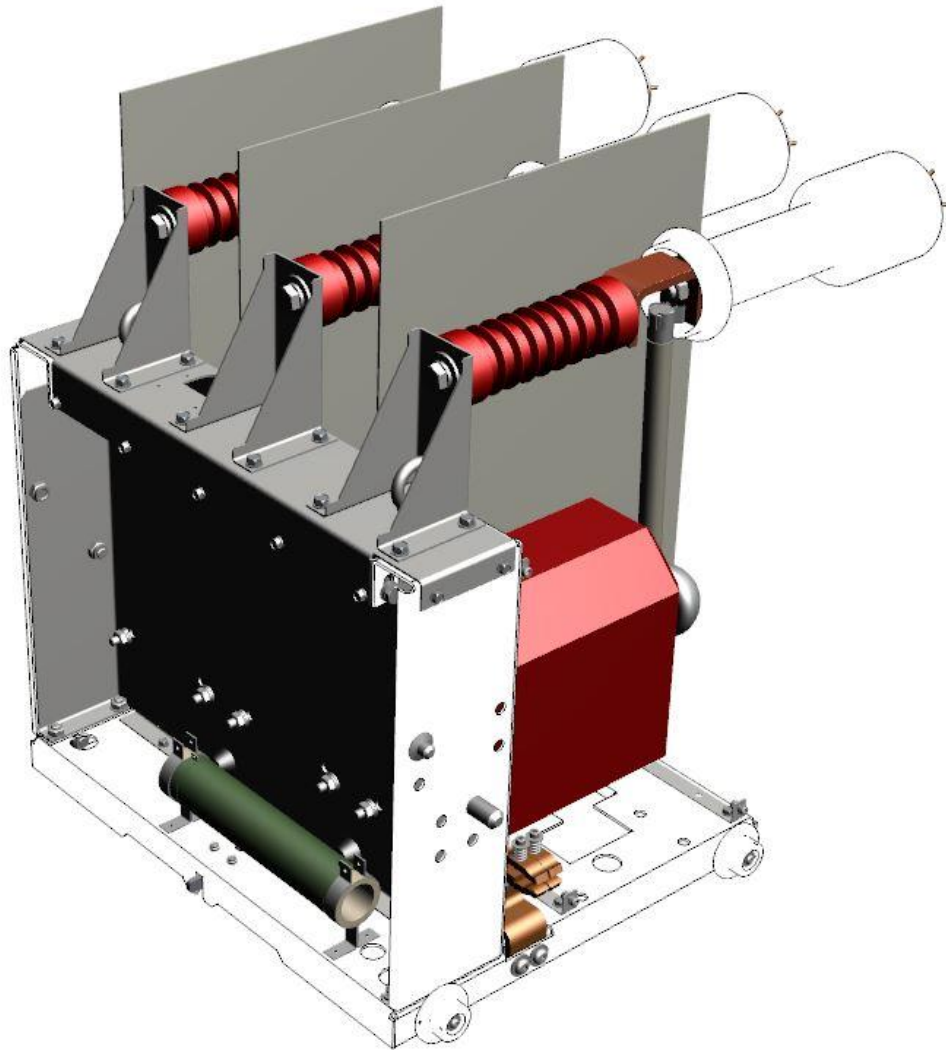
Uusien osien suunnittelu alkoi rakentamalla kokoonpano, jossa pohjana oli tuotannossa tällä hetkellä oleva katkaisijavaunu, katkaisijan sivuseinät sekä virtaaisat ja virta-aisan eristeet. Tämä rajasi huomattavasti tilaa, johon mittausvaunuun tarvittavat osat sulakkeet, vastus, tukieristimet ja muuntajat saataisiin sovitettua. **(Kuva 33.)** Mittausvaunua lähdettiin suunnittelemaan keskijännittestandardien vaatimien ilmavälien perusteella. Vaiheiden etäisyys toisistaan sekä ilmavälit vaiheista runkoon, pyrittiin pitämään mahdollisimman suurena suunnittelun alusta alkaen.



Kuva 33. Katkaisijavaunun malli ja suunnitteluun käytettävissä oleva tila, kuvasa valkoisena.

Seuraavaksi kokoonpanoon tuotiin jännitemuuntajien ja tukieristimien mallit, joilla saatiin hahmoteltua muuntajien alustava sijainti ja asento. Muuntajien asentoon vaikutti myös asennettavuus. Muuntajien asennusalustan mallinnus alkoi luonostelemalla alusta sivuseinien väliin, samalla myös mahdollisesti tarvittavaa kattoa hahmoteltiin. Asennusalustoja ja kattoja syntyikin monia erilaisia versioita. Työn edetessä tilattiin myös proto-osia rungon eri versioista, joilla saatiin selvitettyä rungon tukevuutta käytännössä. Asennusalustan ja katon tukevuutta paran-

nettiin tarpeen mukaan materiaalin ainevahvuutta lisäämällä sekä tarvittaessa osien lisätaivutuksilla. Lopullisessa versiossa, alkuperäistä katkaisijan sivuseinää muokkaamalla, uusi asennusalusta katon kanssa saatiin tukevasti paikoilleen. Tukieristimien tukirautojen paikat kohdistettiin valmiina oleviin aisoihin, tukiraudat kiinnitettiin kattopeltiin. Aisojen kiinnitys tukieristimiin toteutettiin kuparikiskoilla, jotka taivutettiin U-muotoon. Kiskoon suunniteltiin myös paikat sulakkeen pidikkeelle. Tässä vaiheessa muuntajien korkeus määräytyi tarvittavan sulakkeen pituuden ja jännitemuuntajan ilmavälien perusteella. 24 kV mittausvaunussa varmistuttiin riittävästä jännitteenkestoisuudesta lisäämällä APRH- levyjä vaiheiden välille. 12 kV muuntajissa ei eristeosia tarvita pienemmän ilmaväli vaatimuksien perusteella. **(Kuva 34.)**



Kuva 34. 24 kV-mittausvaunun uudet osat.

5.3 Testaus

Syöksyjännitetestaus suoritettiin opetus- ja tutkimuslaboratorio Technobothnian suurjännitelaboratoriossa Vaasassa. Testit suoritettiin sekä 24 kV että 12 kV mittausvaunulle. **(Kuvat 35-36.)** Molemmille vaunuille suoritettiin kaksi testiä.

- 24 kV syöksyjännitetest 125 kV ja vaihtojännitetest 1 min 50 kV
- 12 kV syöksyjännitetest 75 kV ja vaihtojännitetest 1 min 28 kV



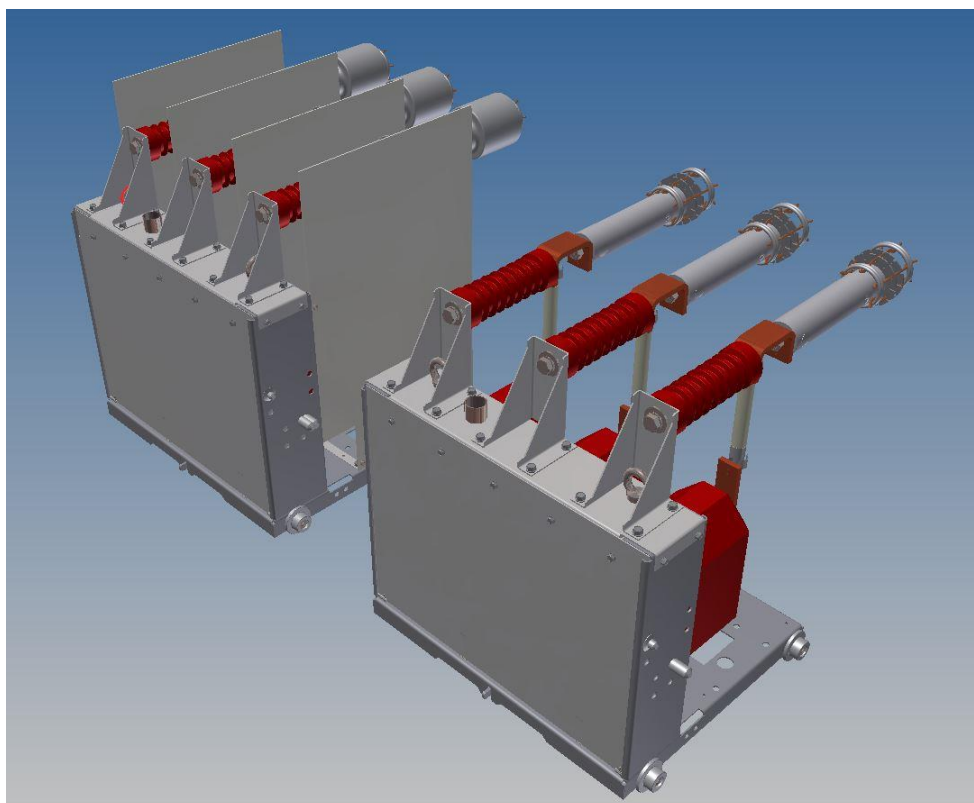
Kuva 35. Suurjännitelaboratorio.



Kuva 36. Testilaitteisto.

6 TULOKSET

Uuden sovittaminen vanhaan on aina haasteellinen tehtävä. Alkuvaikeuksien jälkeen työskentely lähti etenemään hyvin. Suunnittelun edetessä, ei vastaan enää ongelmia tullut. Aikaa oli riittävästi työn suorittamiseen, jolloin oli myös mahdollista protoilla runkoa erilaisilla ratkaisuilla. Tässä työssä haastetta lisäsi 24 kV jännite joka, vaatii riittävät ilmapälit sekä erilliset eristelevyt. Tämä rajasi entisestään tilaa johon uudet osat tulisivat. Jännitemuuntajien paino, n. 30 kg/ kpl, täytyi ottaa huomioon asennusalueeseen ja kattorakennetta suunnitellessa. Jännitetestit sujuivat odotettua paremmin, selittynee suunnittelun alkuvaiheessa riittävän suuriksi arvioituilla ilmapäleillä. Työ oli mielenkiintoinen sisältäen kaiken suunnittelusta testaamiseen ja valmiiseen tuotteeseen. Työn lopputuloksena VEO lle saatiin tuotantoon uudet testatut 24 kV ja 12 kV jännitteenmittausvaunut. **(Kuva 37.)**



Kuva 37. 24 kV ja 12 kV jännitteenmittausvaunut (24 kV vasemmalla).

LÄHDELUETTELO

- /1/ VEO Oy, Organisaatiokaaviot. [online]. Viitattu 22.9.2016.
<URL:<https://naviga.vdom1.veo.intra/search/Pages/results.aspx?k=organi#k=organisaatio>>
- /2/ VEO Oy. Media. Esitteet ja julkaisut. VEKE24 Keskijännitekojeisto, VEO osaamisalueet. Viitattu 22.09.2016 <URL:
<https://www.veo.fi/media/brochures/>>
- /3/ Tuhola, E. & Viitanen, K. 2008. 3D-mallintaminen suunnittelun apuvälineenä. 1.painos. Jyväskylä. Gummerus Kirjapaino Oy.
- /4/ Hantula, J. 2013. 3D-mallinnuksen perusteet [online]. Vaasa. Viitattu 7.10.2016. <URL:
https://portal.vamk.fi/pluginfile.php/38413/mod_resource/content/2/Inventor_2012_moniste_26082013.pdf>

Liite1

3.2 Test of main circuit between the phases and to the earth.

In the test voltage was applied to one phase conductor while the other phases and the frame were earthed.

Impulse				
Date	Air Temperature / °C	Air pressure / kPa	Humidity / g / m ³	Correction Factor: K ₁
7.5.2014	22,6	1015,2	7,40	0,96

The specified test voltage according to IEC 62271-1 is 125 kV. The correction factor shall be between 0,95 and 1,05. The required test voltage of the test is $125 \text{ kV} \cdot 0,96 = 120 \text{ kV}$. The test results are shown in the table below.

Table 2. Impulse test carried out 07.05.2014

Test		Polarity +		Polarity -	
Live	Earthed	U _{meas} / kV	Disruptive Discharge	U _{meas} / kV	Disruptive Discharge
L1	L2, L3, F	121,4	0/15	-122,8	0/15
L2	L1, L3, F	120,9	2/15	-121,9	2/21
L3	L1, L2, F	120,4	0/15	-121,2	0/15

In table 2: U_{meas} = measured average value of impulses.

2. POWER FREQUENCY VOLTAGE TEST

The power-frequency test was performed applying the IEC 60060-1, IEC 62271-200 and IEC 62271-1 standards. The one-minute withstand test voltage was 50 kV at main circuit between the phases and to the earth.

Test and measuring equipments:

- Test transformer type Asea TOEX 3400 for 200 kV
- Operating and control equipment type YMRA 20
- Voltage measurement with the Haefely DMI 551 digital meter
- Haefely capacitive divider 520 pF / 728 nF.

AC				
Date	Air Temperature / °C	Air pressure / hPa	Humidity / g / m ³	Correction Factor: K ₁
7.5.2014	22,6	1015,2	7,40	0,95

The specified test voltage according to IEC 62272-1 is 50 kV. The required test voltage with atmosphere correction factor is $50 \text{ kV} \cdot 0,95 = 47,5 \text{ kV}$. The test results are shown in the table below.

Table 1. Power frequency voltage test.

Live	Earthed	U _{meas} / kV	Result
L1	L2, L3, F	50,1	pass
L2	L1, L3, F	50,2	pass
L3	L1, L2, F	50,1	pass

Test was carried out 07.05.2014

In table 1: U_{meas} = measured voltage

Liite2

Dielectric Test for the Voltage Measuring Truck 12 kV
TA2014-23

8 (11)

3.2 Test of main circuit between the phases and to the earth.

In the test voltage was applied to one phase conductor while the other phases and the frame were earthed.

Impulse				
Date	Air Temperature / °C	Air pressure / kPa	Humidity / g / m ³	Correction Factor: K ₁
29.4.2014	23	1004,5	4,00	0,95

The specified test voltage according to IEC 62271-1 is 75 kV. The correction factor shall be between 0,95 and 1,05. The required test voltage of the test is $75 \text{ kV} \cdot 0,95 = 71,3 \text{ kV}$. The test results are shown in the table below.

Table 2. Impulse test carried out 29.04.2014

Test		Polarity +		Polarity -	
Live	Earthed	U _{meas} / kV	Disruptive Discharge	U _{meas} / kV	Disruptive Discharge
L1	L2, L3, F	75,1	0/15	-74,8	0/15
L2	L1, L3, F	74,8	0/15	-74,5	0/15
L3	L1, L2, F	74,5	0/15	-74,2	0/15

In table 2: U_{meas} = measured average value of impulses.

Dielectric Test for the Voltage Measuring Truck 12 kV
TA2014-23

5 (11)

2. POWER FREQUENCY VOLTAGE TEST

The power-frequency test was performed applying the IEC 60060-1, IEC 62271-200 and IEC 62271-1 standards. The one-minute withstand test voltage was 28 kV at main circuit between the phases and to the earth.

Test and measuring equipments:

- Test transformer type Asea TOEX 3400 for 200 kV
- Operating and control equipment type YMRA 20
- Voltage measurement with the Haefely DMI 551 digital meter
- Haefely capacitive divider 520 pF / 728 nF.

AC				
Date	Air Temperature / °C	Air pressure / hPa	Humidity / g / m ³	Correction Factor: K ₁
29.4.2014	23	1004,5	4,00	0,95

The specified test voltage according to IEC 62272-1 is 28 kV. The required test voltage with atmosphere correction factor is $28 \text{ kV} \cdot 0,95 = 26,6 \text{ kV}$. The test results are shown in the table below.

Table 1. Power frequency voltage test.

Live	Earthed	U _{meas} / kV	Result
L1	L2, L3, F	28,4	Pass
L2	L1, L3, F	28,3	Pass
L3	L1, L2, F	28,5	Pass

Test was carried out 29.04.2014

In table 1: U_{meas} = measured voltage