



# **ILMAKÄYNNISTIN MSU200T KÄYTTÖÖNOTTO**

Arttu Kumpunen

Opinnäytetyö  
Toukokuu 2013  
Kone- ja tuotantotekniikka  
Lentokonetekniikka

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU  
Tampere University of Applied Sciences

## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Kone- ja tuotantotekniikka  
Lentokonetekniikka

Arttu Kumpunen: Ilmakäynnistin MSU200T käyttöönotto

Opinnäytetyö 33 sivua, joista liitteitä 4 sivua  
Toukokuu 2013

---

Opinnäytetyön aiheena on Patria Aviation Oy:n käytössä olevan vanhan ilmakäynnistinlaitteiston päivitykseen liittyvien muutostöiden suunnittelu. Uusi laite on Rheinmetall Landsysteme GmbH:n valmistamaan MSU200T ilmakäynnistin, jota voidaan käyttää lähes kaikkien tällä hetkellä olemassa olevien suihkumoottoreiden käynnistämiseen.

Nykyinen laite on sijoitettuna koekäyttötalon viereiseen pieneen laitetilään, jossa ei ole muita laitteita. Ongelmana on nykyisen ja uuden laitteen välinen kokoero, sillä uusi laite ei mahdu kyseiseen rakennukseen. Tästä johtuen on laadittava suunnitelma uudesta laitetilasta, jossa kartoitetaan ilmakäynnistimen sekä sen käytön asettamat vaatimukset.

Laitetila on Senaatti-kiinteistöjen omistama ja siitä johtuen tämän opinnäytetyön luonne on toimia lähinnä ehdotelmana uudelle laitetilalle. Tavoitteena on siis laatia suunnitelmaehdotus laitteiston käyttöympäristöön liittyvistä muutostöistä, joilla mahdollistetaan uuden laitteen käyttö sekä myös parannetaan laitteen käytettävyyttä ja turvallisuutta entiseen verrattuna. Projektissa pyritään keräämään mahdollisimman kattavasti kehitystoiveita sekä käyttäjäosastolta että maalaitehuollolta.

## **ABSTRACT**

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Tampere University of Applied Sciences  
Degree Programme in Mechanical and Production Engineering  
Option of Aircraft Engineering

Arttu Kumpunen:  
Introduction of Air Start Unit MSU200T

Bachelor's thesis 33 pages, appendices 4 pages  
May 2013

---

The subject of this thesis is to plan all required modifications for Patria Aviation during upgrade of jet air starter apparatus. This new device is a MTU200T made by Rheinmetall Landsysteme and it can be used to start most of all existing jet engines in the world.

The device is currently positioned in a small device room next to a hush house. The problem is the size difference between the current device and a new device because the new device does not fit into the old device room. As a result a strategy to build a new device room has to be made which maps out all the requirements to use this new device.

The device room is owned by Senate Properties and therefor the nature of this thesis is to act as a suggestion for new device room. The goal is to make a plan for modifications which allow the use of a new device and also improve the usability and security in comparison to the past. The project aims to collect as comprehensively as possible the development aspirations from the user department and from the maintenance crew.

---

Key words: Jet starter, Ground support device

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
1.1	Opinnäytetyön taustat .....	6
1.2	Opinnäytetyön tarkoitus.....	6
1.3	Opinnäytetyön tavoitteet.....	7
1.4	Opinnäytetyön rajausta .....	7
1.5	Toimeksiantaja.....	8
2	ILMAKÄYNNISTIN MSU200T .....	9
2.1	Rakenne .....	9
2.2	Tekniset tiedot.....	13
2.3	Laitteen käyttö .....	14
2.4	Käyttöturvallisuus .....	14
3	LAITETILA .....	16
3.1	Nykyinen Laitetila .....	16
3.2	Muutostyöt .....	17
3.3	Suunnittelu .....	17
3.3.1	Lähtökohdat.....	17
3.3.2	Uuden tilan suunnittelu .....	19
3.3.3	Pakoputki ja poistoluukku.....	22
3.3.4	Kaukokäyttö .....	25
3.4	Toteutus .....	25
3.4.1	Läpivienti .....	25
3.4.2	Kustannusarvio.....	26
4	POHDINTA.....	27
4.1	Tavoitteet .....	27
4.2	Suunnitelma .....	27
4.3	Opinnäytetyön suorittaminen.....	27
	LÄHTEET.....	29
	LIITTEET .....	30
	Liite 1. Laitetila edestä .....	30
	Liite 2. Laitetila sivulta .....	31
	Liite 3. Laitetila ylhäältä .....	32
	Liite 4. Pakoputken luukku .....	33

**LYHENTEET JA TERMIT**

TAMK	Tampereen ammattikorkeakoulu
MSU200T	Mobile Start Unit 200 (Trailer)
HN	F-18 Hornet hävittäjä
APU	Auxiliary Power Unit, apuvoimalaite
AMAD	Aircraft Mounted Accessory Drive, Runkovaihteisto
RML	Rheinmetall Landsysteme GmbH
ECS	Environmental Control System, ympäristöjärjestelmä
MES	Main Engine Start, Päämoottorin käynnistys
BITE	Built In Test Equipment, sisäänrakennettu testausjärjestelmä
BACV	Bleed Air Control Valve, vuodatusilmansäätöventtiili

# 1 JOHDANTO

## 1.1 Opinnäytetyön taustat

Opinnäytetyö on tehty vuoden 2013 kevään aikana Patria Aviationin toimeksi antamana. Työn tarve ilmeni sattumalta, kun keskustelin töiden ohessa kollegani Markku Korpelan kanssa ilmakäynnistimien huoltoihin liittyvistä asioista. Puheena oli, että vanhalle laitteelle tulee pian eteen viimeinen määräaikainen huolto ja uuden laitteen käyttöönotto. Keskustelussa kävi ilmi, että uuden laitteen käyttöönotossa on muutamia pulmia ja niiden ratkaisemiseen tulisi laatia kattava suunnitelma. Aiheen tiimoilta käytiin tämän jälkeen keskustelu rakennekorjaamon osastopäällikkö Seppo Kuntalan kanssa ja päätimme, että tässä olisi minulle hyvä tutkintotyön aihe. Kuntala toimii myös tämän opinnäytetyön valvojana.

Lentokoneiden huollon yhteydessä joudutaan usein suorittamaan moottoreiden koekäyttöjä ennen varsinaisia lentoja. Lentokone siirretään koekäyttöpaikalle tai koekäyttötalon, jossa se kiinnitetään maahan, imuaukot suojataan sekä kytketään tarvittavat seurantaan käytettävät anturit. Koekäytön aikana lentokoneen moottorien käynnistämiseen tarvittava energia voidaan ottaa erilliseltä ilmakäynnistimeltä. Ilmakäynnistimen sisällä on pieni kaasuturbiinimoottori, jonka tuottamasta ahtopaineesta osa vuodatetaan käytettäväksi lentokoneen moottorien pyörittämiseen, kunnes moottorin kierrosluku nousee riittävästi ja moottori voidaan käynnistää.

Syynä ilmakäynnistimen käytölle on tiettyjen huoltojen jälkeinen voitelun puute. Ilmakäynnistimellä voidaan ehkäistä moottorin kiinnileikkaamisen riski. Toinen syy ilmakäynnistimen käytölle on mahdollisuus keskeyttää moottorin käynnistys nopeasti, jos jotain odottamatonta tapahtuu. Lentokoneen oma APU joutuu tekemään jäähdytyskäytön aina ennen sammutusta ja tämä kestää turvallisuuden kannalta liian kauan.

## 1.2 Opinnäytetyön tarkoitus

Opinnäytetyön tarkoituksena on luoda suunnitelma uuden laitteen käyttöönoton vaatimista muutostöistä sekä laitetilalle että koekäyttötalolle. Prosessin aikana selvitetään

nykyisten järjestelyiden toimivuutta ja pureudutaan mahdollisiin puutteisiin ja ongelma-kohtiin. Käyttäjä- ja huoltohenkilöstön ajatuksiin nojaten laaditaan suunnitelma uudesta laitetilasta sekä vaadittavien lisälaitteiden asennuksesta.

Yhtenä näkökulmana suunnittelussa on myös laitetilan paloturvallisuus. Ilmakäynnistimen tuottaman vuodatusilman lämpötila nousee yli 200 celsius asteeseen ja moottorin suihkuvirran lämpötila nousee parhaimmillaan yli 700 celsius asteeseen. Näin suurista luvuista puhuttaessa on myös ajateltava laitetilan paloturvallisuutta ja siihen liittyviä materiaalivalintoja.

### **1.3 Opinnäytetyön tavoitteet**

Opinnäytetyön tavoitteeksi mainitaan asetuksessa ammattikorkeakouluissa (352/03) mukaan, että ”Opiskelija kehittää ja osoittaa valmiuksiaan soveltaa tietojaan ja taitojaan ammattiopintoihin liittyvässä käytännön asiantuntijatehtävässä”. Kaiken tämän taustalla toimivat opiskelijan koulussa oppimat ammatilliset taidot. Tarkoituksena on siis jalostaa opittuja asioita käytännön työelämän asettamiin pulmiin ja haasteisiin.

Tämän opinnäytetyön tavoite on tarjota lentokonetekniikan suuntautumisvaihtoehdon tarjoamia oppeja ja tietoa suihkumoottorikäyttöisen lentokonemaalaitteen tuomista rajoitteista sekä vaatimuksista lopullisen laitetilan suunnittelua varten. Tavoitteena on myös huomioida kaikkien osapuolien asettamat toiveet uuden laitetilan suunnittelussa.

### **1.4 Opinnäytetyön rajaus**

Opinnäytetyö rajattiin siten, että se tarjoaa teknistä asiantuntemusta laitteen asettamista vaatimuksista laitetilalle ja luo kehykset tulevan rakennuksen suunnittelulle, materiaali- valinnoille sekä sijoittelulle. Sisältöön ei kuulu valmiiden rakennuspiirustusten laatiminen, koska se menee jo selvästi omien opintojeni ulkopuolelle. Rakennuksen toteutuksesta vastaa Senaatti-kiinteistöt ja heidän hankkimansa urakoitsijat.

## 1.5 Toimeksiantaja

Tämä opinnäytetyö on tehty Patria Aviationin toimeksiannosta vuoden 2013 keväällä. Patria Aviation on Patria konsernin ilmailuun keskittynyt osa, joka tarjoaa elinkaaren tukipalveluita pääasiassa viranomais- ja sotilaskäyttöön Pohjois-Euroopassa (ks. kuva 1). Tukipalvelut kattavat rungon, moottoreiden ja laitteiden huolto-, korjaus- ja modifiointipalvelut. Patria tarjoaa asiakkailleen myös varaosa- ja teknisen tuen palveluita sekä lentokoulutusta Malmilla, Tikkakoskella sekä Kauhavalla. Oheisesta kuvasta nähdään kuinka Aviation -liiketoiminta sijoittuu konsernirakenteeseen.



KUVA 1: Patria Aviationin sijoittuminen konsernin rakenteeseen (1)

Aviation -liiketoiminta jakautuu viiteen yksikköön, jotka ovat Aircraft, Engines, Helicopters, Training ja Engineering. Patria Aviation toimii Suomen Ilmavoimien päähuoltamona ja suorittaa kaikki suurimmat huollot sekä modifioinnit.

Opinnäytetyö laadittiin Aircraft yksikössä, rakennekorjaus osastolla, jonka vastuualueisiin kuuluvat myös maalaitehuollot.



## 2 ILMAKÄYNNISTIN MSU200T

### 2.1 Rakenne

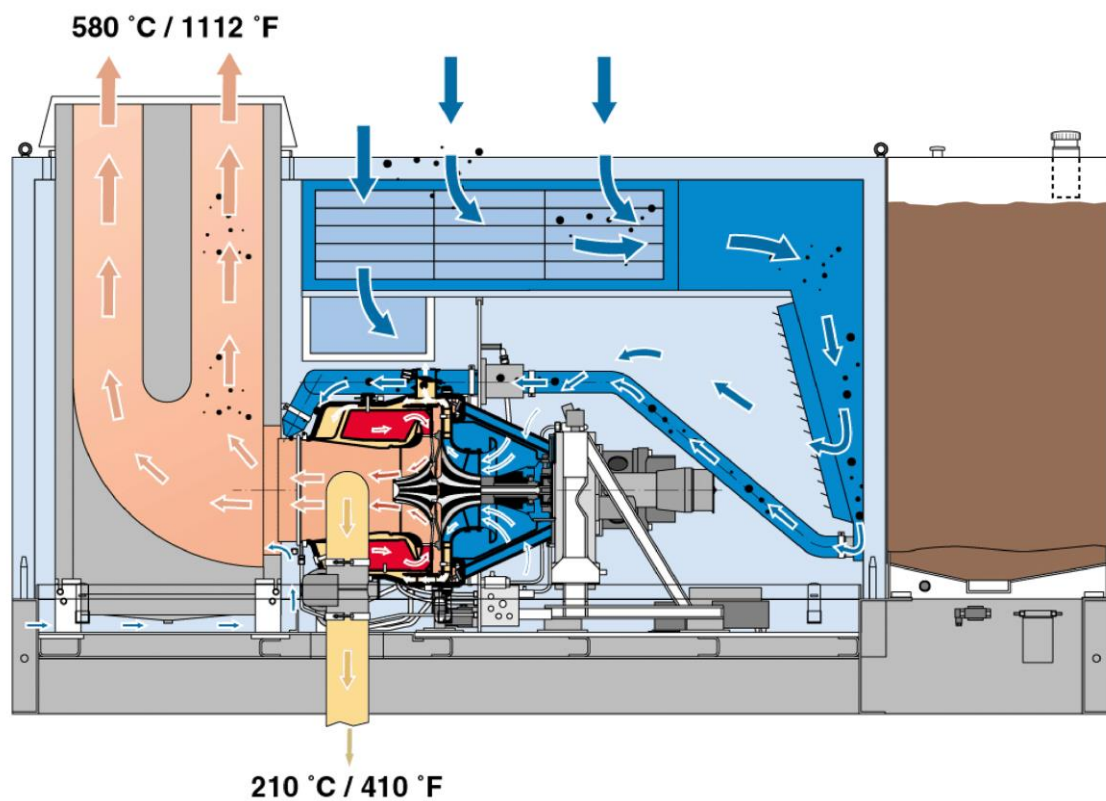
Laitteen valmistaja on saksalainen puolustusväline valmistaja Rheinmetall Landsysteme. Se on maalaite, jota käytetään myös monilla siviililentokentillä matkustajalentokoneiden moottoreiden käynnistämiseen ja ECS järjestelmien pyörittämiseen. Laitteesta on olemassa useita eri käyttötarkoitukseen suunniteltuja variaatioita, joilla se saadaan muokattua aina asiakkaan tarpeiden mukaisiksi. Laite voidaan esimerkiksi asentaa erilaisille alustoille, kuten auton lavalle, peräkärryn päälle tai kiinteästi maahan asennettuna. Patrian hankkima versio kantaa mallitarkennusta T eli Trailer, jolla tarkoitetaan peräkärri mallia (ks. kuva 2). Sen on siis tarvittaessa liikuteltavissa, jos käyttötarve on jossain muualla kuin normaalilla paikalla koekäyttötalossa.



KUVA 2. MSU200T -ilmakäynnistin (3)

Toimintaperiaate on yksinkertainen ja suihkumoottorikäyttöisissä laitteissa tyypillinen. Ahtimelle tuodaan ilmaa ilmanottokanavoita pitkin. Ilma puristetaan ahtimessa korkeampaan paineeseen, jonka jälkeen siitä osa vuodatetaan moottorista ulos ilmakäynnistys käyttöön ja loput ohjataan polttokammioon, jossa siihen sekoitetaan polttoainetta ja ki-

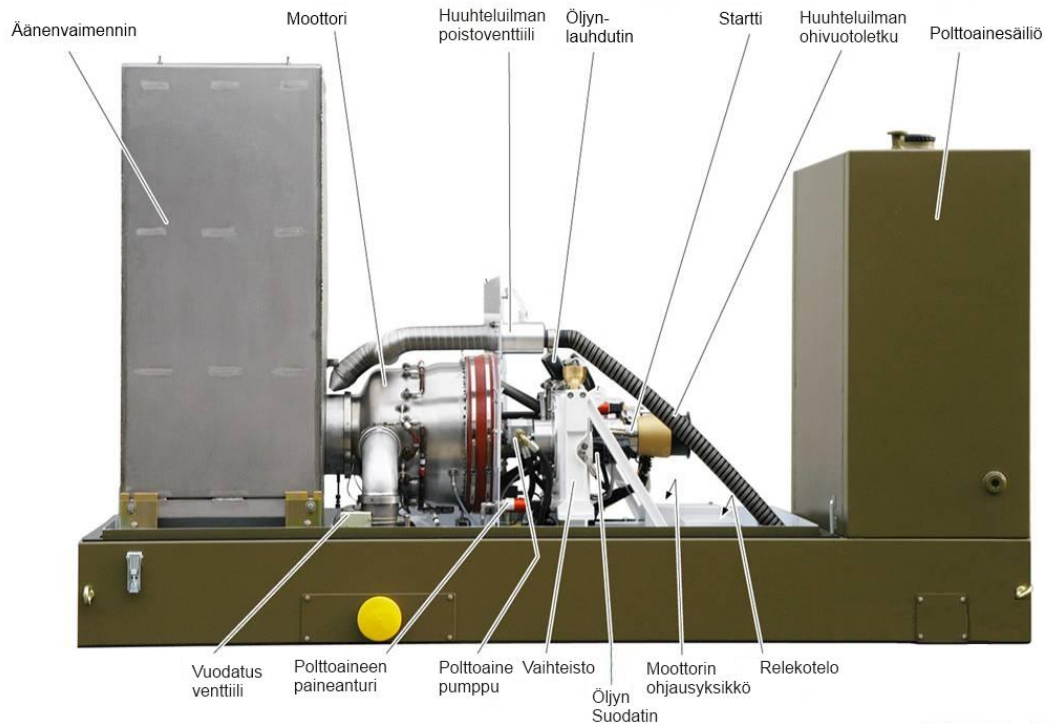
pinä sytyttämään polttoaine-ilma seos. Laajenevat palokaasut kulkevat turbiini siivistölle, josta voima muuttuu moottorin läpikulkevan akselin pyörimisliikkeeksi ja pitää moottorin liikkeellä. Palokaasut kulkeutuvat tässä tapauksessa suihkuputken kautta äänenvaimentimeen ja sieltä lopulta ulkoilmaan. Ilmanoton yhteyteen on rakennettu partikkelisuodatin, joka erottelee tuloilmasta kaikki suurimmat hiukkaset, joista voisi olla haittaa moottorin toiminnalle. Hiukkaset ohjataan erillisen huuhteluletkun kautta poistoilman sekaan ja sitä kautta ulos laitteesta (ks. kuva 3). Patrian ilmakäynnistin on tarkoitettu sijoittamaan erikseen rakennettuun laitetilaan, jonka kattoon rakennetaan poistoilmaa varten erillinen savupiippu.



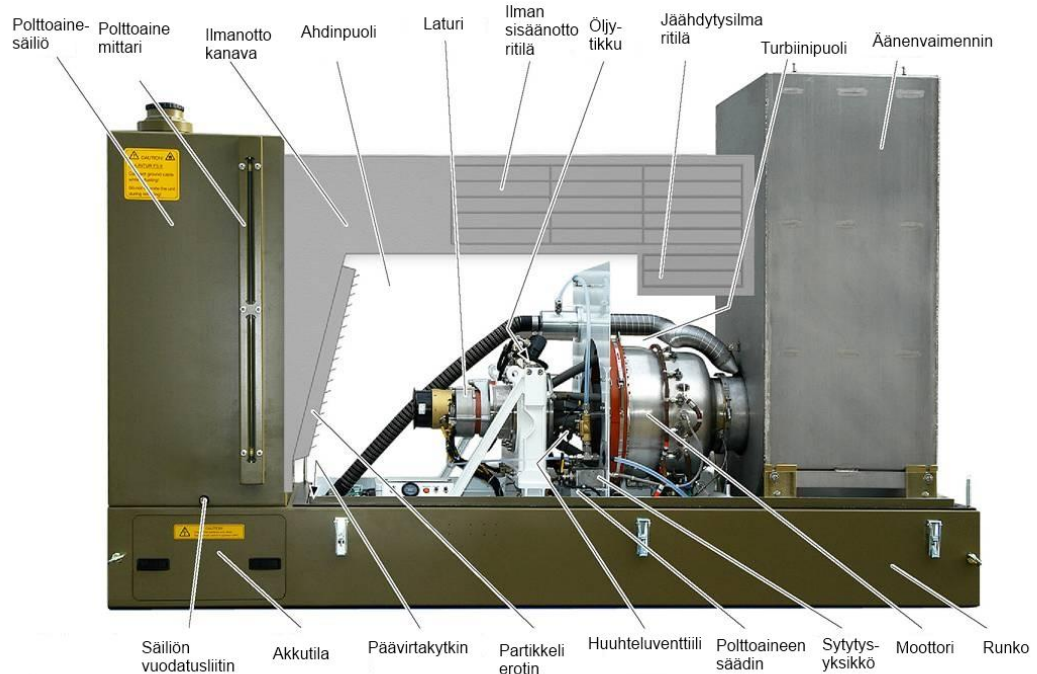
KUVA 3: Ilmakäynnistin MSU200T toimintaperiaate kuva (3)

Ilmakäynnistimen toiminnan mahdollistamiseksi siitä löytyy monia lisälaitteita, joilla koneen toimintoja valvotaan ja ylläpidetään. Laitteesta löytyy starttimoottori käynnistämistä varten sekä akut, joista se saa virtansa. Polttoaineen syöttöä valvotaan moottorinohjausyksiköllä ja polttoaineensäätimellä. Sytytyksen ohjaus tapahtuu sytytysyksikön sekä moottorinohjausyksikön yhteispelillä. Lisäksi laitteessa on monia antureita, joilla mitataan muun muassa poistuvien palokaasujen lämpötilaa, tuloilman laatua, polttoaineen painetta, öljyn lämpötilaa ja polttoaineen määrää säiliössä. Monien

antureiden funktiona on suojella laitetta itseään sekä kiinni kytkettyä lentokonetta ja varmistaa että tuotettu paineilma on puhdasta.



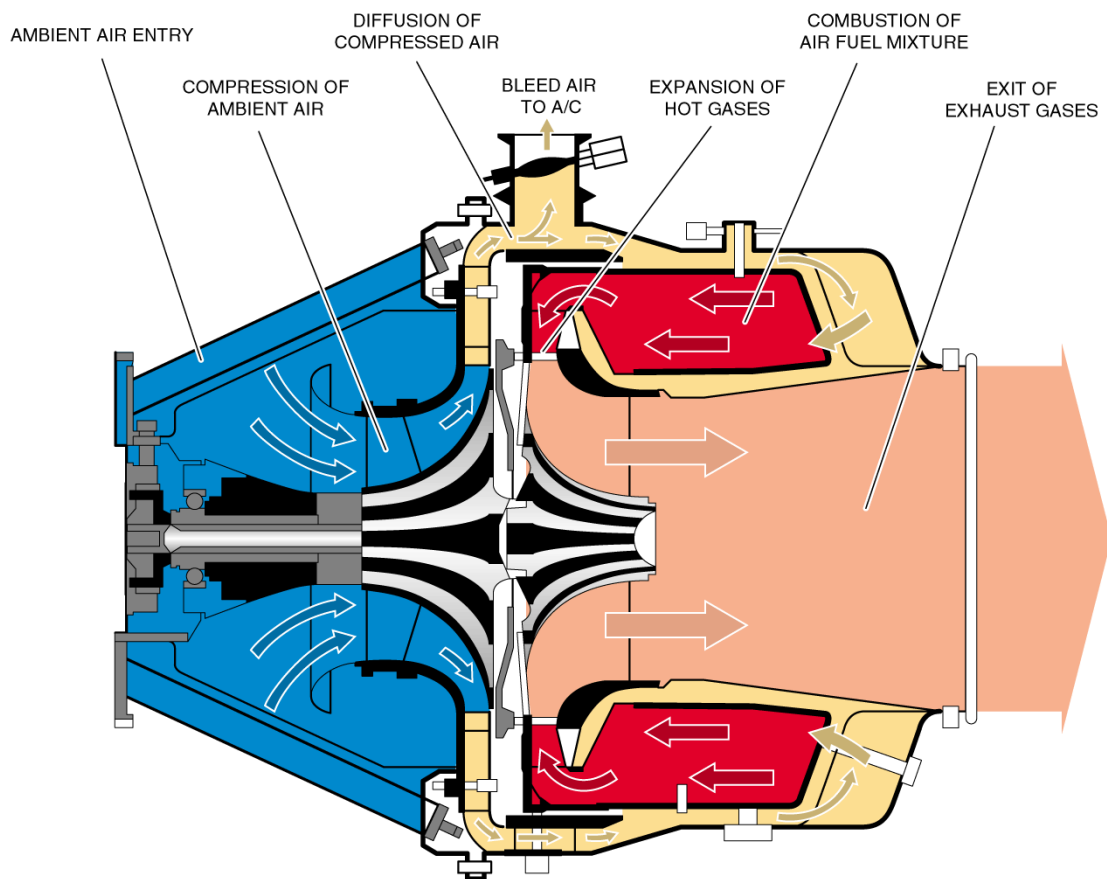
KUVA 4: Ilmakäynnistimen rakenne, vasen puoli (3)



KUVA 5: Ilmakäynnistimen rakenne, oikea puoli (3)

Valmistajan tietojen mukaan laitteen tuottama puhallusteho on riittävä käynnistämään kaikki tällä hetkellä käytössä olevat suihkumoottorit GE90 moottoriin asti. Käyttäjä ei

siis tarvitse useita erikokoisia laitteita lentokonetyypin vaihtuessa. Ilmakäynnistimen käyttövoimana voidaan käyttää joko Diesel polttoainetta tai lentopetrolia käyttäjän harkinnan mukaan. Ilmakäynnistimen suihkumoottorin valmistaja on Hamilton Sundstrand, joka tunnetaan 1.1.2013 jälkeen nimellä UTC Aerospace Systems, sen yhdistyttyä Goodrichin kanssa. Laite kuluttaa polttoainetta 200 litraa tunnissa ollessaan täydellä teholla ja tuottaa tuolloin 396 hevosvoimaa. Hamilton Sundstrandin valmistamassa suihkumoottorissa on radiaaliahdin sekä reverssipolttokammio, kuten kuvasta 6 käy ilmi.



KUVA 6: Hamilton Sundstrand PH-47 C3 -suihkumoottorin toimintaperiaate (3)

Kuvasta nähdään ilmakäynnistyksessä käytetyn vuodatuskanavan sijainti ahdinpuolen ja polttokammion välissä. Ahtimelta kulkee voimansiirtoakseli moottorin etupuolella sijaitseville starttimoottorille ja laturille.

## 2.2 Tekniset tiedot

### **Nimellisarvot 15 °C lämpötilassa, merenpinnantasolla (ei häviöitä):**

Vuodatusilman määrä: 1,54 kg/s

Kokonaisilmavirta: 4,5 kg/s

Vuodatuspaine: 3.86 bar abs

Vuodatusilman lämpötila: 215 °C

### **Käyttöympäristön vaatimukset:**

Käyttölämpötila: -32°C\* +52 °C

Korkeus merenpinnasta: 0 m - 2500 m

Kosteus: 0 % 100 %

\* Operoiminen -40°C lämpötilassa on mahdollista lisävarusteiden avulla

### **Paino:**

Mukaan lukien 400 litraa polttoainetta: 1 800 kg

### **Polttoaineet:**

Lentopetroli: Mil-T-5624 Grade JP-4 tai JP-5

Diesel: D 1655, Tyyppi A, A1 tai B sekä DF 1, DF 2

### **Öljy:**

MIL-PRF-23699F mukaista öljyä tai vastaavaa kaupallista laatua

### **Melu (täydellä kuormalla):**

85±2 dB 7 metrin päässä

### **Polttoainejärjestelmä:**

400 litraa, jolla voidaan käyttää laitetta kaksi tuntia täydellä teholla

### **Akku ja latausjärjestelmä:**

24 V/64 Ah/55 A

### 2.3 Laitteen käyttö

Ilmakäynnistin on suunniteltu käytettäväksi tilanteissa joissa lentokoneen omaa APU laitetta ei haluta tai voida jostain syystä käyttää. Syinä voivat olla taloudelliset syyt, kuten halu säästää APU:a kulutukselta tai huollon aiheuttamat rajoitukset. Paineilmalla voidaan esimerkiksi HN -hävittäjässä käynnistää moottorit, pyörittää runkovaihteistoa (AMAD) ja käyttää koneen ECS-järjestelmää (8). Ilmakäynnistintä käytetään Patrialla tiettyjen huoltojen jälkeen, koska vuodatusilma voidaan katkaista milloin tahansa ja keskeyttää moottorien käynnistäminen.

RML:n valmistamissa ilmakäynnistimissä on kolme toiminta tilaa: NO-LOAD, ECS ja MES. NO-LOAD on nimestäänkin pääteltävissä oleva kuormittamaton asento eli tyhjäkäynti asento. Tällöin laite ei tuota vuodatusilmaa ollenkaan vaan on toimintavalmiudessa.

ECS asennossa laite tuottaa riittävän määrään ilmaa, jotta lentokoneen ECS järjestelmät pyörivät ja avioniikan sekä matkustamon ilmastointi toimivat lentokentällä seisomisen tai koekäytön aikana. Tässä asennossa laitteen omat suojaukset saattavat katkaista paineilman syötön, jos laite havaitsee jonkin vian omassa toiminnassaan.

Viimeinen käyttöasento on käynnistysasento eli MES, joka aktivoidaan ilmakäynnistimen hallintapaneelin BLEED painikkeesta. Tällöin laite aloittaa vuodatusilman syötön letkua pitkin lentokoneeseen.

Laitteen polttoainemäärä tulee tarkastaa joko käyttöpaneelistä tai ilmakäynnistimen kyljessä olevasta asteikosta. Ilmakäynnistin ei käynnisty jos polttoainetta on alle 20 % säiliön tilavuudesta. Polttoainetta lisättäessä maadoituspiste on kätevästi laitteen polttoainesäiliön alaosassa.

### 2.4 Käyttöturvallisuus

Ilmakäynnistimen käyttöä aloittaessa tulee huolehtia, että käyttäjät ovat saaneet koulutuksen laitteen käytöstä. Uuteen ilmakäynnistimeen on suunniteltu monia turvallisuutta lisääviä ominaisuuksia. Ilmakäynnistin on hiljaisempi kuin edeltäjänsä, mutta silti on syytä käyttää kuulosuojasta, kun laite on käynnissä. Työterveyslaitoksen tiedotteen

mukaan yli 80 dB melulla on jo kuuloa vahingoittava vaikutus, jos sille altistutaan pitkiä aikoja. Ilmakäynnistimen tuottama melu on  $85\pm 2$  dB:ä 7 metrin päästä mitattuna, mikä ylittää 80 dB:n suosituksen.

Ahdintilan luukun kautta on suorayhteys moottorin ahtimelle. Tästä johtuen ahdintilan huoltoluukun reunaan on asennettu tappokatkaisin, joka sammuttaa laitteen, jos se jostain syystä avataan laitteen käydessä. Laite myös seuraa omien järjestelmien toimintaa BITE järjestelmänsä avulla. Se tutkii omaa toimintaansa ja varoittaa käyttäjää vikatilanteissa tai sammuttaa ilmakäynnistimen. Siitä löytyy antureita, joilla se tutkii käyntilämpötilaansa ja ilman virtausta.

Turvallisuutta on lisätty suunnittelemalla runko niin, että akut ovat erillisessä lokerossa, josta akkunesteet eivät pääse roiskumaan, vaikka akku räjähtäisi.

Ilmakäynnistimen kyljessä on myös HÄTÄ SEIS –nappi, josta laite saadaan välittömästi sammutettua. Tilaan on liimattava varoitus tarroja tai kylttejä, joissa muistutetaan pako-putken avaamisesta sekä laitteen kuumasta vuodatusilmasta ja suihkuvirtauksesta. Lämpötilat nousevat käytön aikana niin suuriksi, että palovammojen riski on todellinen poistoaukkojen läheisyydessä. Vuodatusilma tulee ulos laitteesta taipuisaa letkua pitkin. Letku on pituudeltaan 15 metriä pitkä ja halkaisijaltaan 100mm paksua. Se liitetään koekäyttötaloon lähtevään linjaan erillisellä sovitepalalla, joka löytyy nykyisestä laitteistosta. Letku kiinnittyy sovitepalaan klemmareilla ja koko letku on syytä varmistaa vaijerivarmistuksella, ettei letku pääse hallitsemattomasti karkaamaan, jos liitos tai letku pettää.

Laitetila tulee myös varustaa palovaroittimella, jonka antama varoitus tulee koekäyttötalon valvomoon, koska muussa tapauksessa sen antamaa varoitusta ei kuulla.

### 3 LAITETILA

#### 3.1 Nykyinen Laitetila

Vanhan ilmakäynnistimen suojaksi rakennettu laitetila on rakennettu pelti-polyuretaani-pelti levystä, jossa on pariovet sekä laitteen suikuputken jatkoksi rakennettu poistoilmaputki. Putki koostuu ulko- ja sisäputkesta, joista sisempi ei ole varsinaisesti kiinnissään, vaan makaa laitetta vasten. Tällä tavoin se on mahdollista tarvittaessa nostaa ylös ja laite voidaan hinata alta pois. Ilmakäynnistin on suunniteltu siten, että sadevesi valuu pois laitteesta, vaikka sitä joutuisi laitteen pakoputkeen. Lumen tai isompien roskien joutuminen laitteen sisään saattaa kuitenkin aiheuttaa ongelmia laitteen käytön kannalta. Tästä johtuen poistoputken harjalla on luukku, joka suljetaan käytön päätteeksi. Ilmakäynnistimen akkujen sekä käynnistämisen helpottamiseksi laitetilassa on pidetty lämpötilaa aina +10 celsius asteen yläpuolella. Tilan lämmityksestä huolehtii sähköpatterit, jotka on sijoitettu laitetilan sivuseinille. Sisääntulevalle ilmalle on tehty ritilälliset aukot ovien yläosaan, mutta käyttäjäosasto ilmoitti käyttävänsä laitetta yleensä ovet auki, jolloin ilman saanti varmistuu ja laitteen luokse on esteetön kulkumahdollisuus tarpeen vaatiessa. Laitetila on sijoitettu koekäyttötalon viereen siten, että pakoputken ja koekäyttötalon välinen etäisyys on noin kolme metriä. Tähän tulee jatkossakin kiinnittää huomiota, koska valmistajan ohjeistuksessa mainitaan, että laitetta ei saa käyttää alle kolmen metrin päässä rakennuksista tai lentokoneista.

Keskusteluissa Patrian henkilökunnan kanssa on ilmennyt, että suurimmat ongelmat nykyisen laitetilan kanssa ovat sen pieni koko sekä mahdollisuus unohtaa poistoilma-luukku kiinni käytönaikana, jolloin laite kuumenee ja rikkoutuu. Vahinkotapauksia on tapahtunut toistaiseksi vain yksi, jonka jälkeen on noudatettu erityistä huolellisuutta luukun avaamisen muistamiseksi. Laitteen käyttö vaatii myös käyttäjän läsnäoloa sitä operoitaessa, joka aiheuttaa turhaa kulkemista koekäyttötalon ulkopuolella. Poistoilmaputken luukku avataan laitetilan takana olevaa vartta käyttäen, jolla se myös lukitaan yläasentoon. Tähän on toivottu muutosta, koska talvella laitetilan ympäristössä on paljon lunta ja kopin taakse on työlästä ja ikävää kahlata.



## **3.2 Muutostyöt**

Uuden laittilan valmistamisen kannalta merkittävimpiä uudistuksia tulevat olemaan tilan selkeästi suurempi koko ja pakoputkeen kohdistuvat parannukset. Parannuksia ovat jousipalautteinen tappokatkaisu kytkin, jolla estetään laitteen käyttö kun luukku on kiinni, sekä toisena parannuksena luukun avausmekanismin suunnittelu niin, että se voidaan avata kätevästi laittilan sisältä. Vanha laittila tullaan purkamaan kokonaan, koska siitä ei voida hyödyntää juuri mitään ja on siksi helpompaa rakentaa alusta alkaen suurempi ja toimivampi kokonaisuus.

Tarkoitus on myös asentaa laittilan ja koekäyttöhallin välille jatkokaapeli, jolla laitteen käyttöpääte saadaan kytkettyä koekäyttötalon sisäpuolelle lähemmäs koekäytettävää lentokonetta. Kaukokäyttölaitteen sijoituspaikkana tulee olemaan koekäyttötalon sisäseinä, josta käsin ilmakäynnistintä voidaan tällöin operoida. Kaukokäyttölaite toimii johtoja pitkin jotka, täytyy asentaa koekäyttötalon muun sähköverkon rinnalle. Paneelin siirto koekäyttötilaan helpottaa koekäyttöjen aikaista työskentelyä, kun ulkona ei tarvitse käydä.

Laittilan turvallisuutta lisäävänä toimenpiteenä asennetaan laittilaan palovaroittimet, joiden antama hälytys aiheuttaa äänimerkin koekäyttötilan valvomossa. Näin varmistetaan, että mikäli laittilassa syttyy jostain syystä tulipalo, se myös havaitaan nopeasti.

## **3.3 Suunnittelu**

### **3.3.1 Lähtökohdat**

Suunnittelun lähtökohtana oli hyödyntää jo toimivia ratkaisuja, sekä parannella ongelmakohtia. Tästä johtuen uusi laittila on päällisin puolin hyvinkin samanlainen kuin vanha. Näkyvimvät muutokset ovat mittasuhteiden muutokset, jotka johtuvat uuden laitteen suuresta koosta. Suunnittelussa käytin AutoCad -ohjelmistoa, joka on tullut tutuksi monissa muissakin projekteissa.

Projektin alkuvaiheissa kävin huoltohenkilöstön kanssa tutustumassa nykyiseen laittilaan ja jo käytössä olevaan laitteistoon. Nopealla tutkimisella selvisi, että nykyinen tila

on selvästi liian matala sekä kapea, joten uutta laitetta ei saa edes ovesta sisään. Rakennus on noin kolme metriä leveä, neljä metriä syvä ja hieman yli kaksi metriä korkea. Perustusten tutkiminen talviolosuhteissa osoittautui todella vaikeaksi paksun lumen ja jään vuoksi. Päädyin kuitenkin olettamukseen, että perustukset ovat suurin piirtein samankokoiset kuin itse laitetila ja ne joudutaan myös uusimaan.



KUVA 7: Vanha laitetila

Yllä olevasta kuvasta nähdään kuinka laitetila sijoittuu koekäyttötilan läheisyyteen. Etäisyyttä rakennusten välillä on noin kaksi ja puoli metriä ja niiden välissä kulkee vuodatusilmaputki sekä sähkökisko. Vastaavaa asetelmaa tullaan myös soveltamaan uuteen laitetilaan.

Rakennukseen tulee sähkö, jota käytetään lämmitykseen ja valaistukseen. Seinissä on myös pistorasiat molemmin puolin laitetta tarpeen varalle. Ovet on varustettu ritiläkunoilla, joista korvausilmaa saadaan laitteen käyttöä varten. Ovet saa myös salvattua auki asentoon ja tämä onkin ollut käyttäjäosaston suosima tapa, koska kulku tilaan helpottuu.

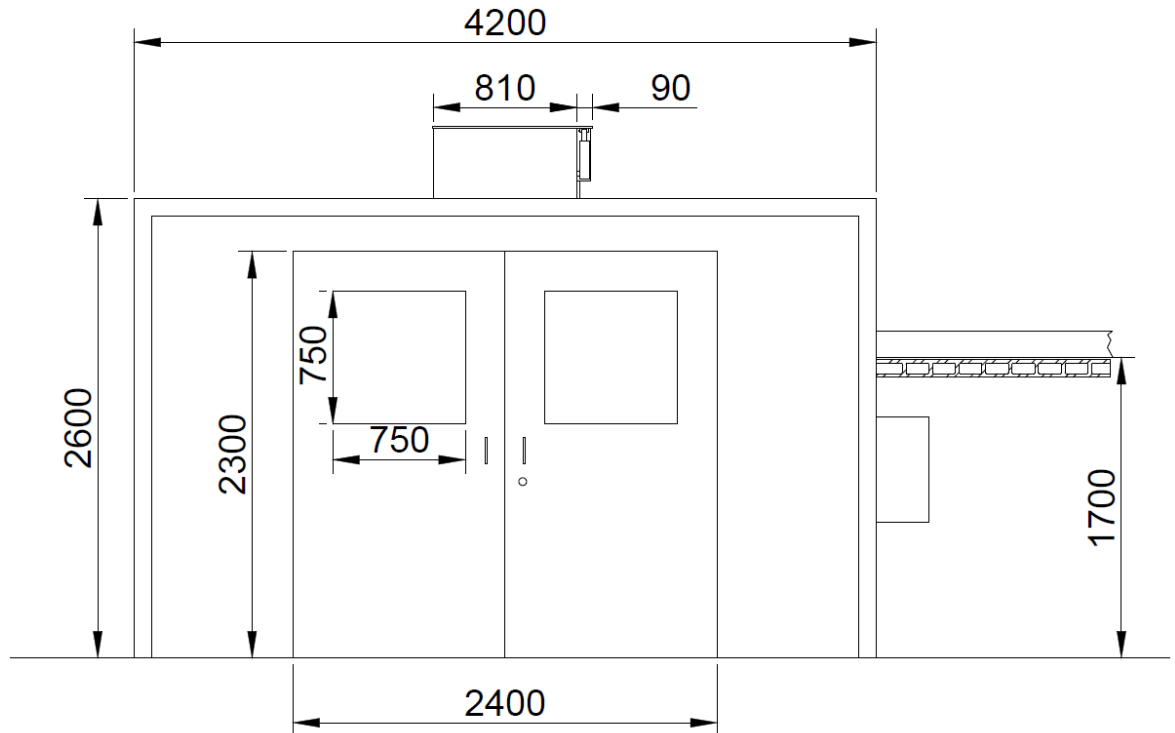
### 3.3.2 Uuden tilan suunnittelu

Uusi laitetila rakennetaan vanhan tilalle samalle paikalle siten, että rakennuksen etuseinä ja koekäyttötalon puoleinen kylki pysyvät samalla paikalla. Suunnittelun aluksi kävin tutustumassa itse laitteeseen, jotta saisin paremman käsityksen sen käytön vaatimista tiloista. Valmistajan ilmoittamat ulkomitat ovat: 3845x1750x2190 mm, mutta esimerkiksi laitteen huoltoluukkujen avaaminen leventää laitetta vielä noin 300 mm ilmoitettujen mittojen lisäksi. Polttoaineen täyttö tapahtuu laitteen päällä olevasta täyttöreistä ja siihen liitettävälle pistoolille sekä tankkausta suorittavalle henkilölle täytyy jättää riittävästi tilaa. Pituus suunnassa huomioon otettavia tekijöitä ovat peräkärnymallin vetoaisa sekä laitetilän takaseinustalla kulkeva vuodatusilmaputki. Vuodatusilman lämpötilan takia on myös huolehdittava, että putki kulkee vapaana eikä näin ollen kuumenna rakenteita. Putken läpivienti seinästä on myös eristettävä paloturvallisella villalla tai vastaavalla materiaalilla.

Huoltohenkilöstön toive on jättää laitteen ympärille myös työskentelytilaa, jolloin laitteelle tehtävät määräaikaishuollot ja -tarkastukset voitaisiin suorittaa laitetilassa. Käyttöastokin valitti nykyisessä tilassa olevaa ahtautta ja toivoi, että uuteen rakennukseen saataisiin järjestettyä enemmän liikkumatilaa. Keskusteluiden tuloksena päädyttiin lopputulokseen, että noin metrin levyinen alue laitteen sivuilla riittää perus huoltojen tekemiseen sekä liikkumiseen. Laitteen takana ja edessä ei ole huollon kannalta olennaista tilan tarvetta.

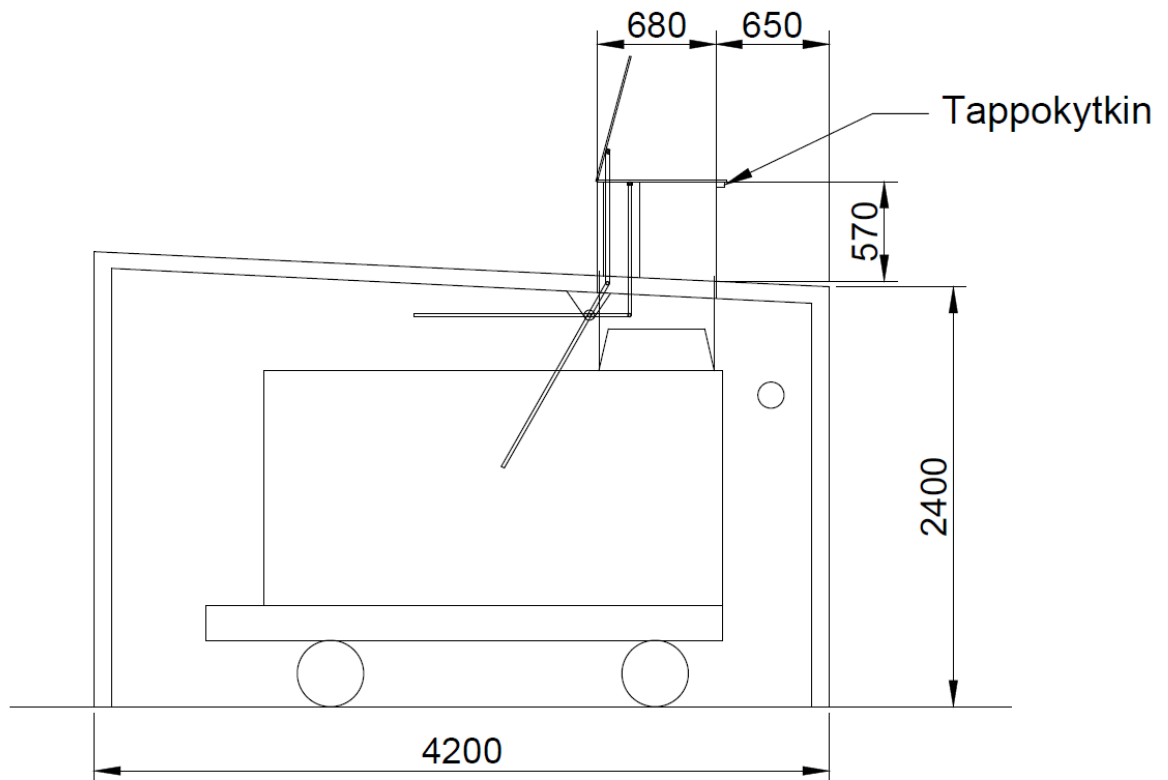
Näiden tietojen perusteella aloin suunnittelemaan uutta rakennusta, jonne uusi ilmakäynnistin saataisiin mahtumaan. Kuvasta 8 nähdään rakennuksen julkisivu puoli ja laitteen kannalta tärkeimmät mitat. Vuodatusputken sijainti on vakio ja säilyy nykyisellä paikallaan koekäyttötalon kyljessä. Vanhan rakennuksen purkua aloitettaessa se katkaistaan koekäyttötalosta tulevan ensimmäisen mutkan jälkeen. Katkaistun putken päähän hitsataan laippa, johon putki myöhemmin saadaan kiinnitettyä takaisin sekä väliaikainen adapteri kiinnittyy. Sähköjohdotusta voidaan osin hyödyntää nykyisessä muodossaan. Tilaan täytyy asentaa lämmityspatterit, valaistus sekä 230V pistorasioita molemmille sivuille. Vastaavat ominaisuudet löytyvät jo nykyisestä laitetilasta. Lisäksi ulkoseinään asennetaan punainen merkitty kaappi, jossa säilytetään sammutuspulloa. Oveen asennetaan lukko, jonka avainta säilytetään koekäyttötalossa merkityllä paikallaan. Oviin täytyy myös asentaa salvat, joilla ne pysyvät auki käytön ajan.

Rakennuksen kulmat sekä katto täytyy vahvistaa teräsprofiilia käyttäen, jotta se kestää lumikuorman ja mahdolliset katolla tehtävät huoltotoimet. Pakoputken ympäristö tulee myös vahvistaa luukun avausmekanismin kohdalta, jotta se kestää avauksesta aiheutuvat rasitukset.



KUVA 8: Laitetila edestä

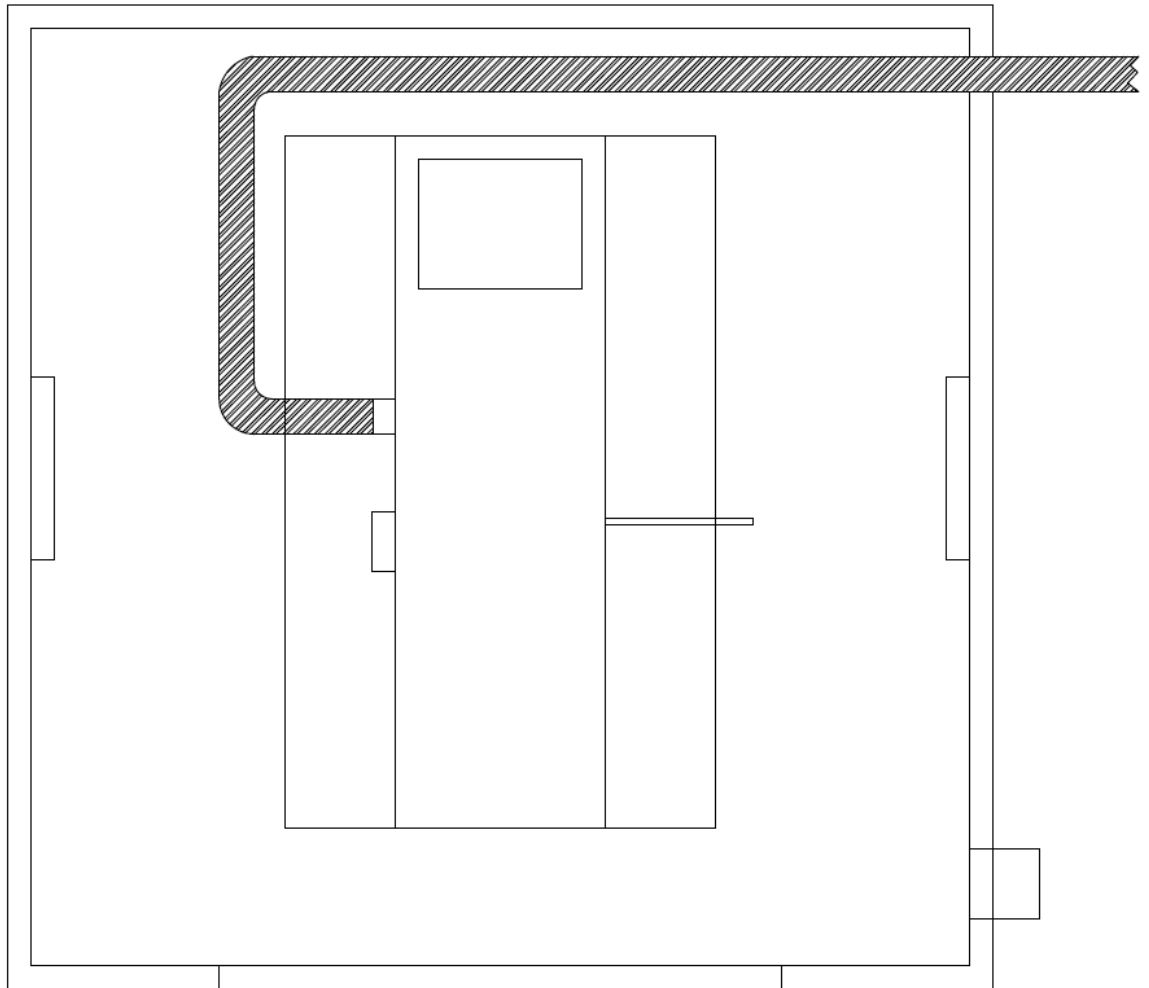
Ovissa on ollut tähän asti ritiläikkunat, jotka on mitoitettu niin, että ilmakäynnistintä voidaan käyttää ovet kiinni. Todellisuudessa kuitenkin ilmakäynnistintä käytetään aina ovet avoinna ja siksi ovissa olevat reiät aiheuttavat ainoastaan turhia lämmityskuluja talvella. Käyttäjäsoston kertomusten perusteella ovien ritiläikkunat voitaisiin jättää uudesta laitetilasta pois kokonaan. Ratkaisu ei kuitenkaan ole täysin toimiva, koska riski ovien sulkeutumiselle itsestään on olemassa esimerkiksi tuulen vaikutuksesta. Ikkunat voitaisiin kuitenkin eristää siten, että jos tilaan muodostuu alipaine niin ikkunoiden eristeet antavat ensimmäisenä periksi ja päästävät korvausilmaa laitetilaan. Tällä järjestelyllä lämpö pysyy normaalin varastoinnin aikana tallella ja silti varmistetaan, ettei synny vahinkoa, vaikka ovet jostain syystä sulkeutuisivat käytön aikana.



KUVA 9: Laitetila sivulta

Uuden tilan rakentamismateriaalina käytetään pelti-uretaani-pelti -elementtejä, joita on saatavilla sekä ulkoseinä, että kattoprofiili versioina. Niiden tueksi asennetaan teräksiset vahvikesalot kattorakennetta tukemaan sekä kulmien vahvikkeeksi.

Rakennuksen purkamisen yhteydessä vuodatusputki katkaistaan koekäyttötalosta tulevan ensimmäisen mutkan jälkeen. Putken päähän hitsataan standardi kokoinen 4,5” laippa, johon nykyinen adapteriputki sopii suoraan ja laitetta voidaan näin käyttää ja säilyttää koekäyttötalon kulmalla. Putkesta jäävään osaan hitsataan myös vastaava laippa, jolla se liitetään myöhemmin uuteen laitetilaan. Koekäyttötalon seinustalla oleva katos toimii sääsuojana väliaikaisen säilytyksen aikana ja käytön ajaksi laite siirretään pois katoksesta, koska ohjeistuksen mukaan laitetta ei saa käyttää minkään laitteen tai rakennuksen alla. Laitteen pakoputki tulee kuitenkin suojata peittämällä kun sitä ei käytetä, vaikka se onkin katoksessa.



KUVA 10: Laitetila ylhäältä

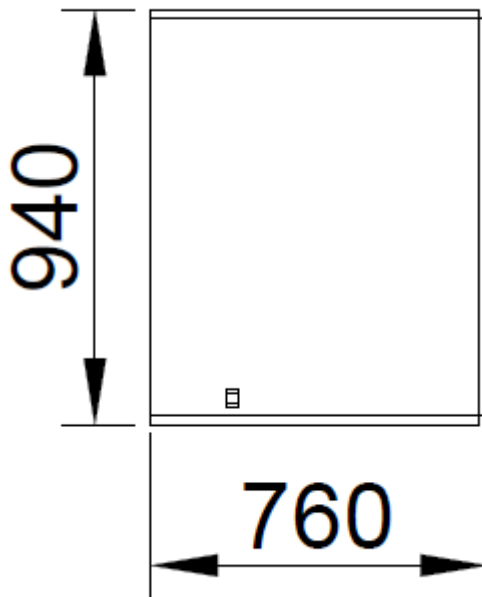
Tämän suunnittelun piirustuksien mitat ovat laitetilan vähimmäisvaatimukset, joita ei tule alittaa. Mittoja voidaan tietyin ehdoin suurentaa, jos se rakennuksen valmistamisvaiheessa on työn helpottamiseksi tai materiaalien valintojen kannalta perusteltua. Ehtoina ovat pakoputken paikan säilyminen laitteeseen nähden

### 3.3.3 Pakoputki ja poistoluukku

Ilmakäynnistimen pakokaasujen poistoa varten on rakennuksen katolle rakennettava laitteen pakoputken ympärille sopiva poistoputki, jolle leikataan kattoon sopivan kokoinen reikä. Suihkuvirran lämpötilan takia on se myös eristettävä muusta kattomateriaalista sopivalla paloeristeellä. Piipun materiaalina käytetään yhden millin vahvuista RST levyä, josta kanttaamalla muotoillaan sopivan kokoinen putki. Laitteen oman pakoput-

ken ympärille kantataan myös sopivan kokoinen sisäputki, joka sopii ulomman piipun sisään ja ohjaa näin suihkuvirtaa pakoputkeen. Sisäputken kiinnitys ilmakäynnistimeen tehdään pikalukoilla, joilla mahdollistetaan laitteen helppo liikuteltavuus laitetilasta pois.

Pakoputken päällä olevan sääsuojaluukun suunnittelussa haluttiin varmistaa, että se tulee aina avattua jos laitetta aiotaan käyttää. Vanhan mallin ilmakäynnistin on kertaalleen saatu rikki unohtamalla luukku kiinni, joka aiheutti ylikuumentumisen. Luukun reunaan onkin suunniteltu asennettavaksi jousipalautteinen tappokatkaisu, joka estää laitteen käytön luukku kiinni. Kytkin kytketään toimimaan kuten laitteessa itsessään oleva tappokatkaisin, joka sijaitsee ahdintilan huoltoluukun alla. Luukku itse valmistetaan ruostumattomasta teräslevystä. Reunoille tehdään 20 mm kanttaukset, kulmat hitsataan ja kanttaamattomalle pitkälle sivulle asennetaan vahva saranointi. Luukun oikean puoleiselle reunalle asennetaan avausmekanismia varten hankittu korvake.



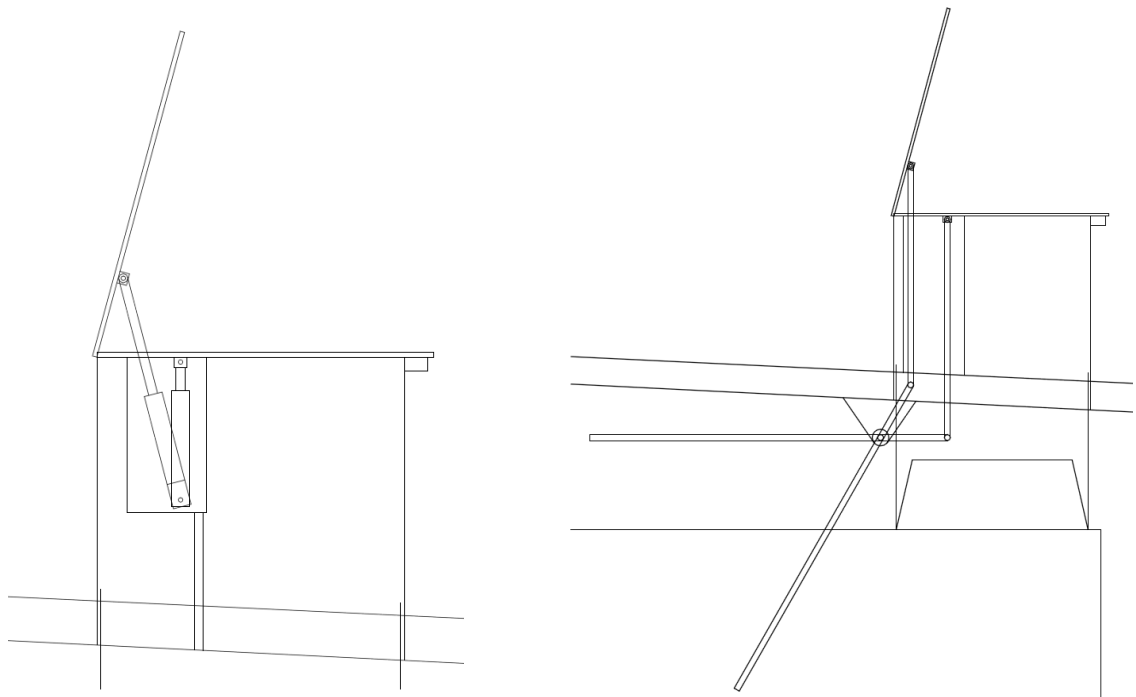
KUVA 11: Luukku

Uuden tilan suunnittelussa pyydettiin ottamaan huomioon myös poistoluukun avausmekanismien helpompi käyttö. Päädyin kahteen vaihtoehtoiseen ratkaisuun. Ensimmäisessä vaihtoehdossa pakoputken kylkeen kiinnitetään sähkösylinteri, jota ohjataan laitetilan sisältä. Sylinterin ympärille asennetaan suojalevy estämään sään vaikutuksia ja näin ollen lisäämään sen elinikää. Sylinterin ja pakoputken väli on eristettävä palonkestävällä

levyllä siten, että se ei myöskään lämpene liikaa ilmakäynnistimen käydessä. Käyttöpainikkeet asennetaan laitetilän sisälle seinään näkyvälle paikalle, muistutuskyltin läheisyyteen ja painikkeet merkitään selvästi AUKI ja KIINNI tekstein.

Toisessa vaihtoehdossa luukun avaus toteutetaan mekaanisella vipu välityksellä. Laitetilän seinälle asennettaisiin kahva jota käännettäessä se kiertää tilan katossa kulkevaa laakeroitua pyörötankoa, jonka päähän hitsattu vipu työntää päähänsä saranoitua tankoa ylöspäin ja avaa luukun (ks. kuva 12). Molemmissa tapauksissa mekanismit koteloidaan säältä suojaan.

Mekaanisen järjestelyn etu on sen varmatoimisuus ja helppo ohitettavuus. Vikaantuesaankin luukku voidaan manuaalisesti käydä avaamassa, joka sähkösylinterin kanssa on vaikeaa ilman erillisiä välineitä. Sähköisen avauksen etuna on sen vaivaton käyttö ja kompaktimpi rakenne. Suunnittelussa pohdin myös vaijeri välitteistä avausmekanismia, mutta sen jumiutumisen todennäköisyyttä pidettiin liian suurena ja vaihtoehdosta luovuttiin.



KUVA 12: Vaihtoehtoiset avaus mekanismit

Lopullisen päätöksen teki käytävä osasto, jonka työnjohdossa oltiin perinteisen vipuvälityksen puolella sen yksinkertaisuuden takia.



### **3.3.4 Kaukokäyttö**

Käytön helpottamiseksi on suunniteltu, että laitteen kyljessä oleva hallintapaneeli tuotaisiin koekäyttötalon sisälle. Kyseinen toimenpide mahdollistaa laitteen käytön suoraan koneen läheisyydestä ja näin ollen vähentää henkilöstön tarvetta kävellä ulos laite-tilaan. Muutostyön ajatus on lähtöisin ilmavoimien suunnalta ja heillä on tarvittavat tiedot vaadituista jatkojohdoista. Käyttöpaneelin takana on liitin, joten se on helppo liittää tarpeen mukaan joko koekäyttötalon puoleiseen päähän tai suoraan ilmakäynnistimeen.

Johdotuksia varten kävin mittaamassa koekäyttötalon sisälle tarvittavien johtojen pituuksia ja mittausten perusteella johdon tarve on noin 15 metriä. Tämän lisäksi johtoa tarvitaan vielä ulkona laitetilassa. On siis perusteltua varata käyttöön noin 30 metrin jatkojohto.

## **3.4 Toteutus**

Tämän opinnäytetyön tarkoitus on laatia suunnitelma uudesta laitetilasta, jota käytetään ehdotelmana uudesta laitetilasta MSU200T ilmakäynnistimen käyttöönotossa. Itse työt aloitetaan vasta kun ehdotus on hyväksytty ja tarvittavista järjestelyistä on sovittu Se-naatti-kiinteistöjen kanssa.

### **3.4.1 Läpivienti**

Kaikki tässä listatut työajat perustuvat arvioihin ja niiden tehtävänä on toimia suuntaa antavina tulevan rakentamisaikataulun suunnittelua varten. Arviossa oletetaan, että työntekijöitä on kaksi, materiaalit on hankittu ja käytössä on kaivinkone. Työt voidaan aloittaa heti kun hyväksyntä on saatu.

**TAULUKKO 1: Läpivientiaikataulu**

Työvaihe	Aika-arvio
Vanhan rakennuksen purku	1 päivää
Perustusten kaivaminen	0,5 päivää
Valu + kuivumisaika	1 viikko
Teräsrunгон kokoaminen	1 päivä
Pelti-polyuretaani-pelti elementtien ja ovien asennus	2 päivää
Pakoputken valmistaminen ja asennus	2 päivää
Vuodatusputken kiinnitys ja sähkötyöt	2 päivää

Taulukkoon listatut työt ovat valmistus järjestyksessä. Kokonaisaika työn valmistumiselle on noin 9 päivää ja perustusten lopullinen kuivuminen vie 10 viikkoa. Taulukossa 1 mainittua pakoputken ja vuodatusputkien hitsaukset voidaan esivalmistella perustusten kuivumisen aikana, jolloin läpivientiaika lyhenee yhdellä päivällä.

### 3.4.2 Kustannusarvio

Ohessa suunnitelman mukaisen laittilan kustannusarvio, joka on kerätty tarjousten ja arvioiden perusteella (ks. Taulukko 2).

**TAULUKKO 2: Kustannusarvio**

Työntekijöiden palkat	11 200 € (á 70 €/h)
Kaivinkone	700 €
Perustusmateriaalit	600 €
Elementti seinät ja katto	3500 €
Teräsrunko	300 €
Ovet	200 €
Vanhan laittilan purku ja hävitys	300 €
Yhteensä	16 800€

## **4 POHDINTA**

### **4.1 Tavoitteet**

Tavoitteiden saavuttamiseen olen saanut Patrialta paljon tukea ja apua aina sitä pyytäessäni ja mielestäni tämän tutkintotyön aikana onnistuin saavuttamaan annetut tavoitteet. Sain työssä sopivasti vastuuta ja pääsin soveltamaan oppimiani taitojani asiantuntijana ilma-alushuollossa käytetyn maalaitteen käyttöönoton suunnittelussa. Työ antaa myös tulevaisuudessa hyvät lähtökohdat uuden laittilan rakentamiselle ja laitteen käyttöönotolle.

### **4.2 Suunnitelma**

Suunnittelun aikana pyrin hyödyntämään vanhan järjestelyn hyväksi havaittuja puolia ja keskittymään suoraan ongelmakohtiin. Mielestäni onnistuin ratkaisemaan itselleni asettamani tavoitteet ja lopputulos vastaa toimeksiantajan kysyntään. Uuden tilan suunnittelussa on huomioitu myös kaikkien osapuolten toiveet ja kehitys ehdotukset, joilla käyttömukavuutta saataisiin lisättyä.

Käyttäjösaston yhteistyö suunnittelun aikana toimi erinomaisesti ja sainkin heiltä paljon arvokasta tietoa laitteen käyttöön liittyen. Heillä oli myös selkeä näkemys miten suunnittelemani ratkaisut tulisivat toimimaan ja näin ollen he osasivat ohjata suunnittelua haluttuun suuntaan. Uskon, että yhteistyön hedelmänä on kaikkien kannalta hyvin toimiva kokonaisuus.

### **4.3 Opinnäytetyön suorittaminen**

Työn kulku vastasi pitkälti omia odotuksiani ja toiveitani. Työn suorittamiselle oli helppo järjestää aikaa, koska sitä pystyi tekemään muun työn ohella. Onnistuin myös saavuttamaan itselleni asettamani aikarajat ja työ valmistui ajallaan. Opastusta ja tukea työn tekemiseen sai Patrian henkilökunnalta aina tarvittaessa.

Työn alkuvaiheessa luotin ehkä liikaakin omaan muistiini ja jouduin turhaan varmistamaan joitain asioita moneen kertaan. Suunnittelun aikana tehtyjen havaintojen kirjaaminen paperille alusta alkaen olisikin helpottanut tämän työn raportoinnissa huomattavasti.

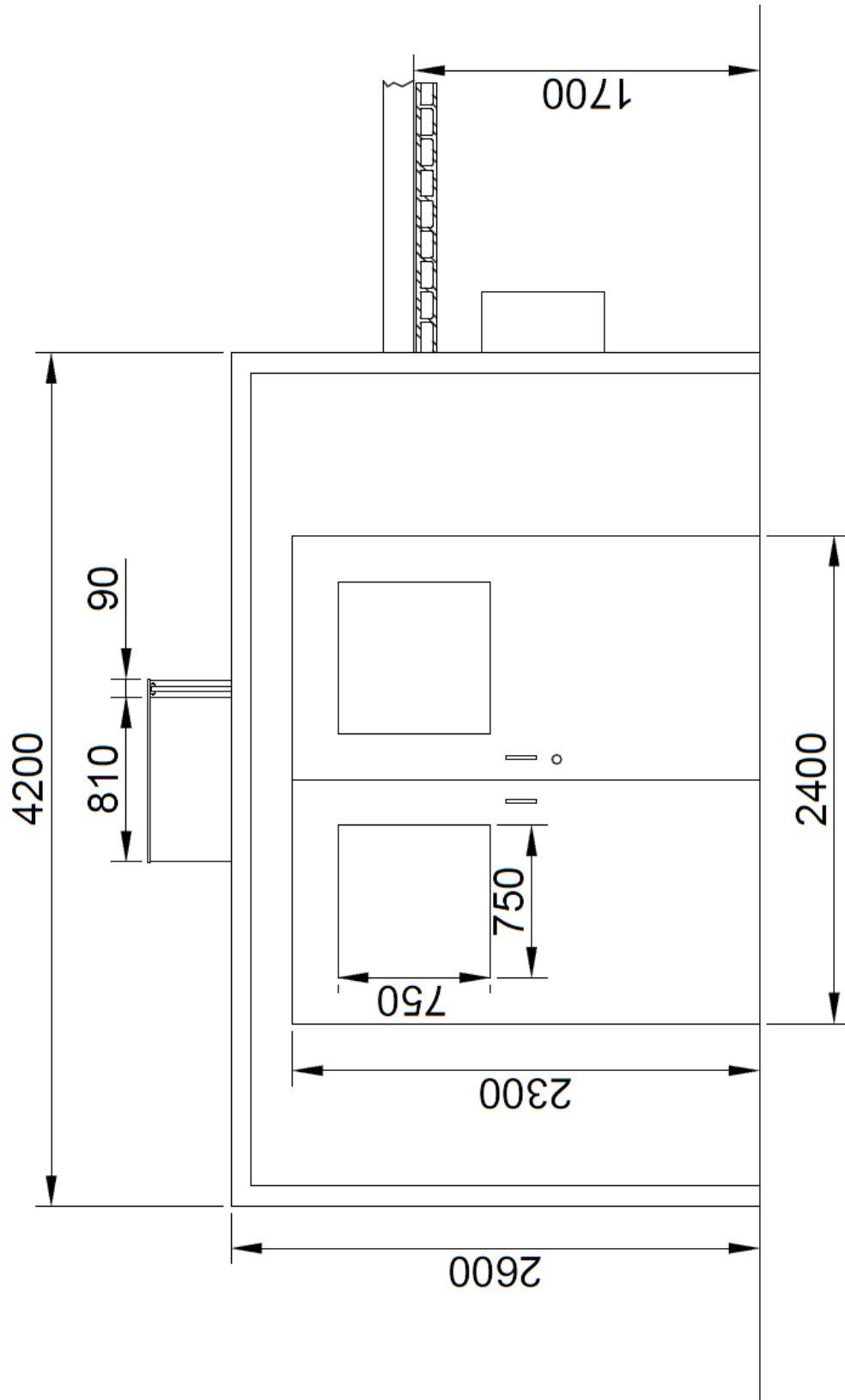
Opinnäytetyön aikana pääsin soveltamaan oppimiani tietoja oikeassa työelämässä ja sain arvokasta kokemusta tulevaisuuden haasteita ajatellen. Sain myös kokea, kuinka työyhteisön tuella vaikeammatkin asiat saadaan ratkaistua. Tahdonkin tässä kiittää opinnäytetyöni valvojaa Seppo Kuntalaa, sekä muuta Patrian henkilökuntaa saamastani tuesta ja mahdollisuudesta opinnäytetyön ja harjoittelujaksojen suorittamiseen.

## LÄHTEET

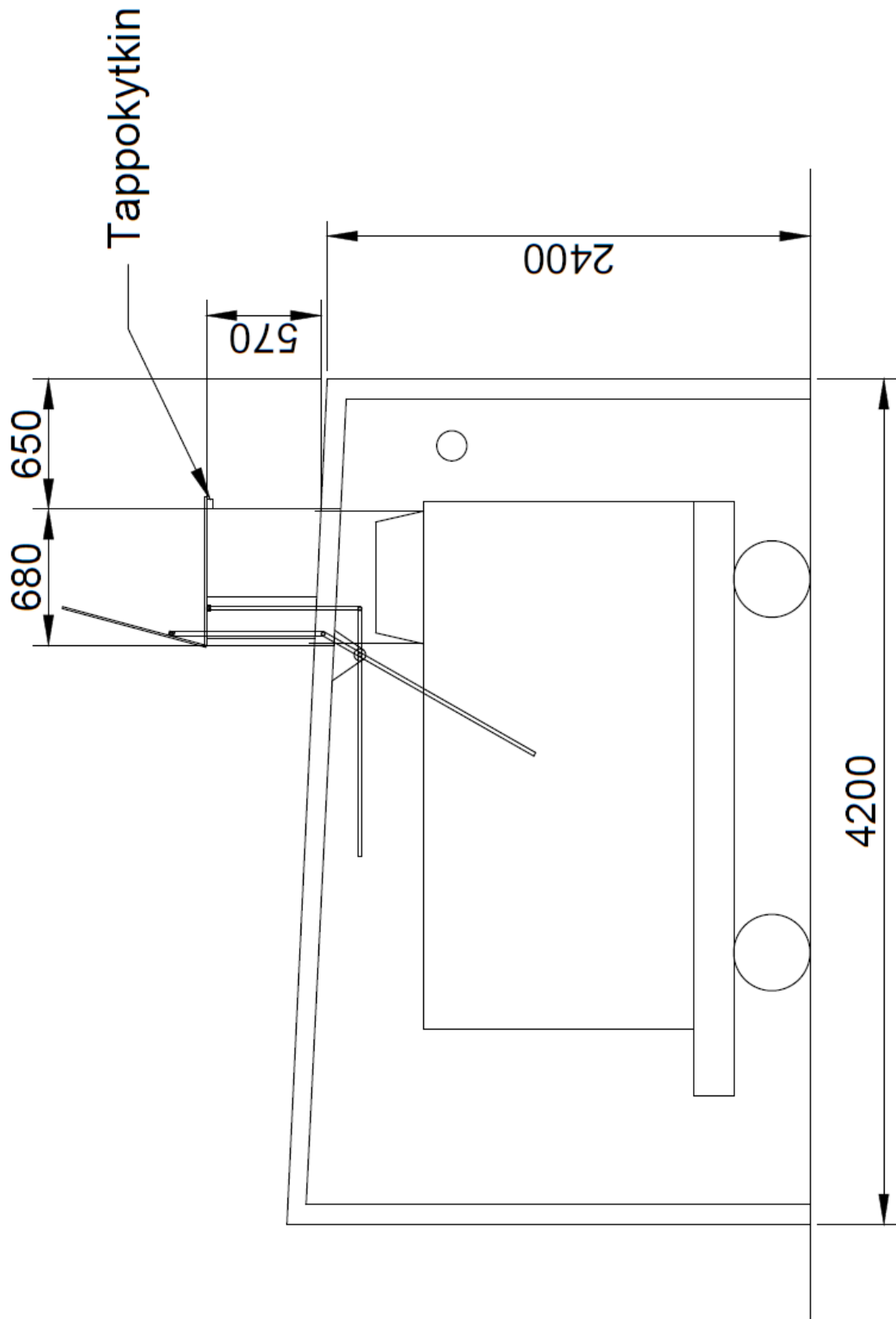
1. Patria Oyj. Lainattu 3.4.2013. www-sivu. Saatavissa: [www.patria.fi](http://www.patria.fi)
2. Rheinmetall Landysteme GmbH. 1.3.2008. System Manual MSU 200/400. Laitteen käyttöohje.
3. Rheinmetall Landysteme GmbH. 1.2.2008. MSU Training program. Laitteen koulutusmateriaali
4. Keskustelut rakennekorjaamon osastopäällikkö Seppo Kuntalan kanssa kevään 2013 aikana.
5. Keskustelut HN-osaston työnjohtaja Jari Rantalan kanssa kevään 2013 aikana.
6. Keskustelut maalaiteiden huoltohenkilöstön kanssa kevään 2013 aikana.
7. Patria Intranet. 3.4.2013. www-sivu. Ei saatavissa
8. Patria ohjetietokanta. Lainattu 3.4.2013. Sähköinen ohje MA-TO-LHN-017. Ei saatavissa.

**LIITTEET**

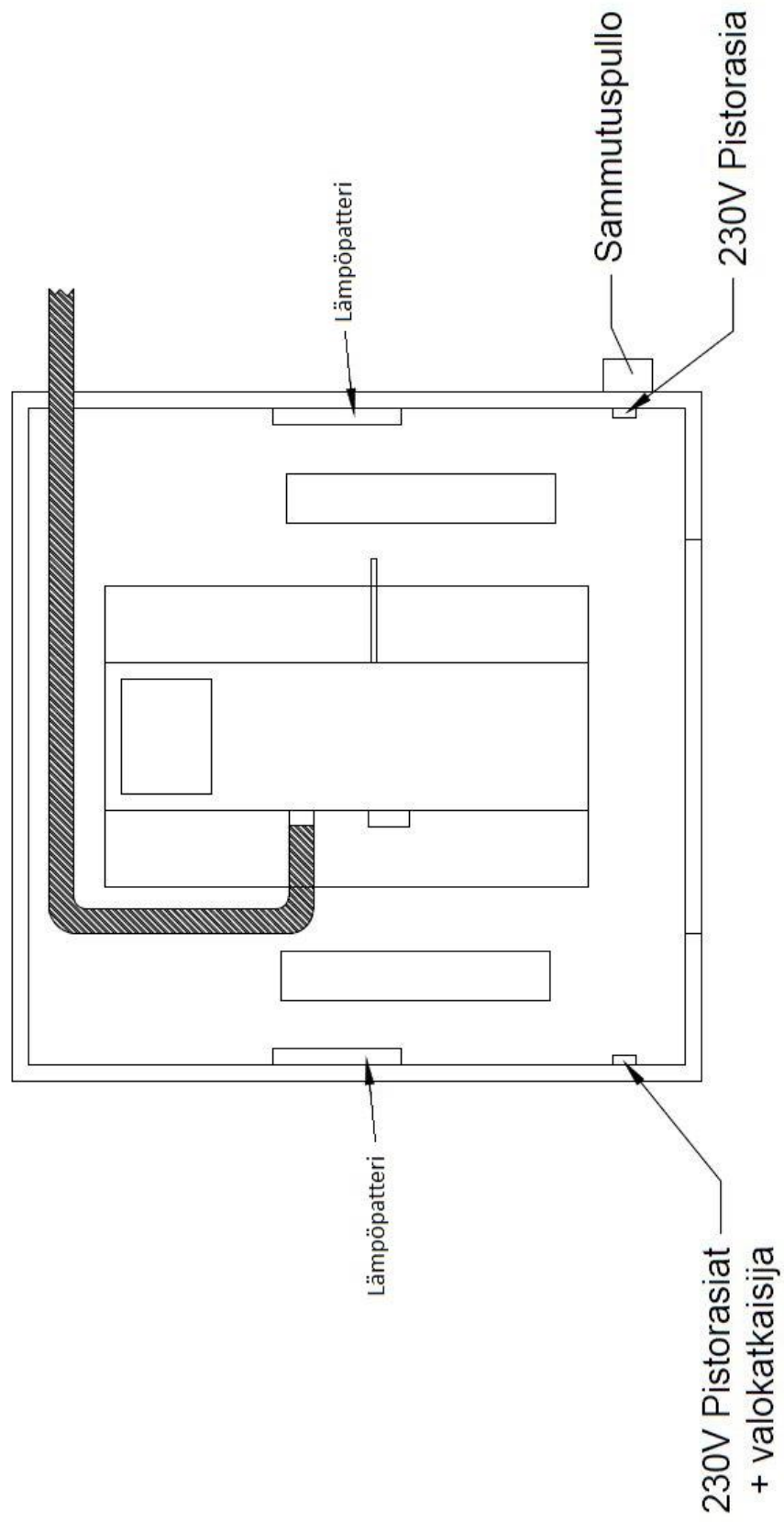
Liite 1. Laitetila edestä



## Liite 2. Laitetila sivulta



## Liite 3. Laitetila ylhäältä





## Liite 4. Pakoputken luukku

