



CESSNA 172M SKYHAWK II MOOTTORIN VALINTAPROSESSI

Steven Saarimaa

Opinnäytetyö
Tammikuu 2012
Kone- ja tuotantotekniikka
Lentokonetekniikka

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU
Tampere University of Applied Sciences

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Kone- ja tuotantotekniikka
Lentokonetekniikka

STEVEN SAARIMAA:

Cessna 172M Skyhawk II moottorin valintaprosessi

Opinnäytetyö 23 sivua, joista liitteitä 1 sivu
Kevät 2013

TAUSTAT: TAMK:iin saatiin projektikoneeksi keväällä 2013 Cessna 172M II Skyhawk. Lentokone oli vaurioitunut ja kunnostuksen tarpeessa. Kunnostuksen yhteydessä haluttiin valita koneelle uusi moottori, joka ei käyttäisi 100LL polttoainetta.

MENETELMÄT: Alussa määriteltiin pakolliset ominaisuudet, jotka jokaisen moottoriehdokkaan tulisi täyttää. Mahdolliset moottorityypit selvitettiin internet-hakujen ja valmistajien verkkosivujen perusteella. Moottoreiden hyvät ja huonot puolet selvitettiin ja johtopäätökset kunkin tyyppin sopivuudesta tehtiin niiden perusteella. Tärkein valintakriteeri oli hinta, joka saatiin yrityksiltä sähköpostitse.

TULOKSET: Moottorityypiksi päätettiin valita bensiinimoottori sen luotettavan historian sekä autobensiinin soveltuuden takia. Aircraft Spruce -yrityksen ACS-360 -moottori oli kaikkein halvin vaihtoehto.

JOHTOPÄÄTÖKSET: Bensiinimoottorit ovat edelleen johdonmukaisin vaihtoehto Cessna 172 -kokoluokan yleisilmailukoneille. Dieselmoottoreita on saatavilla, mutta niiden paino tekee niistä vaikeita sovittaa juuri tälle lentokoneelle.

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Mechanical and Production Engineering
Aircraft Engineering

STEVEN SAARIMAA:

Selecting an engine for the Cessna 172M Skyhawk II

Bachelor's thesis 23 pages, appendices 1 page
Spring 2013

BACKGROUND: A Cessna 172M Skyhawk II was brought to TAMK in the spring of 2013 as a project aircraft. The aircraft had been damaged and was in need of repair. A new engine was to be chosen and fitted during the repairs. The objective was to find an engine, which would not use 100LL avgas.

METHODS: At first, certain mandatory properties for the engines were chosen. Engine candidates were sought through internet searches and manufacturer websites. The pros and cons of every engine were defined and conclusions were made according to those. The most important selection criterion was the price, which was given by the manufacturers/retailers via email.

RESULTS: Out of the three engine types, the traditional gasoline engine was chosen due to its reliable history and compatibility with pump gas. The cheapest engine was the ACS-360 engine offered by Aircraft Spruce.

CONCLUSION: Gasoline engines are still the most rational choice for general aviation aircraft the size of the Cessna 172. Diesel engines are available, but their weight makes it difficult to fit them into our project aircraft.

Key words: cessna 172 skyhawk engine experimental avgas 100LL

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
1.1	Opinnäytetyön taustat ja esittely.....	6
1.2	Cessna 172 Skyhawk.....	7
2	TAVOITTEET JA VAATIMUKSET.....	9
2.1	Experimental-luokka.....	9
3	BENSIINIMOOTTORI.....	11
3.1	Yleistä.....	11
3.2	Moottoriehdokkaita.....	13
4	DIESELMOOTTORI.....	16
4.1	Yleistä.....	16
4.2	Moottoriehdokkaita.....	16
5	POTKURITURBIINIMOOTTORI.....	18
6	MOOTTORIN VALINTA JA VALINNAN PERUSTELU.....	19
6.1	Moottorin kiinnittäminen.....	20
7	LÄHDELUETTELO.....	21
8	LIITTEET.....	23
	Liite 1. Bensiinimoottoreiden vertailu Excel-tilukossa.....	23

LYHENTEET

TAMK	Tampereen ammattikorkeakoulu
hv	hevosvoima
h	aika, tuntia, hours
KTS	nopeus, solmua, knots
NM	etäisyys, merimailia, nautical miles
ft	etäisyys, jalkoja, feet
rpm	rounds per minute, kierroksia minuutissa
FAA	Federal Aviation Administration, Yhdysvaltain ilmailuviranomainen

1 JOHDANTO

1.1 Opinnäytetyön taustat ja esittely

TAMK:iin tuotiin vuoden 2013 tammikuussa Cessna 172M Skyhawk II – yleisilmailukone (OH-CTG) (Kuva 1). Kone vaurioitui pahasti epäonnistuneen jäälle laskeutumisen seurauksena. Kone päätyi TAMK:iin opiskelijoiden projektikoneeksi. Koneen omistaa tämän opinnäytetyön valvoja Jaakko Mattila.

Vauriokorjausten yhteydessä päätettiin, että koneen avioniikkaa päivitetäisiin ja moottori vaihdettaisiin. Lisäksi siirryttäisiin nokkapyöräohjaukseen. Moottorin vaihtoon oli muutamia syitä: haluttiin päästä eroon yksityisille kalliista 100LL lentobensiinistä ja saada koneeseen hieman lisätehoa, jotta siihen voitaisiin kiinnittää ponttonit vesikäyttöä varten. Kone tullaan rekisteröimään experimental-luokkaan (ks. kappale 2.1). Sopivat moottoriehdokkaat käydään tässä opinnäytetyössä vertaillen läpi.

Opinnäytetyöprosessin aikana näistä valitaan yksi ja tämän moottorin kiinnityksen suunnittelu kuuluu myös opinnäytetyön aihepiiriin.



Kuva 1 TAMK:iin tuotu Cessna 172M Skyhawk II. (1)

1.2 Cessna 172 Skyhawk

Cessna Aircraft Companyn yleisilmailukone Cessna 172 Skyhawk on yksimoottorinen, nelipaikkainen ylätasoyleisilmailukone (Kuva 2). Se on eniten valmistettu lentokone maailmassa; yli 43 000 kappaletta ja tuotanto jatkuu yhä (2). Ensimmäinen 172-malli lanseerattiin vuonna 1956. Koneen runko on pysynyt liki muuttumattomana tähän päivään asti. Moottoreita ja avioniikkaa on päivitetty tekniikan kehittyessä, vaikkakin koneessa on edelleen oletuksena lyijyllistä lentokonepolttoainetta käyttävä mäntämoottori. Koneen nimen perässä oleva kirjain, kuten tässä tapauksessa ”M” kertoo koneen version ja valmistusajanjakson. Skyhawk -nimen perässä voi olla myös ”II”, joka kertoo paremmasta varustelupaketista. (3)

Cessna 172:ssa on käytetty sekä Continentalin että Lycomingin moottoreita. Continentalin kuusisylinterisiä bokserimoottoreita käytettiin H-malliin saakka. Siitä lähtien 172:ssa on ollut Lycomingin suoravälitteinen, nelisylinterinen bokserimoottori. Näissä moottoreissa on ollut tehoa 150–180 hevosvoimaa. (3)

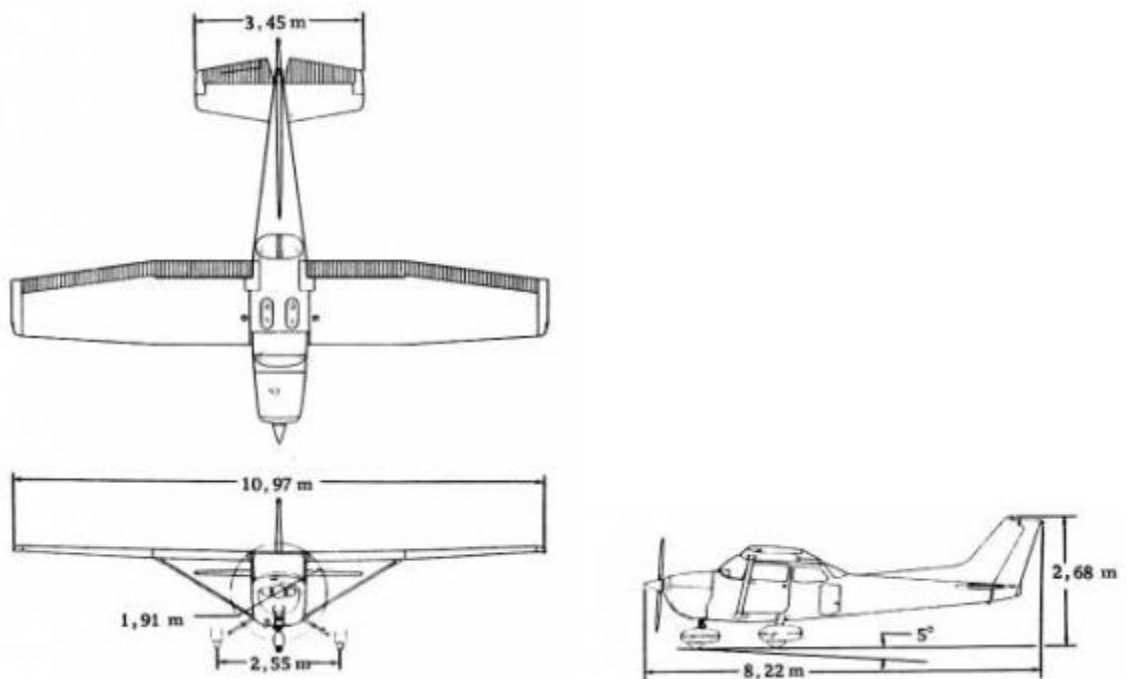
Cessna 172M:n ominaisuudet on lueteltu taulukossa 1 ja koneen mitat näkyvät kuvassa 3.



Kuva 2 Cessna 172R varustettuna vesikellukkeilla. (4)

Taulukko 1 Cessna 172M ominaisuudet (5)

Moottori	Lycoming O-320-E2D
Teho	150 hv
Huoltoväli	2000 h
Matkanopeus	122 KTS
Sakkausnopeus	44 KTS
Suurin käyttösäde	435 NM
Suurin käyttökorkeus	13100 ft
Suurin lentoonlätöpaino	1043 kg
Tyhjäpaino	606 kg
Suurin hyötykuorma täydellä polttoainekuormalla	323 kg
Lentoonlätömatka (merenpinnan tasolla, täysi kuorma)	264 m
Laskeutumismatka (merenpinnan tasolla, täysi kuorma)	159 m



Kuva 3 Cessna 172M mitat (6)

2 TAVOITTEET JA VAATIMUKSET

Moottorin valinnalle asetetaan siis seuraavat vaatimukset:

- Muu kuin 100LL-bensiniinä käytävä moottori
- Tehoa on oltava noin 180hv ponttonikäyttöä varten
- Moottorin painon oltava alle 150kg
- Moottorin on mahdollista projektikoneeseen
- Moottori ei saa olla alkuperäinen malli, jotta kone voidaan hyväksyä experimental-luokkaan

Mahdollisia moottorityyppejä ovat siis bensiinimoottori, dieselmoottori ja potkuriturbiinimoottori. Näitä moottorityyppejä vertaillaan seuraavissa kappaleissa.

2.1 Experimental-luokka

Experimental- eli koe- ja harrasteluokka on määritelty Euroopan ilmailuviranomaisen EASA:n mukaan näin:

Ilma-alukset, joihin ei sovelleta 4 artiklan 1 kohtaa, ovat ilma-aluksia, joiden tyyppihyväksyntätodistusta tai lentokelpoisuustodistusta ei ole annettu tämän asetuksen ja sen täytäntöönpanosääntöjen mukaisesti ja jotka kuuluvat johonkin seuraavista luokista:

a) ilma-alus, jolla on selkeä historiallinen merkitys ("lentävä museokone"), joka liittyy I) osallistumiseen merkittävään historialliseen tapahtumaan, tai II) huomattavaan vaiheeseen ilmailun kehityksessä, tai III) merkittävään asemaan jäsenvaltion asevoimissa, ja joka täyttää yhden tai useamman seuraavista perusteista: I) ilma-aluksen alkuperäisestä tyyppisuunnittelusta on yli 40 vuotta; II) ilma-aluksen tyyppin valmistaminen on lopetettu ainakin 25 vuotta sitten; III) jäsenvaltioissa on edelleen rekisteröitynä vähemmän kuin 50 alkuperäiseltä suunnittelultaan samanlaista ilma-alusta;

b) ilma-alus, joka on erityisesti suunniteltu tai muutettu tutkimus-, kokeilu- tai tieteellisiin tarkoituksiin ja jota valmistetaan todennäköisesti hyvin rajoitettu määrä;

- c) ilma-alus, josta vähintään 51 prosenttia on rakentanut harrasterakentaja tai voittoa tavoittelematon amatööriyhdistys omiin tarkoituksiinsa ja ilman kaupallisia tavoitteita;
- d) ilma-alus, joka on alun perin suunniteltu vain sotilastarkoituksiin;
- e) enintään kaksipaikkaiset lentokoneet, joiden sakkausnopeus tai vakaa lentonopeus laskuasussa on enintään 35 solmua kalibroitua ilmanopeutta ja jonka suurin hyväksytty lentoonlähtömassa on enintään: I) 300 kg yksipaikkaisten maalentokoneiden osalta; tai II) 450 kg kaksipaikkaisen maalentokoneiden osalta; tai III) 330 kg yksipaikkaisen amfibiolentokoneen tai vesilentokoneen osalta; tai IV) 495 kg kaksipaikkaisen amfibiolentokoneen tai vesilentokoneen osalta edellyttäen, että toimiessaan sekä vesi- että maalentokoneena se alittaa tarvittaessa molemmat suurinta hyväksyttävää lentoonlähtömassaa koskevat rajoitukset;
- f) liitimet, joiden rakenteellinen massa yksipaikkaisina on alle 80 kg tai kaksipaikkaisina alle 100 kg, mukaan lukien jaloilta lähtevät koneet;
- g) miehittämätön erityislaatuinen ilma-alus, jonka toimintamassa on alle 150 kg;
- h) muut ilmailussa käytettävät laitteet, joiden kokonaismassa ilman ohjaajaa on alle 70 kg. (7) (8)

Lentokoneen huoltamiseen ei tarvita lupakirjallista lentokonemekaanikkoa ja lisäksi experimental-luokitus antaa vapauden tämän projektin kaltaiseen moottorin vaihtoon käyttökustannusten pienentämiseksi. Rakennuslupa tulee anoa liikennevirasto TraFista ja rakennustöille pitää nimetä valvoja. Vaikka harrastajan rakentama lentokone ei voi saada tyyppihyväksyntää, sille myönnetään ensin lupa koelentoihin ja sen jälkeen rajoitettu lentokelpoisuustodistus. Koelentotunteja täytyy olla suoritettuna 45 tuntia ennen luvan hakemista. (9) (10) (11)

3 BENSIINIMOOTTORI

3.1 Yleistä

Yleisilmailukoneissa käytetään edelleen laajasti boksermoottoreita, vaikka 100LL-polttoaineen hinnan noustessa suuretkin lentokonevalmistajat kuten Cessna, ovat tuoneet markkinoille dieselkäyttöisiä lentokoneita. Suurimpia yleisilmailumoottoreiden valmistajia ovat Continental Motors ja Lycoming.

Yleisilmailumoottorit ovat perinteisesti tilavuudeltaan yli viisi litraa. Tämänkokoisilta moottoreilta saadaan matalilla kierrosluvuilla riittävä teho (esimerkiksi 150 hv) potkurille ilman alennusvaihteistoa. Moottorin ja potkurin kierrosnopeus on hyvä olla samaa luokkaa. Yleisilmailukoneiden potkurin kierrosnopeus on noin 2000–2500 rpm, sillä nopeampi pyöriminen aiheuttaa äänivallin rikkoutumisen potkurin lapojen kärjissä ja laskee potkurin työntövoimaa. Nämä moottorit käyttävät lyijyä sisältävää 100LL-polttoainetta. Moottori on suunniteltu toimimaan yhdessä polttoaineen lyijyn kanssa. Lyijy suojaa venttiilejä ja voitelee moottoria ja tämän takia autobensiiniä ei voi usein käyttää. Lyijyn huonona puolena ovat kertymät eri moottorin osissa. Kuva 4 näkyy tyypillinen nelisylinterinen yleisilmailumoottori.



Kuva 4 Lycoming O-320-H2AD –boksermoottori (12)

Jos halutaan käyttää tavallista, autoille tarkoitettua bensiiniä, esimerkiksi auton moottori voitaisiin asentaa kyseiseen projektikoneeseemme. Tällaisia yksilöllisiä

muutosprojekteja on tehty useita yksityishenkilöiden toimesta ja esimerkkejä löytyy runsaasti internetistä. Autojen moottorit kuitenkin tuottavat riittävästi tehoa (sama esimerkki 150 hv) vasta suuremmilla kierrosluvuilla, koska niiden tilavuus on pienempi. Jos potkurin teho otettaisiin suoraan moottorin kampiakselilta, potkuri pyörisi liian nopeasti. Autojen moottorille pitää suunnitella yksilöllinen alennusvaihteisto (Kuva 5). Voimansiirto tapahtuu alennusvaihteistossa leveällä hammashihnalla.



Kuva 5 Seat 1.9 TDI -moottorille tehty alennusvaihteisto. (13)

Joillekin yleisilmailumoottoreille on tehty kokeita autobensiinillä ja ne ovat saaneet muutoshyväksynnän ilmailuviranomaisilta. Sekä moottori- että runkovalmistajan on pystyttävä todistamaan, ettei autobensiinin käyttö aiheuta vaaratilanteita. Näitä todistuksia nimitetään yleisesti STC:ksi (Supplemental Type Certificate). STC:tä on eri tyyppisiä esimerkiksi moottorin tehon nosto, moottorin vaihto tehokkaampaan tai kuten tässä tapauksessa polttoaineen vaihtaminen. Tämän projektin tapauksessa STC:tä ei tarvitse ottaa huomioon, koska kyseessä on experimental-luokan kone. On silti hyvä tietää, millä moottoreilla on ennestään turvallisia kokemuksia autobensiinikäytössä. Autobensiinin pitää olla vähintään tiettyä oktaania eikä se saa sisältää lainkaan etanolia. Valmistajat kehoittavat silti käyttämään 100LL-polttoainetta moottoreiden sisäänajossa.

Autobensiini-termin käyttö saattaa tosin olla hieman harhaanjohtavaa Suomessa. Yhdysvalloissa on saatavilla vielä etanolittomia polttoainelaatuja. Moottoreita ei olla virallisesti hyväksytty käytettäväksi etanolipitoisilla bensiinilaaduilla, koska uhkana on

kumiosien eli esimerkiksi letkujen korrosio. Neste Oil tuottaa onneksi pienmoottoribensiiniä nelitahtimoottoreille, joka täyttää valmistajan antaman alimman oktaaniluvun (93) ja siinä ei ole etanolia. (14)

Suoritin puhelintiedusteluja 20.3.2013 selvittääkseni hintaeron 100LL-lentobensiinin ja pienmoottoribensiinin välillä. 100LL maaliskuun 2013 keskihinta oli 3,132€/l Pirkkalan lentoasemalla. Pienmoottoribensiiniä voi ostaa huoltoasemilta pienissä kanistereissa, mutta luonnollisesti litrahinta on tuolloin korkea. Soitin Neste Oiliin ja pyysin hintaa tuhannelle litralle, sillä se oli vähimmäismäärä, jolla ei tullut pientoimituslisäkustannuksia. Tampereen seudulle toimitettuna ja yhdessä erässä maksettuna tuhannelle litralle litrahinnaksi muodostui kesälaadulle 1,095€/l ja keskilaadulle 1,112€/l. Kesälaadun alin käyttölämpötila on -5 astetta ja keskilaadulle -15 astetta. Koneella ei tosin voi suorittaa tällä polttoaineella pidempiä reissuja, sillä saatavuus rajoittuisi vain kotikentälle. Polttoaineiden hintaero on hyvin suuri ja pienmoottoribensiini pitää mieltää tämän takia varteenotettavaksi vaihtoehdoksi.

Helppoin, mutta riskipitoisin vaihtoehto olisi tankata 98E5-autobensiiniä suoraan huoltamolta ja tarkkailla jatkuvasti esimerkiksi kaasuttimen tiivisteiden tilaa, joihin mahdolliset korrosio-ongelmat rajoittuvat. Nykyaikaisissa autonmoottorikokoonpanoissa on siirrytty etanolia sietävien kumien käyttöön, mutta tätä ei voi varmistaa moottorin hankintavaiheessa. Kumiosien vaihtaminen ei tosin ole kallista jos haluaa taata turvallisuutensa. Moottoreiden valmistajat kieltävät etanolipolttoaineen käyttämisen, todennäköisesti vastuun välttämiseksi onnettomuustapauksissa.

3.2 Moottoriehdokkaita

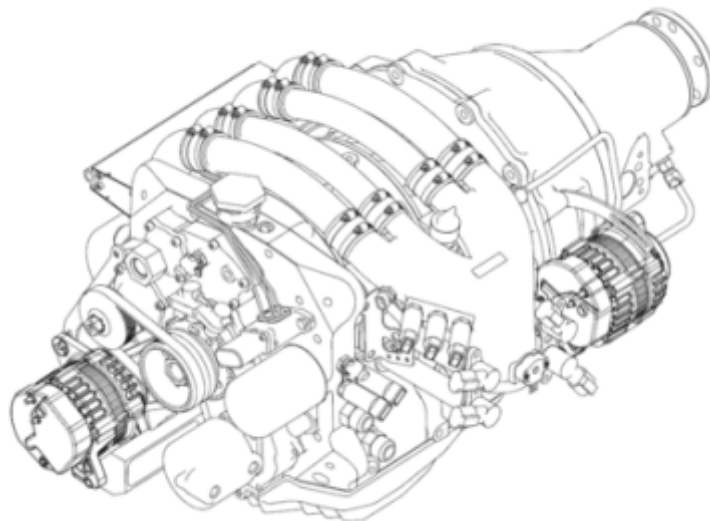
Ensimmäinen ajatus oli lähteä etsimään STC-muutoksen läpikäyneitä yleisilmailumoottoreita. Valitsemalla tällainen moottori, voitaisiin olla varmoja sen toimivuudesta autobensiinillä.

Olin alun perin katsellut Lycoming O-360 – moottoria mahdollisena ehdokkaana. O-360 on seuraavaa kokoluokkaa suurempi alkuperäisestä O-320-moottorista ja se tuottaa 180 hv tehoa. Lisäksi sille on jo olemassa STC, joka sallii autobensiinin käytön. Lycomingin

alkuperäiseen moottoriin on saatavilla runsaasti tarvikkeosia, jopa niin paljon, että kokonainen moottori on mahdollista rakentaa pelkistä tarvikkeosista. Näitä tarvikemoottoreita (englanniksi kit-engine) saa osina tai valmiiksi koottuna, riippuen valmistajasta. Tarvikkeosia ei ole sertifioitu, joka laskee hintaa huomattavasti.

Tarvikemoottoreita on vertailtu liitteessä 1. Moottoreiden tehot ovat vähintään 180 hv ja kaikissa voidaan käyttää autobensiiniä. Kaikilta valmistajilta en saanut sähköpostivastausta, joten niiden sarakkeet on vedetty viivalla yli osoittaen, että vaihtoehto on huomioitu, mutta saatavuus ei ole tiedossa.

Liitteen 1 vaihtoehtoista kaikki muut paitsi Mistralin G200 ovat Lycomingin O-360:tä vastaavia tarvikemoottoreita. G200 on sikäli kiinnostava vaihtoehto, että se toimii Wankel-periaatteella. Valitettavasti valmistava yritys ei vastannut sähköpostitiedusteluihini.



Kuva 6 Mistral G200 wankel-moottori.

”Mustana hevosena” ajattelin mainita QuietAviationin (Florida, US) myymää GM:n LS3 – moottoria, joka on käytössä Chevrolet Corvette – autossa (6,2l, 436 hv). Moottori käy siis täysin autobensiinillä ja moottorin tehoa pystytään säätämään valitsemalla oikeanlainen potkuri. QT430:ksi nimetyn paketin mukana tulee kaikki tarvittavat osat, kuten alennusvaihteisto, asennusohjeet ja kaksi lentokonekäyttöön tarkoitettua polttoainepumppua lisäämään toimintavarmuutta. Moottorinsuojaa pitää leikata ja muuttaa, jotta moottori mahtuu sen sisään. Moottoripaketin hinta on \$22 500 ilman

rahtikuluja. Asennus on jo suoritettu yhtiön sivuilla yhteen Cessna 172 – koneeseen (15) (Kuva 7) ja se on saanut experimental-luokan tyyppihyväksynnän (16) (17).



Kuva 7 GM:n LS3 asennettuna Cessna 172:een. (15)

4 DIESELMOOTTORI

4.1 Yleistä

Vaikka dieselmoottoreiden käyttö ilmailussa juontaa juurensa 1900-luvun alkupuolelta, ne eivät ole yleistyneet yleisilmailukoneissa muihin moottoreihin verrattuna huonon tehopainosuhteen vuoksi. Vasta viime vuosikymmenen aikana on alettu puhumaan uudelleen varsinkin turboahdettujen dieselmoottoreiden käytöstä ilmailupolttoaineen hinnan noustessa ja sen saatavuuden laskiessa. Monet uudet yritykset ovat yrittäneet saada jalansijaa luomalla omia dieselmoottoreitaan, huonolla menestyksellä rahoituksen puutteen vuoksi. Cessna on lähtenyt mukaan tukemaan dieselmoottoreita ja ranskalaisen SMA:n valmistama moottori tulee olemaan vaihtoehtona ostettaessa uutta Cessna 182 – konetta. (18) (19)

Kappaleessa 3.1 mainittiin, että autojen bensiinimoottoreita voidaan käyttää myös yleisilmailussa ja tämä pätee myös autojen dieselmoottoreihin. Nämä muunnokset vaativat runsaasti tietotaitoa, erehdyksen kautta oppimista ja lisäosia, mutta ovat mahdollisia. Suomalainen Pekka Hämäläinen on asentanut omaan Cessna 172:nsa Seatin 1,9-litraisen turbodiesel-moottorin. Kyseinen moottori on tarvinnut virittämistä, jotta riittävä teho ollaan saavutettu ja siihen on täytynyt itse suunnitella alennusvaihteisto. Hämäläisen projektia voi käydä katsomassa hänen kotisivuillaan: www.kotinet.com/hamalainen.pekka/

4.2 Moottoriehdokkaita

Kaupallisia dieselmoottoreita ei ollut montaa vaadittavassa teholuokassa. Jos autonmoottorin muuttaminen sopivaksi jätetään huomioimatta, lupaavia ehdokkaita olivat seuraavat moottorit:

- DeltaHawk DH180A4 (20)
- Austro Engine AE 300 (21) (22)
- SMA LE SR305-230E (23)

AE 300 ja SMA:n SR305-230E voidaan karsia pois välittömästi, sillä niiden paino liikkuu 200 kilogramman tietämällä ja ne ovat näin ollen liian raskaita projektikoneeseemme. Näiden moottoreiden asentaminen saattaisi olla mahdollista, mutta se vaatisi etuseinän ja nokkapyörän vahvistamista. Suuri paino koneen etuosassa muuttaa lisäksi painopistettä ja painopisteen siirtämiseksi pitäisi lisätä painoja koneen perään. Koneen massa kasvaisi tämän kaiken seurauksena huomattavasti ja tämä huonontaisi lento-ominaisuuksia kuten nousunopeutta. SR305-230E on nimellinen dieselmoottori, jonka Cessna tarjoaa vaihtoehtona sen 182-tyypin lentokoneeseen (Kuva 8) ja josta mainitsin kappaleessa 4.1.



Kuva 8 SR305-230E dieselmoottori asennettuna Cessna 182 -yleisilmailukoneeseen. (24)

Yritin ottaa yhteyttä Delta Hawkiin tiedustellakseni hintaa DH180A4-moottorille, mutta en ole saanut vastausta sähköpostiini. Yrityksen internet-sivut eivät anna tietoja DH180A4-moottorille, vaikka sieltä löytyy ominaisuusluettelo 160 ja 200 hevosvoiman moottoreille.

5 POTKURITURBIINIMOOTTORI

Vaikka potkuriturbiinimoottoreita käytetään yleensä raskaammissa lentokoneissa, ei ajatus pienen potkuriturbiinimoottorin mahduttamisesta yleisilmailulentokoneeseen ole suinkaan mahdoton. Potkuriturbiinimoottorin tehopainosuhte on hyvä ja ne voivat käyttää Jet A1 – lentopetrolia tai dieseliä. Rolls Royce, Pratt & Whitney ja GE ovat eräitä suuria potkuriturbiinimoottoreiden valmistajia.

Potkuriturbiinimoottoreiden kehittämiseen näin pienille lentokoneille ei ole kaupallisesti panostettu, eli tilanne on sama kuin muiden bensiinimoottoreiden vaihtoehdoksi suunniteltujen ideoiden kanssa. Kaupallisia vaihtoehtoja, jotka tarjoaisivat juuri Cessna 172:lle räätälöidyn moottoripaketin, ei ole. Ongelmana on usein moottorin pituus. Esimerkiksi Pratt & Whitney'n pienimmän potkuriturbiinin pituus on yli puolitoista metriä ja tämä aiheuttaa luonnollisesti painopisteongelmia. Potkuriturbiininmoottorin huoltaminen on paljon kalliimpi toimenpide kuin mäntämoottorin, sillä varaosien saatavuus on huonompi ja ne ovat kalliimpia. (25)

Lentokoneen käyttötarkoitukseen nähden tämä on mielestäni ylettömän vaikea ja epäkäytännöllinen vaihtoehto ja vaatisi enemmän työtunteja kuin nyt on saatavilla.

6 MOOTTORIN VALINTA JA VALINNAN PERUSTELU

Kolmesta moottorityypistä selkeästi paras vaihtoehto on bensiinimoottori. Tällä moottorityypillä on hyvä saatavuus ja huoltaminen on suhteellisen huokeaa tarvikevaraosilla. Moottorin paino on kolmesta vaihtoehdosta sopivin yleisilmailukoneesemme. Polttoainevertailussa dieselin hinta on nykyään liki sama kuin autobensiinin. Moottorin kiinnittämistä varten ei tarvitse tehdä mitään erikoismuutoksia, vaan tarvikemoottorit sopivat suoraan alkuperäisiin moottorikiinnikkeisiin. Automoottorikonversiota en suosinut, koska se vaatisi yksilöllisen alennusvaihteiston suunnittelua.

Tarvikemoottoreista valittiin se, jonka hinta oli alhaisin, koska moottorit olivat kaikki käytännössä identtisiä. Hintatiedustelut suoritettiin maaliskuussa 2013 sähköpostin välityksellä. Viesteihin vastattiin hitaasti jos ollenkaan ja kaksi ehdokasta täytyi tämän takia jättää pois. Jäljellejäävistä kolmesta moottoriehdokkaasta kaikki tarjosivat paketissansa kaasutinkäyttöisen moottorin, vakionopeuspotkurin ja moottorikiinnikkeen.

Halvimman tarjouksen antoi **Aircraft Spruce ACS-360** –moottoristaan. Listahinta on **\$25300** ja toimituskuluiksi arvioitiin **\$1000** Helsinki-Vantaan lentokentälle. Yhteiskustannukset ovat siis noin **\$26300**. Aircraft Sprucen internet-kauppaa lähemmin tarkastellessa huomasin, että kaasuttimella ja polttoaineen ruiskutuksella varustetut moottorimallit olivat saman hintaisia. Aero Sport Power tarjosi moottoriaan liki samaan ylläolevaan hintaan, mutta kaasuttimella.

Ruiskutusmoottorin etuna on esimerkiksi polttoaineenkulutuksen lasku. Lisäksi ruiskutusmoottorilla on pienempi riski sakkaamiseen, koska polttoaineen syöttöä häiritsevää höyrystymisilmiötä ei tapahdu niin herkästi kuin kaasutinmoottoreissa. Tämä höyrystymisilmiö on yleisempää etanolia sisältävää polttoainetta käytettäessä, sillä etanoli höyrystyy alemmassa lämpötilassa kuin bensiini. Höyrystymisilmiön ennaltaehkäiseminen vaatii polttoainepumpun sijoittamista polttoainesäiliöön ja/tai polttoainelinjojen eristämistä, jotta lämpötila ei pääse nousemaan höyrystymisen aikaansaamiseksi. (26)

Sähköpostiviestittely yrityksen kanssa on ollut jouheaa ja antaa luottamusta, että yhteydenottoihin vastataan jatkossa jos moottorin kanssa ilmenee ongelmia.

6.1 Moottorin kiinnittäminen

Aero Sport Powerin mukaan moottori voidaan asentaa suoraan vanhaan moottorikiinnikkeeseen. Moottori kiinnitetään pulteilla neljästä kohdasta kiinnikkeeseen ja kiinnike itse pultataan lentokoneen etuseinään. Moottorin olisi voinut valita sekä ”conical”- että ”Dynafoal #1”-kiinnikerungoilla. Valitsin Dynafoal #1:n, koska se on teollisuudessa yleisemmin käytetty ja moottorin värinä ei kokemuseräisten tietojen mukaan kulkeudu niin helposti ohjaamoon kuin perinteisemmissä ”conical”-kiinnikerungoissa. (27)

7 LÄHDELUETTELO

1. [Online] [Viitattu: 16. 2. 2013.]
http://www.ilmailu.org/gallery/albums/Uudelleenrakennetut-tai-muutetut-ilma-alukset/normal_OHCTG_PICT9562.jpg.
2. [Online] [Viitattu: 16. 2. 2013.] http://www.the-blueprints.com/blueprints-depot-restricted/modernplanes/cessna/cessna_172_skyhawk-18078.jpg.
3. [Online] [Viitattu: 16. 2. 2012.] http://en.wikipedia.org/wiki/Cessna_172.
4. [Online] [Viitattu: 16. 2. 2013.]
<http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/c8/CessnaR172KHawkXPC-GMNNonWiplineAmphibFloats.JPG>.
5. [Online] [Viitattu: 17. 2. 2013.] <http://www.premi-air.co.nz/singlespecs.asp?Model=Cessna+172M>.
6. [Online] [Viitattu: 17. 2. 2013.] http://www.the-blueprints.com/blueprints-depot-restricted/modernplanes/cessna/cessna_172_skyhawk-18078.jpg.
7. [Online] [Viitattu: 23. 2. 2013.] <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:079:0001:0049:EN:PDF#page=32>.
8. [Online] [Viitattu: 22. 2. 2013.] <http://fi.wikipedia.org/wiki/Experimental-lentokone>.
9. [Online] [Viitattu: 22. 2. 2013.]
http://www.trafi.fi/filebank/a/1320403274/2ad355806feceb5f02cf7a0369374a12/573-aim5_01.pdf.
10. [Online] [Viitattu: 22. 2. 2013.]
http://www.trafi.fi/filebank/a/1320403274/b6e5e074e23f6a29700e8ca9dc868b8f/574-aim5_02.pdf.
11. [Online] [Viitattu: 22. 2. 2013.]
http://www.trafi.fi/filebank/a/1320403274/19e4f4c4a8c20a965ec9975cd94bffd5/575-aim5_03.pdf.
12. [Online] [Viitattu: 17. 2. 2013.] http://p2.la-img.com/795/13796/4281298_1_1.jpg.
13. [Online] [Viitattu: 20. 3. 2013.]
<http://www.kotinet.com/hamalainen.pekka/takaaiso.jpg>.
14. [Online] [Viitattu: 20. 3. 2013.] <http://www.lycoming.com/support/tips-advice/unleaded-fuels/pump-gas-is-not-mogas.html>.

15. [Online] [Viitattu: 19. 2. 2012.]
http://www.quietaviation.com/images/large/QA_17.jpg.
16. [Online] [Viitattu: 22. 2. 2013.]
http://registry.faa.gov/aircraftinquiry/NNum_Results.aspx?NNumbertxt=46240&x=19&y=15.
17. [Online] [Viitattu: 19. 2. 2012.]
<http://www.quietaviation.com/programs/qtpower.html>.
18. [Online] [Viitattu: 25. 2. 2013.] http://en.wikipedia.org/wiki/Aircraft_diesel_engine.
19. [Online] [Viitattu: 25. 2. 2013.] <http://www.wired.com/autopia/2012/07/cessna-turbo-diesel/>.
20. [Online] [Viitattu: 28. 2. 2013.] www.deltahawkengines.com.
21. [Online] [Viitattu: 28. 2. 2013.] <http://austroengine.at/en/products>.
22. [Online] [Viitattu: 28. 2. 2013.]
<http://www.diamondaero.com/products/DA42NG/docs/AE300.pdf>.
23. [Online] [Viitattu: 28. 2. 2013.]
<http://www.smaengines.com/spip.php?rubrique2&lang=en>.
24. [Online] [Viitattu: 2013. 1. 2013.] <http://www.aerobuzz.fr/spip.php?article801>.
25. [Online] [Viitattu: 1. 3. 2013.] <http://www.pwc.ca/en/engines/pt6a-11ag>.
26. [Online] [Viitattu: 25. 3. 2013.] <http://www.carolinarovers.info/croc-stuff/tips/365-how-to-cure-fuel-line-vapor-lock>.
27. [Online] [Viitattu: 14. 3. 2013.]
http://www.glasair.org/Site/Members/Newsletter/Issues/11_4_83.pdf.
28. [Online] [Viitattu: 16. 2. 2013.]
http://www.avweb.com/news/aopa/AOPAExpo2007_Cessna_172SSkyhawk_DieselEngine_196294-1.html.

8 LIITTEET

Liite 1. Bensiinimoottoreiden vertailu Excel-taulukossa.

Moottori	Pituus (mm)	Leveys	Korkeus	Paino	Huoltoväli (h)	Hinta	Muuta
Mistral G200	972	615	484	132 kg	?	?	Ei-saatu yhteyttä
Superior Air Parts XP-360	833	849	610	130 kg	2000	\$20500	Ei-saatu yhteyttä
Aero Sport Power O-360	751	849	647	130 kg	2000	\$25400	
TITAN EXP KitEngine OX-360	739	849	608	130 kg	?	\$26100	Saksalainen jälleenmyyjä
ACS-360				130 kg	2000	\$25300	
Hintoihin ei sisälly toimituskuluja eikä mahdollisia tullauskuluja Euroopan Unionin ulkopuolelta.							
Alustavien sähköpostikeskustelujen mukaan toimituskulut ovat noin \$1000-1500 luokkaa.							
Huoltovälit ovat suuntaa-antavia, sillä sertifioimattomiin moottoreihin ei tarvitse tehdä huoltoväliselvitystä.							
Lähteet							
www.mistral-engines.com/content/view/full/576/item/592/offset/12							
www.superiorairparts.com/xp360.asp#							
www.aerosportpower.com/360.html							
www.dachsel.de							
www.eci.aero/exp/eng_FAQ.aspx							
http://www.aircraftspruce.com/catalog/eppages/acs360engine3.php							