



# Suosituksset ja ohjeet 25–100 kg painavien lennokkien lentokelpoisuuden arviointiin sekä lennätyspaikan vaatimukset V. 1.2



## 1. Yleistä

Lennokin rakenne on tärkeä osa turvallista lennätystoimintaa. Suurien lennokkien voimanlähteen ja ohjauslaitteiden tekniikkaan, näiden kuormituskestävyyteen ja luotettavaan toimintaan tulee kiinnittää erityistä huomiota. Rakenneratkaisujen tulee olla oikein suunniteltu ja valmistettu. Tämän lisäksi lennokin kuntoa tulee valvoa säännöllisesti ja huolehtia siitä, että se on asianmukaisessa lentokunnossa jokaisella lennolla. Lennokin ohjaajan tulee pitää yllä omaa osaamistaan ja siitä, että tuntee lennokin suorituskyvyn sekä sen rajat ja pystyy lennättämään sitä aina käytettävissä olevan ilmatilan ja vallitsevan sään, ympäristön, kentän ja yleisön kannalta turvallisesti.

Nämä suositukset ja ohjeet on tarkoitettu erityisesti yli 25 kg painaville lennokeille. Niitä voidaan soveltaa myös tätä kevyempään kalustoon. Lennokkien tekniikan ja rakenteiden vaatimukset kasvavat merkittävästi jo noin 10 kg omapainosta alkaen. Tällöin usein siirrytään käyttämään monisyylinterisiä moottoreita, otetaan käyttöön voimakkaampia ja korkealuokkaisempia toimilaitteita kuten servoja ja ohjausjärjestelmiä kahdennetaan.

Lennokkien piirustukset ja tekniset ratkaisut tarkistetaan ennen projektin alkua. Niiden rakenteita suositellaan koekuormittamaan ja tekemään lennokeilla koelento. Lennokista tulisi laatia myös käsikirja.

Tämä dokumentti perustuu saksalaiseen 25–150 kg lennokkien katsastusvaatimukseen, joita on sovellettu Suomen olosuhteisiin sopiviksi

## 2. Suorituskyky

Turvallisuuden kannalta on tärkeä ymmärtää lennokin suorituskyky. Sillä tarkoitetaan kykyä suoriutua lennosta eri tilanteissa. Erittäin tärkeä on tietää suorituskyvyn rajat, sillä niiden ylittäminen johtaa suurella todennäköisyydellä lennokin hallinnan menetykseen.

### 2.1 Ohjattavuus

Lennokin täytyy olla turvallisesti hallittavissa ja sen ohjattavuuden tulee olla riittävä:

- a) lentoonlähdessä
- b) lennossa (mukaan luettuna nousukiidossa, vaakalennossa ja laskukiidossa)
- c) laskussa
- d) maassa rullatessa

Eri tilanteissa käytettävät laskusiivekkeiden asennot määritellään tarkastuslentoa varten.

### 2.2 Tarkastuslento

Tarkoitukseen sopivan tarkastuslennon avulla osoitetaan, että lennokka täyttää tässä kappaleessa esitetyt vaatimukset. Tarkastuslennolla tulisi käyttää kriittisiä painojen ja painopisteen yhdistelmiä. Tarkastus tehdään sellaisissa tilanteissa, joissa lennokkia on tarkoitus normaalistikin käyttää (esimerkki: lentojarrut, laskusiivekkeet, laskutelineiden asennot, pudotettava lisäpainot, jarruvarjo, hinauslento).

### 2.3 Kuormauksen rajat

Lennokin käsikirjassa tulisi olla määriteltynä turvallisten painojen ja painopisteiden raja-arvot.

Painopiste tulisi tarkistaa polttoainesäiliö tyhjennettynä ja täytettynä. Jos polttoainesäiliö ei sijaitse painopisteessä, niin sen täyttöasteella on vaikutus painopisteen sijaintiin.

### 2.4 Omapaino ja suurin sallittu lentoonlähtöpaino

Lennokin omapaino (tyhjämassa) muodostuu lennokin painosta, mukaan luettuina kiinteät lisäpainot ja muu kiinteästi kuuluva varustus. Omapainoon luetaan myös vähäinen määrä polttoainetankkiin jäävää käyttämätöntä polttoainetta. Omapainoon ei lasketa lennokkiin kiinnitettävää kuormaa eikä tankattua polttoainetta.

Lennokin suurin sallittu lentoonlähtöpaino muodostuu omapainosta, tankatusta polttoaineesta ja mukana olevasta lisämassasta. Jos lisämassa ei sijaitse painopisteessä, niin se on huomioitava painopisteen paikkaa määritettäessä.

### 2.5 Painorajat

Suurin sallittu lentoonlähtöpaino määritellään siten, että se on korkeintaan sen suuruinen, mitä tämän ohjeen mukaan tehdyssä tarkastuksessa on todettu.

### 2.6 Maassa tapahtuva tarkastus

#### **Painopisteen paikka**

Kappaleessa 2.3.2. mainitun omapainon yhteydessä tulee määritellä sitä vastaava painopisteen paikka. Painopiste tulee merkitä siten, että lennokin painopiste on mahdollista todeta ja tarvittaessa säätää lennokin painopistettä vastaamaan merkittyä kohtaa.

#### **Ohjauspintojen joustaminen**

Ohjauspintojen jousto tulee olla niin pieni kuin mahdollista. Jousto (mukaan luettuna vällys) saa olla korkeintaan 10 % kyseisen ohjauspinnan puolitetusta liikealueesta, mitattuna ohjaustoimilaitteen tai servon täydellä pitovoimalla.

#### **Toiminta- ja ohjausjärjestelmän kantomatkatesti**

Ennen tarkastuslennon suorittamista testataan lennokin ohjausjärjestelmän toiminta. Erittäin tärkeä on testata lähettimen ja vastaanottimen välinen luotettava yhteys ja kaikki radio-ohjausjärjestelmällä ohjattavat ohjainpintojen liikkeet.

Mikäli lennokki on varustettu voimanlähteellä, niin kantomatkatesti suoritetaan voimanlähteen ollessa käynnissä sekä sammutettuna.

### 2.7 Lähtö- ja laskukiidon pituudet

Seuraavat arvot tulee selvittää:

- e) Lähtökiidon pituus alkaen koneen paikoillaan olostasista siihen pisteeseen, kun se on 5 m korkeudella ilmassa.
- f) Laskukiidon pituus 5 m korkeudelta siihen asti, kunnes lennokki seisoo pysähtyneenä maassa laskun jälkeen.

## 2.8 Ohjattavuus

Lennoilla pitää olla mahdollista tehdä riittävän nopeita suunnanmuutoksia kaikkiin suuntiin ja kaikkien akseleidensa ympäri. Tämä tulee todeta seuraavissa tilanteissa:

- g) Monimoottorisella lennolla, kun yksi kriittinen moottori sammutetaan
- h) Laskutelineet ulkona
- i) Laskusiivekkeet laskuasennossa

## 2.9 Ylösvetotilanteet

- a) ylösveto kokeillaan finaaliolosuhteissa laskun yhteydessä.
- b) ylösveto kokeillaan laskukaarrossa, missä lennokka on kallistunut n. 45 astetta. Siinä tilanteessa tulee olla mahdollista vakauttaa lennokka vaakalentoan ilman, että se hallitsemattomasti joutuu sakkautilaan.

Kohdissa a) ja b) käytetään tyhjäkäyntiä ja suurinta jatkuvaa tehoa.

## 2.10 Lento täydellä nopeudella

Liikkeiden täytyy olla vakaita, kun lennetään suurimmalla mahdollisella jatkuvalla moottoriteholla ja lentorataa poikkeutetaan 10–15 astetta.

## 2.11 Flutteri

Flutteria, eli hallitsematonta kantopintojen värähtelyä, ei saa esiintyä missään sallituissa lennokin käyttöolosuhteissa.

# 3. Lujuus

Lennokin rakenteen tulee kestää kaikki lennon aikana tapahtuvat kuormitukset ilman, että sen hallittavuus tai lento-ominaisuudet muuttuvat. Riittävä lujuus saavutetaan asianmukaisella suunnittelulla, oikeilla materiaali- ja komponenttivalinnoilla sekä rakennustekniikoilla.

Kriittisten rakenteiden lujuus tarkistetaan koekuormituksella, mikäli sitä ei pystytä laskennallisesti osoittamaan.

## 3.1 Lujuuden tarkastaminen

Lennokin osien tulee kestää normaalissa käytössä esiintyvät rasitukset, jolla tarkoitetaan rasituksia varmuuskertoimen arvolla  $j = 1,0$ . Lennokin suunnittelussa tulee käyttää varmuuskertoimen arvoa  $j = 1,5$ .

## 3.2 Rasitustekijät

Suunnittelu tulee tehdä käyttämällä seuraavia hetkellisiä rasituksia:

- a) ei taitolentokelpoisilla lennokeilla  $n = + 3 g$  ja  $-1,5 g$
- b) yksinkertaisessa taitolennessa (kierre, silmukka, syöksykierre, jne.)  $n = + 8 g$  ja  $-4 g$
- c) Rajoittamattomassa taitolennessa  $n = +/- 8 g$

Kohdissa a) - c) mainitut arvot ovat suunnittelun lähtökohta. Lennokille on mahdollista tehdä kuormitustesti käyttäen todellisia kuormia (painoja), jotka lasketaan Liitteen 1 mukaisesti lennokin todellisia arvoja hyväksi käyttäen.

### 3.3 Siivet

Mikäli rakenteen koekuormitus tehdään siivelle tai puolikkaalle siipeä, se tulee kiinnittää runkoon mahdollisimman tarkkaan samalla tavoin kuin todellisessa lennätystilanteessa

Kuormitus voidaan toteuttaa

- d) askelmaisella kuormituksella
- e) pistekuormalla, joka sijaitsee kohdassa  $y = (2 \cdot \text{kärkiväli}) / (3 \cdot \pi)$

### 3.4 Kantavat pinnat

Siivet kuormitetaan suurimmalla turvallisella rasituksella (kohta 3.1.)

### 3.5 Runko

Runko koestetaan käyttäen suurimpia turvallisia rasituksia:

- f) Korkeusperäsimelle
- g) Sivuperäsimelle
- h) Laskutelineille

### 3.6 Ohjauslaitteet

Ohjauslaitteiden työntötangot, linkit ja kiinnitykset esimerkiksi servoihin ja vastaaviin toimilaitteisiin, tulee kestää niihin kohdistuvat voimat ja momentit varmuuskertoimella  $j = 2,0$ .

### 3.7 Ohjainpintojen saranointi

Ohjainpintojen saranointiin kiinnitetään erityistä huomioita. Luvallisia ovat ainoastaan sellaiset komponentit, joiden lujuuteen lämpötilojen vaihtelut eivät merkittävästi vaikuta. Jos saranat eivät ole valmistettu metallista, niiden sopivuus tulee muuten varmistaa lämpötila-alueella  $-10\text{C} - +40\text{C}$ .

### 3.8 Moottorin kiinnitys

Moottoripukki ja moottorin kiinnitykset on mitoitettava siten, että ne kestävät kaikki lennon aikana esiintyvät mahdolliset rasitukset.

### 3.9 Laskuteline

Laskuteline testataan pudottamalla lennokki 12 cm korkeudelta.

### 3.10 Hinauskytkin

Hinauskytkin mitoitetaan kestämään hinaussiimasta syntyvä kuorma, joka on 50 % hinauskoneen tai hinattavan koneen suurimasta lentopainosta ja joka kohdistuu kytkimeen 90 asteen kulmassa rungon symmetriatason suhteen (suoraan sivulle)

Vetokoe tehdään maassa tapahtuvalla mittausjärjestelyllä.

Seuraavissa vetosuunnissa (purjekone) käytetään lisäksi 75 % kuormitusta:

- a) kuormitus suoraan eteen vaakatasossa
- b) kuormitus 20 asteen kulmassa eteen ylös, 40 asteen kulmassa eteen alas ja 30 asteen kulmassa eteen sivuille.

Rungossa ei saa esiintyä mitään havaittavia muodonmuutoksia tai repeämiä testin aikana tai sen jälkeen. Hinauskytkimen täytyy pitää hinaussiima luotettavasti kiinnitettynä ja irrottaa se luotettavasti kuormitustilanteessa.

### **3.11 Muut osat (esimerkiksi akku)**

Muiden osien kiinnityksen pitää kestää luotettavasti kaikki kohdassa 3.3. mainitut hetkelliset rasitukset.

## **4. Voimanlähde**

### **4.1 Mitoitus**

Voimanlähde tulee mitoittaa siten, että sen suorituskyky on riittävä. Moottoreiden pitää käydä luotettavasti. Niihin pitää päästä helposti käsiksi huoltoa varten ja niiden riittävä jäähdytys on varmistettava eri tilanteissa.

### **4.2 Paloturvallisuus**

Tulipalon mahdollisuus on pidettävänä mahdollisimman pienenä käyttämällä sopivia rakenteita (paksuseinäiset polttoaineletkut ja sulkuventtiilit).

### **4.3 Värinät**

Normaalissa käyttöolosuhteissa moottori ei saa aiheuttaa värinöitä, jotka kuormittavat lennokkia liikaa (joustoelementtien käyttö).

### **4.4 Sytytysjärjestelmä**

Sytytysjärjestelmän tulee olla riittävän varmatoiminen, eikä se saa aiheuttaa häiriöitä, jotka vaikuttavat radio-ohjausjärjestelmän toimintaan.

### **4.5 Käyttötilanteet**

Voimanlähteen käyttötestissä voimalaitetta koekäytetään eri tavoin, joiden avulla sen luotettava toiminta voidaan kattavasti osoittaa, esimerkiksi käynnistettäessä, tyhjäkäynnillä, välikaasulla, ylikierroksilla jne.

### **4.6 Pakokaasujärjestelmä**

Pakokaasujärjestelmän asennuksessa on otettava huomioon lämmön muodostuminen ja siirtyminen rakenteisiin.

### **4.7 Voimanlähteen sammutus**

Voimanlähteen sammuttamisen tulee olla mahdollista radio-ohjauslaitteen avulla.

#### 4.8 Polttoainejärjestelmä

Polttoainejärjestelmän pitää toimia siten, että se huolehtii moottorin riittävästä ja varmasta polttoaineen saannista kaikissa normaaleissa tilanteissa ja odotettavissa olevissa käyttöolosuhteissa.

#### 4.9 Polttoaineen määrä

Lennoxin pitää pystyä toimimaan yhdellä polttoainetäytöllä vähintään 15 minuuttia.

#### 4.10 Polttoainetankki

Polttoainesäiliön täytyy kestää värinän, keskipakovoimien, nestepaineen ja kiihtyvyyden aiheuttamat rasitukset, jotka esiintyvät lennoxin käytössä. Säiliön tulee olla sopiva kyseiseen polttoainekäyttöön.

#### 4.11 Suodattimet

tankin ja moottorin välillä tulee olla polttoainesuodatin, johon on päästävä käsiksi sen tarkastamista ja puhdistamista varten.

#### 4.12 Polttoaineletkut

Polttoaineletkujen tulee olla sopivia polttoaineelle. Ne pitää kiinnittää ja asentaa siten, että ne eivät värise liikaa ja siten, että ne kestävät polttoaineen paineesta ja kiihtyvyyksistä aiheutuvat rasitukset.

### 5. Potkurit

#### 5.1 Rakenteelliset ominaisuudet

Potkureissa ei saa esiintyä sellaisia rakenteellisia ominaisuuksia, jotka tiedetään kokemuseräisesti vaarallisiksi tai ne ovat määräysten vastaisia.

#### 5.2 Sopivuus käyttöön

- a) materiaalien sopivuus potkurien valmistukseen tulee perustua yleiseen kokemukseen tai se pitää todentaa testaamalla.
- b) Potkurien pitää noudattaa moottorin valmistajan suosituksia kyseiseen käyttöön ja ne pitää tasapainottaa hyvin.

#### 5.3 Kiinnityksen varmistus

Spinnerien, kiinnitysosien ja potkurien täytyy olla kunnolla kiinni ja varmistettuja.

#### 5.4 Värinät

Potkurin lapojen värinät normaalissa käytössä eivät saa olla niin suuria, että se vaarantaa lennoxin pitkäaikaisen käytön.

## 6. Sähköiset järjestelmät

### 6.1 Asiakirjat

Lennoxin sähköisestä järjestelmästä tulisi laatia kytkentäkaavio ja osaluettelo, joihin on merkitty mm. käytettyjen kaapeleiden ja johtojen poikkipinta-alat. Nämä asiakirjat liitetään lennoxin käsikirjaan.

### 6.2 Kuormitettavuus

Johtojen suurimpia sallittuja virrankestoja ei tule ylittää.

### 6.3 Liitokset

Mahdollisten värinöiden takia ohjausjärjestelmässä tulee käyttää ainoastaan pistokkeita ja ruuviliitoksia. Pistokkeet tulee varmistaa erikseen.

### 6.4 Virran syöttö

Käytettävien akkujen tulee sopia kyseiseen käyttötarkoitukseen. Akkujen virransyöttökykyyn ja kapasiteettiin on kiinnitettävä erityistä huomiota. Vastaanottimen virransyöttö tulee järjestää kahdella toisistaan riippumattomalla akulla. Niiden luotettava toiminta tulee varmistaa tarkoitukseen soveltuvalla laitteistolla.

### 6.5 Tehontarve

Järjestelmän tehontarve tulee selvittää laitekohtaisesti.

### 6.6 Lisälaitteet

Lisälaitteet, kuten valot jne., tulee kytkeä erilliseen virransyöttöjärjestelmään.

### 6.7 Johdot

Sähköjohtojen tulee olla riittävän taipuisia ja ne pitää niputtaa yhteen.

### 6.8 Pääkytkin

Lennoxin pääkytkimen tulee sijaita akkujen välittömässä läheisyydessä.

## 7. Radio-ohjauslaitteet

### 7.1 Yleistä

Radio-ohjauslaitteiden tulee olla tarkoitukseen hyväksytyjä. Niiden käytössä tulee noudattaa annettuja määräyksiä. Radio-ohjauslaitteissa ja niiden asennuksissa ei saa esiintyä mitään yleisesti tunnettuja ja toimintaa vaarantavia ongelmia. Koko radio-ohjausjärjestelmä ja muut siihen liittyvät laitteistot täytyy suunnitella niin, ettei mikään niiden teknisestä viasta, kulumisesta tai vanhenemisesta johtuva vioittuminen vaaranna ohjaajan tai kolmannen osapuolen turvallisuutta. Tämä ei koske sellaisia seikkoja, jotka voidaan sulkea pois täysin epätodennäköisinä mahdollisuuksina. Tarvittaessa yksittäiset laitteet tai toiminnot pitää kahdentaa.

### 7.2 Värinät

Vastaanottimien ja toimilaitteiden asennuksissa tulee ottaa huomioon värinänvaimennukset.



### 7.3 Antenni

Antennin sijoitteluun tulee kiinnittää erityistä huomiota. Asennuksessa tulee ottaa huomioon laitteen valmistajan suositukset ja ohjeet.

## 8. Suunnittelu ja rakentaminen

### 8.1 Yleistä

Lennoxissa tulee olla sen omistajan nimi ja yhteystiedot sekä operaattoritunnus merkittynä siten, että se kestää kulutusta ja mahdollisen tulipalon.

### 8.2 Valmistusmenetelmät

Käytettyjen valmistusmenetelmien tulee olla sellaisia, että rakenteista tulee kauttaaltaan virheettömiä ja riittävän lujia.

### 8.3 Häiriösignaalit

Metalliosat, jotka hankaavat toisiaan, tulee oikosulkea sähköisesti keskenään niiden aiheuttamien häiriösignaalien estämiseksi.

### 8.4 Osien sijoittelu

Sellaiset lennoxin osat, jotka vaativat säännöllistä tarkistusta, huoltoa, uudelleen säätämistä tai voitelua, täytyy sijoitella siten, että niihin on helppo päästä käsiksi.

### 8.5 Mittauspisteiden merkinnät

Lennoxiin tulee merkitä mittauspisteet sen painon mittaamiseksi kentällä.

### 8.6 Ohjauslaitteet

Rakenne

Toimilaitteet tulee sijoittaa siten, että liikeradan ollessa ääri-asennoissaan niihin ei saa kohistua mitään muiden laitteiden käytöstä johtuvaa toimintaa haittaavia voimia. Tämä vaatimus tulee täyttyä lennoxin eri kuormitustilanteissa ja laitteiden erilaisilla mahdollisilla yhdistelmillä. Laitteiden toiminta tarkastellaan käyttäen lennoxin turvallisia rasituksia (kappale 3.1).

Ohjainpinnat

- c) jokainen ohjainpinta tulee varustaa riittävän voimakkaalla toimilaitteella. Tarvittaessa käyttävät laitteet kahdennetaan.
- d) Ohjainpinnat tulee tasapainottaa flutterin varalle. Tasapainotuksen toteutus, järjestely ja mahdollisten vastapainojen koko ilmoitetaan lennoxin käsikirjassa.

### 8.7 Ohjausjärjestelmä

Koko ohjausjärjestelmän ja sen yksittäisten osien tulee toimia kevyesti, riittävällä nopeudella, varmasti ja välyksettömästi siten, että niille asetetut tehtävät toteutuvat ja että ne toimivat täysin tarkoitetulla tavalla.

## 9. Melu

Lennoxin äänenvaimennus tulee toteuttaa niin, ettei sen aiheuttama melu ylitä kohtuullisena pidettävää tasoa.

## 10. Vähimmäisvarusteet

Lähettimen ja vastaanottimen akut on varustettava varaustilan osoittavalla laitteella.

## 11. Lennoxin käsikirja

Lennoxin käsikirjassa esitetään kaikki sen käyttöön liittyvät raja-arvot, lennoxille tunnusomaiset tiedot sekä seikat, jotka ovat välttämättömiä lennoxin turvallisen käytön kannalta.

- Kolmitahopiirustukset ja mitat
- Lyhyt kuvaus lennoxista
- Suurin lentoonlähtömassa
- Omapaino
- Lentoonlähtö- ja laskeutumismatkat
- Voimanlähteen tiedot (moottorin tyyppi, teho, kierroslukualue, polttoainesäiliön koko ja toiminta-aika varasäiliön kytkeytymiseen saakka)
- Polttoaineen tiedot
- Potkurin tyyppi ja koko
- Tarkistuslista ennen lentoonlähtöä
- Kantomatkatestin suorittaminen
- Toimintaohjeet moottorin pysähtyessä ilmassa
- Taitolentokelpoisuus ja sallitut / kielletyt liikkeet
- Toiminta hätätilanteissa (esimerkiksi lähettimen tai vastaanottimen vioittuminen)
- Laskeutumisohteet
- Tarkistuslista lennon päättymisen jälkeen.

Lennoxin käyttö dokumentoidaan käyttämällä lokikirjaa.

## 12.Lennätyspaikka

25–100 kg lennokkien lennätyspaikan tulisi olla seuraavan määrittelyn mukainen:

- Alueen tulee soveltua turvalliseen lennokkitoimintaan.
- Alueella on toiminnalle riittävä ilmatila
- Nousu- ja laskualueet on järjestetty niin, että nousut ja laskut eivät vaaranna sivullisia tai toimintaan osallistuvia henkilöitä.
- Nousu ja laskualue on vähintään 20x100m kokoinen ja vapaa esteistä.
- Alueella on riittävä ja esteistä vapaa ilmatilan nousua ja laskeutumista varten
- Esteistä vapaa ja riskitön ilmatila ja sen alapuolella oleva alue on vähintään 300 m säteinen puoliympyrä siten, että kulkuväyliin, junaratoihin, ilmajohtoihin ja muuhun vastaavaan infraan pystytään pitämään turvallinen etäisyys koko lennon aikana.
- Alueella ei ole asutusta, liike- tai teollisuusrakennuksia eikä vapaa-ajanviettopaikkoja.
- Lennätyspaikkaan tulee johtaa pelastusajoneuvoille soveltuva tie.

## Liite 1

Kappaleessa 3.3 c) mainitun lennokin, joka on rajoittamattomasti (unlimited) taitolentokelpoinen, kuormitustestissä käytettävien kuormien (painojen) määrittely tehdään laskemalla ne tämän liitteen mukaisesti.

### A1. Nopeusarvio

Kuormien määrittelyä varten tehdään ensiksi arvio lennokin nopeudesta seuraavasti:

#### A1.1. Potkurikäyttöinen Lennokki

Potkurikäyttöisen lennokin nopeusarviossa käytetään valmistajan ilmoittamia potkurin arvoja. Potkurin häviöitä ei huomioida ja oletetaan, että maassa mitattu kierrosluku kasvaa ilmassa 20 % suuremmaksi.

$$V_{Prop} = U \cdot St \cdot s$$

$$V_{Prop} = \frac{U \cdot St [m] \cdot s 60[\text{min}] [km]}{[\text{min}] [h] \cdot 1000 [m]} = [km/h]$$

$U$  = Luftschaubendrehzahl in 1/min

$St$  = Steigung der Luftschaube

$s$  = Schlupf, da der Vortrieb nicht zu 100 % umgesetzt wird.  
Der Schlupf wird normalerweise mit 0,8 eingesetzt, da aber die Motordrehzahl im Flug ansteigt, wird die Annahme getroffen:  
 $s = \text{Annahme} \cdot 1,2 = 120\%$

$U$  = potkurin kierrosnopeus 1/min

$St$  = potkurin nousu

$s$  = potkurin häviö, joka johtuu siitä, että sen hyötysuhde ei ole 100 %. Normaalisti häviölle annetaan arvo 0,8, mutta koska tässä oletetaan, että potkurin kierrosluku ilmassa kasvaa 20 %, päädytään olettamukseen:  $s = \text{oletusarvo} \times 1,2 = 120\%$

Esimerkki:

Potkuri = 41" x 28" = Halkaisija x nousu tuumina ["]

Kierrosluku = 2800 1/min

$$V_{Prop} = \frac{2800 \cdot 28'' \cdot 25,4 [mm/'] \cdot 1,2 \cdot 60}{1000 \cdot 1000 [mm/m]}$$

$$V_{Prop} = 143,4 \text{ km/h}$$

$$V_{Prop} = 39,83 \text{ m/s}$$

### A 1.2 Turbiinikäyttöinen lennokka

Tubiinikäyttöisessä lennokkaissa käytetään valmistajan ilmoittamaa työntövoimaa  $F_T$ . Lennokkien ilmanvastuskertoimenä  $c_w$  käytetään arvoa 0.07, mikäli muuta lennokille tyypillistä arvoa ei ole tiedossa.

$$V_{Jet} = \sqrt{\frac{2 F_T}{c_w \cdot S \cdot \rho_0}}$$

$F_T$  = Nennschubder Turbine(n) [N]  
 $c_w$  = Widerstandsbeiwert  
 $S$  = Bezugsflügelfläche[m<sup>2</sup>]  
 $\rho_0$  = Luftdichte in Meereshöhe(1,225 kg/m<sup>3</sup>)

$F_T$  = Turbiinin (-en) nimellistyöntövoima Newtonina [N] (Schub Turbine)

$c_w$  = ilmanvastuskerroin

$S$  = siiven kantopinta-ala [m<sup>2</sup>]

$\rho_0$  = ilman tiheys merenpinnan tasolla (1,225 kg/m<sup>3</sup>)

Esimerkki:

$$\text{Schub Turbine} = 85 \text{ N}$$

$$c_w = 0,07$$

$$S = 3,61 \text{ m}^2$$

$$\rho_0 = 1,225 \text{ kg/m}^3$$

$$V_{Jet} = \sqrt{\frac{2 \cdot 85}{0,07 \cdot 3,61 \cdot 1,225}} = 23,43 \text{ m/s} = 84,36 \text{ km/h}$$

## A2. Kuormien laskeminen

Annetuista arvoista lasketaan Lennokiin vaikuttavat tuulikuormat ja kiihtyvyysskuormat. Tuulikuormat johtuvat ulkopuolisista ilmavirtojen muutoksista (puuskista) ja kiihtyvyysskuormat lennokin omasta liikehdinnästä syntyvistä rasituksista (taitolento).

### A2.1 Tuulikuormat

$$n_z = 1 + /- \frac{K_g \rho_0 U_{de} V a}{2 (W/S)}$$

$$K_g = \frac{0,88 * \mu_g}{5,3 + \mu_g} = \text{Abminderungsfaktor}$$

$$\mu_g = \frac{2(W/S)}{\rho C a g} = \text{Flugzeugmassen - Verhältnis}$$

$\rho_0$  = Luftdichte in Meereshöhe (1,225 kg/m<sup>3</sup>)

$U_{de}$  = vertikale Böengeschwindigkeiten gemäß JAR 23.333 (c) (m/s)

Es wird von der geringsten Böengeschwindigkeit von 25 ft/s (= 7,62 m/s) ausgegangen.

$\rho$  = Luftdichte in der betreffenden Höhe (kg/m<sup>3</sup>)

$C$  = Bezugsflügelteufe (m)

$g$  = Erdbeschleunigung (9,81 m/s<sup>2</sup>)

$V$  = Fluggeschwindigkeit (m/s)

$a$  = Anstieg des Auftriebsbeiwertes des Flugzeuges infolge Änderung des Anstellwinkels bei gleichzeitiger Beaufschlagung der Böenlasten auf Flügel und Höhenleitwerk.

Der Anstieg des Auftriebsanstieg des Flügels kann verwendet werden, falls die Böenlast nur auf den Tragflügel wirkt und die Böenlasten des Höhenleitwerks separat berechnet werden.

In diesem Fall wird  $a$  aus der Streckung  $\Lambda$  des Flügels berechnet :

$$a = \frac{3,1415 * \Lambda}{\sqrt{\frac{\Lambda^2}{4} + 1} + 1}$$

$$\Lambda = \frac{b^2}{s}$$

$b$  = Spannweite

$$s = \text{Streckung} = \frac{b}{t_m}$$

$t_m$  = mittlere Flügelteufe

$W/S$  = Flächenbelastung beim tatsächlichen Flugzeuggewicht im einzelnen Beladefall (N/m<sup>2</sup>)

$K_g$  = pienennystekijä

$\mu g$  = lennokin painosuhte

$P_0$  = ilman tiheys merenpinnan tasolla

$U_{de}$  = puuskan voimakkuus vaakatasossa JAR 23.333 (c) mukaisesti [m/s]. Käytetään pienintä puuskanvoimakkuutta 25ft/sek (= 7.62 m/s)

$P$  = ilman tiheys tarkastelupisteessä (kg/m<sup>2</sup>)

$C$  = siiven kantopinta-ala

$g$  = maan vetovoiman aiheuttama kiihtyvyys 9.81 m/s<sup>2</sup>

$V$  = lennokin nopeus

$a$  = siiven nostovoimakertoimen lisäys, joka johtuu sen asetuskulman muutoksesta puuskahetkellä. Muutos johtuu siitä, että puuska vaikuttaa samanaikaisesti sekä siipeen, että korkeusperäsimeen. Nostovoimakertoimen lisäystä ainoastaan siipeen voidaan käyttää, jos tarkastellaan puuskan vaikutusta vain siipeen ja puuskan aiheuttamat voimat korkeusperäsimeen lasketaan erikseen. Tällöin  $a$  lasketaan käyttäen siiven sivusuhdetta  
Seuraavasti:

$b$  = kärkiväli

$s$  = siiven sivusuhte

$t_m$  = keskimääräinen siiven leveys

$W/S$  = siipikuormitus todellisella lentonopeudella yksittäisessä kuormitustilanteessa (N/m<sup>2</sup>)

**Esimerkki:**

paino = 65kg

Siiven pinta-ala S = 5,88m<sup>2</sup>

Kärkiväli = 4,5m

t<sub>m</sub> = 0,7

$$s = \frac{b}{t_m} = \frac{4,5}{0,7} = 6,43$$

$$\text{Streckung} = \Lambda = \frac{b^2}{s} = \frac{4,5^2}{6,43} = 3,15$$

$$W/S = \frac{65 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2}{5,88 \text{ m}^2} = 108,44 \text{ N/m}^2$$

$$a = \frac{3,1415 \cdot \Lambda}{\sqrt{\frac{\Lambda^2}{4} + 1} + 1} = \frac{3,1415 \cdot 3,15}{\sqrt{\frac{3,15^2}{4} + 1} + 1} = 3,45 \quad (\text{kleiner als } 2 \cdot \text{Pi})$$

$$\mu_g = \frac{2 \cdot (W/S)}{\rho \cdot C_a \cdot g} = \frac{2 \cdot (108,44 \text{ N/m}^2)}{1,225 \text{ kg/m}^3 \cdot 0,7 \text{ m} \cdot 3,45 \cdot 9,81} = 7,47$$

$$K_g = \frac{0,88 \cdot \mu_g}{5,3 + \mu_g} = \frac{0,88 \cdot 7,47}{5,3 + 7,47} = 0,52$$

$$n_z = 1 + / - \frac{K_g \cdot \rho_0 \cdot U_{de} \cdot V \cdot a}{2 \cdot (W/S)} =$$

$$n_z = 1 + / - \frac{0,52 \cdot 1,225 \text{ kg/m}^3 \cdot 7,62 \text{ m/s} \cdot 39,83 \text{ m/s} \cdot 3,45}{2 \cdot (108,44 \text{ N/m}^2)}$$

$$\underline{\underline{n_z = 1 + / - 3,08}}$$

(Tuloksen mukaa koneen siipiä rastittaa kuorma, joka vaihtelee välillä 65kg (positiivinen) ja 200,2kg (negatiivinen). Arvot saadaan kertomalla koneen paino rasiuskertoimella n<sub>z</sub>).



## A2.2 Kiihtyvyytkuormat

$n_z$	=	$\frac{\rho_0}{2} V^2 \cdot c_A \cdot S / (m g)$
$n_z$	=	<i>Lastvielfache (rechnerisch)</i>
$p_0$	=	<i>Luftdichte in Meereshöhe (kg/m<sup>3</sup>)</i>
$p_0$	=	1,225 (kg/m <sup>3</sup> ) (hier angenommen)
$V$	=	<i>Modell-Geschwindigkeit (rechnerisch ermittelt)</i>
$c_A$	=	<i>Auftriebsbeiwert (ist mit 1,0 einzusetzen)</i>
$S$	=	<i>Flügelfläche (m<sup>2</sup>)</i>
$m$	=	<i>Flugmodellmasse (kg)</i>
$g$	=	<i>Erdbeschleunigung (9,81 m/s<sup>2</sup>)</i>

$n_z$  = laskennallinen rasituskerroin

$p_0$  = ilmanpaine meren pinnalla, käytetään 1.225 (kg/m<sup>3</sup>)

$V$  = laskennallinen lennokin nopeus

$c_A$  = Nostovoimakkeroin (käytetään arvoa 1.0)

$S$  = siiven pinta-ala (m<sup>2</sup>)

$m$  = lennokin paino (kg)

$g$  = kiihtyvyys vapaassa pudotuksessa (9,81 m/s<sup>2</sup>)

Esimerkki:

$V = 39,83$  m/s

$m = 65$  kg

$$n_z = \frac{\rho_0}{2} V^2 \cdot c_A \cdot S / (m g)$$

$$n_z = \frac{1,225 \text{ kg/m}^3}{2} \cdot (39,83 \text{ m/s})^2 \cdot \frac{5,88 \text{ m}^2}{65 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2}$$

$$\underline{\underline{n_z = 8,96}}$$

Huomautus: Annetut arvot on yksinkertaistettu esimerkkilaskentaa silmälläpitäen.

(Tuloksen mukaan rajoittamattomassa taitolennessa koneen siipiä rasittaa kuorma, joka on 582,4kg molempiin suuntiin. Se saadaan kertomalla koneen oma paino 65 kg rasituskertoimella  $n_z = 8,96$ )

### A3. Tuloksen tarkastelua

Sekä tuulikuormasta että kiihtyvyySKUORMASTA laskettuja rasisuskertoimia käytetään perusteena, kun arvioidaan koneen rasisustestissä käytettävien painojen suuruutta.

Edellisissä kiihtyvyyksistä (taitolento) laskettu rasisuskerroin 8,96 on selvästi suurempi kuin tuulikuormasta johtuva kerroin 3,08. Siitä syystä käytetään kiihtyvyySRASITUKSIA perusteena kuormitustestissä. Tämän esimerkin mukaisesti käytettäisiin kappaleessa 3.3 (c) mainitulle lennokille kuormitusta, joka vastaa +9/-9 g – arvoja.

*( +9/-9 g kuormitus tarkoittaisi siis 576kg kokonaiskuormaa siiville sekä ulkopuolisissa että sisäpuolisissa liikkeissä. Kuormitustesteissä kummallekin siivelle asetettaisiin  $576\text{kg} / 2 = 288$  kilon painot. Painot voitaisiin asettaa kohdan 3.4.1 mukaisesti joko pistemäisesti tai tasaisesti siiven alueelle.)*

Laskennassa käytetään hyväksi Lennokista saatuja lähtötietoja. Jos niiden osalta havaitaan poikkeamia käytännön testeissä ja poikkeamat ovat enemmän kuin 10 % verrattuina annettuihin lähtötietoihin, niin silloin käytetään todellisia arvoja testikuormitusten laskentaan.