

Purjelentokoneen punnitus

Ohje HTO-007G/23
pvm 15.12.2025

Lähteet:

- EU 2018/1976 liitteinen ja muutoksineen
- FAA-H-8083-1, 2016
- Safety Sense leaflet 9, CAA January 2013
- Weight and Balance, GAP, Civil aviation authority of New Zealand, November 2014
- Airframe&Powerplant Mechanics General handbook, AC65-9A chg 1 3/31/99
- Airframe & Powerplant Mechanics Airframe handbook, AC65-15A, 01-01-1976
- Aircraft Maintenance Technician Handbook, FAA-H-8083-30

MuutosHistoria:

HTO-007G/18, 15.11.2018, ensijulkaisu
HTO-007G/19, 4.2.2019, Muutos 1; SAO, huoltotodiste
HTO-007G/21, mittaväline asiaa täydennetty
HTO-007G/21A, pieniä täydennyksiä
HTO-007G/25, vaakojen tarkkuudesta, tietojen etsintä

Käyttölisenssi

Tämä ohje on julkaistu [Creative Commons lisenssillä \(CC BY-NC-ND 4.0\)](#). Saat käyttää niitä vapaasti omissa käytössä alkuperäisenä. Voit myös jakaa sitä (samalla lisenssillä), kunhan säilytät teoksen alkuperäisenä ja nimeät lähteen.



[ok HTH](#)

Taustaa

Punnituksen perussyy on turvallisuuden takaaminen. Oikea tyhjämassa ja painopisteen paikka on perusta sille että päällikkö pystyy suorittamaan lentoa edeltävän kuormauslaskennan oikein.

Kaikkien lentolaitteiden paino muuttuu ikääntyessä. Huollot, korjaukset, muutokset ja asiakirjat muuttavat konetta ja koneeseen voi kerääntyä likaa yms. Näiden jatkuva seuraaminen (mitä määräys edellyttäisi) on työlästä.

Punnitustarve on määritelty koneen huolto-ohjelmassa. Mutta sen lisäksi huoltajan on suhtauduttava näihin kriittisesti ja jos on syytä epäillä että massa tai painopiste on muuttunut, kone on punnittava huolto-ohjelman jaksosta riippumatta. Punnitus on myös erinomainen tarkastuskeino koneen muuttumisen (ja piilomuutosten) seuraamisessa. Jos massa tai painopiste on muuttunut punnituksessa, etkä pysty selittämään sitä, on syytä suorittaa koneen tarkempi tutkiminen sen selvittämiseen miksi näin on tapahtunut. Selvitys voi tuoda esiin asioita, jotka muuten jäisivät huomaamatta.

Tämä ohje on yksi kolmesta punnitusohjeesta. Muut kaksi ovat lentokoneille (M) ja ultrakeuille lentokoneille (UL). Tämä G ohje ei puutu pelkästään noiden kahden muun koneluokan asioihin. Yhteiset asiat ovat tässäkin.

Purjekoneet ovat EASA lentokoneita, joten punnitusmääräys normin kohdassa EASA SAO.POL.100. Punnituksen saa tehdä henkilö, jolla on koneluokkaan mekaanikon lupakirja ja koulutus punnituksen tekemiseen.

Punnituspaikka

Punnitustilassa ei saa tuulla, jo pienikin tuuli vaikuttaa. Jo 1 m/s tuulenhenkäys nostaa konetta puolen kilon voimalla, mutta sen vaikutus painopisteeseen on suurempi. Käytännössä punnitus pitää tehdä aina sisätiloissa.

Paikka pitää olla tasainen, jotta vaa'at toimisivat oikein. Tarvitset lisäksi täytepaloja vaakojen alle/päälle, jotta saat koneen oikeaan asentoon. Varustaudu siis sopivilla levyn, laudan palasilla. Kannuksen nostaminen riittävän kokealle edellyttää jakkaran korkuista pallia.

Pinnoitettu alusta helpottaa punnitusta, koska voit tehdä merkintöjä lattiaan (teipillä). Maapohjainen paikka asettaa lisähaasteita.

Ja muista kiilapalat pyörien eteen/taakse, koneen ei ole terveellistä liikkua punnituksen aikana, eikä ainakaan tipahtaa vaaoilta!

Tutustu lentokoneen tietoihin

Ennenkuin aloitat mitään punnitusta, tutustu punnittavan lentokoneen tietoihin. Tietolähteet ovat koneen lentokäsikirja, huoltokäsikirja, tyyppihyväksyntätodistuksen tietolomake ja myöskin edelliset punnitukset.

Tyyppihyväksytyillä lentokonekoneilla löytyy jostain Type Certificate Data Sheet niminen dokumentti, joka on koneen virallisin tietolähde. Ja jos tämä ei täsmää muihin asiakirjoihin, TCDS on se mitä noudatetaan.

Se on viranomaisen julkaisema ja ylläpitämä.

Eurooppalaisilla purjekoneilla EASA ylläpitää näitä. Google hakusanat "EASA" ja "TCDS" tuottaa osoitteen.

<https://www.easa.europa.eu/document-library/type-certificates>

Vanhemmilla koneilla kyse voi olla myös Specific Airworthiness Specifications (SASs) nimisestä hyväksynnästä, joten etsi EASA SAS termillä. Osoite on

<https://www.easa.europa.eu/document-library/specific-airworthiness-specifications>

Punnitus menettely on käsitelty joko lentokäsikirjassa tai huoltokäsikirjoissa. Kaiva siis se esiin. Valitettavasti joissain huoltotiedoissa olevat ohjeet eivät ole virheettömiä!

Etsi näistä virallinen:

- perustaso, vaakitusmenetelmä
- punnituspisteet, eivät aina ole laskutelineen pyöriä. Jos muu kuin pyörä, siihen tarvitaan mahdollisesti pukkeja yms apuvälineitä.
- sallittu painopistealue
- sallitut kokonaispainot, myös mahdollinen ei-kantavien osien maksimimassa.
- kuormausohjetta varten, selvitä ohjaajan paikka, painolastin paikka.
- moottorillisissa koneissa lisäksi polttoaineen paikka ja käyttämättä jäävän polttoaineen määrä

Edellisestä punnituksesta saat odotettavat painot eri punnituskohtiin. Tästä on apua välineitä valitessa.

Kirjaa tiedot punnitustodistukseen, samoin konetiedot, paikka, kuka tekee ja tärkeänä tietona myös mitä vaakoja on käytetty.

Valmistele lentokone punnitusta varten

Tässä katso koneen ohjekirjan ohjeet.

Yleensä kaikkia koskevia asioita on.

- kone pitäisi olla tyhjä, siis siivoa kone
- mutta pakolliset varusteet mukana, näitä ovat asiakirjat
- moottorillisissa nestemäärät ohjeen mukaiset, öljyt täynnä (maksimissa), hydraulineesteet/jäähdytysneste täynnä, polttoaine tankit tyhjänä.
- kaikki irrotettavat painolastit on irrotettava (jollat tee nimenomaan punnitusta niiden kanssa, muista merkinnät pöytäkirjaan).
- painolastitankit tyhjänä.
- liikkuville osille normaalisti punnitusasento on lennonaikainen asento, eli laskuteline ylhäällä, laskusiivekkeet ylhäällä, ovet/kuomu kiinni, sisäänvedettävä moottori sisällä jne. Katso käsikirjasta.
- jos koneessa on erillisiä akkuja (purjekoneissa tavallisempia kuin muissa), huolehdi että akut ovat paikallaan.
- puhdistu koneen ulkopinnat.

Pakollisiin varusteisiin kuuluvat asiat löytyvät koneen varusteluettelosta. Sellainen on hyvä olla, jos sitä ei ole, tee se tässä yhteydessä.

Moottorillisissa koneissa, polttoaineen käyttämättä jäävä määrä kuuluu tyhjämassaan. Mutta punnitus pitää tehdä tyhjin tankein. Eli tankit tyhjennetään tyhjennysventtiilistä!

Punnitus tehdään sisätiloissa, mutta jos kone on märkä, kone on kuivattava ja puhdistettava ulkopuolelta.

Asiakirjat on oltava mukana punnituksessa. Myös lentokäsikirja!

Ohjaajan henkilökohtaisia varusteita ei oteta mukaan punnitukseen. Näitä on mm laskuvarjo.

Varusteluetteloon yleensäkin, missä varusteissa kone on.

Aseta koneen liikkuvat osat vaakalentoa vastaaviin asentoihin, kuomu kiinni, laipat ylös asentoon. Laskuteline pidetään ulkona (jollei lentokoneen käsikirja muuta sano).

Valmistele punnitusvälineet

Tarkista että punnitusvälineet ovat kunnossa, akut ladattu, patterit uudet. Kalibrointi kunnossa. Kalibrointi on vain virheen toteaminen, tarkkuutuksessa virhe myös korjataan.

Tarkista että punnitusvälineiden mitta-alue on riittävä. Päätelineen odotettavissa oleva massa selvää aiemmista punnitustuloksista tai koneen käsikirjoista.

Juuri ennen punnitusta suorita vielä vaakojen lopputarkastus, vaakojen pitää samalla kuormalla näyttää samaa lukemaa. Punnitse siis oma painosi jokaisella vaa'alla erikseen. Sen pitäisi olla sama lukema kaikilla. Jos ei ole, katso kalibrointitiedoista vastaako ero niiden tietoa. Eroa voi johtua pattereiden jännitteestä, roskista/liasta vaakalevyissä tms. Puhdistu vaa'at ja tarkista patterit, suorita tarkistus uudelleen. Jos edelleen eroa, arvioi tilanne.

Tarvitset aina jonkinlaiset vaakitusvälineen, vatupassin tai vastaavan. Luotilanka on joissain koneissa hyvä apuväline. Linjalaser/Ristilaser on myös kätevä. Lisäksi riittävän pitkä metrimitta on välttämätön.

Jos tilanne on onneton ja joudut tekemään punnituksen vain yhdellä vaa'alla, valmistele riittävä määrä täytettä, joilla nostat ei-vaa'an alla oleviin kohtiin täsmälleen vaa'an korkuisen täyteen.

Tarvitset myös etäisyysmittausvälineen. Sen tarvitsee olla riittävän tarkka, mutta ei pidä liioitella. Kun mitattavat etäisyydet ovat noin välillä 0,1 m – 5 metriä, niin ei tarvita 1-5 millia tarkempia mittauksia. Mekaanisissa mitoissa (mittanauha), virhe ei muutu juuri muusta syystä kuin mekaanisesti vahingoittumalla. Se on helppo havaita. Sähköisissä mitoissa (kuten lasermitta) virheen syntymistä ei havaitse mistään. Yleensä sähköisissä laitteissa näytön lukutarkkuus (resoluutio) on pienempi kuin laitteelle luvattu tarkkuus. Eli niillä viimeisillä numeroilla ei ole totuusarvoa. Jos kaksi mittalaitetta antaa eri tuloksen, se ns ”hienompi laite” ei välttämättä ole se oikeampi tulos. Arvioi kylmästi kumman virhe on todennäköisempi (yleensä sen sähköisen) ja/tai hanki kolmas vertailukohta.

Kalibrointi

Vaakojen pitää antaa riittävän tarkka tulos. SAO ei anna tarkkuusvaatimuksia. NCO.POL.105, joka on moottorikoneita koskeva toimintamääräys, ei anna tarkkuusvaatimuksia.

AMC1 CAT.POL.MAB.100(b) (eli ansiolentotoiminnassa) ja AMC1 NCC.POL.105(b) ja AMC1 SPO.POL.105(b) (toiminta monimutkaisilla ilma-aluksilla) punnitusten tarkkuus pitää olla +/- 1% kun yhden vaa'an astetkko on enintään 2000 kg. Eli suurella painolla +/- 20 kg !!!

Eli määräykset eivät määrää mitään tarkkuusvaatimusta. Pykälää, kahta astetta vaativammassa ilmailutoiminnassa tarkkuusvaatimus olisi +/- 1%, ja yleisperiaate kun on että vaatimukset kiristyy kun toiminnan vaativuus kasvaa, niin vaakojen vaatimus ei ainakaan voi olla tiukempi kuin tuo 1% tarkkuus.

Tarkkuus tarkoittaa vaa'an antaman tuloksen eroa todelliseen. Ei vaa'an lukutarkkuutta, joka on siis mikä on pienin numeroero, jonka vaa'asta pystyy lukemaan. Useimmissa elektronisissa tämän kokoluokan vaa'oissa lukematarkkuus on yksi desimaali. Eli pienin näytön muutos on 0,1 kg. Tarvittaessa lukematarkkuutta pystyy kasvattamaan valitsemalla vaa'an näytön nauloiksi (lbs), jolloin pienin näytön muutos on 0,1 lbs = 0,04536 kg.

Lukematarkkuus on sikäli merkityksellinen, että esim kannuksen mitattava arvo on purjekoneissa suuruusluokkaa 30 kg. 1% tästä on 0,3 kg. Näytön lukutarkkuus jos olisi vaikka 0,5 kg (pienin ero mikä näytössä näkyy), niin näytön tarkkuus ei riitä. Vaikka itse vaaka näyttäisi aivan oikein.

Vaa'an tarkkuutus voidaan toteuttaa kalibrointi laitoksella. Mutta kun vaa'an tarkkuusvaatimus on oikeasti aika vähäinen, siihen voidaan soveltaa omaa kalibrointia käyttäen tunnettuva vertailupainoja. Näitä tunnettuja punnuksia on kaupan (esim M1 tarkkuusluokassa +/- 0,005% eli esim 20 kg punnuksen virhe saa olla yksi gramma). Kalibroinnin yleisperiaate kun on että voit tarkistaa yhtä kertaluokkaa vähäisemmän tarkkuuden. Eli tuollaisella tarkistetulla punnuksella vaa'an tarkkuus voidaan kertoa 10 gramman jaolla. Voit tehdä itselle tarkistuspainon, punnitsemalla painon (vaikka kahvakuulan) tarkalla vaa'alla. Kun tarve on 1% tarkkuus, niin punnitsemalla vertailupaino vaa'alla, jonka tarkkuus on 0,1% saat tuloksen, joka kestää tarkemmankin auditoinnin.

Käytännössä tarvitset niin monta vaakaa, kuin lentokoneessa on mittapisteitä. Eli purjekoneessa kaksi ja moottorikoneessa kolme. Jossain tapauksissa voi tulla houkutus punnita kone neljästä pisteestä (esim amfikellukekone). Voit tehdä sen, mutta silloin tarvitset myös neljä vaakaa.

Punnitus vähemmällä vaa'oilla on riskibisnes. Koska sinun pitäisi onnistua siirtämään vaakoja mittapisteiden välillä, ilman että koneen asento muuttuu. Joka pitää onnistua kertaluokkaa tarkemmin, kuin muuten tarkkuusvaatimus on.

Järkevin tapa arvioida tarvittavaa tarkkuutta on suorittaa herkkyyyslaskelmia. Eli tuot eroja painopistelaskelmiin, ja arvioit lopputuloksista, onko alkuarvon (vaa'an näytön muutoksilla) muutoksilla vaikutusta lopputulokseen. Lopputulos on kuormatun koneen painopisteen laskemista. Koska sinä lennät vain kuormatulla koneella.

Elikä:

Purjekoneessa tarvitset yhden vaa'an päätelineeseen, jolla pystyy punnitsemaan sen noin 250 kg. Ja yhden kannukseen 30 kg punnitsemiseen. Esim LS4 koneen punnitus. Massakeskiö ohjaajan kanssa 0,371 m. Sallittu painopistealue on 175 mm leveä.

0,2 kg ero kannuksen punnitustuloksessa siirtää kuormatun koneen painopistettä yhden mm (1 mm). 0,5 kg ero kannuksessa siirtää kuormatun koneen painopistettä viisi mm. Tästä voi sanoa, että alle 0,2 kg tarkkuudella ei käytännön merkitystä, se häviää kuormauksen virheisiin kokonaan. 0,5 kg tarkkuus alkaa olla sellainen, jota huonompaa ei mielellään käyttäisi. Jos siis tiedän että vaaka näyttää +/- 0,2 .. 0,3 kg tarkkuudella, tulos on riittävän luotettava.

Punnituksen aloitus

Punnituksen aluksi kone pitää saada vaaioille vaakitusasentoon. Painopisteellä on myös korkeusasema, tämä ei sinällään kiinnosta, mutta sen takia asento vaikuttaa eri tukipisteiden punnitustulokseen. Vaakitus edellyttää yleensä vaakojen korkeuden säätöä. Varustaudu siihen että ensimmäinen yritys ei tuota oikeaa asento, vaan joudut säätämään täyhteitä. Säädä täyhteitä kunnes vaakitus on haluttu.

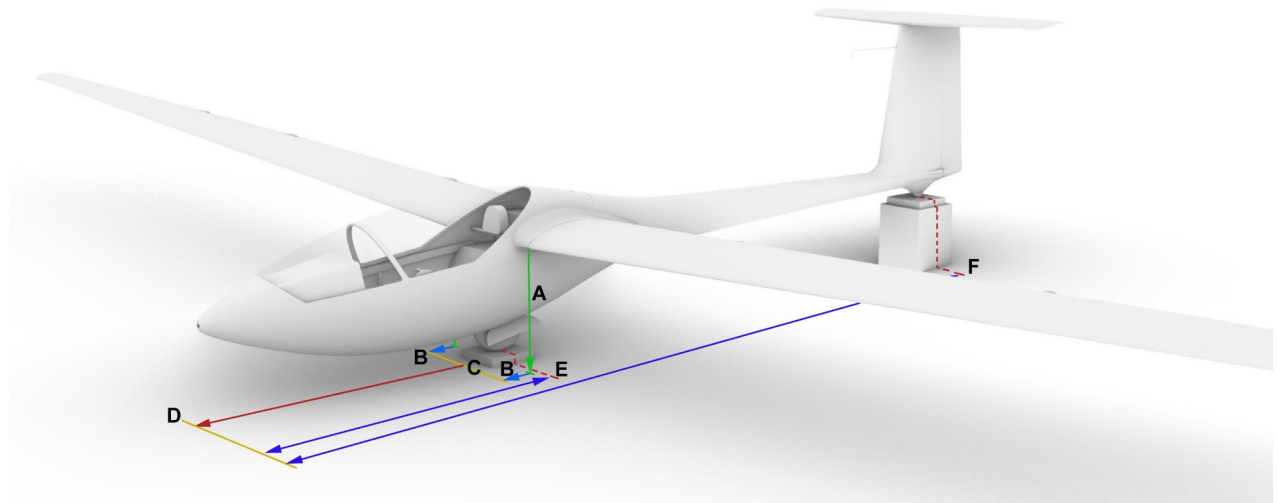
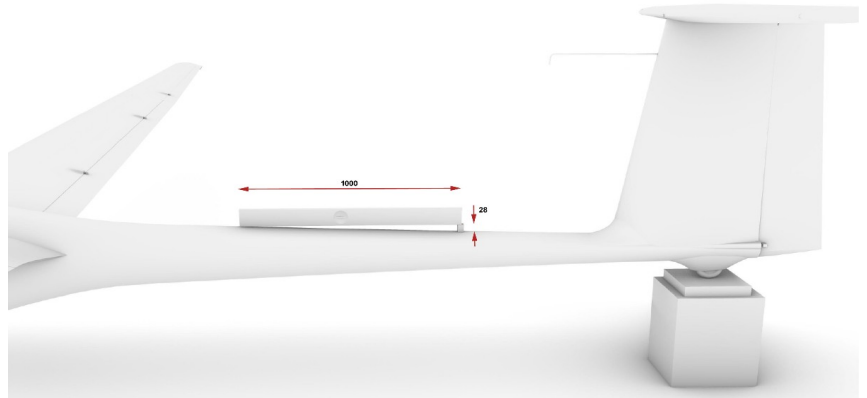
Tässä koneessa vaakitus on määritelty siten että perärungon suora osa on 1000:28 kaltevuudella perä alaspäin.

Eräs helppo tapa on käyttää 1 m vatupassia, ja tehdä 28 mm korkea palikka, jolla sen peräpäätä saa nostettua juuri sopivasti. Teipillä vatupassin ja osat saa pysymään paikallaan säädön ajan. Tai tehdä puusta kiilapala, jonka mitoitus on tämän tarvittavan kiilan mukainen. Kiilan voi sitten säilyttää seuraavaa kertaa varten.

Purjekoneilla ei poikittaiselle painopisteelle ole yleensä rajoja, mutta on hyvä tapa kuitenkin vaakittaa kone myös poikittain suoraan asentoon. Tämä tarkoittaa yleensä että siivenkärjessä tarvitaan avustaja pitämään siipeä siten että hän ei nosta eikä paina kärkeä. Tämän avustajan pitää pitää siipeä koko punnitustapahtuman ajan vaaterissa.

Ensimmäiseksi pitää määritellä tukipisteiden etäisyys perustasosta. Etäisyys tarkoittaa koneen pituussuuntaista etäisyyttä. Käytä tässä luotilankaa tai ristilaseria sekä suorakanttista lautaa/rimaa/tms.

Esimerkiksi kone jossa perustaso on siiven etureuna tyvikaaressa. Luotilangalla merkitse tämä kohta molemmin puolin konetta lattiaan (teippi, johon tussilla merkki). Nyt suoralla laudalla voit mitata tukipisteen etäisyyden (joka mitataan koneen pituussuuntaan) keskilinjalla perustasosta.



Kuvan esimerkissä perustaso on siiven etureunasta 1900 mm eteenpäin. Kun kone on vaakitettu, merkitse luotilangalla molempien siipien etureunan paikka lattiaan (A). Koska tämä kohta on melkein renkaan kohdalla, näiden väliin ei voi vetää viivaa, vaan mittakohtaa on siirrettävä eteenpäin esim 20 cm (B). Näiden väliin asetetaan suorakylkinen lauta tai muu sellainen (ristilaserin viiva) (C). Ja tästä siirrytään eteenpäin 170 cm (=190cm-20cm) (D). Tämä etupää on perustaso. Mittaat siitä sitten päätelineen paikan (E). Sekä kannuksen etäisyyden (E).

Lopuksi tee arvio mittaus silmällä, näytääkö mitatut arvot ollenkaan järkeviltä?

Nokkapyöräkoneen punnitus

Tai siis purjekoneen jossa on jokin muu kuin kuvien laskuteline, on se sitten nokkapyörä, suksi tai jokin muu.

Vaakita kone vaaolle vaakitusasentoon (edellinen kohta). Asento voi edellyttää täytettä päätelineen alle. Joissain purjekoneissa punnitusta ei tehdä pyöristä, vaan nokan nostopisteestä tms (esim ASK-21). Myös tässä asiassa noudatetaan lento/huoltokäsikirjan ohjetta. Merkitse perustaso lattiaan. Mittaa tukipisteiden etäisyys perustasosta. Mainitussa ASK21 huoltokäsikirjan kaava on virheellinen!

Vaakituksen jälkeen kone on jo valmiiksi vaa'oilla, joten kirjaa ylös vaakojen lukemat.

Lopuksi

Kun kaikki mitat ja painot on kirjattu ylös, kone otetaan vaaoilta pois. Tarkista vaakojen näyttämät arvot kun niillä ei ole mitään. Jos ei ole nolla, selvitä syy. Tarkoittaa yleensä että joudut punnitsemaan koneen uudestaan. Se on tässä vaiheessa pieni vaiva.

Punnitse käyttämiesi nostolevyjen/pyörätukien massat per tukipiste. Siis ne jotka on mukana mittauksessa. Nämä arvot ovat tukipisteiden ”taaroja”.

Laskelmat

Suorita laskelmat. Esimerkki on tyypilliselle purjekoneelle, jossa on siis kannuspyöräteline. Ja perustaso on siiven tyvikaaren etureunassa. Esimerkissä yksiköt ovat kilogramma (kg) ja metri (m). Yksiköt voivat olla mitä vaan, kunhan kaikissa vaiheissa käytetään samoja yksiköitä.

Käytetään merkintöjä:

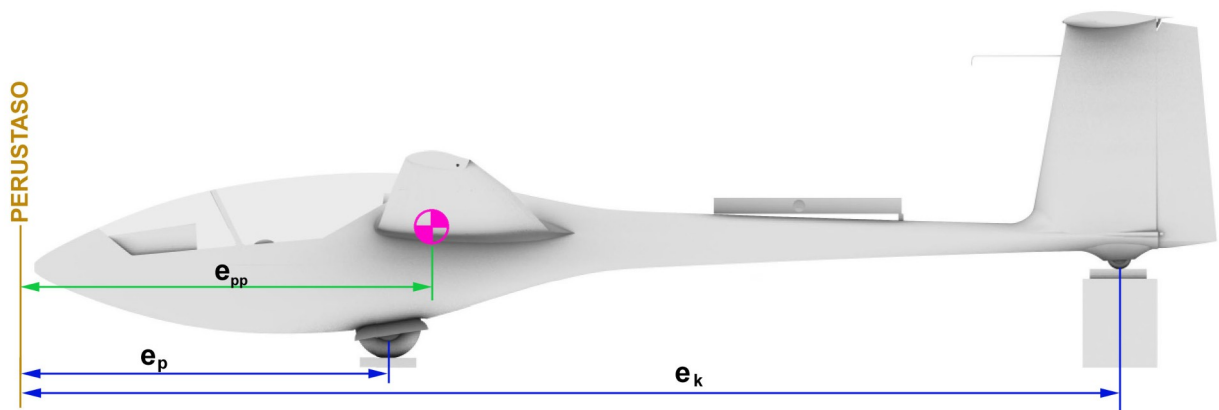
pääteline, massa m_p

kannustelineen massa m_k

Koneen tyhjämassa (m) on näiden lukemien summa, eli

$$m = m_p + m_k$$

Yksittäisten tukipisteiden momentit (M) ovat vastaavasti M_p , M_k .



Etäisyydet (e_p , e_k) ovat positiivisia perustasosta taaksepäin ja negatiivisia perustasosta eteenpäin. Tässä koneessa on siis myös miinusmerkkisiä etäisyyksiä.

Momentti on massa kertaa etäisyys, eli

$$M_p = m_p \times e_p$$

$$M_k = m_k \times e_k$$

Kokonaismomentti osa kuten massa, osamomenttien summa.

$$M = M_p + M_k$$

Nyt meillä on kokonaismassa ja kokonaismomentti.

Kokonaismassa paikka on koneen painopiste, ja se saadaan jakamalla momentti massalla

$$e_{pp} = M / m$$

Laskentataulukko tekee nämä silmänräpäyksessä, mutta vaiheittain taulukon tapahtumat menevät seuraavasti. Tässä perussarakkeet ja rivit joita tarvitsen.

tukipiste	Massa tukipisteessä	etäisyys	momentti	painopiste
	[kg]	[m]	[kgm]	[m]
pääteline				
kannuspyörä				
yhteensä				

Ensin kirjataan mitatut/luetut arvot taulukkoon.

tukipiste	Massa tukipisteessä	etäisyys	momentti	painopiste
	[kg]	[m]	[kgm]	[m]
pääteline	208,5	2,025		
kannuspyörä	30,5	5,800		
yhteensä				

Sitten lasketaan kokonaismassa (eri tukipisteiden osamassa yhteen):

tukipiste	Massa tukipisteessä	etäisyys	momentti	painopiste
	[kg]	[m]	[kgm]	[m]
pääteline	208,5	2,025		
kannuspyörä	30,5	5,800		
yhteensä	239,0			

Sitten lasketaan kunkin osamassan osamomentti (kunkin tukipisteen massa kerrotaan etäisyydellä). Vaikka tässä sitä ei ole, muista että kun positiivinen luku ja negatiivinen luku kerrotaan, tulos on negatiivinen.

tukipiste	Massa tukipisteessä	etäisyys	momentti	painopiste
	[kg]	[m]	[kgm]	[m]
pääteline	208,5	× 2,025 =	422,2	
kannuspyörä	30,5	× 5,800 =	176,9	
yhteensä	239,0			

Osamomentit lasketaan yhteen.

tukipiste	Massa tukipisteessä	etäisyys	momentti	painopiste
	[kg]	[m]	[kgm]	[m]
pääteline	208,5	2,025	422,2	
kannuspyörä	30,5	5,800	176,9	
yhteensä	239,0		599,1	

Kokonaismomentti jaetaan kokonaismassalla, jolloin saadaan painopisteen paikka.

tukipiste	Massa tukipisteessä	etäisyys	momentti	painopiste
	[kg]	[m]	[kgm]	[m]
pääteline	208,5	2,025	422,2	
kannuspyörä	30,5	5,800	176,9	
yhteensä	239,0		599,1	2,507

$$\frac{599,1}{239,0} = 2,507$$

Saadaan kokonaisuudessa ja sitä vastaava painopiste (etäisyys perustasosta).

Jos purjekoneessa on polttomoottori, punnittuun tyhjämassaan on lisättävä käyttämättä jäävä polttoaine.

Tee silmämääräinen arvio, onko tulokset järkeviä. Jos esim painopiste on kannuskoneella päätelineen etupuolella, ja kone ei kippaa nokalleen, tulos ei ole järkevä!

Vertaa lopputulosta edellisen punnituksen tulokseen. Jos tulos muuttunut, sen syy pitäisi olla selvä. Mutta pienet muutokset eivät aiheuta ongelmia. Punnitus ei ole eksaktia tiedettä, kaikissa mittauksissa tulos vaihtelee kerrasta toiseen. Jos saat saman tuloksen kuin edellisellä kerralla, sitä on syytä ihmetellä!

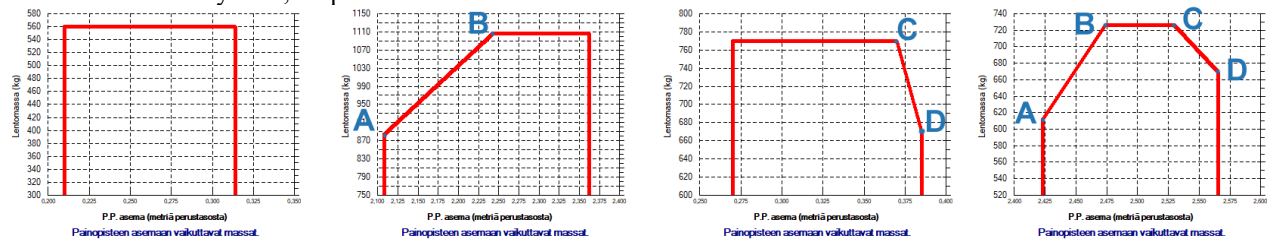
Kuormausohjeet

Purjelentokoneissa on tapana laskea kuormausohje, eli mikä on suurin ja pienin ohjaaja, jolla rajoituksia ei rikota.

Kuormaustaulukko siis kertoo millä kuormauksilla jokin arvo on ääriarvossaan. Se voi olla jokin massa tai painopiste. Periaatteessa koneella kuin koneella, tee jokaisen päällikön peruskoulutuksessa opetettu lentoa edeltävä painolaskelma, ja hae kuormaus, jolla jokin raja-arvo tulee vastaan. Näistä voit sitten koota kuormaustaulukon. Erityisesti peräkkäinistuttavassa koneessa ei voi käyttää joissain punnituskentälomakkeissa olevaa valmista kaavannippua, koska ne eivät tunnista kuin samalla tasalla olevat henkilöt. Ja jos painopisterajat eivät ole suorakulmaiset, ainoa tapa on tehdä se kuten tässä on esitetty.

Jos ohjaajan paikka on kerrottu vain yhdellä luvulla, se on keskimääräinen arvo! Oikeasti eri kokoisten ohjaajien painopiste sijaitsee eri paikoissa, tyypillisesti lyhyen painopiste on taempana kuin pitkän henkilön. Oikean paikan itselle saa suorittamalla punnitus myös ihminen koneessa mukana. Tyhjän ja kuormatun koneen erotuksesta saa todellisen ohjaajan painopisteen laskettua. Varsinkin jos haluat lentää painopisteen rajamailla, tämä on ainoa turvallinen tapa määrittää ohjaajan painopiste.

HTH sivuilla on painolaskelmataulukot neljälle peruspainopistealueen perusmuodolle. Kantikas, etureunassa vino osa, takareunassa vino osa ja sekä etu- että takarajat vinoilla osilla. Näistä purjekoneilla käytännössä vain tuo ensimmäinen on käytössä, mopuilla muitakin.



Kaikilla koneilla on nämä rajat määritelty, myös niillä LS-xx koneilla, joiden lentokäsikirjassa on esitetty se tyhjän koneen painopistetaulukon perustuva tapa. Tavalliset rajat löytyvät TCDS:stä, ja ne ovat ihan tavalliset kantikkaat rajat.

Syötä koneen perusmassa, painopisteen paikka, kuormien sijainnit ja max massa yms taulukon keltaisiin soluihin. Sitten kokeilemalla voit hakea kuorman, jolla jokin raja saavutetaan, vaan ei ylitetä. Huomaa että painopisteen pitää pysyä alueella koko lennon ajan, joten myös tankki tyhjänä painopisteen pitää pysyä alueella. Tämä voi olla rajoittava tekijä jos polttoaine tai painolasti tankki on kaukana painopistealueesta.

Ei-kantavien osien massa

Kaikilla (joitain vanhoja lukuunottamatta) purjekoneilla on rajoitettu ei-kantavien osien massa. Kantavaa on siiven tyvitappien ulkopuolella olevat osat. Eli irrotetut siivet punnitsemalla saadaan kantavien osien massa ja loppu on ei-kantavaa. Huomaa että siivissä oleva painolasti kuuluu kantavaan massaan! Ja pyrstön kaikki osat ovat ei-kantavia!

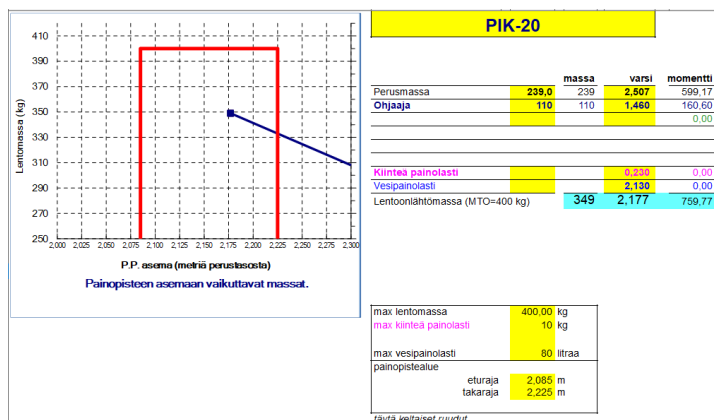
Edellä olevassa esimerkissä siipien massa punnittiin ja tulos oli $63+62 = 127$ kg.

Kun tyhjämassa oli 239 kg, ei kantavien osien massaksi tulee $239 - 127 = 112$ kg.

Suurin sallittu ei-kantavien osien massa on tällä koneella 220 kg. Joten tämä rajoittaisi ohjaajan massaksi (laskuvarjon kanssa) $220 - 112 = 108$ kg:oon.

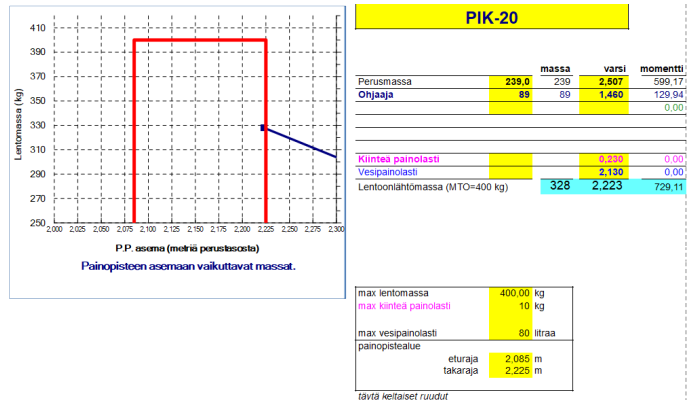
Koneella on rajoituksissa myös suurin sallittu ohjaamokuorma 110 kg.

Pilootin paikka on 1,46 m (lentokäsikirjasta), samoin kiinteä painolasti on paikassa 0,23 m jota saa olla enintään 10 kg.

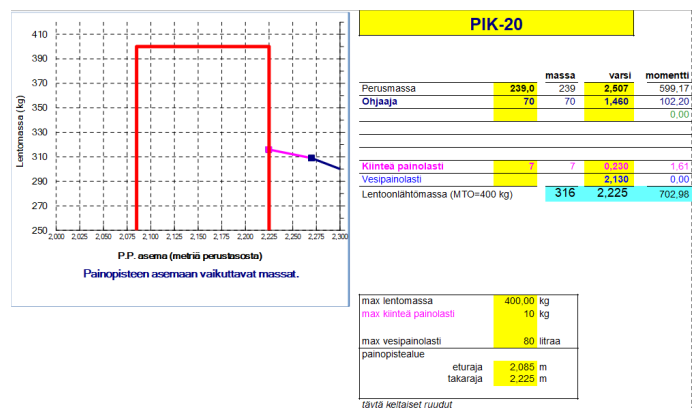


WbPIK20.ods taulukolla kokeilemalla voit todeta, että 108 tai 110 kg pilootilla painopiste on rajoissa. Valitaan näitä se pienempi suurimmaksi pilootin painoksi.

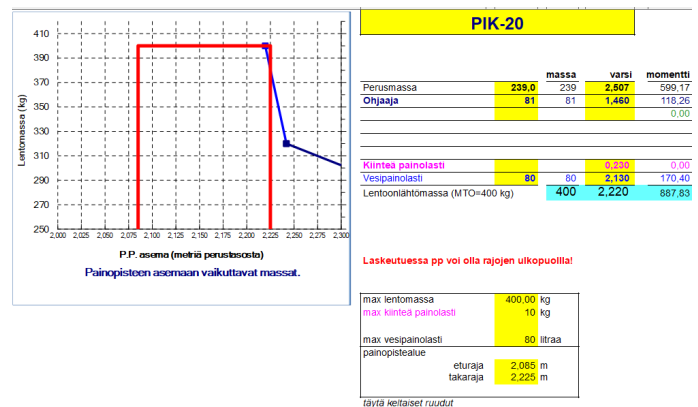
Samalla taulukolla muutamalla kokeilulla selvittää että pienin pilootin paino, jolla painopiste asettuu takimpaan sallittuun arvoonsa on 89 kg (joka on sopiva tarkkuus, kuka sitä tietää painoan 100 g tarkkuudella?).



Koska koneessa on mahdollista käyttää kiinteää painolastia (asema 0,23 m) sen vaikutus voidaan myös selvittää. 7 kg painolasti nokassa siirtää painopistettä eteenpäin, joten kokeilemalla vasta 70 kg pilootilla painopiste hipoo takarajaa. Ja tämä ei muuta 108 kg maksimia (max massa ei vielä ylitä).

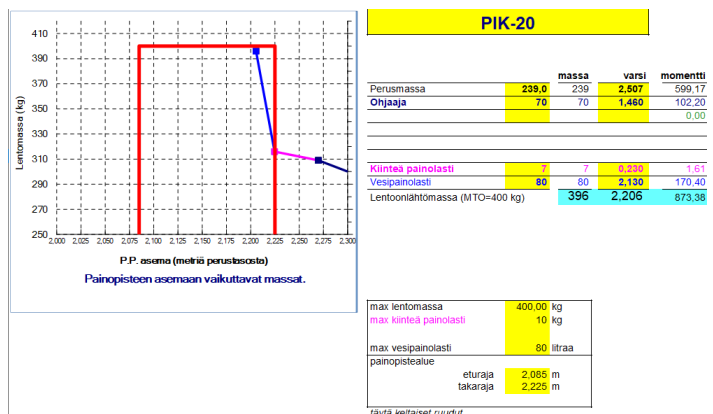


Vesipainolastin kanssa (ilman kiinteää painolasti) painopiste siirtyy eteenpäin, vesi sijaitsee painopistealueella mutta se on kuormatulla koneen painopisteen etupuolella. Vesilastissa painopiste olisi 81 kg pilootilla rajojen sisällä (katso viereinen laskelma), mutta vettä ei voisi laskea pois, koska silloin painopiste siirtyisi takarajan takapuolelle. Ei hyvä!



Joten vesipainolastin kanssa tarvitaan kiinteää painolastia, jos alle 89 kg pilootti aikoo lentää sillä.

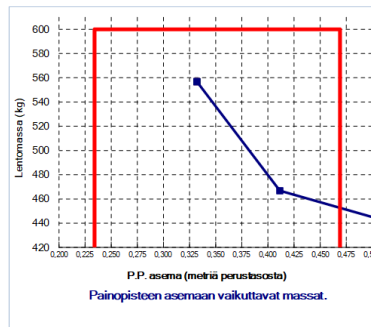
Mutta kiinteä painolasti rajoittaa helposti veden määrää.



Edellä käytetyllä 7 kg painolastilla, joka mahdollistaa 70 kg pilootin lentämisen kokonailentomassa on vedenkin kanssa vielä maksimimassan alapuolella.

Ja graafista näet, että vaikka veden pois laskeminen (vesi on sininen viiva ja taulukossa sininen teksti) siirtää painopistettä taaksepäin, mutta ilman vettäkin ollaan vielä rajalla.

Samaa taulukkoa voit käyttää myös kaksipaikkaisella purjekoneella. Lisää vain takaohjaaja ja hänelle paikka.



ASK21			
	massa	varsi	momentti
Perusmassa	391,8	392	0,717
Etuoijaaja	75	75	-1,185
Takaohjaaja	90	90	-0,080
<hr/>			
Kiinteä painolasti			0,00
<hr/>			
Lentoonlähötömassa (MTO=600 kg)	557	0,332	184,85

max lentomassa	600,00 kg
max kiinteä painolasti	10 kg
max vesipainolasti	0 litraa
painopistevaliue	
eturaja	0,234 m
takaraja	0,469 m

täytä keltaiset ruudut

Huoltotodiste

Punnitus on huoltotoimenpide josta pitää antaa huoltotodiste. Kirjaa siis punnitustodistukseen huoltotodisteen edellyttämät tiedot.