

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ  
LETECKÝ ÚSTAV

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING  
INSTITUTE OF AEROSPACE ENGINEERING

## NÁVRH VODOROVNÉ OCASNÍ PLOCHY DVOUMOTOROVÉHO LETOUNU DLE PŘEDPISU CS23

DESIGN OF HORIZONTAL TAIL SURFACE FOR TWO ENGINE COMMUTER ACCORDING CS23  
REGULATION REQUIREMENTS

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. DAVID KŘÍŽKA

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. MICHAL MALIŠ, Ph.D.

BRNO 2012



## **Abstrakt**

Cílem této diplomové práce je navrhnout kompozitovou vodorovnou ocasní plochu pro letoun EV-55M. Základním stavebním předpisem pro letoun EV-55M je předpis CS 23. Vodorovná ocasní plocha je navržena v souladu s tímto předpisem. V práci je proveden hmotnostní rozbor, výpočet vlastností letounu a zatížení vodorovné ocasní plochy. Dále je pak zhotoven návrh konstrukčních variant, MKP výpočet levého výškového kormidla, systémový výkres vodorovné ocasní plochy.

## **Klíčová slova**

Vodorovná ocasní plocha, stabilizátor, výškové kormidlo, nosník, sendvič, voština, hmota, zatížení.

## **Abstract**

The aim of this diploma thesis is to propose a composite horizontal tail surface for EV-55M aircraft. The basic building formula for EV-55M aircraft is certification specifications CS 23. The horizontal tail surface is designed in accordance with this regulation. The work carries out mass analysis, calculation of aircraft properties, calculations of horizontal surface load. Furthermore, the design option is develop, FEM analysis of the stabilizer and left elevator is made and system drawing of the horizontal tail.

## **Keywords**

Horizontal tail surface, stabilizer, elevator, beam, sandwich, mass, honeycomb, load.

---



## **Bibliografická citace**

KŘÍŽKA, D. *Návrh vodorovné ocasní plochy dvoumotorového letounu dle předpisu CS23*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2012. XY s. Vedoucí diplomové práce Ing. Michal Mališ, Ph.D..



## Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma “Návrh vodorovné ocasní plochy dvoumotorového letounu dle předpisu CS23” vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce s použitím odborné literatury, rad odborníků firmy Evektor, spol. s.r.o. a dalšími zdroji uvedených v seznamu příloh.

V Brně dne 27.4.2012

.....  
David Křížka



## Poděkování

Rád bych poděkoval vedoucímu diplomové práce Ing. Michalu Mališovi Ph.D za odbornou pomoc a cenné připomínky při zpracování mé diplomové práce. Dále bych rád poděkoval firmě Evektror spol, s.r.o. za poskytnutí všech údajů o letounu EV-55M a softwaru. Rovněž bych rád poděkoval panu Ing. Ladislavu Chybíkovi, Ing. Miroslavu Warchillovi, Ing. Tomáši Temelovi, kteří se mnou ochotně konzultovali velkou část mých dotazů. Poděkování patří i ostatním zaměstnancům firmy Evektror spol, s.r.o., kteří ochotně poskytli konzultace.

V neposlední řadě děkuji svým rodičům za velkou podporu během celého mého vysokoškolského studia a psaní této diplomové práce.



ÚVOD.....	15
1 ROZBOR POŽADAVKŮ PŘEDPISU.....	16
2 PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU POZNÁNÍ.....	18
2.1 Kompozitní materiál.....	20
2.2 Výztuže.....	20
2.2.1 Skelněná vlákna.....	20
2.2.2 Aramid.....	21
2.2.3 Uhlíková vlákna.....	22
2.2.4 Borová vlákna.....	22
2.3 Matrice.....	23
2.3.1 Epoxidové pryskyřice.....	24
2.3.2 Fenolické pryskyřice.....	24
2.3.3 Bismaleimidy (BMI).....	24
2.4 Prepregy.....	25
2.5 Sendviče.....	25
2.6 Technologie výroby kompozitních materiálů.....	25
2.6.1 Ruční kladení za mokra a vakuování.....	26
2.6.2 Technologie navíjení vláken.....	27
2.6.3 Pultruze.....	27
2.6.4 RTM (Resin Transfer Molding).....	28
2.6.5 Ruční kladení prepregů a vytvrzování v autoklávu.....	28
2.6.6 Strojní kladení prepregů.....	29
3 HMOTNOSTNÍ ROZBOR A STANOVENÍ NÁVRHOVÝCH HMOTNOSTÍ.....	30
3.1 Stanovení návrhových hmotností.....	30
Maximální pojížděcí hmotnost:.....	31
Maximální využitelné množství paliva:.....	31
Maximální hmotnost s prázdnými nádržemi v křídle:.....	31
Prázdná hmotnost letounu:.....	31
3.2 Výpočet hmotnostních konfigurací a centrází.....	38
3.3 SAVLE.....	38
3.3.1 Zpracování hmotnostních podkladů, plnění BD.....	38
3.4 Výpočet hmotnostních konfigurací letounu.....	40

---

3.4.1	Návrhový diagram hmotností a centrází letounu EV-55M: .....	42
4	Výpočet vlastností letounu EV-55M.....	44
4.1	Aerodynamický střed letounu s pevným řízením .....	44
4.2	Statická zásoba s pevným řízením .....	47
4.3	Aerodynamický střed letounu s volným řízením .....	47
4.4	Statická zásoba letounu s volným řízením.....	49
5	OBÁLKY ZATÍŽENÍ LETOUNU .....	50
	Poryvová obálka:.....	58
	Násobky zatížení při poryvech .....	58
6	VÝPOČET PŘÍPADŮ ZATÍŽENÍ LETOUNU EV-55M .....	60
6.1	Souřadný systém.....	60
6.2	Postup výpočtu a výběr případů zatížení.....	60
6.3	Výpočet zatížení no VOP .....	62
6.4	Distribuce zatížení na stabilizátor (ST) a výškové kormidlo (VK) .....	63
6.4.1	Vliv setrvačných sil .....	67
7	NÁVRH VARIANT .....	69
7.1	Návrh stabilizátoru.....	69
7.1.1	Varianta A.....	69
7.1.2	Varianta B.....	71
7.1.3	Varianta C.....	72
7.2	Návrh levého výškového kormidla.....	73
7.2.1	Varianta A.....	73
7.2.2	Varianta B.....	74
7.3	Návrh pravého výškového kormidla .....	75
7.3.1	Hmotové vyvážení.....	76
7.3.2	Blesková ochrana .....	76
7.4	Zhodnocení návrhu variant.....	76
8	MKP VÝPOČET .....	77
8.1	Materiálové vlastnosti .....	77
8.1.1	Materiál EP121-C20-45 .....	77
8.1.2	EP121-CR500/130-G138-42 .....	77
8.1.3	ECA-3.2-29.....	78
8.2	Popis modelu levého výškového kormidla VK_L.....	81

8.3	Přístup vyhodnocení.....	82
8.4	Analýza MKP.....	83
8.4.1	Analýza MKP modelu VK_L Varianta A.....	83
8.4.2	Analýza MKP modelu VK_L Varianta B.....	87
8.5	Kontrola sendvičových panelů.....	93
8.5.1	Shear Strength.....	93
8.5.2	Facesheet Intracel Dimpling.....	96
8.5.3	Facesheet Wrinkling.....	99
8.5.4	Shear Crimping.....	100
9	ZÁVĚR.....	108
10	Citovaná literatura.....	109

---



## ÚVOD

Cílem této diplomové práce je konstrukční návrh **kompozitové vodorovné ocasní plochy** (dále už jen VOP) pro letoun EV-55M. Parametry a požadavky na VOP jsou stanoveny firmou Evekter, spol. s.r.o. Firma Evekter, spol. s.r.o. vyžaduje, aby zůstal zachován vnější tvar VOP, z důvodu zachování aerodynamických vlastností. Druhou podmínkou, stanovenou ze strany zadavatele, je zachování polohy závěsů stabilizátoru z důvodu uchycení ke kýlu letounu EV-55M. Ze strany zadavatele nejsou dále vzneseny žádné konkrétní požadavky na použitý materiál nebo technologii výroby. Základním stavebním předpisem pro letoun EV-55M je předpis CS 23.

## 1 ROZBOR POŽADAVKŮ PŘEDPISU

Je uveden stručný přehled dotčených paragrafů použitých v této práci.

CS 23.23 (a) Omezení týkající se rozložení zátěže

CS 23.25 (a) Maximální hmotnost  
(b) Minimální hmotnost

CS 23.301 Zatížení (a) (b)

CS 23.303 Součinitel bezpečnosti

*Komentář:*

*Základní součinitel bezpečnosti  $fb = 1,5$  je pro kompozitní materiály vynásoben zvyšujícím součinitelem  $k$  dle CS 23.619.*

CS 23.305 (a) (b) Pevnost a deformace

*Komentář:*

*Únosnost konstrukce je v dokumentu hodnocena pomocí součinitele rezervy  $R.F.$ , který je dán vztahem:*

$$R.F. = F_U / F_{POC} > 1$$

*Pro index poškození je součinitel dán vztahem:*

$$R.F. = \frac{1}{\sqrt{F.I.}} > 1$$

CS 23.331 (a) (b) Symetrické letové podmínky

CS 23.333 (a) Všeobecně  
(b) Obratová obálka  
(c) Poryvová obálka

CS 23.335 Návrhové rychlosti letu  
(a) Návrhová cestovní rychlost  $V_C$   
(b) Návrhová rychlost strmého letu  $V_D$   
(c) Návrhová obratová rychlost  $V_A$

CS 23.337 (a) Provozní násobky při obratech

CS 23.393 (b) Zatížení rovnoběžná s osou závěsu

CS 23.341 (a) (c) Násobky zatížení při poryvech

CS 23.343 (a) (b) Návrhové zatížení palivem

CS 23. 421 (a) (b) Vyvažovací zatížení

CS 23.423 (a) (b) Zatížení při obratech

CS 23. 425 (a) (c) (d) Zatížení při poryvu

CS 23. 427 Nesymetrická zatížení (a) (c)

CS 23.441 (a) Zatížení při obratech

CS 23.443 (a) (c) Zatížení při poryvu

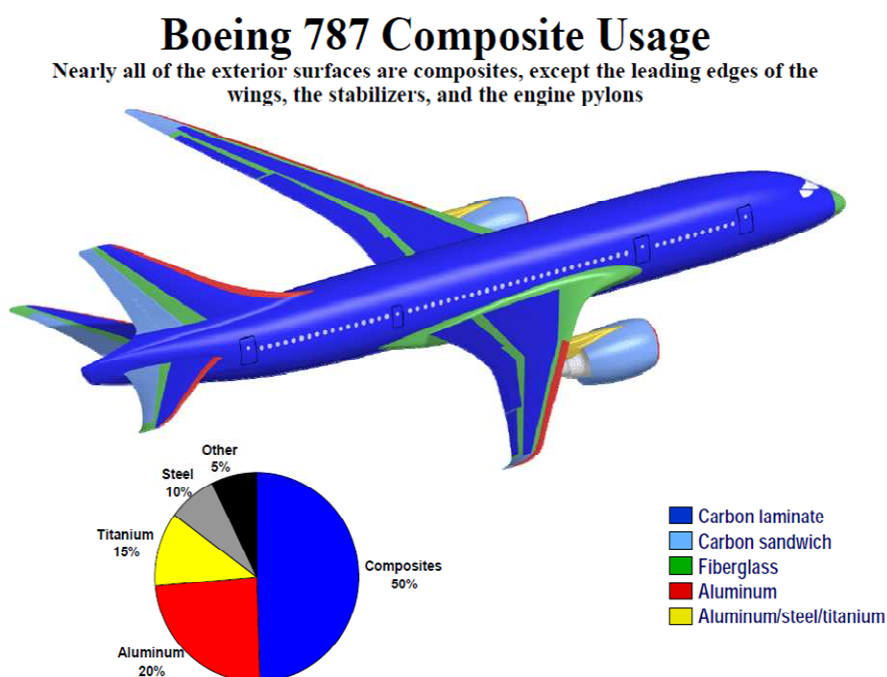
CS 23. 613 (a) (b) Pevnostní vlastnosti materiálu a navrhované hodnoty

CS 23. 619 Zvláštní součinitele

## 2 PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU POZNÁNÍ

Vznik nových vláknových kompozitních materiálů, často označovaných jako (advanced composites), měl být revolucí v letecké výrobě a zásadně změnit charakter používaných materiálů. Vláknové kompozity jako např. (uhlík s polymerní matricí) se vyznačují vysokou pevností, životností, nízkou hmotností, což jsou hlavní výhody oproti konvenčním hliníkovým slitinám používaných v leteckém průmyslu. Očekávaný vývoj uplatnění kompozitních materiálů v letecké výrobě však z počátku nebyl tak razantní, jak se původně předpokládalo a má spíše postupně vzrůstající trend. Důvodem postupného a pomalého nasazení CFRP (Carbon-fiber-reinforced polymer) v konstrukcích velkých dopravních letadel je dána konzervativností a vysokými požadavky na bezpečnost.

Tak jako vše, i kompozitní materiály jsou provázeny řadou nevýhod, které nejsou přímo spjaty se samotným kompozitem, ale spíše s reálnou výrobou kompozitních dílů, technologií a zachováním jakosti během celé sériové výroby. Dalším negativním faktorem je vysoká cena. Kompozitní díly jsou v porovnání s konvenčními díly vyráběných z hliníkových slitin dražší. Důvodem vyšší ceny jsou nutné zkoušky, testy, certifikace, které v počáteční fázi značně zvyšují cenu. Navzdory všem zmíněným komplikacím, které kompozity doprovázejí, jejich uplatnění neustále vzrůstá. Důkazem tohoto tvrzení je rozšíření použití kompozitních materiálů na velkých dopravních letadlech ze sekundárních částí na primární části letounu (trup a části křídla). Dominantní postavení kompozitů lze sledovat u letadel spadajících do kategorie CS 22. Rovněž vzrůstá i počet kompozitních letounů řadících se do kategorie malých sportovních letounů, tak i biz-jetů.



Obrázek 1 Aplikace kompozitů na letounech společnosti Boeing [1]

Srovnání kompozitních materiálu s konvečními slitinami používaných v leteckém průmyslu:

- vlastnosti materiálu nejsou jednotné ve všech směrech, slitiny jsou izotropní a kompozit je anizotropní
- velký výběr mechanických vlastností
- větší odolnosti vůči únavovému poškození
- větší citlivost na okolní prostředí, vlhkost
- omezený počet pracovníků se znalostmi a praxí

Další rozdíly v materiálových charakteristikách je možno vypočítat z následující tabulky:

Material Properties	Relative Advantage		
	Thermoplastics	Thermosets	Metal
Corrosion resistance	xxx	xxx	x
Creep	xxx	xxx	x
Damage resistance	xx	x	xxx
Design flexibility	xxx	xxx	x
Fabrication	xx	xx	x
Fabrication time	xxx	xx	x
Final part cost	xxx	xx	x
Finished part cost	xxx	xx	x
Moisture resistance	xx	x	xxx
Physical properties	xxx	xxx	xxx
Processing cost	xxx	xx	x
Raw material cost	x	xx	xxx
Reusable scrap	xx	—	xxx
Shelf life	xxx	x	xxx
Solvent resistance	xxx	xx	x
Specific strength	xxx	xxx	x
Strength	xxx	xxx	x
Weight saving	xxx	xx	o

Tabulka 1 Srovnání termosetu, termoplastu a kovů x-horší vlastnosti, xxx-lepší vlastnosti [2]

#### Klady:

- nízká hmotnost
- relativně vysoká pevnost
- odolnost vůči korozi
- odolnost vzhledem k únavovému poškození
- kompozitní konstrukce umožňují snížit počet částí a spojovacích prvků
- malá teplotní roztažnost a sní spojené problémy

#### Zápory:

- drahý materiál
- degradace vlastností vlivem okolního prostředí a teploty
- drahé a komplikované kontrolní metody
- vznik koroze vlivem nesprávného spojení (uhlík – kov)

## 2.1 Kompozitní materiál

Kompozitní materiál je složen ze dvou nebo i více chemicky a fyzikálně odlišných složek. U kompozitu rozeznáváme výztuž, což je pevnější a tužší složka, a matici, která je ve většině případů poddajnější a plní funkci pojiva. [3]

Aby bylo možno hovořit o kompozitu, výsledný materiál musí splňovat následující podmínky:

- podíl výztuže musí být větší než 5%
- kompozit má rozdílné vlastnosti jednotlivých fází (výztuž je značně pevnější v tahu a tužší než matrice)
- kompozit musí být připraven smícháním složek

Na základě řady kritérií je tedy možné kompozity dělit podle:

- Příčného průměru výztuže
  - makrokompozity – příčný průměr je od  $10^0$  do  $10^2$  mm
  - mikrokompozity – příčný průměr je od  $10^0$  do  $10^2$   $\mu$ m
  - nanokompozit – mají rozměry výztuže v nm
- Charakteru výztuže
  - vláknové kompozity
  - částicové kompozity

V této práci bude pozornost věnována **vláknovým kompozitům**, které mají v leteckém průmyslu dominantní význam a uplatnění. Pokud nebude uvedeno jinak, pod pojmem kompozit, respektive kompozitní materiál bude uvažován právě vláknový kompozit.

## 2.2 Výztuže

Na přenosu zatížení se nejvíce podílejí vlákna. Matrice se na výsledných vlastnostech kompozitu podílí jen slabě. Pevnost vlákna je vždy výrazně větší než pevnost stejného materiálu v kompaktní formě. Důvodem je malý příčný průřez vlákna. V tenkých vlákních jsou minimalizovány rozměry vrozených vad materiálu. Taktéž výskyt povrchových vad při malých rozměrech je menší. Vady se nejčastěji vyskytují v podobě submikroskopických až mikroskopických trhlinek a dutinek, které jsou přednostně orientovány v podélném směru. Důležitým faktorem, jenž určuje výslednou pevnost kompozitu je orientace vláken. Největší únosnost kompozitu je ve směru vláken. Při změně úhlu zatížení značně poklesne pevnost kompozitu. Výsledné vlastnosti laminátu jsou dány kombinací jednotlivých vrstev (lamin) a jejich vzájemným natočením.[3]

### 2.2.1 Skleněná vlákna

Všeobecně se jedná o velmi rozšířenou výztuž, která si své místo vydobyla díky relativně nízké hmotnosti, ceně, vysoké pevnosti a nekovovému charakteru. Na leteckých konstrukcích je jejich uplatnění limitováno. Důvodem tohoto omezení je, že skleněná vlákna mají relativně nízkou specifickou tuhost. U letounu, kde konstrukčním omezením není nízká tuhost (kluzák, malé

sportovní letouny, atd.) jsou skleněná vlákna rozšířena jak na primárních tak sekundárních částech konstrukce. Skleněná vlákna se běžně používají pro části, které nepřenášejí extrémně vysoké zatížení nebo nejsou vystaveny velkému napětí. U velkých letadel lze uplatnění nalézt převážně v interiéru trupu (úložné prostory, vnitřní panely). Skleněná vlákna se vyrábějí tažením taveniny směsi oxidů Si a příměsí jiných kovů. Potřebného průměru vláken se dosáhne dloužením proudu skla tekoucího tryskami. Skleněné vlákno je značně hydrofilní. Absorbováním vody ze vzdušné vlhkosti vzniká bariéra, která brání vytvoření dobré vazby mezi vláknem a matricí. Z tohoto důvodu se skleněná vlákna chrání vrstvou polyethylenu. Dále se používají vazebné prostředky, které zvyšují afinitu k polymerní matrici, snižují jímavost vody a mají antistatický účinek.

Skleněná vlákna se vyskytují v různých modifikacích (A-sklo, C-sklo, D-sklo, E-sklo, S-sklo) První tři zmíněné modifikace se pro letecké účely nepoužívají, kvůli jejich nízké pevnosti. Pro letecké účely se běžně používá E-sklo a S-sklo. E-sklo má vysokou pevnost a nízkou hmotnost, dobré únavové a dielektrické vlastnosti. Odolnost vůči chemickému prostředí a přírodním podmínkám je rovněž výborná. E-sklo se používá většinou pro sekundární části. Pro primární části je určeno S-sklo, které má o 25% vyšší tlakovou pevnost. Tahová pevnost je vyšší o 40%, modul o 20% a hustota je o 4% nižší v porovnání s E-sklem. [3][2][4]

### 2.2.2 Aramid

Jedná se o aromaticky polyamid. Nejznámější je Kevlar, což je ochranná známka pro para-aramid syntetického vlákna, který vyvinula společnost DuPont. Vlákno kombinuje vysokou houževnatost, pevnost, tuhost a nízkou hustotou ( $1,44 \text{ g/cm}^3$ ). Specifickou vlastností je schopnost plasticky se deformovat při působení síly kolmo na osu vlákna. Další pozitivní vlastností Kevlaru je schopnost tlumení vibrací. Hlavní nevýhodou je nízká pevnost v tlaku a degradace vlivem slunečního záření. Běžně se aramid používá pro prvky kapotáže, voštinové panely. Uplatnění kompozitů s aramidovou výztuží lze nalézt na krytech radarů a jiných aplikacích, které vyžadují vhodné dielektrické vlastnosti. [3][2][4]

### 2.2.3 Uhlíková vlákna

Uhlíková vlákna v kombinaci s vhodnou matricí patří mezi nejpevnější a nejtužší kompozitní materiály. Uhlíková vlákna mají široký rozsah vlastností v závislosti na typu vlákna. Uhlíková vlákna jsou běžně dostupná v následujících formách:

- HTS – high tensile strength fiber
- HS – high modulus fiber
- UHM – ultra high modulus fiber
- IM – intermediate modulus fiber

Teplotní roztažnost uhlíku je nízká, dokonce v rozsahu teplot 0-250 °C je součinitel teplotní roztažnosti záporný. Mezi další přednosti kompozitu s uhlíkovými vlákny patří vysoké únavové limity v porovnání s běžnými hliníkovými slitinami a dobrá schopnost útlumu vibrací. Uhlík ve styku s kovy vytváří galvanický článek. Následně dochází ke vzniku elektrochemické koroze. Z těchto důvodů musí být kompozit s uhlíkovými vlákny od kovu oddělen nevodivým materiálem (například kompozitem se skleněnými vlákny). Většina uhlíkových vláken používaných v letectví, ale nejen zde, je vyrobena z polyakrilonitridového vlákna (PAM). Dříve se uhlíková vlákna vyráběla z viskózy (rayon). Od tohoto způsobu výroby se odstupuje díky nízké výnosnosti a horším mechanickým vlastnostem v porovnání s PAM vlákny.

Postup výroby uhlíkového vlákna je možno rozdělit do následujících etap:

**Stabilizace** – v rozmezí teplot okolo 200 až 300 °C, za působení tahového napětí a v oxidačním prostředí je PAN vlákno stabilizováno. Dojde k cyklizaci vazeb v řetězci makromolekuly PAN. Dochází k vytvoření paralelních žebříkovitých makromolekul. Vlákno zčerná a stane se netavitelným.

**Karbonizace** - při teplotách od 1000 do 1800 °C v inertním prostředí proběhne karbonizace. Odstraní se vodík, klesne obsah dusíku a kyslíku, 80 až 95 % hmoty tvoří uhlík. Vlákno dosáhne maximální pevnosti v tahu.

**Grafitizace** - při teplotách do 3000 °C v inertním prostředí dochází ke zvětšení obsah uhlíku. To má za následek vznik dokonalejších mikrokystalů. Vyspělejší mikrokristaly zapříčiní zvětšení tuhosti vlákna.

Použití kompozitů s uhlíkovými vlákny má širokou škálu uplatnění. Lze je nalézt jak na primárních tak i sekundárních částech konstrukce, motorech, brzdách atd. [2][4]

### 2.2.4 Borová vlákna

Borová vlákna mají v porovnání s ostatními vlákny větší průměr (125-140 μm). Bor patří mezi velmi tvrdé prvky, proto se kompozity s borovými vlákny obtížně vrtají a kladou. Tkaniny z borových vláken se nevyrábí. Borová vlákna se dodávají v podobě prepregu. Z důvodu vysoké ceny jsou kompozity s borovými vlákny nahrazovány uhlíkovými kompozity. Vysoká cena je dána nepříliš efektivní výrobou. Vyrábějí se metodou CVD (Chemical Vapor Deposition). V podstatě se jedná o odpařování chloridu boritého (BCl<sub>3</sub>) a jeho kondenzaci na wolframovém drátu nebo na levnějším a lehčím uhlíkovém vlákno, které je připraveno z izotropního dehtu. Kompozity

s borovými vlákny se používají pro vysokoteplotní aplikace nebo součásti, které jsou extrémně namáhané tlakem. [2][4]

### 2.3 Matrice

Matrice je spojitá složka, která v kompozitním materiálu plní více funkcí. Účelem matrice je v podstatě vázat výztuž dohromady, přenášet zatížení mezi jednotlivými vlákny a zabraňovat vlastnímu poškrábání vláken vlivem abraze. Matrice rovněž chrání vlákna před vzdušnou vlhkostí a oxidací, která má za následek jejich zkřehnutí a předčasné selhání. Vlastnosti matrice významně ovlivňují mechanické vlastnosti kompozitu jako je:

- mezilaminární smyková pevnost
- teplotní použitelnost kompozitu
- podélná pevnost v tlaku
- příčná pevnost v tahu

Pro kompozity s kontinuálními vlákny jsou nejpoužívanější matrice polymerní, a to reaktoplastické nebo termoplastické.

**Reaktoplast:** (dříve termoset) je zesíťovaný polymer, který vytváří prostorovou síť. Zesíťování nastává vlivem tepla, tlaku nebo působením katalyzátorů. Zesíťování je v tomto případě nevratný děj. Opětovným dodáváním tepelné energie není možno hmotu roztavit. Husté příčné zesíťování se nazývá vytvrzování.[3]

**Termoplast:** Je to opak reaktoplastu. V případě termoplastu jsou řetězce molekul drženy u sebe pouze mezimolekulárními interakcemi (van der Waalovy síly, vodíkové můstky). V případě dodání tepelné energie tyto vazby slábnou a polymer se stává tekutým.

#### Přehled organických materiálu běžně používaných pro letecké aplikace:

##### Reaktoplasty:

- epoxidové pryskyřice (EP)
- fenolické pryskyřice (PF)
- bismaleimidy (BMI)
- reaktoplastické polyimidy (PI)

##### Termoplasty:

- polyeterimid (PEI)
- polyetersulfon (PES)
- polyamide-imide (PAI)
- polyetheretherketon (PEEK)
- polyfenylensulfid (PPS)

Kompozity s polymerní matricí tzv. **PMC's** mají v konstrukci draků letadel dominantní postavení, hlavně v kombinaci s dlouhými výztužnými vlákny. Z tohoto důvodu bude pozornost věnována následujícím matricím jako je (epoxidová, fenolická, BMI, PI)

### 2.3.1 Epoxidové pryskyřice

V leteckých aplikacích mají dominantní postavení. Výsledné vlastnosti jsou funkcí chemické struktury pryskyřice, použitého tvrdidla a případných modifikačních složek. Užité i technologické vlastnosti pryskyřice lze měnit v širokém spektru přidáním dalších složek např. reaktivního ředidla. Epoxidové pryskyřice mají obecně dobrou houževnatost, kohezní pevnost, odolnost proti únavě a tečení, výbornou adhezi k vláknům, malé smrštění při vytvrzení, atd. Teplotní stálost přibližně okolo 200 °C. Nevýhodou je, že jsou navlhavé (přítomnost vody zhoršuje teplotní odolnost pryskyřice). Vytvrzovací reakce je polymerizace. Při vytvrzování se neuvolňují žádné vedlejší produkty. Výsledný kompozitní díl je tedy bez dutin. Epoxidy jsou použitelné prakticky pro všechny zpracovatelské technologie. [5][3][2]

Epoxidové matrice by neměly být vystavovány následujícím vlivům, jelikož mají na ně škodlivé účinky.

- vlhkost
- ultrafialové záření
- hydraulické kapaliny
- palivo
- čisticí prostředky

### 2.3.2 Fenolické pryskyřice

Vyrábějí se z fenolu a formaldehydu. Mezi hlavní přednosti těchto pryskyřic patří dobrá rozměrová stálost i za zvýšených teplot, schopnost přenosu zatížení nad teplotou skelného přechodu. Uplatnění nacházejí všude tam, kde se vyžaduje odolnost proti hoření a nízký vývin kouře. Vytvrzují polykondenzací (při této reakci dochází k odštěpení molekuly vody). Přítomnost vody se podílí na vzniku dutin a mikrotrhlin, což vede ke snížení mechanických vlastností. [5][3][2]

### 2.3.3 Bismaleimidy (BMI)

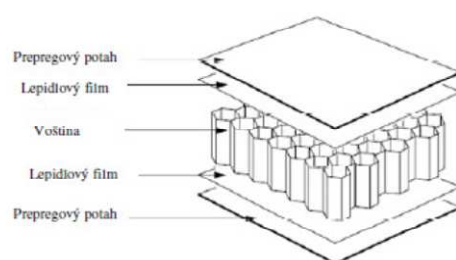
Vznikají reakcí maleinan anhydridu a diaminu. Vytvrzování je bez uvolňování plynu. Používají se především u leteckých kompozitů určených pro vyšší pracovní teploty (vstupní soustavy motorů, aerodynamické plochy vysokorychlostních letounů). Mezi nevýhody BMI patří křehkost a absorpce vody. [5][3][2]

## 2.4 Prepregy

Prepregy se používají pro získání špičkových kompozitů. Špičkových vlastností je dosaženo díky vysokému podílu vláknové výztuže. Prepreg je předimpregnovaná vláknová výztuž. Matrice u prepregů může být reaktoplastická nebo termoplastická. Při výrobě reaktoplastického prepregu se na tkaniny nebo roving impregnuje pryskyřice. Matrice se v prepregu nachází v částečně vytvrzeném stavu (B stav). V tomto stavu již existuje zesítnění molekul, síť má ovšem velmi malou hustotu. Z tohoto důvodu pryskyřice obsažená v prepregu má dostatečnou lepivost a tvarovatelnost. K vytvrzení prepregového kompozitu dochází působením zvýšené teploty a tlaku. Nevýhodou je omezená doba skladovatelnosti (např. u epoxidového prepregu je to v řádu týdnů). Dobu skladovatelnosti je možno zvýšit uchováváním v mrazících boxech.

## 2.5 Sendviče

Sendvičové struktury se skládají z jádra umístěného ve středu a potahů (plášťů) na povrchu dílce. (struktura sendviče je znázorněna na následujícím obrázku). Díky své vysoké tuhosti jsou atraktivní pro aplikace, kde je vznesen požadavek vyžadující kombinaci nízkého průhybu a hmotnosti. Typickými aplikacemi sendvičových konstrukcí jsou náběžné a odtokové panely křídla, podlahové panely na trupu, křídélka, klapky, kormidla atd.



Obrázek 2 Skladba sendviče [3]

Materiály běžně používané na výrobu sendvičů:

Potah:

- kov
- kompozitní materiál

Jádro:

- voštinové (kovové, kompozitní, papírové)
- pěna

## 2.6 Technologie výroby kompozitních materiálů

Tak jako v předešlé kapitole, i zde je pozornost věnována technologii výroby kompozitních materiálů s dlouhými vlákny a polymerní matricí.

Při výrobě kompozitního dílce hraje technologie důležitou roli. Výsledné vlastnosti kompozitu nejsou pouze funkcí individuálních vlastností výztuže a matrice, ale jsou ovlivněny konstrukcí příslušné části a použitou technologií.

Výrobu kompozitních dílů je možno dělit dle:

Použité formy:

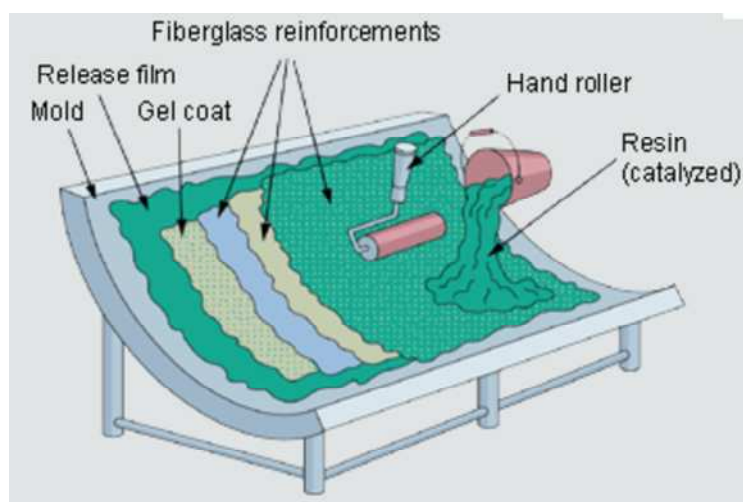
- otevřená
- uzavřená

Použitých složek:

- matrice + výztuž
- prepreg
- 

### 2.6.1 Ruční kladení za mokra a vakuování

Výztuž je ručně kladena do formy. Ve formě je tkanina ručně prosycována pomocí válečků nebo štětců. Každá vrstva je sycena samostatně. Navrstvený laminát je uzavřen pod utěsněnou plastickou folii. Odsátím vzduchu se pod folií vytvoří podtlak, jednotlivé vrstvy jsou k sobě přitlačovány atmosférickým tlakem. Vyrobené díly se vytvrzují při pokojové teplotě, je však možno je dotvrzovat i za zvýšené teploty. Před vlastním kladením vrstev i po něm je nutné provést technologické úkony. Tyto úkony jsou do jisté míry identické jako u kladení prepregů (úkony jsou popsány v kapitole 2.6.5) [3][5]



Obrázek 3 Ruční laminování [1]

Použití: Letouny spadající do kategorie CS 22 a CS VLA

Nedostatky:

- vyšší rozptyl mechanických vlastností
- výsledné vlastnosti jsou více závislé na zkušenostech pracovníka
- hygiena práce

### 2.6.2 Technologie navíjení vláken

Základním principem této technologie je odvíjení vláken z cívky, jež prochází lázní pryskyřice a navíjí se na trn. Orientace vláken je řízena podélnou rychlostí pohybu navíjecí hlavy a rychlostí rotace trnu. Základní schéma technologie navíjení je znázorněno na následujícím obrázku.

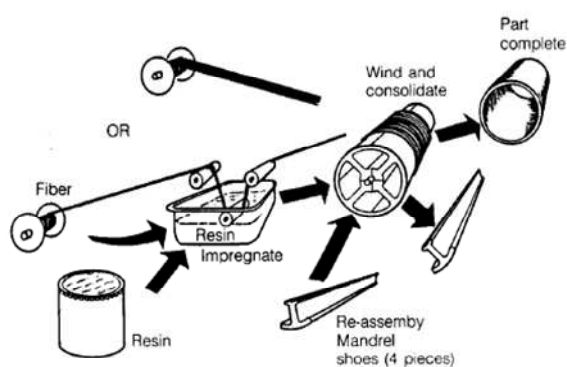


Fig. 4.3.7 Filament Winding Technology

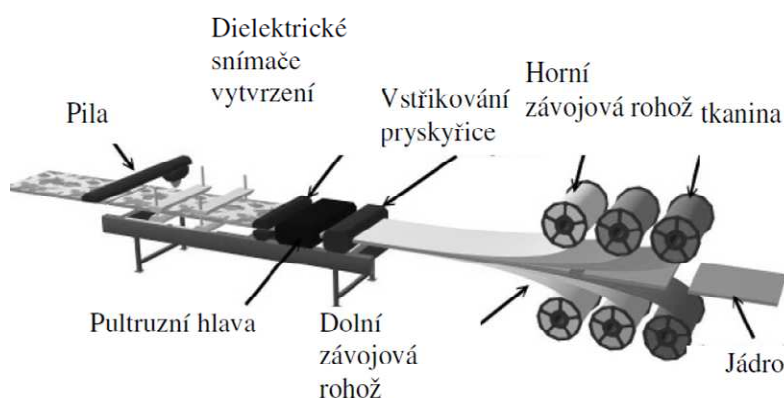
Obrázek 4 Schéma navíjení vláken [2]

Tato technologie je přednostně vhodná pro duté výrobky s kruhovým nebo oválným tvarem (tlakové láhve, trubky, nádrže, listy rotorů, trupy). [3][5]

### 2.6.3 Pultruze

Při výrobě dílů pomocí pultruze je výtuz vedena přes lázeň pryskyřice do vyhřívané tvarovací a vytvrzovací hlavy. Zde je dokončen impregnační proces a proběhne vytvrzení. Proces je kontinuální, vzniká nekonečný profil, jenž je krácen na potřebné rozměry. Tvar průřezu odpovídá tvaru dutiny tvarovací hlavy. Pultruzí se vstřikováním lze vyrábět i sendvičové panely, jak je znázorněno na následujícím obrázku. [5][3]

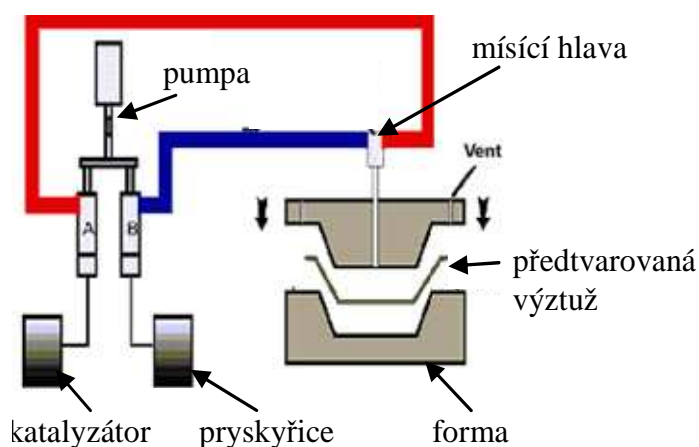
Typickými výrobky jsou nosníky, profily a v současnosti i sendvičové panely.



Obrázek 5 Výroba sendvičového panelu pstruzí [3]

#### 2.6.4 RTM (Resin Transfer Molding)

Výztuž ve formě tkaniny nebo rohože je vložena do dvojdílné formy, do které se pak injektuje pryskyřice. Pryskyřice je do formy injektována pomocí nízkotlakého čerpadla. Pro zvýšení rychlosti tečení u pryskyřic s malou viskozitou je tok vyvolán současně vstříkáváním a podtlakem. Tato technologie je označena jako VARTM (**V**acuum **A**ssisted **R**TM). Výsledné mechanické vlastnosti jsou obvykle horší než při kladení prepregů. Vytvrzení probíhá bez ohřevu nebo za zvýšené teploty. Schéma RTM je patrné z následujícího obrázku. [5][3]



Obrázek 6 RTM [3]

#### 2.6.5 Ruční kladení prepregů a vytvrzování v autoklávu

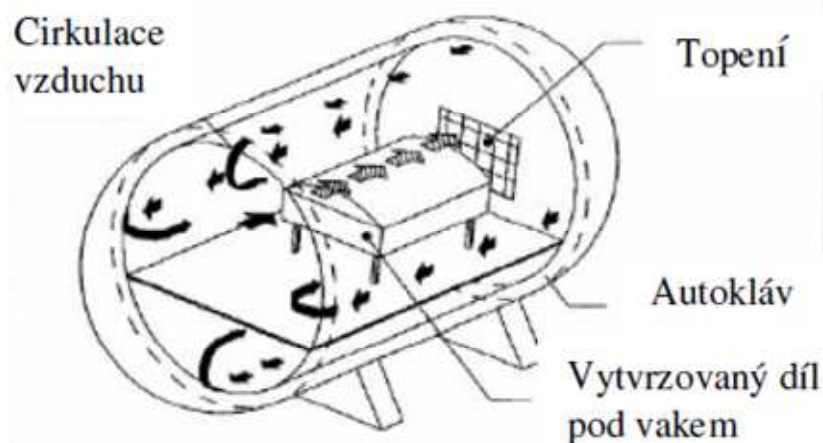
Metoda vhodná pro kusovou výrobu mechanicky namáhaných kompozitních dílů. Před vlastním kladením prepregů je forma opatřena separační vrstvou. Separátor zabraňuje přilnutí matrice na

povrchu formy a umožňuje vyjmutí dílu z formy. Další etapou je vrstvení prepregů s požadovanou orientací. Po dosažení potřebného počtu lamin následuje vrstvení technologických tkanin. Tyto tkaniny jsou vrstveny v následujícím pořadí: odtrhávací vrstva, perforovaná folie, absorpční vrstva, perforovaná folie a odsávací vrstva. Na závěr je takto vzniklá skladba utěsněna vakuovou folií. Význam a funkce jednotlivých vrstev je následující:

- 1) Odtrhávací tkanina chrání povrch kompozitu před znečištěním a dává povrchu dílu vhodný tvar pro následující lepení a nástřik.
- 2) Perforovaná folie reguluje tok pryskyřice a umožňuje průchod plynů a těkavých látek, zabraňuje nasáklé a vytvrzené absorpční tkanině se přilepit k výrobku.
- 3) Absorpční vrstva má za úkol odsát přebytečné množství matrice.
- 4) Odsávací tkanina umožňuje odsát vzduchu v celém prostoru formy.
- 5) Vakuová folie tvoří hermetický obal.

Poslední fází je umístění formy do autoklávu. Na začátku cyklu je provedeno vakuování. Po odsátí vzduchu z formy jsou vrstvy k sobě přitlačovány atmosférickým tlakem. Vyvozením přetlaku autoklávu se vrstvy k sobě ještě více přitlačí a dosáhne se minimálního obsahu pryskyřice. K vytvrzení prepregu dochází při zvýšené teplotě, které je rovněž dosaženo v autoklávu.

Použití: Konstrukční díly letadel (křídla, ocasní plochy, části trupu, křídélka, klapky). [3][5]



Obrázek 7 Vytvrzování v autoklávu [3]

### 2.6.6 Strojní kladení prepregů

Pro zvýšení produktivity práce a kvality výrobku se často používá strojní kladení prepregů (Tape-laying Machine). Celý proces je řízen pomocí počítače. Počítač generuje trajektorii, po které se následně pohybuje hlava kladecího stroje. Na konci položené stopy kladecí hlava prepreg odřízne. V porovnání s ručním kladením je proces značně zrychlený, vylučuje se selhání člověka a dosahuje se nejvyšší jakosti. [5][3]

### 3 HMOTNOSTNÍ ROZBOR A STANOVENÍ NÁVRHOVÝCH HMOTNOSTÍ

Hmotnostní schéma letounu:

LETOUN													
KONSTRUKCE DRAKU					POHONNÁ SOUSTAVA	VÝSTROJ A VÝBAVA		OPERAČNÍ NÁKLADY A VYBAVENÍ		UŽITEČNÉ ZATÍŽENÍ			
řízení	při. zařízení	ocasní plochy	nosná soustava	trup		trvale zabudovaná	speciální a měnitelná			PLATÍCÍ ZATÍŽENÍ		PALIVO	
										provozní hmoty	posádka	palivo při přistání	Spotřebované palivo
VÝROBNÍ HMOTNOST ( $m_{PEW}$ )													
(SUCHÁ) PRÁZDNÁ HMOTNOST ( $m_{DEW}$ )													
PRÁZDNÁ HMOTNOST ( $m_{EW}$ )					UŽITEČNÉ ZATÍŽENÍ ( $m_{PL}$ )								
HMOTNOST LETOUNU BEZ PALIVA ( $m_{OEW}$ )					PALIVO PŘI VZLETU								
PŘISTÁVACÍ HMOTNOST ( $m_{LW}$ )					SPOTŘEBOVANÉ PALIVO								
VZLETOVÁ HMOTNOST ( $m_{TOW}$ )													

Tabulka 2 Distribuce hmot na letounu [6 str. 93]

#### 3.1 Stanovení návrhových hmotností

Maximální vzletová hmotnost:

Viz CS 23.25

Maximální vzletová hmotnost byla stanovena pro letoun EV-55M firmou Evektor, spol. s.r.o. na 4600 kg s ohledem na požadované užité vlasti letounu.

$$m_{MTOW} = 4600 \text{ kg}$$

**Maximální přistávací hmotnost:**

Viz CS 23.473

Maximální přistávací hmotnost je rovna maximální vzletové hmotnosti. Možnost předpisu na stanovení snížené přistávací hmotnosti nebyla využita.

$$m_{MLW} = 4600 \text{ kg}$$

**Maximální pojízďecí hmotnost:**

Tato hmotnost je stanovena na 4630kg což je v souladu s AC 23-19.

$$m_{MRW} = 4630 \text{ kg}$$

**Maximální využitelné množství paliva:**

Je stanoveno v souladu s konstrukčním uspořádáním křídla letounu EV-55M.

$$m_{FW} = 1658 \text{ kg}$$

**Maximální hmotnost s prázdnými nádržemi v křídle:**

CS 23.343

$$m_{MZFW} = 4460 \text{ kg}$$

**Prázdná hmotnost letounu:**

Pro stanovení prázdné hmotnosti jsou použity empirické vzorce vycházející z doporučené odborné lit.[6] Uvedené vzorce platí pro kovové části letounů.<sup>1</sup>

$$m_{EW} = 2732 \text{ kg}$$

---

<sup>1</sup> Jelikož nejsou dostupné adekvátní vzorce pro odhad hmotnosti kompozitových konstrukcí, vyjma programu ACEE, je hmotnost VOP navržena jako pro kovovou konstrukci. Na ni je spočteno zatížení. V dalším kroku, po návrhu dimenzí kompozitové VOP a určení hmotnosti, proběhne modifikace BD a přepočet zatížení. Celý proces je tedy pojat jako iterační.

Program ACEE (Aircraft Energy Efficiency – NASA) uvádí úsporu hmotnosti kompozitových konstrukcí (VOP, SOP) v rozmezí 20-27% v porovnání s kovovou konstrukcí.

Kon. celek	Číslo vztahu	Použitý vztah	Vyp. hmot. [kg]	Zvol. hmot. [kg]	Poznámka
KŘÍDLO	6.1	$m_{kř} = (0,09 - 0,15) \cdot m_{TOW}$ $m_{kř} = (0,09 - 0,15) \cdot 4600$	414-690	<b>536</b>	střední hodnota
	6.2	$\bar{m}_{kř} = \varphi n_a S^{-\frac{1}{2}} \left( m_1 \left\{ \lambda^{\frac{3}{2}} / (t_o / b_o) \right\} k \eta + m_2 \lambda^{\frac{1}{2}} + m_3 \lambda^{-\frac{1}{2}} \right) + 54 / (G_o / S) = 0,096$ $m_{kř} = \bar{m}_{kř} \cdot m_{TOW}$ $m_{kř} = 0,096 \cdot 4600$	441,6		poměrná hmotnost křídla
	6.5	$\tilde{m}_{kř} = \bar{m}_{kř} \cdot [(G_o / S) / g]$ $\tilde{m}_{kř} = 0,096 \cdot [(4600 \cdot 9,81 / 25,196) / 9,81] = 17,526$	441,6		plošná hmotnost křídla
		$m_{kř} = \tilde{m}_{kř} \cdot S$			

Distribuce na křídle	tab. 12	nosník a pomocné stojiny 30 – 40%. $m_{kř}$	160,8-214,4	rozložení hmotnosti na křídle
		potah a výztuhy 29 – 30%. $m_{kř}$	155,5-160,8	
		žebra 12 – 14%. $m_{kř}$	64,4-75	
		spoje, vztlak, klapky a křídélka 16 – 20%. $m_{kř}$	85,8-107,2	
		ostatní části 8 – 12%. $m_{kř}$	42,9-64,3	

Kon. celek	Číslo vztahu	Použitý vztah	Vyp. hmot. [kg]	Zvol. hmot. [kg]	Poznámka
TRUP	6.7	$m_{tr} = (0,07 - 0,14) \cdot m_{TOW}$ $m_{tr} = (0,07 - 0,14) \cdot 4600$	322-644	520	střední hodnota
	6.5	$\tilde{m}_{tr} = \tilde{m}_{kř.} \cdot (0,37 - 0,49)$			plošná hmotnost trupu vztahovaná k ploše křídla
	6.8	$\tilde{m}_{tr} = 17,526 \cdot (0,37 - 0,49) = 6,5 - 8,6$			
		$S_{tr}^* = 2,5 \cdot D_{tr} \cdot L_{tr}$ $S_{tr}^* = 2,5 \cdot 2,12,72 = 63,6$			omočená plocha trupu
	6.8	$m_{tr} = \tilde{m}_{tr} \cdot S_{tr}^*$	413,4-547		plošná hmotnost trupu
	6.9	$\bar{m}_{tr} = (1 - k_1 m_0) \left\{ 0,0123 \cdot [31 + (\lambda_{tr} \cdot D_{tr})^{3/2}] \cdot (1 + 133 \cdot D_{tr}^{2/3} / m_0^{1/2}) \cdot (1 + 2\Delta p) + k_2 \cdot [n_M \cdot i_M / m_0] \cdot [L_M / L_Z] \right\} / m_0^{1/2} \cdot \cos \lambda_{1/4}$ $+ \{(5D_{tr}^3 + 6D_{tr}^2 \cdot \lambda_{tr}) / m_0\} + 3 \cdot 10^{-3} (k_3 + 1,7)$ $= 0,07885$ $m_{tr} = m_{TOW} \cdot \bar{m}_{tr}$ $m_{tr} = 4600 \cdot 0,07885$	362,7		

Distribuce na trupu	tab. 13	<b>potah 37 – 40%. <math>m_{tr}</math></b>	156-208	rozložení hmotnosti trupu
		nosníky a výztuhy 30 – 33%. $m_{tr}$	156-171,6	
		přepážky (nosné) 21 – 30%. $m_{tr}$	109,2-156	
		Podlahy, kryty, okna, dveře 10 – 15%. $m_{tr}$ (nenosná konstrukce)	52-78	

Kon. celek	Číslo vztahu	Použitý vztah	Vyp. hmot. [kg]	Zvol. hmot. [kg]	Poznámka
OCASNÍ PLOCHY	6.11	$m_{op} = (0,02 - 0,03) \cdot m_{TOW}$	92-138	<b>56,2</b>	Hmotnost VOP
	6.12 obr.75	$r_{VOP} = (S_{VOP}^{0,2} \cdot V_D / (1000 \cdot \sqrt{\cos \lambda_{VOP}}))$ $r_{VOP} = \left( 5,0803^{0,2} \cdot \left( \frac{473}{3,6} \right) / (1000 \cdot \sqrt{\cos 7,3}) \right)$ $= 0,1826$ $r_{VOP} \rightarrow \tilde{m}_{VOP} / k_V$ $\tilde{m}_{VOP} = 10$ $\tilde{m}_{VOP} = \tilde{m}_{VOP} \cdot S_{VOP}$ $m_{VOP} = 5,0803 \cdot 10$	50,1		
	6.12 obr.75	$r_{SOP} = \left( S_{SOP}^{0,2} \cdot V_D / (1000 \cdot \sqrt{\cos \lambda_{\frac{1}{4}}}) \right)$ $r_{SOP} = \left( 6,0355^{0,2} \cdot \left( \frac{473}{3,6} \right) / (1000 \cdot \sqrt{\cos 37}) \right)$ $= 0,2106$ $r_{SOP} \rightarrow \tilde{m}_{SOP} / k_S$ $\tilde{m}_{SOP} = 10,2$ $m_{SOP} = \tilde{m}_{SOP} \cdot S_{SOP}$ $m_{SOP} = 10,2 \cdot 6,0355$	61,6		

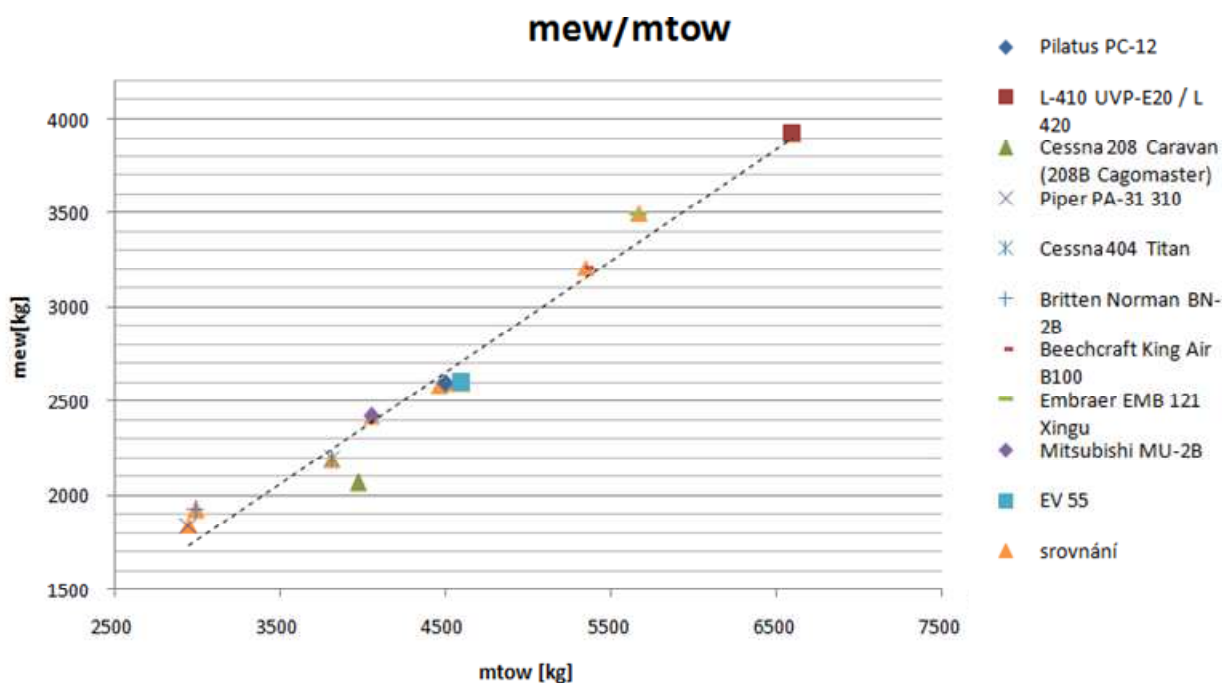
Kon. celek	Číslo vztahu	Použitý vztah	Vyp. hmot. [kg]	Zvol. hmot. [kg]	Poznámka
MOT. GONDOLA	6.17	$m_{gond} = 0,0851 \cdot N_{MO}$ $m_{gond} = 0,0851 \cdot 410 = 34,9$	34,9	<b>60</b>	
PŘÍSTÁVACÍ ZAŘÍZENÍ	6.13	$m_{pZ} = (0,04 - 0,055) \cdot m_{TOW}$	184-253		
	6.14 tab.16	$m_{pjHL} = k_{pz} \cdot \left( A + B \cdot m_{TOW}^{\frac{3}{4}} + C \cdot m_{TOW} + D \cdot m_{TOW}^{1,5} \right)$ $m_{pjHL} = 1,08 \cdot \left( 18,1 + 0,131 \cdot m_{TOW}^{\frac{3}{4}} + 0,019 \cdot m_{TOW} + 2,23 \cdot 10^{-5} \cdot m_{TOW}^{1,5} \right)$	200,5	156,5	
	6.14 tab.16	$m_{pjPŘ} = k_{pz} \cdot \left( A + B \cdot m_{TOW}^{\frac{3}{4}} + C \cdot m_{TOW} + D \cdot m_{TOW}^{1,5} \right)$ $m_{pjPŘ} = 1,08 \cdot \left( 9,1 + 0,082 \cdot m_{TOW}^{\frac{3}{4}} + 2,97 \cdot 10^{-6} \cdot m_{TOW}^{1,5} \right)$	60,3	44,5	<b>201</b>

Kon. celek	Číslo vztahu	Použitý vztah	Vyp. hmot. [kg]	Zvol. hmot. [kg]	Poznámka
ŘÍZENÍ	6.19	$m_{řiz} = k_{řiz} \cdot m_{TOW}^{2/3}$ $m_{řiz} = 0,34 \cdot 4600^{2/3}$	94	<b>82,1</b>	
		$m_{řiz} = (0,008 - 0,02) \cdot m_{TOW}$	36,8-92		
POHONNÁ SOUSTAVA	2.36	$m_{PS} = k_{PS} \cdot i_M \cdot (m_M + 0,146 \cdot N_{OM})$ $m_{PS} = 1,35 \cdot 2 \cdot (156,8 + 0,146 \cdot 410)$	585	<b>522</b>	
HMOTNOST VYBAVENÍ	2.38	$m_{VYB} = 105,2 + K_{VYB} \cdot m_{TOW}$ $m_{VYB} = 105,2 + 0,11 \cdot 4600$	716	<b>689,5</b>	
<b>CELKOVÁ HMOTNOST PRÁZDNÉHO LETOUNU</b>				<b>2732</b>	

**Srovnání letounů podobné kategorie:**

Letoun	$m_{TOW}$	$m_{EW}$	ces. rychlost	max. ces. rychlost	max. dolet	$m_{EW}/m_{TOW}$	počet sedadel	počet motorů
	[kg]	[kg]	[km/h]	[km/h]	[km]	[-]		
<b>L-410 UVP-E20 / L 420</b>	6600	3920	365	388		0.594	19	2
<b>Pilatus PC-12</b>	4500	2600	430	500	2965	0.578	9	1
<b>Cessna 208 Caravan (208B Cagomaster)</b>	3970	2073		317	2000	0.522	14	1
<b>Piper PA-31 310</b>	2950	1843	273	420	1875	0.625	5-7	2
<b>Cessna 404 Titan</b>	3810	2192	302	402	3404	0.575	10	2
<b>Britten Norman BN-2B</b>	2993	1925	245	264	1400	0.643	9	2
<b>Beechcraft King Air B100</b>	5352	3212	457	435	1965	0.600	13	2
<b>Embraer EMB 121 Xingu</b>	5670	3500	365	450	2278	0.617	8-9	2
<b>Mitsubishi MU-2B</b>	4050	2422	440	500	1930	0.598	4-12	2
<b>EV 55M - Cargo</b>	4600	2597	408	408	2620	0.565	9	2

Údaje o konkurenčních letounech jsou převzaty z [7]



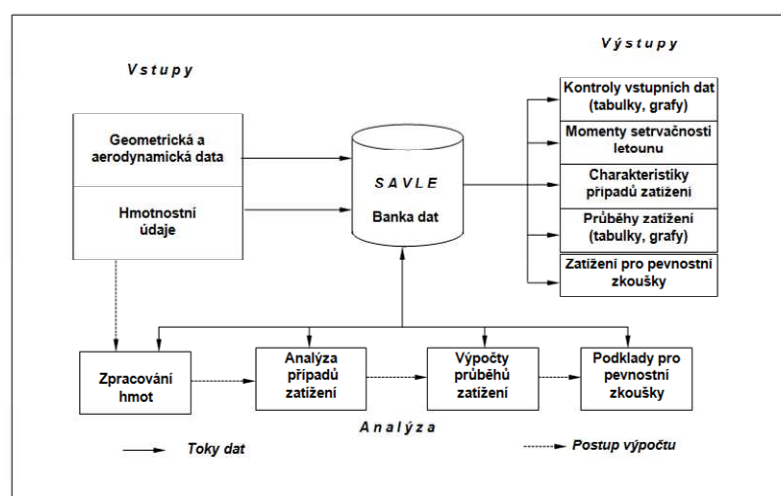
**Graf 1 Srovnání letounů podobné kategorie**

## 3.2 Výpočet hmotnostních konfigurací a centrází

Výpočet hmotnostních konfigurací a polohy centráže je proveden v softwaru SAVLE. Pro účely této diplomové práce je vytvořena samostatná, zjednodušená banka dat: **EV55\_KV1**.

## 3.3 SAVLE

SAVLE je Systém pro Automatizovaný Výpočet zatížení Letadel. Umožňuje analyzovat zatížení letadel v souladu s většinou běžně užívaných předpisů letové způsobilosti. Tvoří jej asi 20 samostatných programů, které spolupracují s trvalou datovou základnou bankou dat (BD). Struktura systému SAVLE je znázorněna na následujícím obrázku. [8]

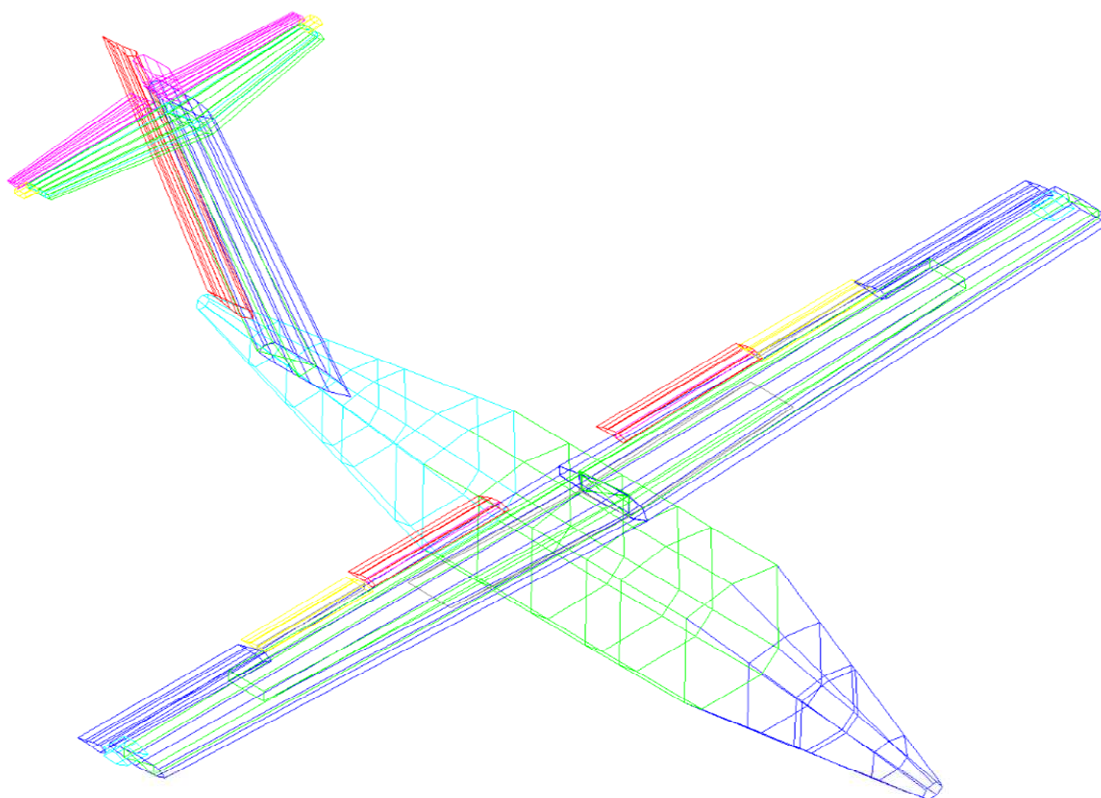


Obrázek 8 Struktura systému SAVLE [8]

### 3.3.1 Zpracování hmotnostních podkladů, plnění BD

#### Tvorba geometrického modelu letounu pro hmoty:

Pro potřeby BD **EV55\_KV1** je vytvořen zjednodušený drátěný model letounu EV-55M. Tento model slouží pro účely distribuce hmot na letounu. Jako podklady pro tvorbu toho modelu slouží systémový model letounu H5300000D-indexB. Hmotnosti jednotlivých celků uvedených v bodě 3.1 jsou značně hrubé. Pro přesnější výpočet hmotnostních konfigurací a polohy centráže je potřeba znát podrobněji distribuci hmoty po letounu. Pro potřeby naplnění BD byla použita zpráva EW55004-04-W [9].



**Obrázek 9 Zjednodušený model letounu EV 55M**

**Hmotnostní model letounu:**

Hmota celého letounu se v softwaru SAVLE rozpadá na jednotlivé hmotové položky, které se do BD ukládají v příslušných sektorech. Podle charakteru SAVLE rozlišuje hmoty na osamělé, spojitě a dále pak na neměnné a proměnné.

Jsou vytvořeny vstupní soubory, ve kterých jsou implementovány dílčí hmoty jednotlivých celků, polohy vzhledem ke GSS letounu a další údaje nezbytné pro BD. Tyto soubory jsou uvedeny v elektronické příloze. Zjednodušený přehled těchto souborů je uveden v následující tabulce.

Název souboru	Typ souboru	Popis
BDE_2_0	DSS	Soubor popisující souřadné soustavy použité v BD
BDE_20_5	GIT	Geometrická idealizace trupu letounu
BDE_19_4	GIK	Geometrická idealizace křídla letounu
BDE_21_6	NHT	Soubor obsahující neměnné hmoty nacházející se na trupu
BDE_23_6	PHT	Soubor obsahující proměnné hmoty nacházející se na trupu
BDE_24_6	PHT	Soubor obsahující proměnné hmoty nacházející se na trupu
BDE_27_6	PHK	Soubor obsahující proměnné hmoty nacházející se na křídle, VOP, SOP
BDE_28_6	NHK	Soubor obsahující neměnné hmoty nacházející se na křídle, VOP, SOP
KgtEV	DAT	Soubor pro vykreslení geometrického modelu
KONF_KR	DAT	Soubor popisující možné hmotnostní konfigurace na křídle
KONF_TR	DAT	Soubor popisující možné hmotnostní konfigurace na trupu
KONF_KR	DAT	Soubor popisující možné hmotnostní konfigurace na letounu

Tabulka 3 Přehled dat pro hmotnostní část BD

### 3.4 Výpočet hmotnostních konfigurací letounu

Samostatný výpočet probíhá v programu **HMOTA**, který je součástí SAVLE. Výstupem tohoto programu je datový soubor **MSLE**, který obsahuje pro danou letovou konfiguraci:

- polohu těžiště
- hmotnost
- momenty setrvačnosti k jednotlivým osám
- centráž

Soubor **MSLE** je uveden v seznamu příloh viz PŘÍLOHA 1.

Přehled hmotových konfigurací použitých pro výpočet zatížení na VOP je uveden v následující tabulce. Tato tabulka oproti souboru MSLE **neobsahuje neletové konfigurace (tzn. konfigurace bez pilota a letové konfigurace přesahující  $m_{TOW}$  nebo ležící mimo rozsah návrhového diagramu centází).**

# NÁVRH VODOROVNÉ OCASNÍ PLOCHY DVOUMOTOROVÉHO LETOUNU DLE PŘEDPISU CS23

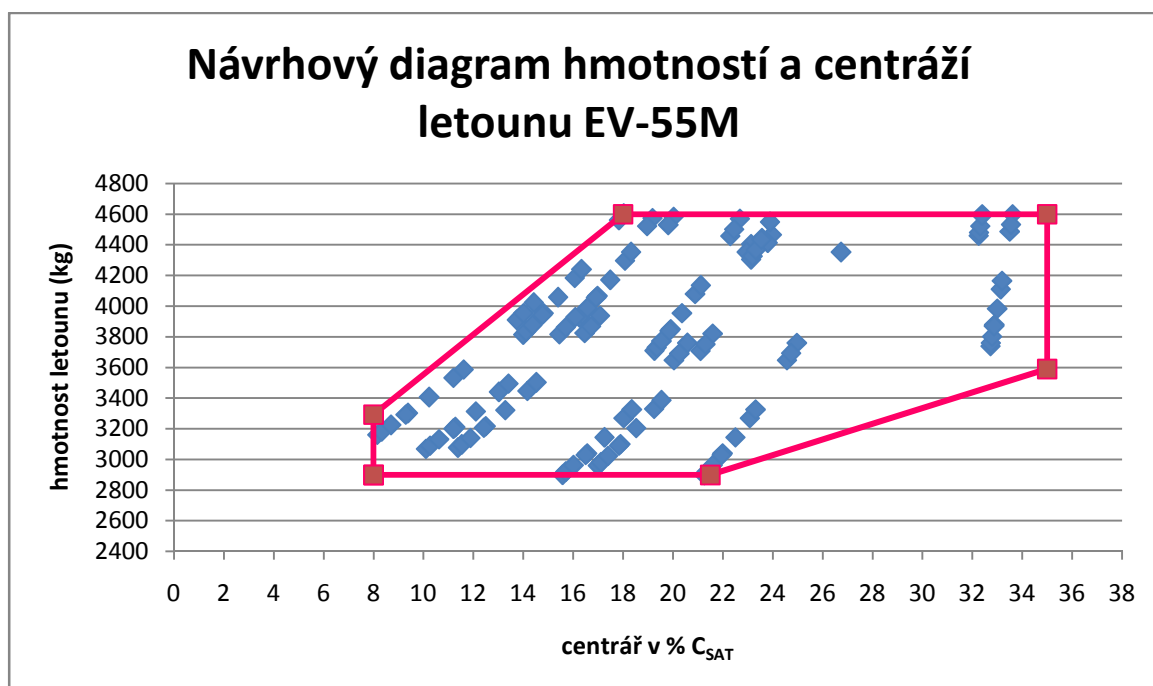
Číslo konfigurace letounu	Popis rozložení proměnných hmot	Číslo . konf. trupu	Proměnné hmoty trupu						Trup Celkem (kg)	Číslo konf. křídla	Palivo v křídle (kg)	Křídlo celkem (kg)	SOP (kg)	VOP hmot (kg)	Výsledná hmotnost (kg)	Výsledná centráž (%)
			Pilot (p/kg)	Cestující (p/kg)	Zavazadla			Náklad (kg)								
					pře (kg)	za(kg)	st (kg)									
201		2	1/77.3						1396	1	0	1231	65.2	56.2	2748	14.47
202	Práz. trup Cargo	2	1/77.3						1396	2	150	1380	65.2	56.2	2897	15.57
203	1* pilot standart	2	1/77.3						1396	3	170	1401	65.2	56.2	2918	15.71
204	dovybavení	2	1/77.3						1396	4	212	1443	65.2	56.2	2961	16.02
205		2	1/77.3						1396	5	290	1521	65.2	56.2	3038	16.57
206		2	1/77.3						1396	6	394	1625	65.2	56.2	3142	17.26
207		2	1/77.3						1396	7	520	1751	65.2	56.2	3269	18.03
208		2	1/77.3						1396	8	897	2129	65.2	56.2	3646	20.05
209		2	1/77.3						1396	9	1010	2241	65.2	56.2	3759	20.59
210		2	1/77.3						1396	10	1656	2887	65.2	56.2	4404	23.14
214		2	1/77.3						1396	14	280	1511	65.2	56.2	3028	16.50
217		2	1/77.3						1396	17	575	1806	65.2	56.2	3324	18.36
218		2	1/77.3						1396	18	942	2173	65.2	56.2	3691	20.27
219		2	1/77.3						1396	19	1603	2834	65.2	56.2	4351	22.96
301		3	2/194.3						1574	1	0	1231	65.2	56.2	2926	10.12
302	Práz. trup	3	2/194.3						1574	2	150	1380	65.2	56.2	3075	11.38
303	2* pilot nestandard	3	2/194.3						1574	3	170	1401	65.2	56.2	3096	11.54
304	9 sedadel	3	2/194.3						1574	4	212	1443	65.2	56.2	3139	11.89
305		3	2/194.3						1574	5	290	1521	65.2	56.2	3216	12.50
306		3	2/194.3						1574	6	394	1625	65.2	56.2	3320	13.28
307		3	2/194.3						1574	7	520	1751	65.2	56.2	3447	14.16
308		3	2/194.3						1574	8	897	2129	65.2	56.2	3824	16.47
309		3	2/194.3						1574	9	1010	2241	65.2	56.2	3937	17.08
310		3	2/194.3						1574	10	1656	2887	65.2	56.2	4582	20.03
314		3	2/194.3						1574	14	280	1511	65.2	56.2	3206	12.43
317		3	2/194.3						1574	17	575	1806	65.2	56.2	3502	14.53
318		3	2/194.3						1574	18	942	2173	65.2	56.2	3869	16.72
319		3	2/194.3						1574	19	1603	2834	65.2	56.2	4529	19.82
401		4	2/194.3				20	65.6	1659	1	0	1231	65.2	56.2	3011	6.77
402	Práz. trup	4	2/194.3				20	65.6	1659	2	150	1380	65.2	56.2	3160	8.15
403	2* pilot nestandard	4	2/194.3				20	65.6	1659	3	170	1401	65.2	56.2	3181	8.33
404	20 kg zav. zadní prostor	4	2/194.3				20	65.6	1659	4	212	1443	65.2	56.2	3224	8.71
405	9 sedadel	4	2/194.3				20	65.6	1659	5	290	1521	65.2	56.2	3301	9.38
406	zav. pros. 65,6kg	4	2/194.3				20	65.6	1659	6	394	1625	65.2	56.2	3405	10.24
407		4	2/194.3				20	65.6	1659	7	520	1751	65.2	56.2	3532	11.21
408		4	2/194.3				20	65.6	1659	8	897	2129	65.2	56.2	3909	13.74
409		4	2/194.3				20	65.6	1659	9	1010	2241	65.2	56.2	4022	14.42
414		4	2/194.3				20	65.6	1659	14	280	1511	65.2	56.2	3291	9.30
417		4	2/194.3				20	65.6	1659	17	575	1806	65.2	56.2	3587	11.61
418		4	2/194.3				20	65.6	1659	18	942	2173	65.2	56.2	3954	14.02
419		4	2/194.3				20	65.6	1659	19	1603	2834	65.2	56.2	4614	17.45
501		5	2/154.6	9/693.9			18.2	65.6	2311	1	0	1231	65.2	56.2	3663	13.11
502	Práz. trup	5	2/154.6	9/693.9			18.2	65.6	2311	2	150	1380	65.2	56.2	3812	14.00
503	2* pilot standart	5	2/154.6	9/693.9			18.2	65.6	2311	3	170	1401	65.2	56.2	3833	14.12
504	9* cestující	5	2/154.6	9/693.9			18.2	65.6	2311	4	212	1443	65.2	56.2	3876	14.37
505	zav. přední 65,6kg	5	2/154.6	9/693.9			18.2	65.6	2311	5	290	1521	65.2	56.2	3953	14.82
506	18,2kg zav. zadní prostor	5	2/154.6	9/693.9			18.2	65.6	2311	6	394	1625	65.2	56.2	4057	15.40
507	9 sedadel	5	2/154.6	9/693.9			18.2	65.6	2311	7	520	1751	65.2	56.2	4184	16.06
508		5	2/154.6	9/693.9			18.2	65.6	2311	8	897	2129	65.2	56.2	4561	17.84
514		5	2/154.6	9/693.9			18.2	65.6	2311	14	280	1511	65.2	56.2	3943	14.77
517		5	2/154.6	9/693.9			18.2	65.6	2311	17	575	1806	65.2	56.2	4239	16.34
518		5	2/154.6	9/693.9			18.2	65.6	2311	18	942	2173	65.2	56.2	4606	18.03
701		7	1/77.3						1457	1	0	1231	65.2	56.2	2809	15.98
702	Práz. trup	7	1/77.3						1457	2	150	1380	65.2	56.2	2958	16.99
703	1* pilot standart	7	1/77.3						1457	3	170	1401	65.2	56.2	2979	17.11
704	9 sedadel	7	1/77.3						1457	4	212	1443	65.2	56.2	3022	17.40
705		7	1/77.3						1457	5	290	1521	65.2	56.2	3098	17.90
706		7	1/77.3						1457	6	394	1625	65.2	56.2	3203	18.53
707		7	1/77.3						1457	7	520	1751	65.2	56.2	3330	19.25
708		7	1/77.3						1457	8	897	2129	65.2	56.2	3707	21.10
709		7	1/77.3						1457	9	1010	2241	65.2	56.2	3820	21.60
710		7	1/77.3						1457	10	1656	2887	65.2	56.2	4465	23.97
714		7	1/77.3						1457	14	280	1511	65.2	56.2	3089	17.84
717		7	1/77.3						1457	17	575	1806	65.2	56.2	3385	19.54
718		7	1/77.3						1457	18	942	2173	65.2	56.2	3752	21.30
719		7	1/77.3						1457	19	1603	2834	65.2	56.2	4412	23.80
801		8	2/154.6	9/693.9			96.6	100.2	2424	1	0	1231	65.2	56.2	3776	15.48
802	Práz. trup min.	8	2/154.6	9/693.9			96.6	100.2	2424	2	150	1380	65.2	56.2	3925	16.26
803	100,2 kg zav. prostor	8	2/154.6	9/693.9			96.6	100.2	2424	3	170	1401	65.2	56.2	3946	16.36
804	96,562kg zad. Zav. prostor	8	2/154.6	9/693.9			96.6	100.2	2424	4	212	1443	65.2	56.2	3989	16.59
805	2* pilot standart	8	2/154.6	9/693.9			96.6	100.2	2424	5	290	1521	65.2	56.2	4066	16.98
806	9 sedadel	8	2/154.6	9/693.9			96.6	100.2	2424	6	394	1625	65.2	56.2	4170	17.49
807		8	2/154.6	9/693.9			96.6	100.2	2424	7	520	1751	65.2	56.2	4297	18.08
814		8	2/154.6	9/693.9			96.6	100.2	2424	14	280	1511	65.2	56.2	4056	16.93
817		8	2/154.6	9/693.9			96.6	100.2	2424	17	575	1806	65.2	56.2	4352	18.32
901		9	1/77.3	8/618.4	60	73.3			2207	1	0	1231	65.2	56.2	3559	18.56
902	Práz. trup	9	1/77.3	8/618.4	60	73.3			2207	2	150	1380	65.2	56.2	3708	19.26
903	zav. přední prostor 60kg	9	1/77.3	8/618.4	60	73.3			2207	3	170	1401	65.2	56.2	3729	19.35
904	zadní zav. 73,3 kg	9	1/77.3	8/618.4	60	73.3			2207	4	212	1443	65.2	56.2	3772	19.55
905	9 sedadel	9	1/77.3	8/618.4	60	73.3			2207	5	290	1521	65.2	56.2	3849	19.91
906	8* cestující	9	1/77.3	8/618.4	60	73.3			2207	6	394	1625	65.2	56.2	3953	20.37
907		9	1/77.3	8/618.4	60	73.3			2207	7	520	1751	65.2	56.2	4080	20.90
908		9	1/77.3	8/618.4	60	73.3			2207	8	897	2129	65.2	56.2	4457	22.30
909		9	1/77.3	8/618.4	60	73.3			2207	9	1010	2241	65.2	56.2	4570	22.69
914		9	1/77.3	8/618.4	60	73.3			2207	14	280	1511	65.2	56.2	3839	19.87
917		9	1/77.3	8/618.4	60	73.3			2207	17	575	1806	65.2	56.2	4135	21.12
918		9	1/77.3	8/618.4	60	73.3			2207	18	942	2173	65.2	56.2	4502	22.46
1001		10	1/77.3					1171.1	2802	1	0	1231	65.2	56.2	4154	22.67
1002	Práz. trup Cargo	10	1/77.3					1171.1	2802	2	150	1380	65.2	56.2	4303	23.13
1003	1* pilot standart	10	1/77.3													

# NÁVRH VODOROVNÉ OCASNÍ PLOCHY DVOUMOTOROVÉHO LETOUNU DLE PŘEDPISU CS23

1301		13	2/154.6					1567	1	0	1231	65.2	56.2	2919	8.78
1302	FIKT.KONF.	13	2/154.6					1567	2	150	1380	65.2	56.2	3068	10.10
1303	MEZNI PRED.CENTR.	13	2/154.6					1567	3	170	1401	65.2	56.2	3089	10.27
1304	2 <sup>o</sup> pilot	13	2/154.6					1567	4	212	1443	65.2	56.2	3131	10.63
1305	zatěž před. 93,262kg	13	2/154.6					1567	5	290	1521	65.2	56.2	3209	11.28
1306	dovybavení	13	2/154.6					1567	6	394	1625	65.2	56.2	3313	12.10
1307		13	2/154.6					1567	7	520	1751	65.2	56.2	3439	13.03
1308		13	2/154.6					1567	8	897	2129	65.2	56.2	3817	15.45
1309		13	2/154.6					1567	9	1010	2241	65.2	56.2	3929	16.09
1310		13	2/154.6					1567	10	1656	2887	65.2	56.2	4575	19.18
1314		13	2/154.6					1567	14	280	1511	65.2	56.2	3199	11.20
1317		13	2/154.6					1567	17	575	1806	65.2	56.2	3494	13.41
1318		13	2/154.6					1567	18	942	2173	65.2	56.2	3861	15.71
1319		13	2/154.6					1567	19	1603	2834	65.2	56.2	4522	18.96
1401		14	1/27.8		86.1			1397	1	0	1231	65.2	56.2	2749	20.47
1402		14	1/27.8		86.1			1397	2	150	1380	65.2	56.2	2898	21.27
1403	MFV,MEZNI ZAD.CENTR	14	1/27.8		86.1			1397	3	170	1401	65.2	56.2	2919	21.37
1404	NAHR.MIN.PI	14	1/27.8		86.1			1397	4	212	1443	65.2	56.2	2961	21.60
1405	ZAV.VZADU	14	1/27.8		86.1			1397	5	290	1521	65.2	56.2	3039	22.00
1406	zatež min. pilot 27.8 kg	14	1/27.8		86.1			1397	6	394	1625	65.2	56.2	3143	22.51
1407	náklad 49,9kg	14	1/27.8		86.1			1397	7	520	1751	65.2	56.2	3269	23.08
1408		14	1/27.8		86.1			1397	8	897	2129	65.2	56.2	3647	24.58
1409		14	1/27.8		86.1			1397	9	1010	2241	65.2	56.2	3759	24.98
1414		14	1/27.8		86.1			1397	14	280	1511	65.2	56.2	3029	21.95
1417		14	1/27.8		86.1			1397	17	575	1806	65.2	56.2	3324	23.32
1418		14	1/27.8		86.1			1397	18	942	2173	65.2	56.2	3691	24.74
1419		14	1/27.8		86.1			1397	19	1603	2834	65.2	56.2	4352	26.75

Tabulka 4 Výpočetní hmotové konfigurace

## 3.4.1 Návrhový diagram hmotností a centrází letounu EV-55M:



Graf 2 Návrhový diagram hmotností a centrází letounu EV-55M

**Krajní body centrážního diagramu:**

<b>Krajní body centrážního diagramu</b>	
<b>hmotnost</b>	<b>centráž</b>
(kg)	(%CSAT)
2898	8
3292	8
4600	18
4600	35
3589	35
2898	21.5
2898	8

Jedná se o **návrhový centrážní diagram**, uvedené krajní body centrážního diagramu nelze dosáhnout racionálním rozmístěním osob nebo nákladu. Krajní body jsou zvoleny s větší hodnotou centráže z důvodu rezervy. Podrobnější analýzou je možno centráž omezit.

**Navrhovaný rozsah centráží je 8 až 35%  $C_{SAT[9]}$**

## 4 Výpočet vlastností letounu EV-55M

Uvedené výpočty jsou stanoveny pro letoun se zataženými vztlakovými klapkami ( $\delta_{VK} = 0^\circ$ ).

### 4.1 Aerodynamický střed letounu s pevným řízením

Uvedené vztahy jsou převzaty z lit. [10].

Poloha aerodynamického středu letounu:

$$\bar{X}_A = \bar{X}_{AKT} + \Delta\bar{X}_{AVOP}$$

Kde:

$$\bar{X}_{AKT} = \bar{X}_{AK} + \Delta\bar{X}_{ATR} + \Delta\bar{X}_{AG}$$

Aerodynamický střed křídla:

$$\bar{X}_{AK} = 0.25$$

Uvedená hodnota je převzata ze zprávy [11].

Příspěvek trupu k posunutí aerodynamického středu letounu:

$$\Delta\bar{X}_{ATR} = -K_{ATR} * \frac{b_{TR} * C_O^2}{S * C_{SAT}} * 0.95$$

- *opravný součinitel pro hornoplošník... 0.95*
- *maximální šířka trupu...  $b_{TR} = 1.75$  [m]*
- *délka trupu...  $l_{TR} = 12.7156$  [m]*
- *hloubka kořenového profilu...  $C_O = 1.9547$  [m]*
- *vzdálenost bodu 0.25  $C_O$  od nosu trupu...  $l_{ATR} = 5.994$  [m]*
- *plocha křídla...  $S = 25.196$  [m<sup>2</sup>]*
- *hloubka střední aerodynamické těživy křídla...  $C_{SAT} = 1.5973$  [m]*

Uvedené hodnoty jsou převzaty ze zprávy [11].

Koeficient  $K_{ATR}$  je odečten z obr. 2-26 viz lit.[10].

$$\frac{l_{ATR}}{l_{TR}} = \frac{5.994}{12.7156} = 0.4714$$

$$\frac{C_O}{l_{TR}} = \frac{1.9547}{12.7156} = 0.1538$$

$$K_{ATR} = 0.87$$

$$\Delta\bar{X}_{ATR} = -0.87 * \frac{1.75 * 1.9547^2}{25.196 * 1.5973} * 0.95 = -0.1373$$

Příspěvek motorové gondoly k posunutí aerodynamického středu letounu:

$$\Delta \bar{X}_{AG} = -K_{AG} * \frac{b_G * C_G^2}{S * C_{SAT}} * 0.95$$

- *opravný součinitel pro polohu mot. gondoly ... 0.95*
- *maximální šířka mot. gondoly...  $b_G = 0.7$  [m]*
- *délka mot. gondoly...  $l_G = 3.402$  [m]*
- *hloubka profilu v rovině mot. gondoly...  $C_G = 1.732$  [m]*
- *vzdálenost bodu  $0.25 C_G$  od nosu mot. gondoly...  $l_{AG} = 1.8969$  [m]*
- *plocha křídla...  $S = 25.196$  [m<sup>2</sup>]*
- *hloubka střední aerodynamické tětiny křídla...  $C_{SAT} = 1.5973$  [m]*

Uvedené hodnoty jsou převzaty ze zprávy [11].

Koeficient  $K_{AG}$  je odečten z obr. 2-26 viz lit.[10].

$$\frac{l_{AG}}{l_G} = \frac{1.8969}{3.402} = 0.5576$$

$$\frac{C_G}{l_G} = \frac{1.732}{3.402} = 0.5091$$

$$K_{AG} = 0.33$$

$$\Delta \bar{X}_{AG} = -0.33 * \frac{0.7 * 1.732^2}{25.196 * 1.5973} * 0.95 = -\mathbf{0.01636}$$

Poloha aerodynamického středu bez VOP:

$$\bar{X}_{AKT} = \bar{X}_{AK} + \Delta \bar{X}_{ATR} + \Delta \bar{X}_{AG}$$

$$\bar{X}_{AKT} = 0.25 - 0.1373 - 2 * 0.01636 = \mathbf{0.07998}$$

Příspěvek VOP k posunutí aerodynamického středu letounu:

$$\Delta \bar{X}_{AVOP} = \frac{a_{VOP}}{a} * k_{VOP} * \bar{V}_{VOP} * \left(1 - \frac{\partial \epsilon}{\partial \alpha}\right)$$

- *derivace úhlu zešikmení proudu vzduchu v místě VOP...  $\frac{\partial \epsilon}{\partial \alpha} = 0.315$*
- *rameno VOP ke čtvrtinovému bodu  $C_{SAT}$ ...  $l_{VOP,0.25} = 7.72878$  [m]*
- *sklon vztlakové čáry křídla...  $a_K = 5.34$  [1/rad]*
- *sklon vztlakové čáry křídlo-trup...  $a_{KT} = 5.7$  [1/rad]*
- *sklon vztlakové čáry VOP...  $a_{VOP} = 4.146$  [1/rad]*
- *Plocha VOP...  $S_{VOP} = 5.0803$  [m<sup>2</sup>]*

Uvedené hodnoty jsou převzaty ze zprávy:[11]

Rameno aerodynamického středu konfigurace křídlo-trup:

$$l_{VOP} = l_{VOP_{0.25}} + (0.25 - \bar{X}_{AKT}) * C_{SAT}$$

$$l_{VOP} = 7.72878 + (0.25 - 0.07998) * 1.5973 = \mathbf{8.0004 [m]}$$

Viz obr. 2-27 lit.[10]

Mohutnost VOP:

$$\bar{V}_{VOP} = \frac{S_{VOP} l_{VOP}}{S C_{SAT}}$$

$$\bar{V}_{VOP} = \frac{5.0803 * 8.0004}{25.196 * 1.5973} = \mathbf{1.01}$$

Sklon vztlakové čáry:

$$a = a_{KT} + a_{VOP} k_{VOP} \frac{S_{VOP}}{S} \left(1 - \frac{\partial \varepsilon}{\partial \alpha}\right)$$

$$a = 5.7 + 4.146 * 1 * \frac{5.0803}{25.196} (1 - 0.315) = \mathbf{6.27 [1/rad]}$$

Příspěvek posunutí od VOP:

$$\Delta \bar{X}_{AVOP} = \frac{4.146}{6.27} * 1 * 1.01 * (1 - 0.315) = \mathbf{0.4575}$$

Výsledná poloha aerodynamického středu letounu s pevným řízením:

$$\bar{X}_A = \bar{X}_{AKT} + \Delta \bar{X}_{AVOP} = 0.07998 + 0.4575$$

$$\bar{X}_A = \mathbf{0.538}$$

## 4.2 Statická zásoba s pevným řízením

Centráž 8%  $C_{SAT}$ :

$$\sigma_A = \bar{X}_A - \bar{X}_T = 0.538 - 0.08 = \mathbf{0.458}$$

Centráž 35%  $C_{SAT}$ :

$$\sigma_A = \bar{X}_A - \bar{X}_T = 0.538 - 0.35 = \mathbf{0.188}$$

Uvedené vztahy jsou převzaty z lit. [10].

## 4.3 Aerodynamicky střed letounu s volným řízením

Uvedené vztahy jsou převzaty z lit. [10]

$$\bar{X}_A' = \bar{X}_A + \left(1 - \frac{a}{a'}\right) \frac{l_{VOP}^*}{C_{SAT}}$$

Sklon vztlakové čáry letounu s volným řízením:

$$C'_{L\alpha} = C_{L\alpha} - C_{H\delta} * \frac{C_{H\alpha}}{C_{H\delta}}$$

$$C'_{L\alpha} \equiv a'; C_{L\alpha} \equiv a$$

Derivace součinitele závěsového momentu výškového kormidla podle úhlu náběhu VOP:

$$C_{H\alpha VOP} \cong -0.12 a_{VOP} \frac{S_{VK}}{S_{VOP}} \left(1 - 3.6 \frac{S_{VO}}{S_{VK}}\right)$$

$$C_{H\alpha VOP} \cong -0.12 \cdot 4.146 \frac{1.5241}{5.0803} \left(1 - 3.6 \frac{0.2714}{1.5241}\right) = \mathbf{-0.05357 [1/rad]}$$

- sklon vztlakové čáry VOP...  $a_{VOP} = 4.146 [1/rad]$
- plocha výškového kormidla...  $S_{VK} = 1.5241 [m^2]$
- vztažná plocha VOP...  $S_{VOP} = 5.0803 [m^2]$
- plocha osového odlehčení VK...  $S_{VO} = 0.2714 [m^2]$

Uvedené hodnoty jsou převzaty ze zprávy [11].

Derivace součinitele závěsového momentu výškového kormidla podle výchylky VK:

$$C_{H\delta} \cong -0.14a_{VOP} \left[ 1 - 6.5 \left( \frac{S_{VO}}{S_{VK}} \right)^{3/2} \right]$$

$$C_{H\delta} \cong -0.14 \cdot 4.146 \left[ 1 - 6.5 \left( \frac{0.2714}{1.5241} \right)^{3/2} \right] = -\mathbf{0.2969} [1/rad]$$

Derivace součinitele závěsového momentu výškového kormidla podle úhlu náběhu letounu:

$$C_{H\alpha} = C_{H\alpha VOP} \left( 1 - \frac{\partial \epsilon}{\partial \alpha} \right)$$

$$C_{H\alpha} = -0.05357 \cdot (1 - 0.315) = -\mathbf{0.03669} [1/rad]$$

Derivace součinitele vztaku celého letounu podle výchylky VK:

$$C_{H\delta} = \mathbf{0.3899} [1/rad]$$

Uvedená hodnota je převzata ze zprávy [11].

Sklon vztakové čáry letounu s volným řízením:

$$a' = a - C_{H\delta} * \frac{C_{H\alpha}}{C_{H\delta}}$$

$$a' = 6.27 - 0.3899 * \frac{-0.03669}{-0.2969} = \mathbf{6.2218} [1/rad]$$

Rameno VOP k aerodynamickému středu letounu:

$$l_{VOP}^* = l_{VOP0.25} + (0.25 - \bar{X}_A) * C_{SAT}$$

$$l_{VOP}^* = 7.72878 + (0.25 - 0.538) * 1.5973 = \mathbf{7.26875} [m]$$

Aerodynamický střed letounu s volným řízením je:

$$\bar{X}_A' = \bar{X}_A + \left(1 - \frac{a}{a'}\right) \frac{l_{VOP}^*}{C_{SAT}}$$

$$\bar{X}_A' = 0.538 + \left(1 - \frac{6.27}{6.2281}\right) \frac{7.26875}{1.5973} = \mathbf{0.507}$$

$$\bar{X}_A' = \mathbf{0.507}$$

#### 4.4 Statická zásoba letounu s volným řízením

Centráž 8%  $C_{SAT}$ :

$$\sigma_A' = \bar{X}_A' - \bar{X}_T = 0.507 - 0.08 = \mathbf{0.427}$$

Centráž 35%  $C_{SAT}$ :

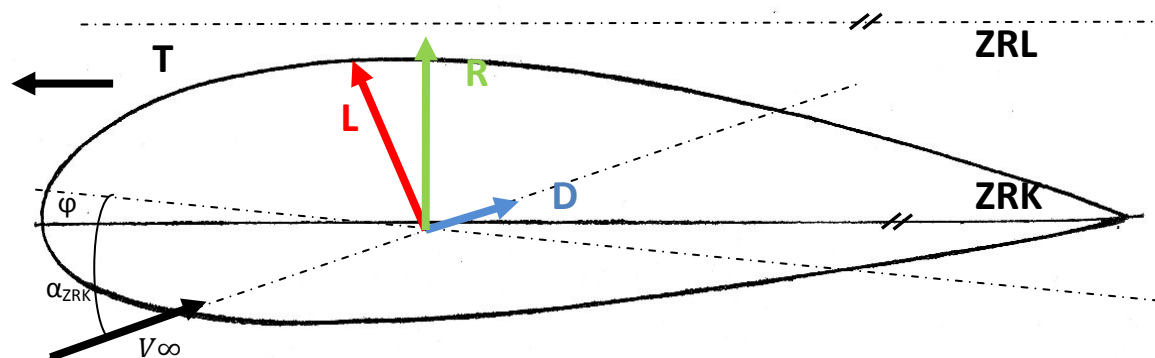
$$\sigma_A' = \bar{X}_A' - \bar{X}_T = 0.507 - 0.35 = \mathbf{0.157}$$

## 5 OBÁLKY ZATÍŽENÍ LETOUNU

### Vstupní data pro výpočet:

- minimální vzletová hmotnost...  $W_{min} = 2845$  [kg]
- maximální vzletová hmotnost...  $W_{max} = 4600$  [kg]
- sklon vztlakové čáry letounu při  $\delta_{KL} = 0^\circ$ ...  $a = 6.23$  [1/rad]
- střední geometrická tětíva...  $b_G = 1.5649$  [m]
- plocha křídla...  $S = 25.196$  [m<sup>2</sup>] 271.22 [ft<sup>2</sup>]

**POZNÁMKA:** Minimální hmotnost ( $W_{min} = 2845$  kg) použitá pro výpočet, je s minimální hmotností vypočtenou v bodě 3.4 rozdílná o 53kg. Důvodem této anomálie je, že hmotnostní konfigurace 202 zahrnuje odledňovací zařízení jako standart. Odledňovací zařízení však není ve standardní výbavě (lze pořídit letoun i bez této položky).



Obrázek 10 Schéma působení sil (L-vztlak; D-odpor; R-rezultanta)

### Provozní násobky zatížení při obratech:

**CS 23.337 (a)** Kladný provozní násobek zatížení při obratech (+n) nesmí být menší než:

$$+n \geq 2.1 + \frac{24\,000}{W + 10\,000} = 2.1 + \frac{24\,000}{10141.1 + 10\,000} = 3.29$$

**CS 23.337 (b)** Záporný provozní násobek zatížení při obratech (-n) nesmí být menší než:

$$-n \geq 0.4 * (+n) = 0.4 * 3.29 = 1.32$$

**Návrhové rychlosti letu:**

Uvedené návrhové rychlosti jsou rychlosti letu v (EAS).

Návrhová cestovní rychlost  $V_c$ :

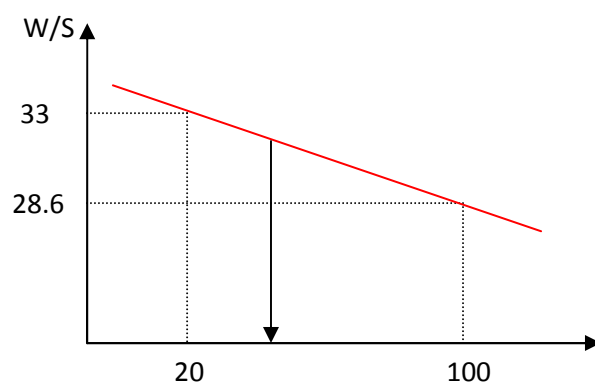
**CS 23.335 (a) (1)**  $V_c$  (v uzlech) nesmí být menší než:

$$V_c \geq 33 * \sqrt{W/S}$$

$$\frac{W}{S} = 37,39 \text{ lb/ft}^2$$

plošné zatížení křídla při maximální návrhové vzletové hmotnosti ...  $W/S$  37.391 [lb/ft<sup>2</sup>]

Dle **CS 23.335 (a) (2)** pro hodnoty  $W/S$  větší než 20 může být součinitel 33 sniženy lineárně s  $W/S$  na hodnotu 28,6 pro  $W/S = 100$ .



Hodnota 33 je snížena na hodnotu 32.04.

$$V_c \geq 32,04 * \sqrt{W/S} = 32,04 * \sqrt{37,391} = 195.94 \text{ knot}$$

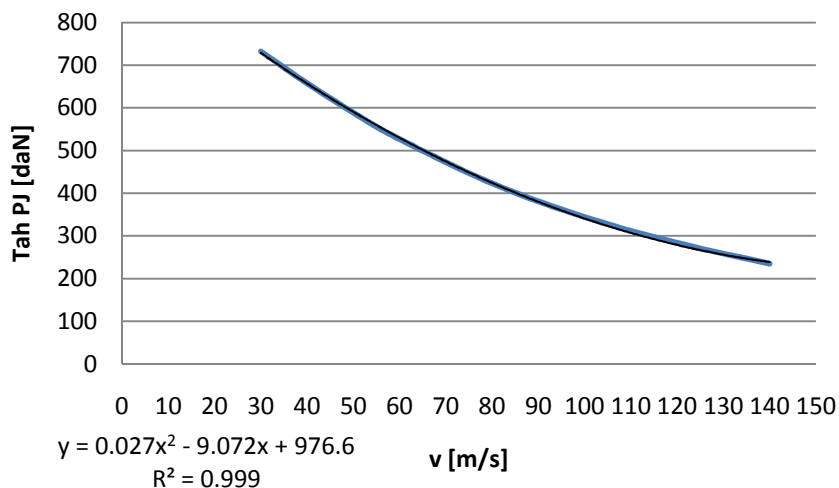
$$V_c = \mathbf{362,88 \text{ km/h}}$$

Dle **CS 23.335 (a) (3)**  $V_c$  nemusí být v nulové nadmořské výšce větší než  $0,9 * V_H$ .

**Stanovení rychlost  $V_H$  :**

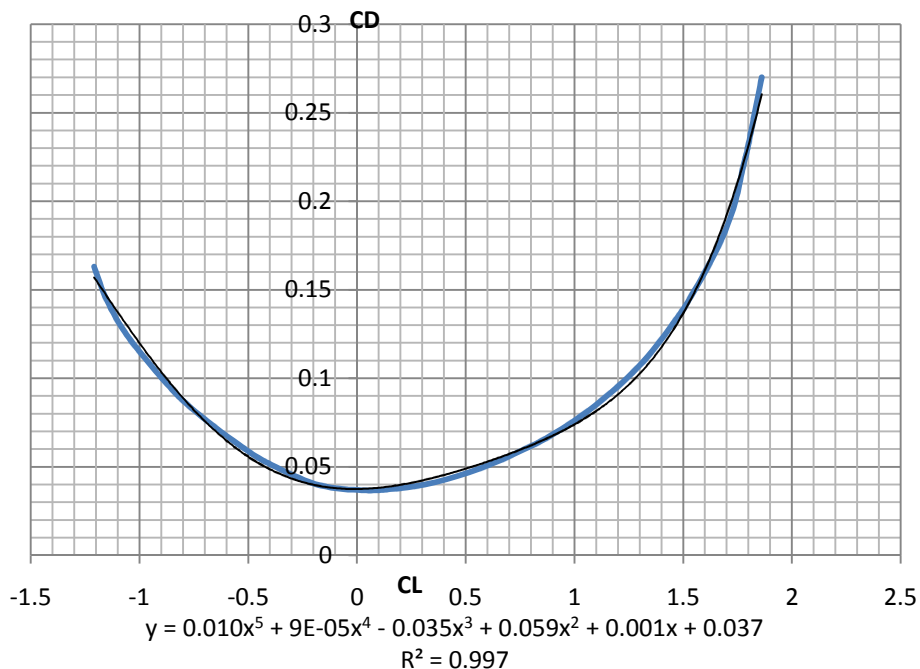
Rychlost  $V_H$  je možno naleznout interpolačně z rovnic pro vodorovný horizontální let.

**Tah pohonné jednotky:**



**Graf 3 Tah motoru (Tah jednoho motoru\*)**

**Polára letounu:**



**Graf 4 Polára letounu pro nulovou výchylku klapek**

Uvedené grafy jsou převzaty ze zprávy [11].

Postup výpočtu:

$$L = G$$

$$\frac{1}{2} * \rho * v^2 * S * C_L = m * g \rightarrow C_L$$

$$C_L \rightarrow C_D$$

$$T = D \rightarrow \Delta F = 0 \rightarrow V_H$$

Pomocí softwaru Excel jsou vypočteny následující hodnoty.

m [kg]	VH [m/s]	VH [km/h]	T [N]	D [N]	$\Delta F$ [N]	CL [-]	CD [-]
4600	105.95	381.4	318.49	318.49	0.00	0.260468	0.036767
2845	107.30	386.3	314.02	314.02	0.00	0.1570065	0.035344

$$V_C \leq 0.9 * 381.4 = 343,26 \text{ km/h}$$

Po dohodě volím návrhovou cestovní rychlost:  $V_C = 380 \text{ km/h}$ .

**Návrhová rychlost strmého letu  $V_D$ :**

**CS 23.335 (b) (1)**  $V_D$  nesmí být menší jak  $1.25 * V_C$

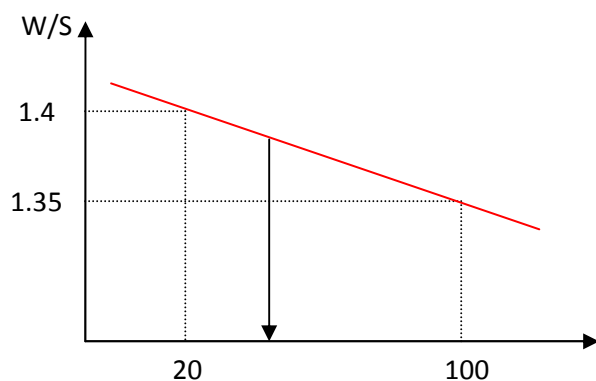
$$V_D \geq 1.25 * V_C = 1,25 * 380 = 475 \text{ km/h}$$

**CS 23.335 (b) (2)** je-li  $V_{Cmin}$  minimální požadovaná návrhová cestovní rychlost, nesmí být  $V_D$  menší než:

$$V_D \geq 1,4 * V_{Cmin}$$

**CS 23.335 (b) (3)**

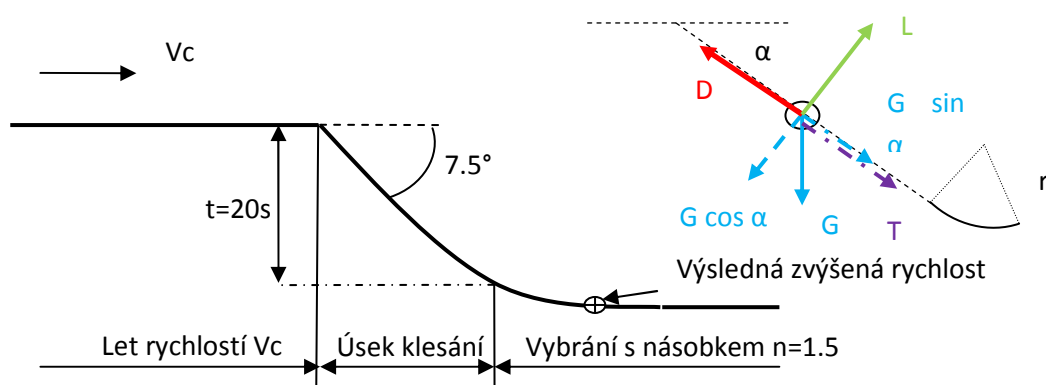
Pro hodnoty  $W/S$  větší než 20 mohou být součinitelé u  $V_{Cmin}$  uváděné v pododstavci (2) sníženy lineárně s  $W/S$  na hodnotu 1.35 pro  $W/S = 100$ .



Součinitel je lineárně snížen z hodnoty 1.4 na 1.39.

$$V_D \geq 1.39 * V_{C_{MIN}} = 1,39 * 343,26 = 476.85 \text{ km/h}$$

Dále je rychlost  $V_D$  vypočtena dle **CS 23.335 (b) (4)**



Celý problém je rozdělen na dvě fáze a to úsek klesání a úsek vybírání.

#### Úsek klesání:

Postup výpočtu:

$$a_i = \frac{T_{i-1} + G \cdot \sin \alpha - D_{i-1}}{m}$$

$$v_i = a_i * \Delta t + v_{i-1}$$

$$C_{L_i} = \frac{2 * m * g}{\rho * v_i^2 * S}$$

$C_{D_i} \rightarrow$  stanoveno na základě poláry a rovnice regrese

$$D_i = \frac{1}{2} * \rho * S * C_{D_i} * v_i^2$$

$T_i \rightarrow$  stanoveno na základě křivky pohonné jednotky a rovnice regrese

Celý výpočet je proveden pomocí MS Excel.

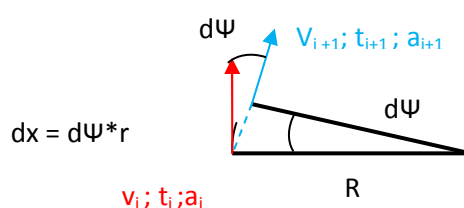
Hmotnost 4600 kg; 0 MSA					
t [s]	a [m/s <sup>2</sup> ]	v [m/s]	v [km/h]	CI [-]	CD [-]
0	0	105.56	380	0.2623	0.03680
20	0.6102	123.79	445.64	0.1907	0.03564

Hmotnost 2845 kg; 0 MSA					
t [s]	a [m/s <sup>2</sup> ]	v [m/s]	v [km/h]	CI [-]	CD [-]
0	0	105.56	380	0.1622	0.03538
20	0.3914	121.34	436.83	0.12279	0.03520

Tabulka 5 Hodnoty v čase t=20s při klesání

#### Vybírání klesání:

Při stanovení vybírání klesání jsou uváženy následující předpoklady. Nárůst na násobek  $n=1,5$  nastane skokově. Pro počáteční stav jsou zvoleny hodnoty v čase  $t = 20s$ . Dále je zaveden předpoklad, že tah ( $T$ ) = odpor ( $D$ ). Tato úvaha je na bezpečné straně, na zrychlení se tedy podílí jen složka tíhy. Výpočet je prováděn tak dlouho, dokud  $\alpha = 0^\circ$ . Výpočet je proveden pomocí MS Excel.



Postup výpočtu:

$$T_i = D_i$$

$$R_i = \frac{v_i^2 * m}{(L - G * \cos\alpha_i)} = \frac{v_i^2}{g * (n - \cos\alpha_i)}$$

$$L = m * g * n$$

$$C_{L_i} = \frac{2 * m * n * g}{v_i^2 * \rho * S}$$

$$C_{L_i} \rightarrow C_{D_i}$$

$C_{D_i} \rightarrow$  stanoveno na základě poláry a rovnice regrese

$$D_i = \frac{1}{2} * \rho * v_i^2 * S * C_{D_i}$$

$$v_i = a_i * \Delta t + v_{i-1}$$

$$a_i = \frac{T_{i-1} + mg * \sin\alpha_{i-1} - D_{i-1}}{m}$$

$$\alpha_i = \alpha_{i-1} - \Delta\Psi$$

$$\Delta\Psi = \arctg \frac{x_i}{R_i}$$

$$x_i = v_i * \Delta t + \frac{1}{2} a_i * \Delta t$$

Výsledky na konci vybírání klesání pro příslušné hmotové konfigurace:

Hmotnost 4600 kg; 0 MSA					
t [s]	a [m/s <sup>2</sup> ]	v [m/s]	v [km/h]	Cl [-]	CD [-]
20	0.6104	123.79	445.64	0.1907	0.03564
23.31	0.005	125.90	453.24	0.2766	0.03712

Hmotnost 2845 kg; 0 MSA					
t [s]	a [m/s <sup>2</sup> ]	v [m/s]	v [km/h]	Cl [-]	CD [-]
20	0.3915	121.34	436.83	0.12278	0.03520
23.24	0.007	123.41	444.28	0.1781	0.03551

Tabulka 6 Hodnoty na konci manévru

Zvoleno:  $V_D = 454 \text{ km/h}$ .

Pádová rychlost pro kombinaci vztlaková mechanizace zatažena, kladný násobek (n = 1):

$$+V_s = \sqrt{\frac{2 * m * g * n}{\rho * S * C_{NA}}} = \sqrt{\frac{2 * 4600 * 9.81 * 1}{1.225 * 25.196 * C_{NA}}} = 39.64 \text{ m/s} = 142.7 \text{ km/h}$$

Pádová rychlost pro kombinaci vztlaková mechanizace zatažena, záporný násobek (n = -1)

$$-V_S = \sqrt{\frac{2 * m * g * n}{\rho * S * C_{NA}}} = \sqrt{\frac{2 * 4600 * 9.81 * (-1)}{1.225 * 25.196 * (-1.209)}} = 49.18 \text{ m/s} = 177 \text{ km/h}$$

**Návrhová obratová rychlost  $V_A$** 

**CS 23.335 (c) (1)**  $V_A$  nesmí být menší než:

$$V_A \geq V_S * \sqrt{n}$$

- provozní násobek zatížení při obrazech použitý v návrhu...  $n = 3.29$

**Návrhová obratová rychlost:**

$$V_A = 142.7 * \sqrt{3.29} = 71.92 \text{ m/s} = 258.9 \text{ km/h}$$

**CS 23.335 (c) (2)**  $V_A$  nemusí převyšovat hodnotu  $V_C$

Pádová návrhová rychlost je  $V_A = 258.9 \text{ km/h}$

**Návrhová obratová rychlost  $V_G$** 

Návrhová obratová rychlost  $V_G$  je definována obdobně jako rychlost  $V_A$  jen s tím rozdílem, že je pro záporný násobek a pádovou rychlost na zádech.

$$V_G = -n_S * \sqrt{-V_S} = \sqrt{1.32} * 177 = 203.4 \text{ km/h}$$

**Poryvová obálka:**

Dle **CS 23.333** (c) (1) je intenzita poryvů od nulové výšky až do hodnoty 20 000 [ft] = 6096 [m] dána následovně:

Hodnoty poryvů dle CS 23.333			
	ft	m/s	km/h
<b>V<sub>C</sub></b>	50	15.24	54.864
<b>V<sub>D</sub></b>	25	7.62	27.432

**Násobky zatížení při poryvech:**

Dle **CS 23.341** (c) je hodnota násobků zatížení při poryvu:

$$n = 1 \pm \frac{k_G * \rho_0 * U_{de} * V_{EAS} * a}{2 * \frac{W}{S}}$$

$$\mu_g = \frac{2 \frac{W}{S}}{\rho * b_G * a * g}$$

$$k_G = \frac{0.88 * \mu_g}{5.3 + \mu_g}$$

- U<sub>de</sub> - rychlost poryvu [m/s]
- ρ<sub>0</sub> - hustota vzduchu 0 MSA [kg/m<sup>3</sup>]
- ρ - hustota vzduchu v uvažované nadmořské výšce [kg/m<sup>3</sup>]
- b<sub>G</sub> - střední geometrická tětiva [m]
- g - gravitační zrychlení [m/s<sup>2</sup>]
- W/S - plošné zatížení křídla [N/m<sup>2</sup>]
- v - ekvivalentní rychlost letu letounu m/s
- a - sklon křivky vztlaku 1/rad

Výpočet byl proveden pomocí softwaru MS Excel, výsledné hodnoty jsou zpracovány do následující tabulky.

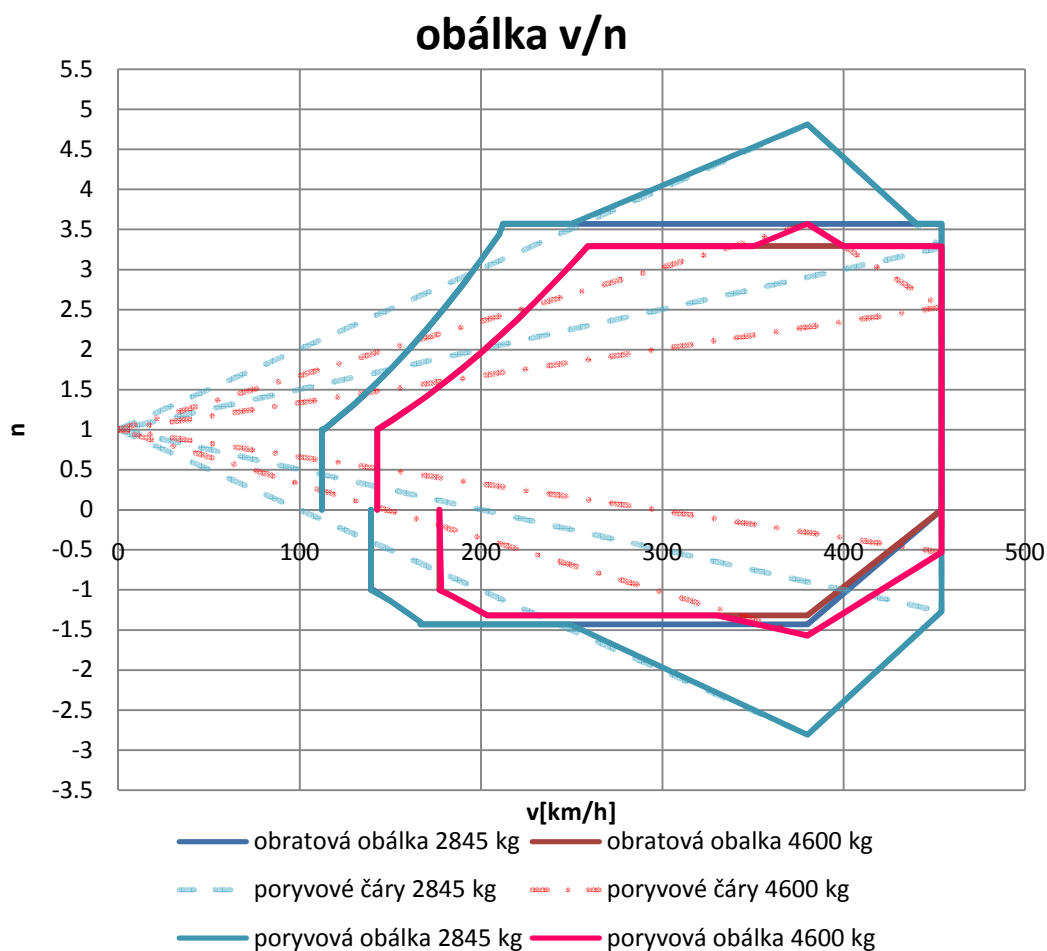
Hodnota násobků pro m = 4600 kg		
	+n	-n
<b>V<sub>C</sub></b>	3.57	-1.57
<b>V<sub>D</sub></b>	2.53	-0.53

**Tabulka 7** Hodnoty násobků od poryvu

Výše uvedené hodnoty jsou spočteny pro maximální hmotnost ( $W_{max} = 4600\text{kg}$ ) obdobným způsobem jsou získány vztahy pro minimální hmotnost ( $W_{min} = 2845\text{kg}$ ). Vypočtené hodnoty jsou uvedeny v následující tabulce.

Hodnoty pro $m = 2845 \text{ kg}$					
Rychlosti			Provozní násobky zatížení při obrazech		
$+V_S$	31.46 [m/s]	112.2[km/h]	+n	3.57	
$-V_S$	39.04 [m/s]	139.2[km/h]	-n	-1.43	
$V_A$	59.40 [m/s]	212.2 [km/h]			
$V_C$	101.39 [m/s]	280 [km/h]	Násobky zatížení při poryvech		
$V_D$	125.56 [m/s]	454 [km/h]	$V_C$	4.81	-2.81
$V_G$	46.61 [m/s]	166.5[km/h]	$V_D$	3.27	-1.27

Tabulka 8 Hodnoty pro obálku  $v/n$  a hmotnost  $m = 2845\text{kg}$



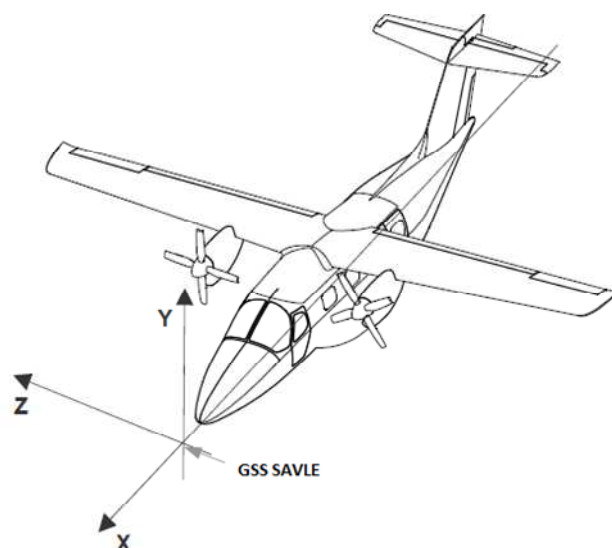
Graf 5 Obálka  $v/n$

## 6 VÝPOČET PŘÍPADŮ ZATÍŽENÍ LETOUNU EV-55M

Případy zatížení vypočtené softwarem SAVLE definují zatížení celého letounu - křídla, trupu a ocasních ploch. Geometrie letounu je spolu s aerodynamickými daty uložena v BD EV55\_VK1 a respektuje souřadný systém viz Obrázek 11.

Aby bylo možné vypočíst zatížení, je prvním kroku nutné nadefinovat aerodynamická data pro BD (sklony vztakových křivek jednotlivých aerodynamických ploch a letounu, křivky tahu a účinností, aerodynamické součinitele, hodnoty derivaci a další potřebné veličiny). Z důvodu velké časové náročnosti tohoto úkonu a po dohodě s vedoucím oddělení výpočtů v Eektoru jsou aerodynamická data převzata z BD **EV55PT01**.

### 6.1 Souřadný systém



Obrázek 11 GSS v programu SAVLE

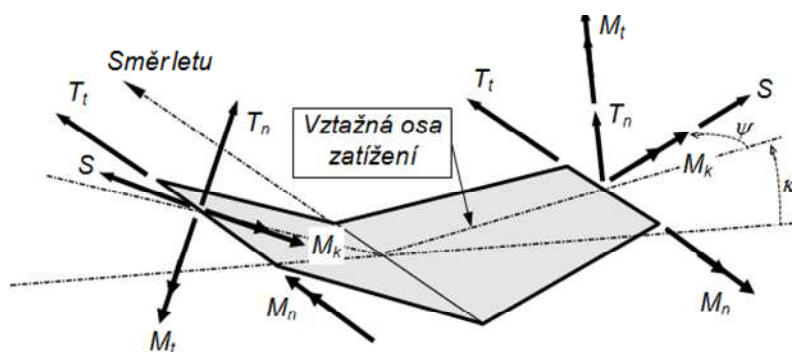
### 6.2 Postup výpočtu a výběr případů zatížení

Pro určení kritických případů zatížení VOP byly na BD EV55\_VK1 vypočteny podle požadavků předpisu CS23 případy zatížení letounu:

- CS 23.421 Vyvažovací zatížení (na VOP)
- CS 23.423 Zatížení při obratech (na VOP)
- CS 23.425 Zatížení při poryvu (na VOP)
- CS 23.427 Nesymetrická zatížení (na VOP)
- CS 23.441 (a) Zatížení při obratech (na SOP)
- CS 23.443 Zatížení při poryvu (na SOP)
- CS 23.347 Nesymetrické letové podmínky
- CS 23.351 Podmínky zatáčení
- CS 23. 367 Nesymetrické zatížení v důsledku selhání motoru

Na základě výpočtů podle uvedených bodů předpisu a všech hmotových konfigurací vznikne výsledná množina případů zatížení na VOP. Z této množiny je potřeba následně vyselektovat kritické případy.

Po dohodě s vedoucím práce, je výběr rozhodujících případů zatížení stabilizátoru a výškového kormidla proveden na základě rozboru analýzy ze zprávy **EV55550-02-L\_revA**, která byla poskytnuta firmou Evektor, spol. s.r.o. Rozborem výše uvedené zprávy jsou získány následující kritické případy.



Obrázek 12 kladné směry složek průběhů na VOP

#### Maximální kladná síla na VOP (+ $P_{VOP \max}$ )

Manévr VOP (nose up) při  $V_A = 260$  km/h, výchylka vztlakových klapek  $\delta_{KL} = 0^\circ$ , síla od pilota 1200N, fáze 3 - fáze manévru, V3 - výchylka VK  $\delta_{VK} = 20^\circ$ .

#### Maximální záporná síla na VOP (- $P_{VOP \max}$ )

Poryv na VOP při rychlosti  $V_C = 380$  km/h ( $u = 15.24$  m/s), výška  $H = 3100$  m, výchylka vztlakových klapek  $\delta_{KL} = 0^\circ$ .

#### Maximální kladná síla na VK (+ $P_{VK \max}$ )

Manévr VOP (nose up) při  $V_A = 259.4$  km/h, výchylka vztlakových klapek  $\delta_{KL} = 0^\circ$ , síla od pilota 1500N, fáze 1 - fáze manévru, V3 - výchylka VK  $\delta_{VK} = 20^\circ$ .

#### Maximální záporná síla na VK (- $P_{VK \max}$ )

Manévr VOP (nose up) při  $V_A = 260$  km/h, výchylka vztlakových klapek  $\delta_{KL} = 0^\circ$ , síla od pilota 1200N, fáze 1 - fáze manévru, V3 - výchylka VK  $\delta_{VK} = 20^\circ$ .

### Maximální kladný $M_{X VOP}$

Poryv na SOP zleva při  $V_C = 380$  km/h, výška  $H = 3100$  m, výchylka vztlakových klapek  $\delta_{KL} = 0^\circ$

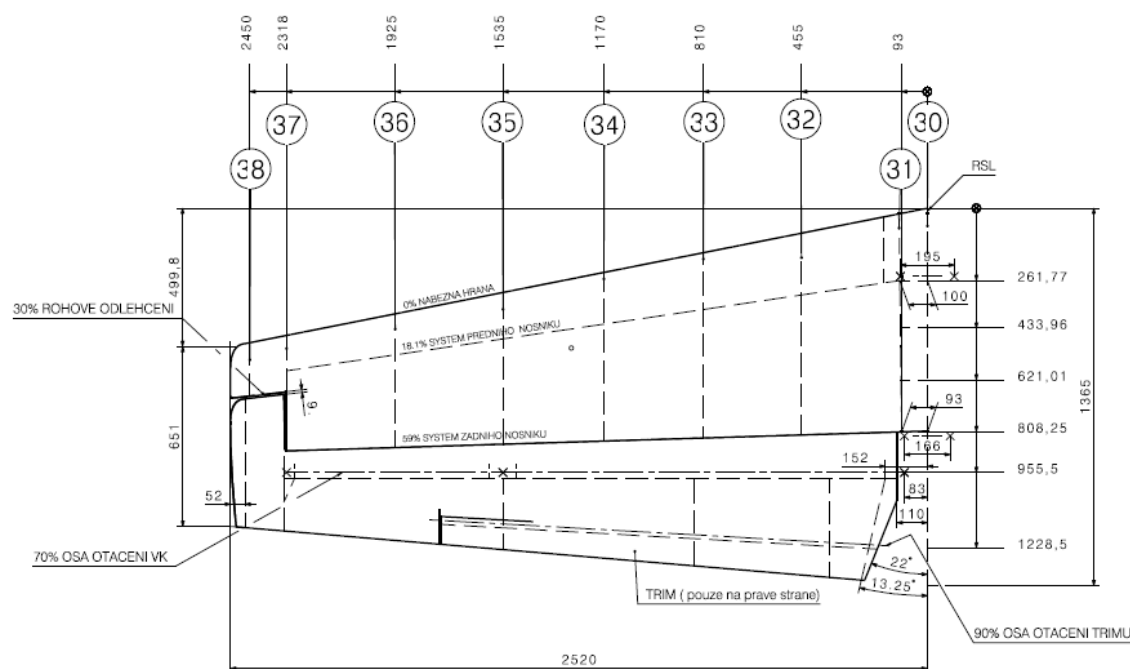
### Maximální záporný $M_{X VOP}$

Poryv na SOP zprava při  $V_C = 380$  km/h, výška  $H = 3100$  m, výchylka vztlakových klapek  $\delta_{KL} = 0^\circ$

Uvedené případy dávají největší síly a momenty na VK a ST.

## 6.3 Výpočet zatížení na VOP

Zatížení na VOP je spočteno pro všechny vybrané kritické případy viz bod 6.2 a všechny hmotnostní konfigurace viz **Tabulka 4**. Geometrie VOP, se kterou počítá SAVLE, je uvedena na následujícím obrázku. Na tomto obrázku jsou rovněž definovány polohy řezů pro výpis průběhů zatížení na VOP. SAVLE uvažuje plochu VOP jako jeden celek (nerozlišuje mezi výškovým kormidlem a stabilizátorem). Ve výpočtovém modelu rovněž nejsou uváženy výřezy.



Obrázek 13 Poloha řezů v programu SAVLE

Hodnoty zatížení jsou stanoveny k 25% vztažné osy zatížení, bez vlivu závěsu VK a vlivu sil od řízení VK a trimu (stabilizátor a VK jsou jeden tuhý celek). Výběr rozhodujících případů, je proveden na základě výběru hodnot v kořenovém řezu 30. Tento postup je akceptovatelný, protože rozložení od vzdušných sil po rozpětí VOP je spojitě a hladké.

Hodnoty výsledků zatížení pro jednotlivé řezy jsou uvedeny v seznamu příloh viz PŘÍLOHA 2.

Z vypočtených hodnot jsou vybrány následující kritické případy:

typ případu	číslo případu	Hmot. kon.	TN [N]	TT [N]	MN [NM]	MT [NM]	MK [NM]	N [N]	TN [N]	TT [N]
<b>+F<sub>Vk max</sub></b>	<b>109</b>	<b>1209</b>	<b>2664</b>	<b>-314</b>	<b>2997</b>	<b>-312</b>	<b>-2810</b>	<b>0</b>	<b>2578</b>	<b>-331</b>
<b>-F<sub>Vk max</sub></b>	<b>189</b>	<b>508</b>	<b>-7110</b>	<b>135</b>	<b>-7705</b>	<b>96</b>	<b>4536</b>	<b>0</b>	<b>-7056</b>	<b>160</b>
<b>+P<sub>VOP max</sub></b>	<b>389</b>	<b>1208</b>	<b>6809</b>	<b>-705</b>	<b>7583</b>	<b>-675</b>	<b>-1001</b>	<b>0</b>	<b>6640</b>	<b>-755</b>
<b>-P<sub>VOP max</sub></b>	<b>449</b>	<b>401</b>	<b>-11416</b>	<b>-1622</b>	<b>-12402</b>	<b>-1898</b>	<b>55</b>	<b>0</b>	<b>-11312</b>	<b>-1579</b>
<b>M<sub>X VOP</sub></b>	<b>572</b>	<b>1410</b>	<b>-8987</b>	<b>-407</b>	<b>-8940</b>	<b>-719</b>	<b>-261</b>	<b>-726</b>	<b>1512</b>	<b>-258</b>
<b>M<sub>X VOP</sub></b>	<b>573</b>	<b>201</b>	<b>121</b>	<b>-320</b>	<b>-432</b>	<b>83</b>	<b>-1311</b>	<b>1235</b>	<b>-9843</b>	<b>-555</b>
<b>M<sub>X VOP</sub></b>	<b>582</b>	<b>1209</b>	<b>1909</b>	<b>-227</b>	<b>1462</b>	<b>39</b>	<b>-1690</b>	<b>816</b>	<b>-8547</b>	<b>-390</b>

Typ případu	číslo případu	MN [N]	MT [N]	MK [N]	N [N]	PVOP [N]	MZVOP [N]	MXVOP [N]
<b>+F<sub>Vk max</sub></b>	<b>109</b>	<b>2895</b>	<b>-332</b>	<b>-2750</b>	<b>0</b>	<b>4895</b>	<b>-3532</b>	<b>0</b>
<b>-F<sub>Vk max</sub></b>	<b>189</b>	<b>-7641</b>	<b>125</b>	<b>4498</b>	<b>0</b>	<b>-10290</b>	<b>4926</b>	<b>0</b>
<b>+P<sub>VOP max</sub></b>	<b>389</b>	<b>7384</b>	<b>-734</b>	<b>-885</b>	<b>0</b>	<b>11747</b>	<b>-624</b>	<b>0</b>
<b>-P<sub>VOP max</sub></b>	<b>449</b>	<b>-12280</b>	<b>-1847</b>	<b>-17</b>	<b>0</b>	<b>-16796</b>	<b>-1678</b>	<b>0</b>
<b>M<sub>X VOP</sub></b>	<b>572</b>	<b>1030</b>	<b>19</b>	<b>-1504</b>	<b>789</b>	<b>-4440</b>	<b>-1971</b>	<b>-6710</b>
<b>M<sub>X VOP</sub></b>	<b>573</b>	<b>-9885</b>	<b>-1145</b>	<b>-112</b>	<b>-1341</b>	<b>-5943</b>	<b>-1945</b>	<b>6368</b>
<b>M<sub>X VOP</sub></b>	<b>582</b>	<b>-8471</b>	<b>-784</b>	<b>-423</b>	<b>-886</b>	<b>-3885</b>	<b>-2125</b>	<b>6660</b>

Tabulka 9 Hodnoty zatížení na VOP (\*uvedené hodnoty platí pro řez 30)

Uvedené hodnoty v Tabulka 9 jsou početní hodnoty (F=1.5) a platí pro vzdušné zatížení.

## 6.4 Distribuce zatížení na stabilizátor (ST) a výškové kormidlo (VK)

Jak již bylo uvedeno v předchozím bodě, program SAVLE spočte hodnoty průběhu pro celé VOPy (VOP je jeden pevný celek). Pro návrh dimenzí konstrukce, je nutné toto zatížení separovat na síly působící na VK a ST. K tomuto účelu je použit program ROZLOŽ. Program ROZLOŽ pracuje na základě vztahů uvedených v dodatku A23. 11. Výstupem programu ROZLOŽ jsou hodnoty tlaků p1 a p2. Tlak p1 působí na náběžné hraně ST, p2 na náběžné hraně VK. Hodnotu spojitého zatížení (Q) získáme integrací tlaku p po hloubce ST respektive VK.

$$Q_{ST} = \int_{C_{ST}}^0 p \, dx; \quad Q_{VK} = \int_{C_{VK}}^{C_{ST}} p \, dx$$

Další integrací spojitého zatížení po rozpětí získáme průběh posouvající síly (Tn).

$$T_{N_{VOP}} = \int_l^0 Q_{ST} \, dz; \quad T_{N_{VK}} = \int_l^0 Q_{VK} \, dz$$

Hodnoty tlaku a spojitého zatížení vypočtené programem ROZLOŽ pro jednotlivé případy jsou uvedeny v seznamu příloh viz PŘÍLOHA 3

**Kritické případy jsou: 109, 189, 389, 449, 573L, 573P**

**Případ 573L a 573P je nutno uvažovat současně (dávají největší hodnotu posouvající síly mezi závěsy).**

## NÁVRH VODOROVNÉ OCASNÍ PLOCHY DVOUMOTOROVÉHO LETOUNU DLE PŘEDPISU CS23

Pro kritické případy jsou síly v jednotlivých řezech uvedeny v následující tabulce.

(V uvedených tabulkách jsou hodnoty od VZDUŠNÉHO ZATÍŽENÍ na polovině VOP, HODNOTY JSOU POČETNÍ,  $F= 1.5$ )

Případ 109 platí pro P i L										
Vstupní data			Aerodynamické zatížení ST			Aerodynamické zatížení VK				
z [m]	p1 [Pa]	p2 [Pa]	Q <sub>ST</sub> [N/m]	T <sub>ni(a)</sub> [N]	T <sub>N(a)</sub> [N]	Q <sub>VK</sub> [N/m]	T <sub>niVK(a)</sub> [N]	T <sub>NVK(a)</sub> [N]	Mk <sub>z(a)</sub> [N/m]	z* [m]
0	-5289.12	6275.6	430.89	138.13	618.15	1541.91	494.28	3053.10	-137.40	0.164
0.332	-5289.13	6275.61	401.20	128.27	480.03	1435.66	459.00	2558.82	-98.29	0.496
0.664	-5289.11	6275.6	371.51	118.41	351.76	1329.40	423.72	2099.82	-64.57	0.828
0.996	-5289.12	6275.6	341.81	108.55	233.34	1223.14	388.44	1676.10	-35.83	1.159
1.328	-5289.13	6275.61	312.12	98.69	124.79	1116.88	353.17	1287.66	-11.67	1.491
1.66	-5289.11	6275.6	282.43	88.84	26.10	1010.62	317.89	934.49	8.30	1.823
1.992	-5289.12	6275.6	252.73	79.87	-62.74	904.36	285.80	616.60	24.48	2.156
2.328	-5289.12	6275.6	222.68	0.00	-142.60	796.83	0.00	330.80	37.41	2.328
2.328	-14559.4	7258.4	-772.52	-142.60	-142.60	1792.03	330.80	330.80	37.41	2.423
2.52	-14559.4	7258.4	-712.95	0.00	0.00	1653.83				

Tabulka 10 Hodnoty zatížení z případu 109

Případ 189 platí pro P i L										
Vstupní data			Aerodynamické zatížení ST			Aerodynamické zatížení VK				
z [m]	p1 [Pa]	p2 [Pa]	Q <sub>ST</sub> [N/m]	T <sub>ni(a)</sub> [N]	T <sub>N(a)</sub> [N]	Q <sub>VK</sub> [N/m]	T <sub>niVK(a)</sub> [N]	T <sub>NVK(a)</sub> [N]	Mk <sub>z(a)</sub> [N/m]	z* [m]
0	4532.08	-8976.92	-1941.51	-622.37	-3320.12	-2205.63	-707.04	-4397.38	193.14	0.164
0.332	4532.08	-8976.92	-1807.71	-577.95	-2697.75	-2053.63	-656.57	-3690.34	137.20	0.496
0.664	4532.07	-8976.91	-1673.91	-533.53	-2119.80	-1901.63	-606.11	-3033.77	88.96	0.828
0.996	4532.08	-8976.92	-1540.12	-489.11	-1586.27	-1749.64	-555.65	-2427.66	47.85	1.159
1.328	4532.09	-8976.92	-1406.32	-444.69	-1097.16	-1597.64	-505.18	-1872.01	13.29	1.491
1.66	4532.06	-8976.91	-1272.53	-400.27	-652.47	-1445.64	-454.72	-1366.82	-15.27	1.823
1.992	4532.07	-8976.92	-1138.74	-359.87	-252.20	-1293.65	-408.82	-912.10	-38.42	2.156
2.328	4532.08	-8976.92	-1003.32	0.00	107.66	-1139.82	0.00	-503.28	-56.92	2.328
2.328	16555	-11042.9	583.24	107.66	107.66	-2726.38	-503.28	-503.28	-56.92	2.423
2.52	16555	-11042.9	538.26	0.00	0.00	-2516.12				

Tabulka 11 Hodnoty zatížení z případu 189

Případ 389 platí pro P i L										
Vstupní data			Aerodynamické zatížení ST			Aerodynamické zatížení VK				
z [m]	p1 [Pa]	p2 [Pa]	Q <sub>ST</sub> [N/m]	T <sub>ni(a)</sub> [N]	T <sub>N(a)</sub> [N]	Q <sub>VK</sub> [N/m]	T <sub>niVK(a)</sub> [N]	T <sub>NVK(a)</sub> [N]	Mk <sub>z(a)</sub> [N/m]	z* [m]
0	8004.14	1814.12	4288.62	1374.76	7833.14	445.73	142.88	977.11	-29.03	0.164
0.332	8004.14	1814.12	3993.07	1276.64	6458.38	415.01	132.69	834.23	-17.72	0.164
0.664	8004.14	1814.12	3697.53	1178.52	5181.74	384.30	122.49	701.55	-7.97	0.164
0.996	8004.14	1814.12	3401.99	1080.40	4003.22	353.58	112.29	579.06	0.33	0.163
1.328	8004.14	1814.12	3106.45	982.28	2922.82	322.86	102.09	466.77	7.32	0.163
1.66	8004.14	1814.11	2810.90	884.16	1940.54	292.14	91.89	364.68	13.09	0.163
1.992	8004.14	1814.12	2515.36	794.91	1056.38	261.43	82.62	272.78	17.77	0.164
2.328	8004.14	1814.12	2216.26	0.00	261.47	230.34	0.00	190.17	21.51	0.000
2.328	9213.83	4172.62	1416.42	261.47	261.47	1030.18	190.17	190.17	21.51	0.095
2.52	9213.83	4172.62	1307.19	0.00	0.00	950.73				

Tabulka 12 Hodnoty zatížení z případu 339

Případ 449 platí pro P i L										
Vstupní data			Aerodynamické zatížení ST			Aerodynamické zatížení VK				
z [m]	p1 [Pa]	p2 [Pa]	Q <sub>ST</sub> [N/m]	T <sub>ni(a)</sub> [N]	T <sub>N(a)</sub> [N]	Q <sub>VK</sub> [N/m]	T <sub>niVK(a)</sub> [N]	T <sub>NVK(a)</sub> [N]	Mk <sub>z(a)</sub> [N/m]	z* [m]
0	-18219.1	1741.97	-7197.22	-2307.14	-13214.66	428.00	681.35	681.35	-56.89	0.164
0.332	-18219.1	1741.97	-6701.24	-2142.48	-10907.52	398.51	544.15	544.15	-46.04	0.496
0.664	-18219.1	1741.97	-6205.25	-1977.81	-8765.04	369.01	416.74	416.74	-36.68	0.828
0.996	-18219.1	1741.97	-5709.27	-1813.14	-6787.23	339.52	299.13	299.13	-28.71	1.159
1.328	-18219.1	1741.97	-5213.29	-1648.48	-4974.09	310.02	191.30	191.30	-22.01	1.491
1.66	-18219.1	1741.97	-4717.30	-1483.81	-3325.61	280.53	93.27	93.27	-16.47	1.823
1.992	-18219.1	1741.97	-4221.32	-1334.03	-1841.80	251.03	5.03	5.03	-11.98	2.156
2.328	-18219.1	1741.97	-3719.36	0.00	-507.77	221.18	-74.30	-74.30	-8.40	2.328
2.328	-27626.8	-1630.24	-2750.69	-507.77	-507.77	-402.49	-74.30	-74.30	-8.40	2.423
2.52	-27626.8	-1630.24	-2538.56	0.00	0.00	-371.45				

Tabulka 13 Hodnoty zatížení z případu 449

Případ 573 P										
Vstupní data			Aerodynamické zatížení ST			Aerodynamické zatížení VK				
z [m]	p1 [Pa]	p2 [Pa]	Q <sub>ST</sub> [N/m]	T <sub>ni(a)</sub> [N]	T <sub>N(a)</sub> [N]	Q <sub>VK</sub> [N/m]	T <sub>niVK(a)</sub> [N]	T <sub>NVK(a)</sub> [N]	Mk <sub>z(a)</sub> [N/m]	z* [m]
0	-17040.1	2340.26	-6420.89	-2034.87	10575.42	575.00	185.29	1101.48	-63.44	0.164
0.332	-16718.7	2365.68	-5837.35	-1841.13	8540.55	541.19	174.06	916.19	-48.78	0.496
0.664	-16345.9	2395.17	-5253.80	-1647.39	6699.42	507.38	162.84	742.13	-35.99	0.828
0.996	-15908.3	2429.78	-4670.26	-1453.66	5052.03	473.57	151.61	579.29	-24.95	1.159
1.328	-15387.5	2470.98	-4086.72	-1259.92	3598.37	439.77	140.39	427.67	-15.52	1.491
1.66	-14757.1	2520.84	-3503.17	-1066.18	2338.45	405.96	129.17	287.28	-7.58	1.825
1.992	-13978.7	2582.42	-2919.63	-881.78	1272.26	372.15	119.29	158.12	-1.01	1.992
2.328	-12979.4	2661.47	-2329.05	0.00	390.49	337.93	0.00	38.82	4.39	2.424
2.328	-21285.3	743.52	-2173.53	-390.49	390.49	183.57	38.82	38.82	4.39	0.000
2.52	-20365.6	969.28	-1894.05	0.00	0.00	220.85				

Tabulka 14 Hodnoty zatížení z případu 573P

Případ 573 L										
Vstupní data			Aerodynamické zatížení ST			Aerodynamické zatížení VK				
z [m]	p1 [Pa]	p2 [Pa]	Q <sub>ST</sub> [N/m]	T <sub>ni(a)</sub> [N]	T <sub>N(a)</sub> [N]	Q <sub>VK</sub> [N/m]	T <sub>niVK(a)</sub> [N]	T <sub>NVK(a)</sub> [N]	Mk <sub>z(a)</sub> [N/m]	z* [m]
0	-17040.11	2340.26	207.50	43.10	-1006.69	848.04	185.29	1566.13	-63.44	0.164
0.332	-16718.7	2365.68	52.13	-8.48	-1049.79	783.78	174.06	1295.25	-48.78	0.496
0.664	-16345.89	2395.17	-103.22	-60.06	-1041.30	719.52	162.84	1045.70	-35.99	0.828
0.996	-15908.32	2429.78	-258.58	-111.64	-981.25	655.26	151.61	817.49	-24.95	1.159
1.328	-15387.5	2470.98	-413.94	-163.22	-869.61	591.01	140.39	610.61	-15.52	1.491
1.66	-14757.13	2520.84	-569.30	-214.80	-706.39	526.75	129.17	425.06	-7.58	1.825
1.992	-13978.66	2582.42	-724.66	-269.90	-491.59	462.49	119.29	260.85	-1.01	1.992
2.328	-12979.41	2661.47	-881.89	0.00	-221.69	397.46	0.00	116.38	4.39	2.424
2.328	-21285.3	743.52	-1142.77	-221.69	-221.69	657.18	38.82	116.38	4.39	0.000
2.52	-20365.55	969.28	-1166.50	0.00	0.00	555.06				

Tabulka 15 Hodnoty zatížení z případu 573L

- z - poloha řezu v SAVLi
- p1- tlak na náběžné hraně ST
- p2- tlak na náběžné hraně VK
- Q<sub>ST</sub> - hodnota spojitého zatížení po hloubce na ST
- Q<sub>VK</sub> - hodnota spojitého zatížení po hloubce na VK
- T<sub>ni(a)</sub> - velikost zatěžující síly od aerodynamického zatížení v daném řezu
- T<sub>N(a)</sub> - průběh posouvající síly od aerodynamického zatížení
- Mk<sub>z(a)</sub> - závěsový moment od VK
- z\* - poloha zatěžující síly od aerodynamického zatížení v daném řezu

### 6.4.1 Vliv setrvačných sil

U vybraných případů jsou hodnoty úhlových zrychlení různé od nuly. Je tedy zjevné, že na OP budou působit setrvačné síly. Přírůstek násobku od setrvačných sil je dán vztahem:

$$n_L = n_T + \frac{\varepsilon_i * R}{g}$$

- $n_L$  – lokální násobek [-]
- $n_T$  – násobek v těžišti [-]
- $\varepsilon_i$  – úhlové zrychlení kolem i-té osy [rad/s<sup>2</sup>]
- $R$  – rameno mezi těžištěm letounu a těžištěm ST, VK [m]
- $g$  – tíhové zrychlení [m/s<sup>2</sup>]

Pro vybrané kritické případy jsou spočteny lokální násobky v těžišti VOP.

č. p.	109	189	389	449	573
$n_T$	0.993	1.003	3.298	0.648	1
$\varepsilon_z$ [rad/S <sup>2</sup> ]	-2.125	3.31	-2.454	4.643	0
$R$ [m]	7688.33	7923.28	7688.33	8088.72	7973.74
<b>CENTRAZ [%C<sub>SAT</sub>]</b>	33.62	17.84	33.62	6.77	26.88
$n_L$	2.66	-1.67	5.22	-3.18	1.00

Pro určení velikosti setrvačných sil působících na (VK, ST) předpokládám, že zatížení od hmotnosti je nahrazeno spojitým liniovým zatížením obdélníkového tvaru s výslednicí ležící v těžišti ST respektive VK. Dále předpokládám, že zatížení leží na procentuální přímce procházející těžištěm.

Z analýzy provedené na případě č.189, ale i na ostatních vyplývá, že vliv setrvačných sil je malý (řádově do 10%). Z tohoto důvodu bude VK a ST dimenzován na aerodynamické zatížení. Tento předpoklad je na bezpečné straně.

Zatížení od setrvačných sil na LEVÉM _VK případ 189					
z	Qi*	z*	Fg	Tq	TN %
0.332	-130.40	0.163	-42.71	-220.33	7.22
0.664	-109.88	0.827	-34.41	-139.06	6.62
0.996	-97.38	1.158	-30.25	-104.66	6.24
1.328	-84.87	1.490	-26.10	-74.41	5.78
1.66	-72.37	1.821	-21.95	-48.30	5.17
1.992	-59.86	2.153	-17.99	-26.35	4.27
2.328	-47.20	2.328	0.00	-8.37	2.53
2.328	-47.20	2.421	-8.37	-8.37	2.53
2.52	-39.97				

Zatížení od setrvačných sil na PRAVÉM _VK případ 189					
z	Qi*	z*	Fg	Tq	TN %
0	-167.92	0.163	-53.22	-277.70	9.10
0.332	-152.71	0.495	-48.17	-224.47	8.77
0.664	-137.50	0.827	-43.13	-176.30	8.40
0.996	-122.29	1.158	-38.08	-133.17	7.95
1.328	-107.08	1.490	-33.03	-95.10	7.39
1.66	-91.87	1.821	-27.98	-62.07	6.64
1.992	-76.66	2.153	-23.17	-34.09	5.53
2.328	-61.27	2.328	0	-10.92	3.30
2.328	-61.27	2.421	-10.92	-10.92	3.30
2.52	-52.47				

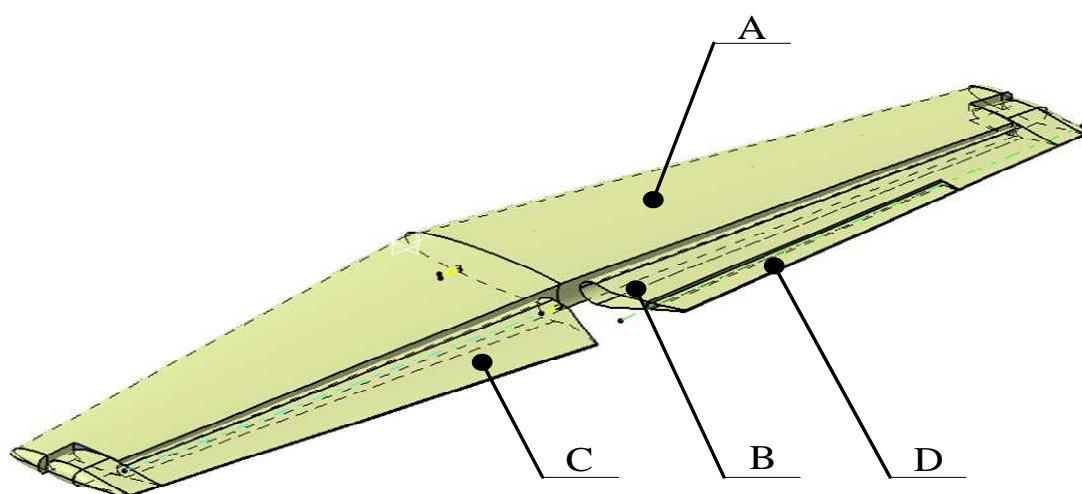
Tabulka 16 Vliv setrvačných sil na VK

- $Q_i^*$  – hodnota spojitého zatížení od setrvačných sil
- $z^*$  – poloha působící síly
- $F_g$  – velikost síly setrvačných sil
- $T_q$  – průběh zatížení od setrvačné síly
- $TN \%$  – procentuální vliv setrvační síly na výslednou aerodynamickou sílu

## 7 NÁVRH VARIANT

Firmou Evektor spol. s.r.o. byl poskytnut systémový výkres a hrubý model ploch VOP. Na konstrukci VOP ze strany zadavatele nebyly vzneseny žádné konkrétní požadavky na volbu materiálu, použité technologie nebo konstrukčního uspořádání. Jediné dva vznesené požadavky jsou:

- zachování vnějšího tvaru VOP z důvodu aerodynamického zatížení
- zachování polohy závěsů pro uchycení VOP na kýlu letounu



Obrázek 14 Model VOP

Celá VOP je složena ze čtyř samostatných celků:

- stabilizátor (pozice A)
- výškové kormidlo pravé (na pravém kormidle je umístěna vyvažovací ploška tzv. trim pozice B)
- výškové kormidlo levé (pozice C)
- trim (pozice D)

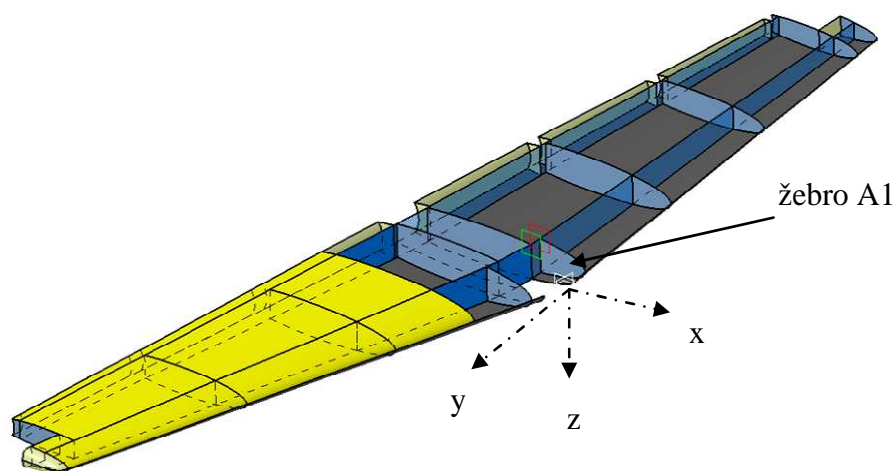
### 7.1 Návrh stabilizátoru

#### 7.1.1 Varianta A

Celý stabilizátor je osově symetrický. Stabilizátor je složen z horního a spodního sendvičového panelu, hlavního a vedlejšího nosníku deseti žeber (pět na každé polovině) a zavětrovací lišty. Žebro A1 umístěné v náběžné hraně je vůči rovině žebra 1 odsazeno a to z důvodu uchycení závěsu ovládání výškového kormidla. Pro návrh panelů jsou uváženy sendviče jak na horní tak i spodní straně. Předběžné schéma skladby sendviče je patrné viz Obrázek 16. Předpokládaný materiál pro výrobu sendvičů je jednosměrný uhlíkový prepreg orientovaný vůči bočné ose y

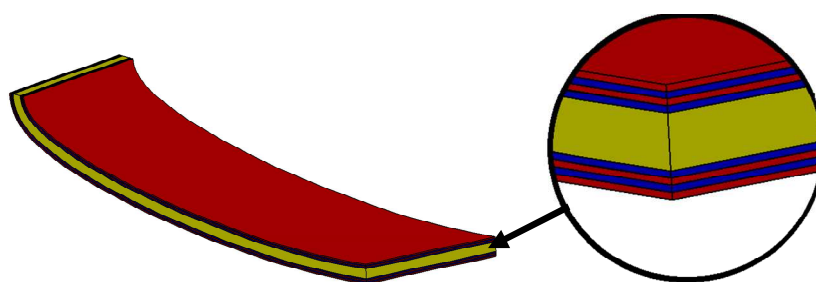
vždy o  $\pm 45^\circ$  a voštinové jádro. Spojení sendvičových panelů s nosíky a žebry je realizováno lepidlem.

Výškové kormidlo je uchyceno pomocí čtyř závěsů. Závěsy jsou z hliníkové slitiny. Každý závěs je podlepen a přinýtován titanovými nýty k zadnímu nosníku. Poloha závěsů koresponduje s rovinami žeber. Zavětrání je buď složeno ze tří samostatných lišt nebo bude součástí některého sendviče. Nosník (pásnice a stojina) je vyroben vrstvením lamin. Předběžný návrh skladby na stojině je  $\pm 45^\circ$  vůči bočné ose, na pásnici je pak vrstvení  $0^\circ$ . Předpokládaný způsob výroby: ručním kladením prepregu a vytvrzením v autoklávu.



- žebra
- nosník
- horní sendvičový panel
- spodní sendvičový panel

Obrázek 15 Stabilizátor Varianta A



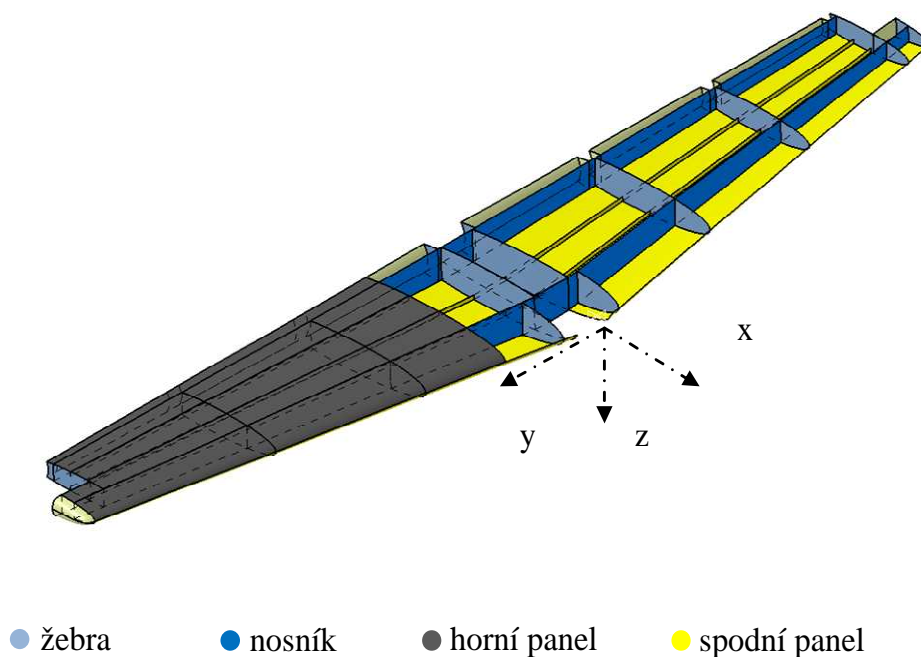
- voština
- + 45° C/E
- - 45° C/E

Obrázek 16 Detail předpokládané skladby sendviče

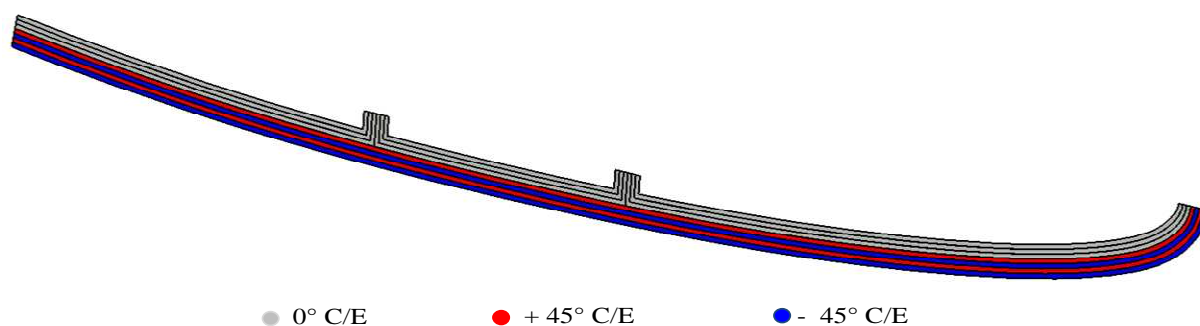
### 7.1.2 Varianta B

Tato varianta je modifikací předchozí verze návrhu. Jedná se v podstatě o poloskořepinovou konstrukci. Hlavní rozdíl je v tom, že horní i spodní sendvičové panely jsou nahrazeny integrálními kompozitovými panely. Předběžný tvar a skladba panelů je zobrazena viz

Obrázek 18. Zbývající část konstrukce je stejná jako u varianty A.



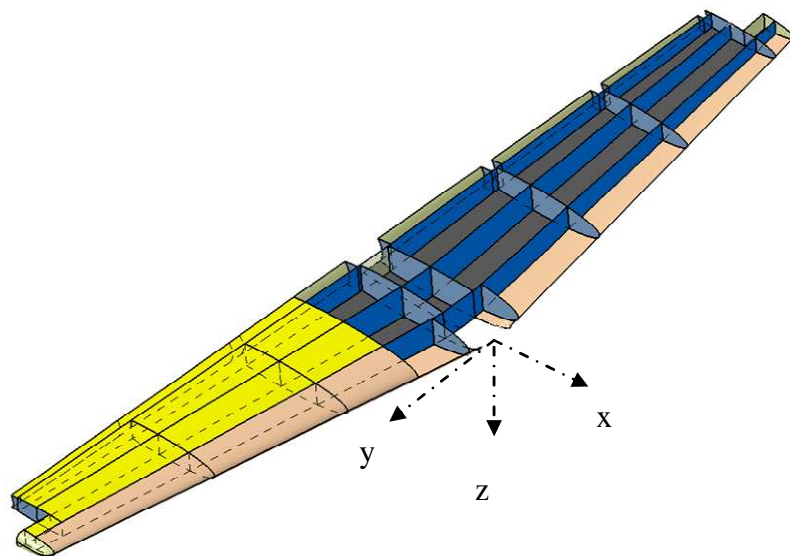
Obrázek 17 Stabilizátor Varianta B



Obrázek 18 Předpokládaný tvar integrálního kompozitového panelu

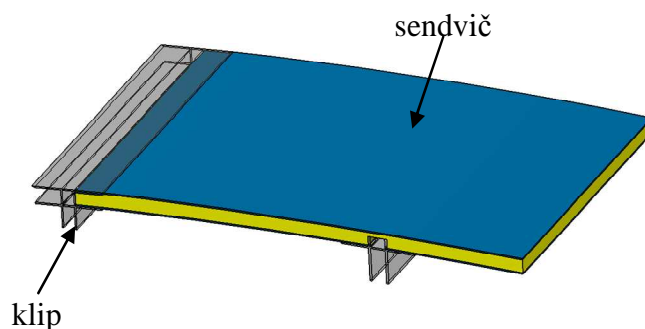
### 7.1.3 Varianta C

Jedná se o třínosníkovou konstrukci. Všechny tři nosníky jsou vyrobeny jako sendviče. Potah této konstrukce je složen rovněž ze tří samostatných sendvičů (horní, spodní, přední). Tyto sendviče jsou společně s nosníky spojeny buď pomocí klipů nebo lepením. Schéma spojení sendvičů pomocí klipů je znázorněno na Obrázek 20. Zbývající části konstrukce jako je počet žebér, závěsů nebo uchytení zavětrovací lišty korespondují s variantou A.



- horní sendvič
- přední sendvič
- spodní sendvič
- žebra
- sendvič

Obrázek 19 Stabilizátor - varianta C



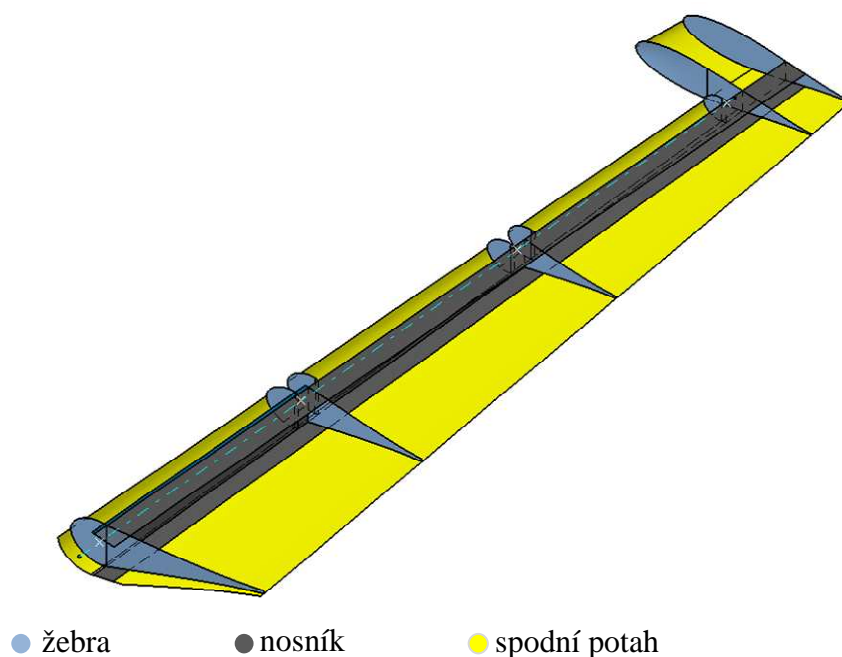
Obrázek 20 Detail uchytení sendvičů pomocí klipů

## 7.2 Návrh levého výškového kormidla

Na VK jsou použity stejné materiály jako na stabilizátor a konstrukce VK vychází z konstrukčních variant stabilizátoru.

### 7.2.1 Varianta A

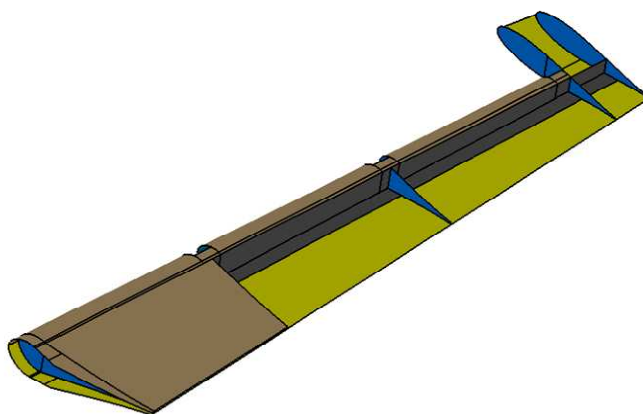
Jedná se o jedonosníkovou konstrukci. Potah kormidla je složeno z horního a spodního kompozitového panelu. Skladba obou panelů je identická. Předběžně navržená skladba je tvořena jednosměrným prepregem orientovaným vzhledem k bočné ose vždy  $\pm 45^\circ$ . Spojení mezi nosníkem a potahem je realizováno lepidlem. Na celém kormidle je použito celkem pět žebér. Nosník je tvořen pouze vrstvami lamin. Uchytení kormidla je realizováno pomocí čtyř závěsů. Závěsy jsou vyrobeny z hliníkové slitiny. Tyto závěsy jsou přinýtovány titanovými nýty a podlepeny lepidlem. Do koncového žebra je zavedena síla od páky ovládání kormidla, kterou vyvozuje pilot.



Obrázek 21 VK - L varianta A

### 7.2.2 Varianta B

Tato varianta je shodná s předešlou variantou počtem žeber a polohou nosníku. Skladby vrstvení jsou rovněž shodné. Hlavní odlišností je, že potahové panely jsou vyrobeny jako sendviče. U těchto panelů je sendvič použit mezi odtokovou hranou a rovinou nosníku. Náběžná hrana je tvořena vrstvami lamin.



- žebra
- horní sendvič
- nosník
- spodní sendvič

Obrázek 22 VK - L varianta B

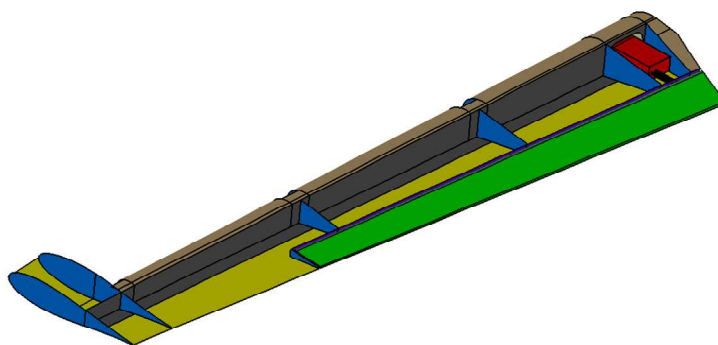
### 7.3 Návrh pravého výškového kormidla

Rozdíl mezi pravým a levým VK je, že na pravém VK je uchycen trim. Z toho je patrná potřeba dalšího nosníku, na kterém bude trim přichycen. Rovněž je potřeba uvážit uchycení a polohu lineárního elektromotoru, který ovládá trim.

Pro návrh pravého VK jsou použity stejné varianty skladeb jako u levého VK. V porovnání s levým VK jsou provedeny jisté konstrukční změny:

- Přidání druhého nosníku na uchycení trimu.
- Výřez ve stojině (přiblížení polohy těžiště lineárního elektromotoru co nejdříve k těžišti celého VK)
- Přidání žebra (spolu s kořenovým žebrem slouží jako základna pro uchycení lineárního elektromotoru).
- Výřez v potahu pro kontrolní víko (v případě poruchy lineárního elektromotoru umožní jeho snadnou výměnu).

Druhý nosník bude vyroben skládáním vrstev lamin. Trim je uchycen na třech závěsech. Poloha závěsů koresponduje s polohou žeber.



● žebra ● horní sendvič ● nosník ● spodní sendvič

Obrázek 23 VK - P

### 7.3.1 Hmotové vyvážení

Aby se zabránilo samovolnému vychylování výškového kormidla při účincích setrvačných sil, je potřeba kormidlo vyvážit. Řešením je umístění vhodného závaží do rohového odlehčení, tak aby výsledná poloha těžiště kormidla ležela v ose otáčení nebo co nejbližší. Hmotnost vyvažovacího závaží bude rozdělena do dvou částí. První část, cca 90% hmoty bude ve formě "plechu" vhodně zalaminováno do potahu. Zbýlých 10% vyvažovací hmoty tvoří přídavné plíšky, které slouží k dovyvážení kormidla po kompletaci a nástřiku. Tyto plíšky budou přišroubovány na posledním žebře a schovány pod koncovým obloukem.

### 7.3.2 Blesková ochrana

Navržené struktury jsou převážně tvořeny uhlíkovými lamináty. Uhlíkové lamináty jsou jen velmi slabě vodivé. Z tohoto důvodu nejsou schopny vést extrémní proudy generované blesky cca 200 000 A. Ochrana proti úderu blesku bude realizována pomocí měděné sítě od společnosti MicroGrid, která bude začleněna do povrchové vrstvy kompozitu. Uvedená síť je schopna odolat úderům o velikosti 200 000 A. Do povrchové vrstvy bude začleněna síť s obchodním označením 2CU4-100A. (tloušťka **0.051**mm a hmotnost **107.4** g/m). Dále je nutno zajistit vodivé spojení této sítě s kovovou kostrou letounu.

## 7.4 Zhodnocení návrhu variant

Uvedené návrhy jsou koncepčním návrhem možných řešení. Neřeší však detailní problematik konstrukce na úrovni optimálních hodnot poloměrů rádiusů, realizace mechanických spojů, rozměrů přechodových tloušťek sendvičových panelů nebo vhodných míst spojení sendvičových respektive kompozitových panelů. Každý z uvedených problémů vyžaduje samostatnou analýzu, která však z důvodu časové náročnosti není možná. Dalším výrazným faktorem vstupujícím je použitá technologie výroby a hodnoty dosažených mechanických vlastností. Předpokládám, že je použita technologie, která zaručuje nejlepší mechanické vlastnosti (prepreg a vytvrzení v autoklávu).

Rovněž nejde jednoznačně prohlásit, která varianta je ze všech nejlepší a zda přinese výraznou hmotnostní úsporu. Je však jasné, že u variant, kde jsou potahová pole tvořena vrstvami lamin, bude při malých tloušťkách docházet ke značnému "boulení" potahových polí. Výběr nejvhodnější variant je proveden na základě MKP výpočtu.

Dále nebude analyzována třínosníková varianta stabilizátoru. Aby byl plně využit potenciál této varianty, je nutné uchytit třetí nosník. Toto by však vyžadovalo zásah do konstrukce v podobě třetího závěsu nebo vyztuženého žebra, což je ale v rozporu se zadáním.

## 8 MKP VÝPOČET

Z důvodů časové náročnosti a po dohodě s vedoucím práce je spočteno a vyhodnoceno levé výškové kormidlo. Rovněž neproběhl přepočet BD, jak bylo původně zamýšleno.

### 8.1 Materiálové vlastnosti

#### 8.1.1 Materiál EP121-C20-45

Jedná se o prepregovou tkaninu s uhlíkovou výztuží (vysokopevnostní vlákna HS) a epoxidovou maticí. Výztuž je ve formě tkaniny s keprovou vazbou. Výsledná hmotnost vytvrzeného prepregu je  $365 \pm 15 \text{ g/m}^2$ . Hmotnostní poměr výztuže  $M_f = 0.45$ . Navrhované hodnoty jsou uvedeny v Tabulka 17.

	Jednotky	Hodnoty z mech. zkoušek	Hodnoty udané výrobcem	Vypočtené hodnoty
Modul pružnosti v tahu ve směru osnovy $E_L$	[GPa]	42	45	-
Modul pružnosti v tahu ve směru útku $E_T$	[GPa]	42	45	-
Poissonovo číslo v rovině vrstvy $\nu_{LT}$	[-]	-	-	0,13
Modul pružnosti ve smyku v rovině vrstvy $G_{LT}$	[GPa]	-	-	3,1
Poissonovo číslo ve směru osnovy nebo útku vzhledem ke třetímu materiálovému směru $\nu_{LT'}$	[-]	-	-	0,34
Modul pružnosti ve smyku v rovinách danými směry $LT'$ a $TT'$ $G_{LT'}$ a $G_{TT'}$	[GPa]	-	-	3,1
Modul pružnosti v tahu ve směru kolmém na rovinu vrstvy $E_T$	[GPa]	-	-	5,67
Mez pevnosti v tahu ve směru osnovy $R_L$	[MPa]	256	-	-
Mez pevnosti v tlaku ve směru osnovy $R'_L$	[MPa]	-	204	-
Mez pevnosti v tahu ve směru útku $R'_T$	[MPa]	301	-	-
Mez pevnosti v tlaku ve směru útku $R_T$	[MPa]	-	240	-
Mez pevnosti ve smyku v rovině materiálu $R_{LT}$	[MPa]	-	62	-
Interlaminární smyková pevnost $R_{ILSS}$	[MPa]	52	-	-

Tabulka 17 Materiálové vlastnosti EP 121-C20-40 [12]

#### 8.1.2 EP121-CR500/130-G138-42

EP121 je jednosměrný prepreg s epoxidovou maticí výztuží na jedné straně E-sklem ve formě scrimu. Výsledná hmotnost vytvrzeného prepregu je  $270 \pm 15 \text{ g/m}^2$ . Hmotnostní poměr výztuže  $M_f = 0.42$ . Navrhované hodnoty jsou uvedeny viz Tabulka 18.

	Jednotky	Hodnoty z mech. zkoušek	Hodnoty převzaté	Vypočtené hodnoty
Modul pružnosti v tahu ve směru vláken $E_L$	[GPa]	94	-	-
Modul pružnosti v tahu ve směru kolmém na vlákna $E_T$	[GPa]	6,9	-	-
Poissonovo číslo v rovině vrstvy $\nu_{LT}$	[-]	-	-	0,31
Modul pružnosti ve smyku v rovině vrstvy $G_{LT}$	[GPa]	-	-	4,5
Modul pružnosti ve smyku v rovinách danými směry $LT'$ a $TT'$ $G_{LT'}$ a $G_{TT'}$	[GPa]	-	-	4,5
Modul pružnosti v tahu ve směru kolmém na rovinu vrstvy $E_T$	[GPa]	-	-	3,9
Mez pevnosti v tahu ve směru vláken $R_L$	[MPa]	885	-	-
Mez pevnosti v tlaku ve směru kolmém na vlákna v rovině vrstvy $R'_L$	[MPa]	-	604	-
Mez pevnosti v tahu ve směru kolmém na vlákna v rovině vrstvy $R'_T$	[MPa]	47	-	-
Mez pevnosti v tlaku ve směru kolmém na vlákna v rovině vrstvy $R_T$	[MPa]	-	188	-
Mez pevnosti ve smyku v rovině vrstvy $R_{LT}$	[MPa]	-	60	-
Interlaminární smyková pevnost $R_{ILSS}$	[MPa]	63	-	-

Tabulka 18 Materiálové vlastnosti EP121-CR500/130-G138-42 [12]

### 8.1.3 ECA-3.2-29

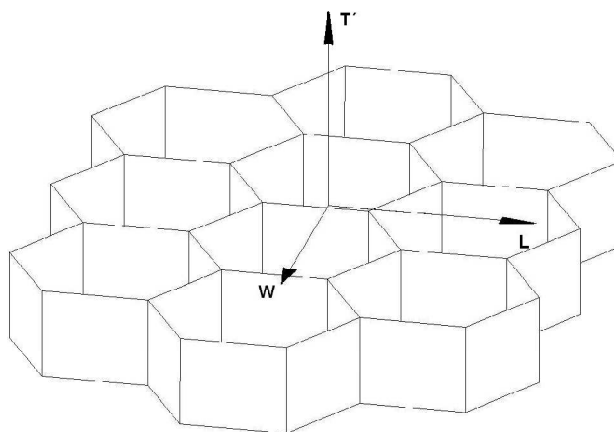
Jedná se o nomexovou voštinu, která je použita pro sendvičové panely. Materiálové vlastnosti voštiny v její rovině jsou udávány ve směru expanze a kolmo na směr expanze. Hodnota pevnosti v tlaku byla měřena se stabilizovaným jádrem. Materiálové vlastnosti jsou uvedeny v následující tabulce.

Modul pružnosti v tlaku kolmo na rovinu voštiny	(MPa)	138
Pevnost v tlaku voštiny ve směru kolmém na rovinu voštiny	(MPa)	0,8
Modul pružnosti ve smyku ve směru kolmém na směr expanze $G_{LT'}$	(MPa)	27
Mez pevnosti ve smyku ve směru kolmém na směr expanze $R_{LT'}$	(MPa)	0,62
Modul pružnosti ve smyku ve směru expanze $G_{WT'}$	(MPa)	16
Mez pevnosti ve smyku ve směru expanze $R_{WT'}$	(MPa)	0,38

Tabulka 19 Materiálové vlastnosti ECA-3.2-29 [12]

Zbylé materiálové vlastnosti jsou doloženy na základě lit.[13], [14] Moduly pružnosti v tahu ve směrech W a L mají zanedbatelnou hodnotu v porovnání s modulem pružnosti v tlaku ve směru T, obdobně modul pružnosti ve smyku v rovině voštiny ( $G_{WL}$ ) je zanedbatelný v porovnání se zbývajícími moduly.

V MKP modelu však není možno volit nulové hodnoty, proto  $E_L = E_T = G_{WL} = 0,001$  MPa. Poissonova čísla se volí taktéž blízka nulové hodnotě. Dle doporučené literatury volím  $\nu_{LT} = \nu_{LW} = \nu_{WT} = 0.001$



Obrázek 24 Orientace nomexu

Uvedené materiálové hodnoty viz Tabulka 17, Tabulka 18, Tabulka 19 byly převzaty ze zprávy [12].

#### Zvyšující součinitele

Součinitel bezpečnosti dle CS 23.303 musí být vynásoben dalšími součiniteli, které jsou uvedeny v CS 23.621 až CS 23.625 pro všechny díly jejichž pevnost:

- (1) Není zaručena
- (2) Se snižuje během provozu před nahrazením dílu
- (3) Má značný rozptyl v důsledku výrobních procesů nebo nejistot kontrolních metod.

Z důvodu použití kompozitních materiálů, byl součinitel bezpečnosti vynásoben zvyšujícím součinitelem zahrnujícím vliv prostředí, stárnutí, vnitřních defektů a rozptylu mechanických vlastností.

Zvyšující součinitel  $f_k$  byl stanoven dle doporučené literatury [15] následujícím způsobem:

$$f_k = k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4$$

**k1** - zahrnuje vliv stárnutí materiálu, především degradaci matrice. Zvolen **k1 = 1,15**

**k2** – zohledňuje vliv prostředí (teplota, vlhkost). S ohledem na teplotní použití kompozitu  $-55^{\circ}\text{C}$  až  $+90^{\circ}\text{C}$  je zvolen **k2 = 1,05**

**k3** - vyjadřuje vliv vnitřních defektů vzniklých při výrobě. Tento koeficient je závislý na použitých defektoskopických metodách. S ohledem předpokládaný způsob výroby volím **k3 = 1.05**

**k4** - vyjadřuje vliv rozptylu mechanických vlastností vytvrzeného kompozitu. Zvolen s ohledem na použitou technologii výroby **k4 = 1,05**

Výsledný zvyšující koeficient **fk<sup>2</sup>**:

$$fk = 1.15 * 1.05 * 1.05 * 1.05 = 1.33$$

případ	Kritické pří. pro VK		Kritické případy pro ST					
	109	189	389	449	573-L	573-P	573 – VKP	573 – VKL
z(m) <sup>3</sup>	Tni(a)	Tni(a) [N]	Tni(a)	Tni(a)	Tni(a)	Tni(a)	Tni(a)	Tni(a)
0.083	335	-479	931	-1562	37	-1385	125	184
0.249	323	-462	898	-1507	20	-1321	121	177
0.415	311	-445	865	-1452	3	-1256	118	169
0.581	299	-428	833	-1397	-15	-1192	114	162
0.747	288	-411	800	-1343	-32	-1127	110	155
0.913	276	-395	767	-1288	-49	-1063	106	148
1.079	264	-378	735	-1233	-66	-998	103	141
1.245	252	-361	702	-1178	-83	-934	99	134
1.411	241	-344	670	-1124	-101	-869	95	127
1.577	229	-328	637	-1069	-118	-805	91	120
1.743	217	-311	604	-1014	-135	-741	88	113
1.909	206	-294	572	-959	-152	-676	84	106
2.076	196	-280	545	-915	-172	-618	81	100
2.244	184	-263	512	-859	-189	-552	77	92
2.328	0	0	0	0	0	0	0	0
2.376	224	-341	177	-388	-147	-268	25	81
2.472	216	-328	170	-372	-148	-251	27	74
Suma	4061	-5849	10418	-17660	-1347	-14058	1465	2083

Tabulka 20 Hodnoty kritické síly v příslušném řezu po vynásobení zvyšujícím součinitelem **fk**

- T<sub>ni(a)</sub> - velikost zatěžující síly od aerodynamického zatížení v daném řezu vynásobená součinitelem **fk**.

<sup>2</sup> Výsledným zvyšujícím koeficientem jsou násobeny početní hodnoty zatížení uvedené v bodě 6.4.

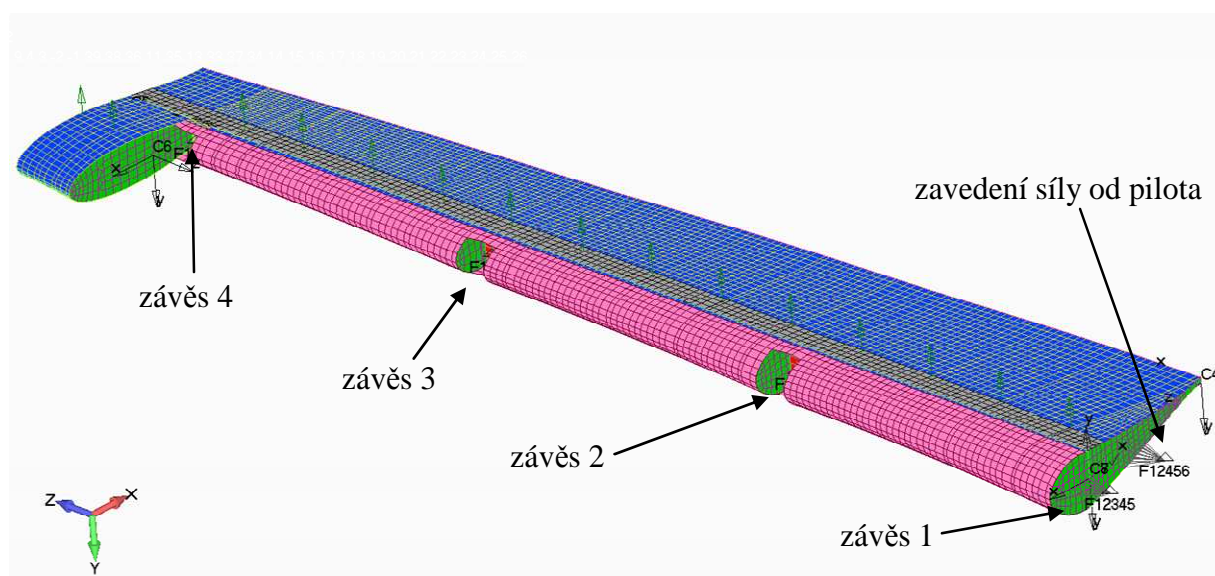
<sup>3</sup> Během MKP výpočtu se ukázalo, že zvolený počet řezu je nedostatečný. Docházelo k extrémnímu přetěžování elementů, do kterých byly zavedeny **RB3 prvky**. Z tohoto důvodu byl navýšen počet řezů na dvojnásobek. Určení tlaků p1, p2 v nově vzniklých řezech bylo provedeno na základě interpolace.

## 8.2 Popis modelu levého výškového kormidla VK\_L

MKP model odpovídá geometrii 3D modelu VK\_L. V modelu není modelována měděná mřížka, která je na dílu použita k ochraně před účinky blesku. V geometrii MKP modelu je učiněno tvarové zjednodušení. Jedná se především o vypuštění potahu ve směru od kořenového žebra k rovině symetrie letounu. Tato idealizace je možná, protože potah od kořenového žebra plní funkci aerodynamického krytu. Síly, které vznikají na tomto potahu jsou malé, a proto nebudou výrazně zatěžovat nosník a kořenové žebro.

Celý model VK\_L je modelován z laminate plane elementů. Model obsahuje především čtyř uzlové prvky typu QUAD, umožňující vytvoření strukturované sítě. V minimálním rozsahu jsou použity trojúhelníkové prvky TRIA se třemi uzly. Zastoupení těchto prvků z celkového počtu je menší než 0.1%. Hlavní materiálové směry jsou definovány pomocí k tomu účelu vytvořených lokálních souřadných systémů.

Na modelu jsou dále použity RB3 prvky. Tyto prvky slouží k zavedení síly do struktury VK\_L. Počet těchto prvků koresponduje s počtem řezů, ve kterých jsou spočteny hodnoty zatěžujících sil. Zatížení modelu je provedeno osamělými silami, působících v definovaných řezech. Poloha řezů je určena v Tabulka 20. Na modelu jsou rovněž použity RB2 prvky, které nahrazují závěsy. Uložení modelu je provedeno následovně. První závěs umožňuje jen rotaci kolem osy z. Zbývající závěsy umožňují rotaci i posuv kolem osy z. V místě působení síly od pilota je zprostředkovan pouze posuv v ose z. Výpočet je proveden statickou analýzou.



Obrázek 25 MKP model VK\_L

### 8.3 Přístup vyhodnocení

Selhání laminátu není ovlivněno jen typem zatížení, ale závisí také na vlastnostech vlákna, matrice, zbytkových napětí, okolním prostředí atd. Poruchy nejčastěji vnikají na lokální úrovni v konkrétní vrstvě nebo na rozhraní vrstev. V konečném důsledku však porucha jedné vrstvy nemusí vést k selhání celého laminátu.

Predikce selhání vícesměrných laminátů obvykle vyžaduje stanovení deformací a napětí pro jednotlivé vrstvy a průběh poruch skrz laminát. **Pro prvotní vyhodnocení laminátu je zaujato stanovisko, že selhání laminátu nastane tehdy, když selže první libovolná vrstva.**

Pro vyhodnocení variant je použit přístup kritérií selhání, které jsou implementovány ve FEMAPU. Existuje celá řada kritérií (Kritérium max napětí, Tsai-Hill, Tsai-Wu). Na základě doporučení z odborné literatury bylo zvoleno kritérium **Tsai-Hill**. Je důležité rovněž připomenout, že **laminát ≠ sendvič**.

Kritérium Tsai-Hill je popsáno následujícím vztahem:

$$F.I. = \frac{\sigma_1^2}{X_1^2} - \frac{\sigma_1\sigma_2}{X_1^2} + \frac{\sigma_2^2}{X_2^2} + \frac{\tau_{12}^2}{S_{12}^2}$$

Aby nedošlo k poruše vrstvy musí platit **F.I. < 1**

Vyčíslení součinitele rezervy je možno naleznout ve tvaru:

$$R.F. = \frac{1}{\sqrt{F.I.}}$$

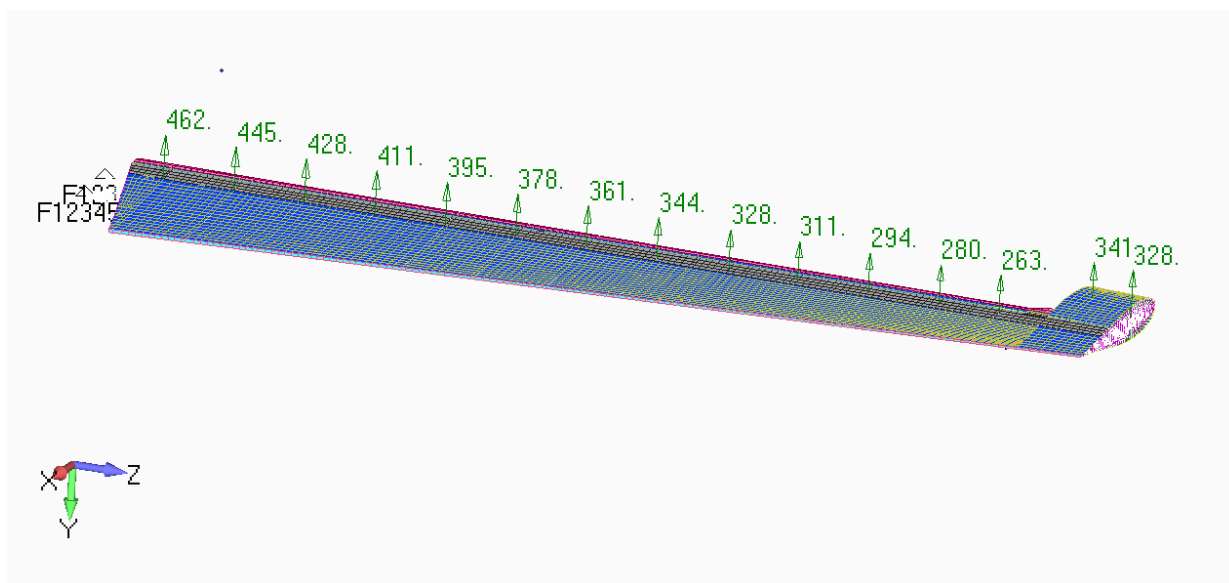
- $X_1$  je pevnost v tahu ve směru vláken 1
- $X_2$  je pevnost v tahu ve směru vláken 2
- $S_{12}$  je smyková pevnost

Uvedené vztahy jsou převzaty z literatury [4].

## 8.4 Analýza MKP

### 8.4.1 Analýza MKP modelu VK\_L Varianta A

V prvním kroku je model zatížen silami z případu č.189 viz Tabulka 20. V tomto případě jsou síly asi 30% větší než v případu č. 109.



Obrázek 26 zatížení VK\_L

#### Návrh skladby jednotlivých modelovaných částí:

H – horní panel, S – spodní panel: 0/+45/-45; materiál: EP121-CR500/130-G138-42

Skladba obou panelů je identická.

Pásnice: 0/0/0/0/-45/+45/-45/+45; materiál: EP121-CR500/130-G138-42

Stojina: -45/+45/-45/+45; materiál: EP121-CR500/130-G138-42

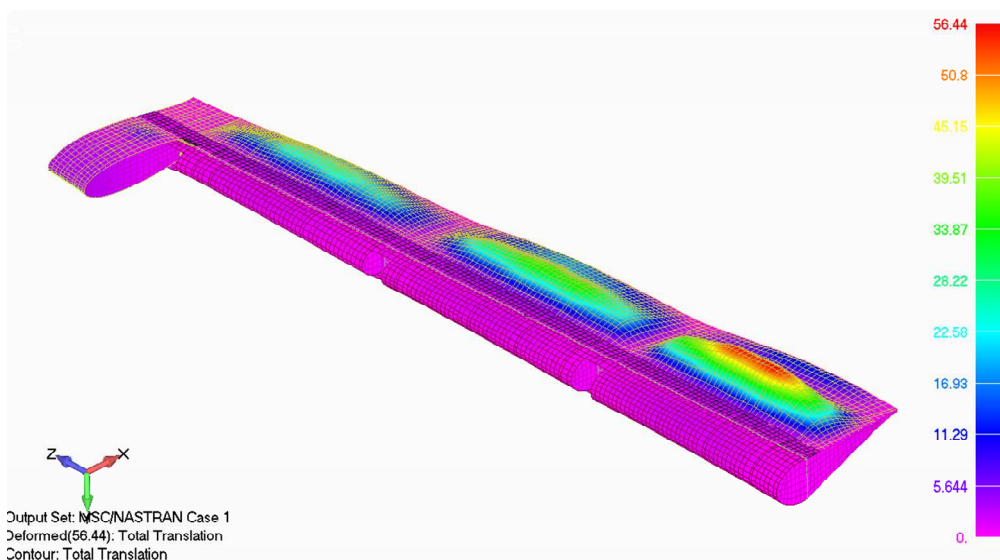
Zebra (č. 1 až 4) 0/90/0; materiál: EP121-C20-45

Zebra (č. 5 - kořenové) 0/90/0/90; materiál: EP121-C20-45

Stojina: -45/+45/-45/+45; materiál: EP121-CR500/130-G138-42

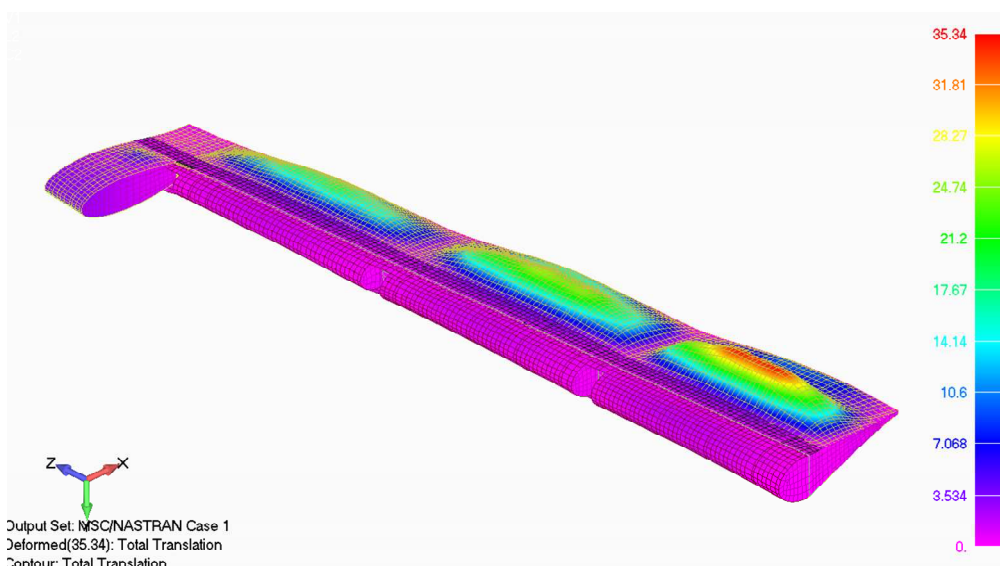
Návrh skladby potahových panelů uvedený na předchozí straně se jeví jako nedostatečný. Dochází ke značnému "boulení" (ztrátě stability) potahových poli. Tento jev byl však predikován. Z tohoto důvodu proběhla modifikace vrstev potahových poli. Ostatní navržené skladby se jeví jako dostatečně tuhé.

Vrstvení panelu: 0/+45/-45/0 ; Příliš velké deformace na potahu. NEVYHOVUJE.



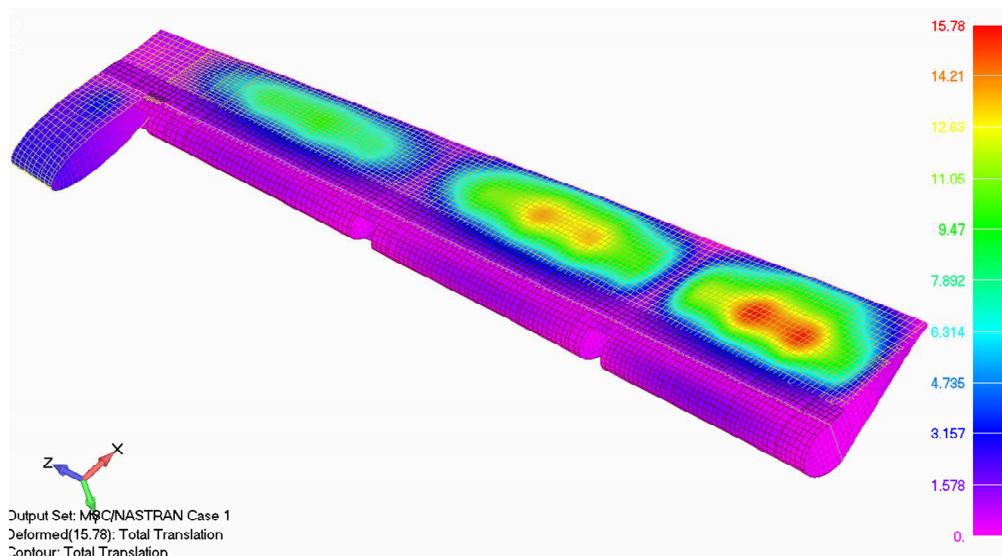
Obrázek 27 MKP model VK\_L Varianta\_A; vrstvení 0/+46/-45/0

Vrstvení panelu: 0/-45/0/45/0 ; Příliš velké deformace na potahu. NEVYHOVUJE



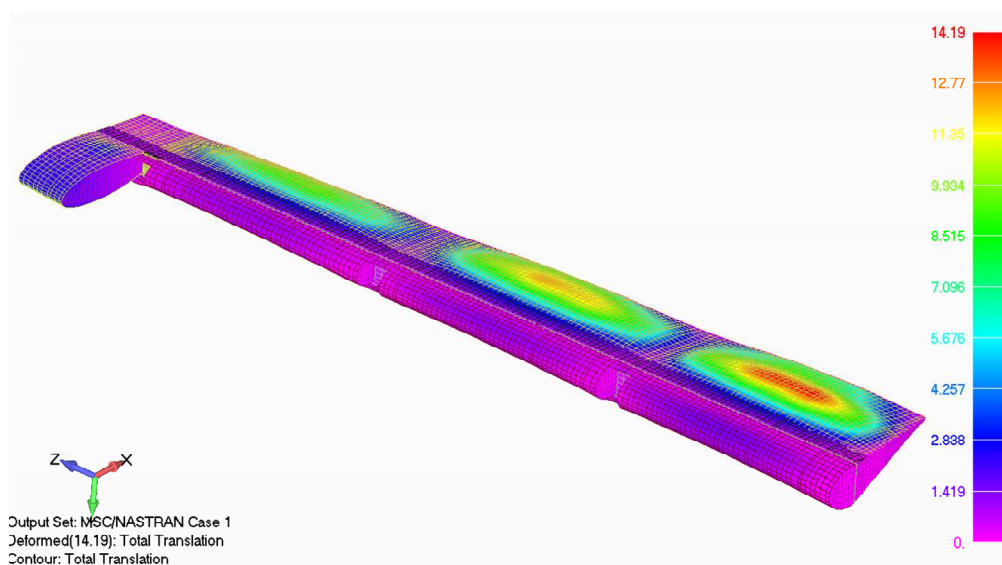
Obrázek 28 MKP model VK\_L Varianta\_A; vrstvení 0/-45/0/45/0

Vrstvení panelu: +45/-45/0/0/-45/+45 ; Příliš velké deformace na potahu. NEVYHOVUJE<sup>4</sup>



Obrázek 29 MKP model VK\_L Varianta\_A; vrstvení 45/-45/0/0/-45/+45

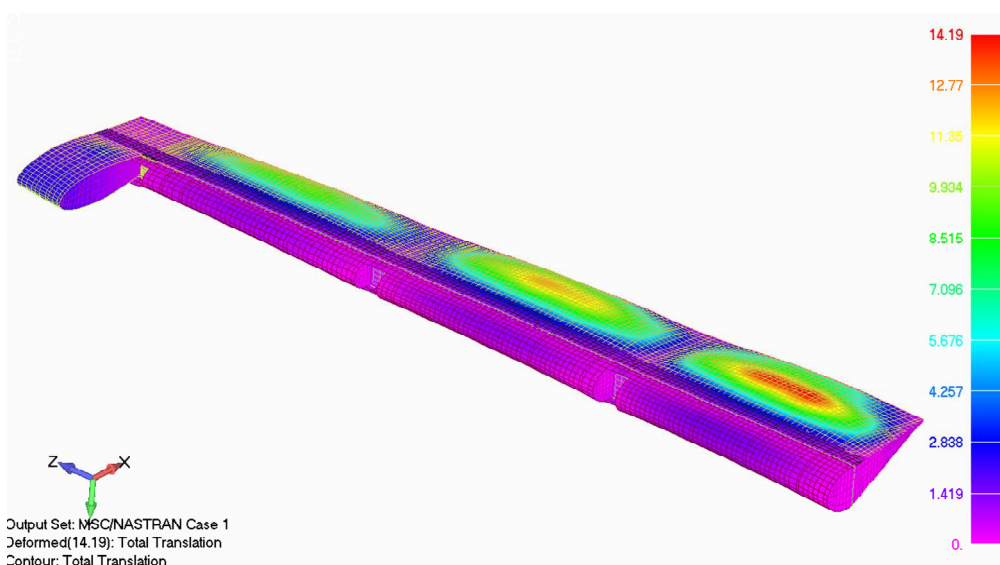
Vrstvení panelu: 0/+45/-45/90/-45/+45/0; Příliš velké deformace. NEVYHOVUJE



Obrázek 30 MKP model VK\_L Varianta\_A; vrstvení 0/45/-45/90/-45/+45/0

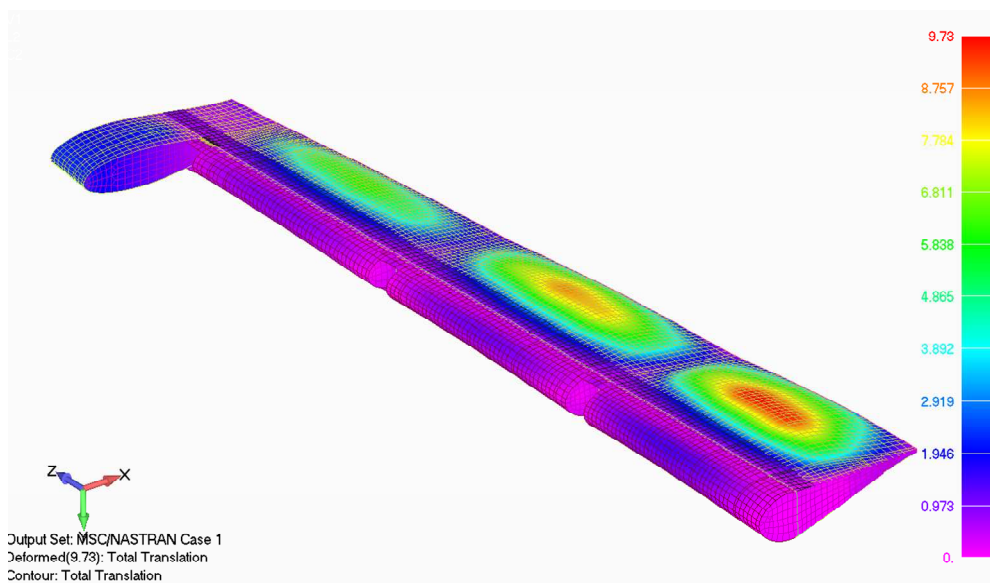
<sup>4</sup> Dle CS 23.305 není přesně definovaná škodlivá deformace. Za škodlivou deformaci tedy považují takovou, jenž přesáhne hodnotu 10mm v extrému.

Vrstvení panelu: 0/+45/-45/0/0/-45/+45/0 ; Příliš velké deformace na potahu. NEVYHOVUJE



Obrázek 31 MKP model VK\_L Varianta\_A; vrstvení 0/45/-45/90/-45/+45/0

Vrstvení panelu: 0/+45/-45/45/0/+45/-45/45/0 ; Přijatelné deformace. VYHOVUJE



Obrázek 32 MKP model VK\_L Varianta\_A; vrstvení 0/45/-45/45/0/+45/-45/+45/0

U poslední uvedené varianty je dosaženo "požadovaných deformací". Dříve než se přistoupí k vyhodnocování poruchových kritérií, je z důvodu velkého počtu vrstev provedena předběžná hmotnostní analýza.

Hmotnost takto navržené konstrukce (s uvážením hmotnosti Cu mřížky, lemu žeber ( $t=25\text{mm}$ )) dosahuje cca 5750g. Na stávajícím letounu EV-55M, je hmotnost konstrukce VK 6500g + 1500g

dopočet položek nezahrnutých v 3D modelu. Za předpokladu, že hmotnost nezahrnutých položek v 3D modelu zůstane přibližně stejná, jako u kovové konstrukce, činí hmotová **úspora cca 11.5%**. Hmotnostní úspora se jeví jako malá vzhledem k tomu, že v hmotnostním výpočtu není zahrnuta hmotnost lepidla použitého na spoje. Z tohoto důvodu není v analýze **varianty A** dále pokračováno.

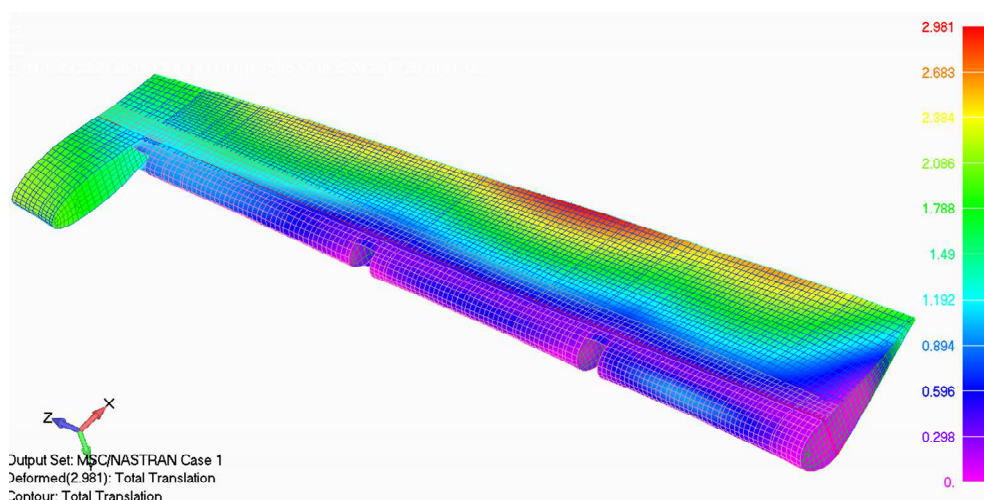
#### 8.4.2 Analýza MKP modelu VK\_L Varianta B

Hodnoty zatížení viz případ č. 189.

Při modelování varianty B ponechávám skladby stojiny, žeber, pásnice totožné jako ve variantě A. Po řadě MKP výpočtů je vybráno následující vrstvení panelů.

##### Varianta B

Vrstvení panelu: -45/45/0/0\*/0/+45/-45; materiál: \* ECA-3.2-29, EP121-CR500/130-G138-42

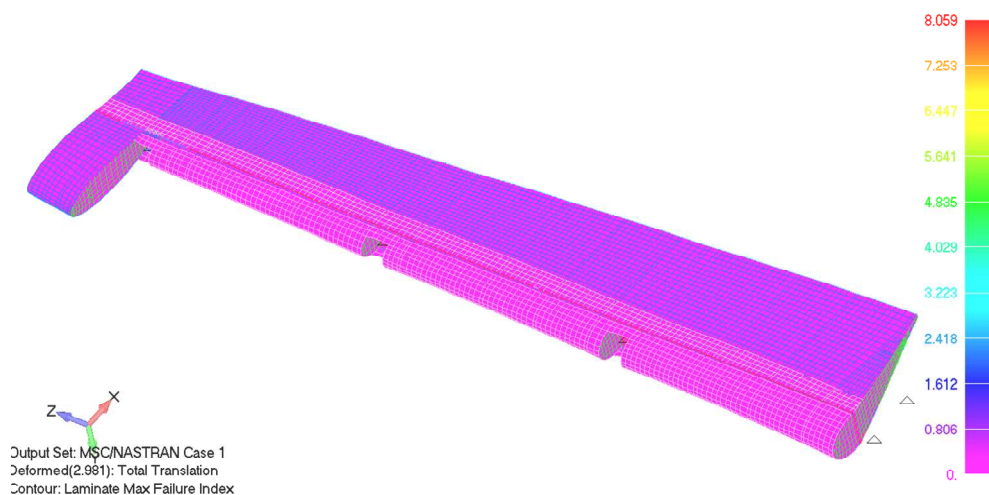


Obrázek 33 MKP model VK\_L Varianta\_B

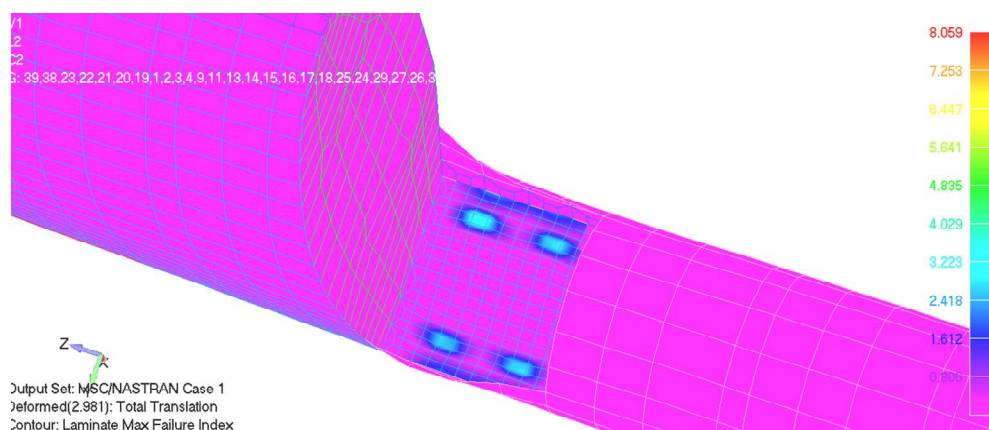
U této varianty nedochází ke ztrátě stability potahových poli, jak tomu bylo u varianty A.

**Vyhodnocení poruchových kritérií:**

Na první pohled je patrné, že na určitém místě VK došlo k přetížení elementu a poruše vrstvy. Kritickým místem je oblast čtvrtého závěsu. Viz obr Obrázek 35. V tomto místě dochází k vylamování závěsu umístěného na stojině. Je tedy nutné toto místo vyztužit.



**Obrázek 34 MKP model Varianta B failure index**



**Obrázek 35 MKP model Varianta B detail**

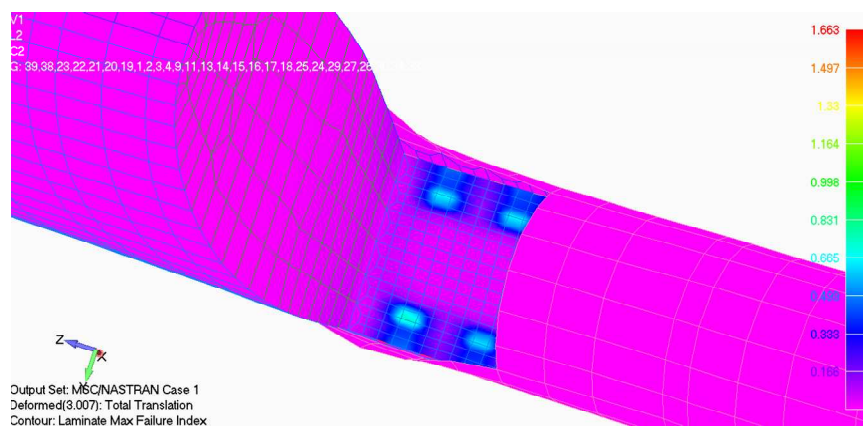
V místě posledního závěsu je zjemněna mesh a provedeno lokální zesílení. Dále je modifikován RB2 prvek tak, aby co nejméně napodoboval závěs a jeho spojení se stojinou.

Pro náhradu závěsu je použit RB2 prvek, který je tuhý a značně deformuje okolí. Z tohoto důvodu nebudou prvky sousedící s RB2 uvažovány. Kontrola je provedena i pomocí kritéria **Tsai-WU**.

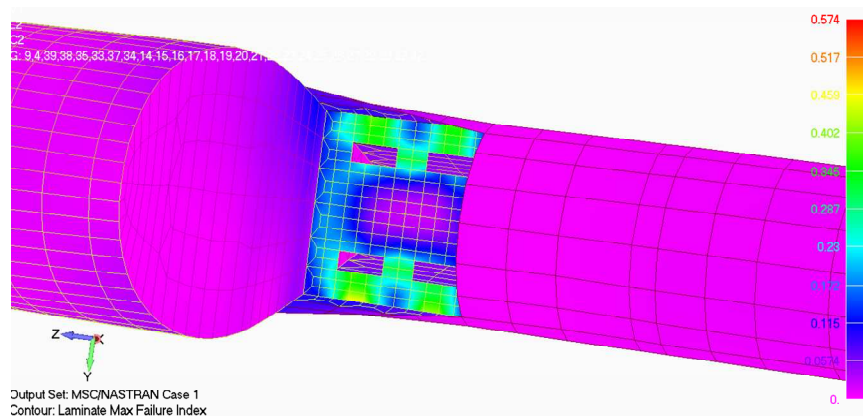
Ve skutečnosti budou závěsy podlepeny a přínýtovány. Modelovaný stav se více blíží stavu, kdy jsou závěsy pouze nýtované ke stojině.

Bylo provedeno několik variant skladby zesílení v kritickém místě. Jako nejlepší se zdá následující skladba viz Obrázek 36. Zesílení stojiny bylo provedeno pouze lokální formou záplat cca 180 mm z každé strany od roviny závěsu. Zbylá skladba zůstává zachována.

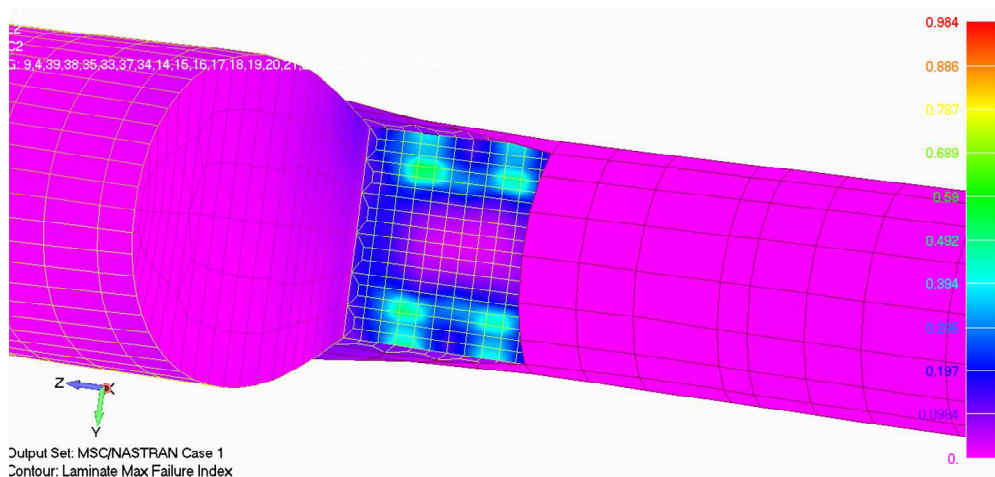
Nová skladba stojiny v místě zesílení: 90/-45/+45/0/90/0/45/-45/90; EP121-CR500/130-G138-42



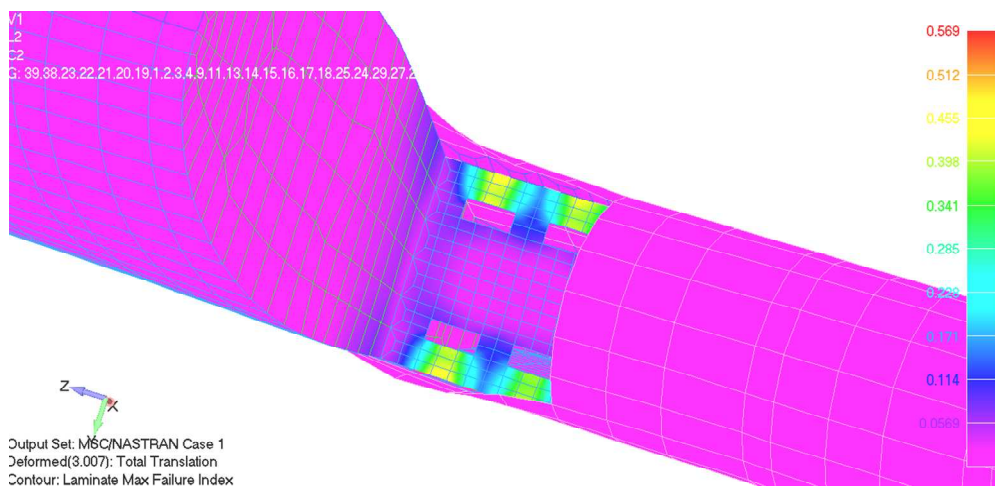
Obrázek 36 MKP model Varianta - B F.I. po zesílení stojiny



Obrázek 37 MKP model Varianta B - F.I. bez ovlivněných elementů



Obrázek 38 MKP model Varianta B - F.I. dle Tsai - WU



Obrázek 39 MKP model Varianta B - F.I. dle Tsai - WU bez ovlivněných elementů

Poruchové kritérium dle Tsai - Wu rovněž vyžaduje, aby F.I byl menší než 1.

**Vyhodnocení součinitele rezervy:**

Použitý software Femap (verze. 10.2) má implementovány jen základná nástroje (poruchové kritéria) pro vyhodnocení laminátů. Pro vyhodnocování kompozitových konstrukcí se v současnosti používají specializované softwary, které však nejsou k dispozici. Po dohodě s vedoucím práce bude pouze ukázán směr, jakým by se konstrukce vyhodnocována.

**Poruchová kritéria:**

Kritické elementy:

1..MSC/NASTRAN Case 1		
	ID	Laminate Max Failure
1	11589	1.662967
2	236	1.380422
3	11579	1.330054
4	11484	1.300313
5	11591	0.6142788
6	11535	0.5691666
7	11573	0.553977
8	238	0.5380787
9	11563	0.5363465
10	11525	0.5139334
11	11515	0.5029672
12	11547	0.4991697
13	11483	0.4965952
14	11519	0.4916694
15	10330	0.4834817

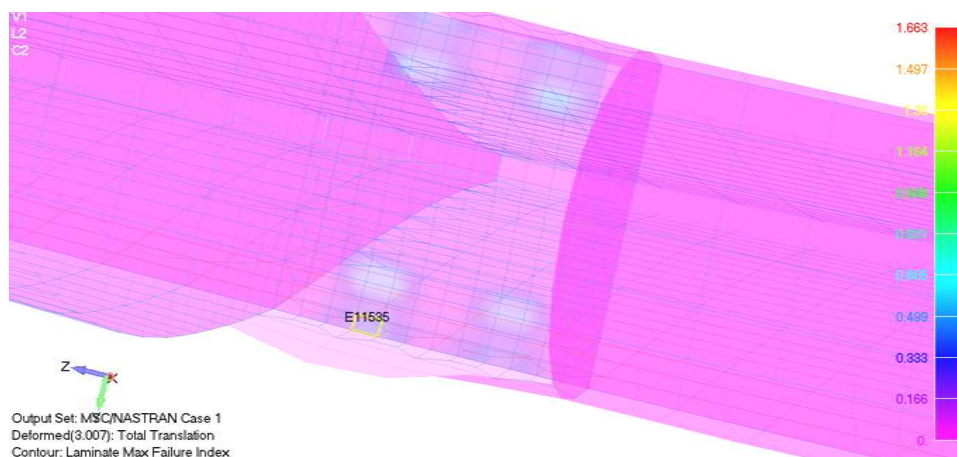
Tabulka 21 hodnoty F.I. na elementech

Všechny uvedené elementy představují lamináty. Červeně jsou označeny elementy, jež nebudou uvažovány (elementy sousedící s RB2 prvkem).

**Vlastnosti na elementu 11535:**

PLY	PLY STRESSES IN FIBRE AND MATRIX			INTER-LAMINAR		STRESSES PRINCIPAL STRESSES (ZERO SHEAR)			
	NORMAL1	NORMAL-2	SHEAR-12	SHEAR XZ-	SHEAR YZ-	ANGLE	MAJOR	MINOR	MAX GLASS-SHEAR
1	-4.55E+02	-2.07E+00	2.99E+00	7.09E-03	1.60E+01	89.62	-2.05E+00	-4.55E+02	2.27E+02
2	-1.03E+02	-1.34E+01	2.10E+01	3.08E-02	2.00E+01	77.41	-8.67E+00	-1.07E+02	4.93E+01
3	-1.00E+02	-6.50E+00	-1.48E+01	4.66E-02	2.26E+01	-81.23	-4.21E+00	-1.03E+02	4.92E+01
4	5.67E+01	-7.66E+00	-1.44E+00	7.07E-02	2.29E+01	-1.28	5.67E+01	-7.69E+00	3.22E+01
5	-1.02E+01	2.79E+00	9.26E-01	7.07E-02	2.29E+01	85.95	2.85E+00	-1.03E+01	6.58E+00
6	2.56E+01	7.91E+00	-4.11E-01	4.66E-02	2.26E+01	-1.33	2.56E+01	7.90E+00	8.88E+00
7	1.12E+02	1.04E+01	9.83E+00	3.08E-02	2.00E+01	5.46	1.13E+02	9.46E+00	5.19E+01
8	1.53E+02	1.53E+01	-1.60E+01	7.09E-03	1.60E+01	-6.56	1.54E+02	1.34E+01	7.05E+01
9	4.35E+02	7.64E+00	-1.13E+00	-4.64E-18	0	-0.15	4.35E+02	7.64E+00	2.14E+02

Tabulka 22 Vlastnosti na elementu 11535



Obrázek 40 MKP model Varianta B – poloha kritického elementu

Hodnotu součinitele rezervy pro kritérium Tsai-WU je možno vyčíslit dle vztahu:

$$R.F. = \frac{1}{\sqrt{F.I.}}$$

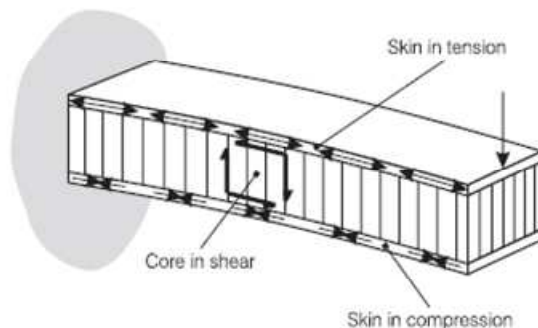
PLY	FAILURE INDEX FOR	R.F.
1	0.57	1.33
2	0.15	2.54
3	0.09	3.35
4	0.01	11.52
5	0.00	15.58
6	0.03	5.88
7	0.09	3.33
8	0.20	2.22
9	0.26	1.95

Tabulka 23 Hodnoty F.I. a R.F

Hodnoty R.F. ve všech vrstvách jsou větší než jedna, nedojde tedy k poruše vrstvy.

## 8.5 Kontrola sendvičových panelů

### 8.5.1 Kontrola na usmýknutí jádra sendviče (Shear Strength)



Obrázek 41 Shear strength failure [14]

Vztahy jsou převzaty z lit. [16]

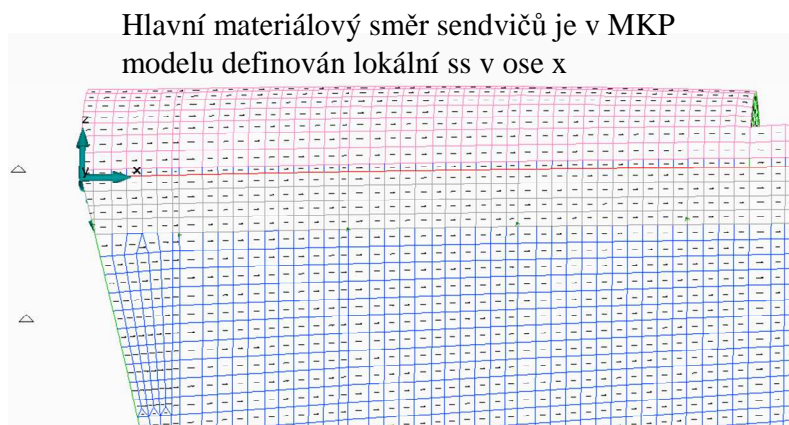
X-osa:

$$R. F. = \frac{F_{SU_l}}{\frac{Q_y}{h_e}}$$

Y-osa:

$$R. F. = \frac{F_{SU_\omega}}{\frac{Q_y}{h_e}}$$

- $Q_x$  – smykové zatížení na jednotku délky, kolmo na rovinu voštiny v ose - x (ribbon direction)
- $Q_y$  - smykové zatížení na jednotku délky, kolmo na rovinu voštiny v ose - y (transverse direction)
- $h_{eff}$  – efektivní výška sendviče
- $F_{su_l}$  – Smyková pevnost voštiny kolmo na rovinu voštiny v ose - x (ribbon direction)
- $F_{su_\omega}$  – Smyková pevnost voštiny kolmo na rovinu voštiny v ose - y (transverse)
- $t_{core}$  – tloušťka voštiny



Obrázek 42 Hlavní materiálový směr sendviče (osa x)

Voština je v MKP modelu namodelována tak, že její osa L (ribbond direction) je totožná s hlavním materiálovým směrem. (x-ová osa viz Obrázek 42).

Tloušťka nomexové voštiny je 12.7mm ( $t_{core}$ )

Tloušťka horního i spodního potahu je totožná.

$$t_{upper} = 3 \cdot 0.125 = 0.375 \text{ mm}$$

$$h_{eff} = 12.7 + 0.375 = 13.075 \text{ mm}$$

Hodnoty  $Q_x$ ,  $Q_y$  na elementech sendviče:

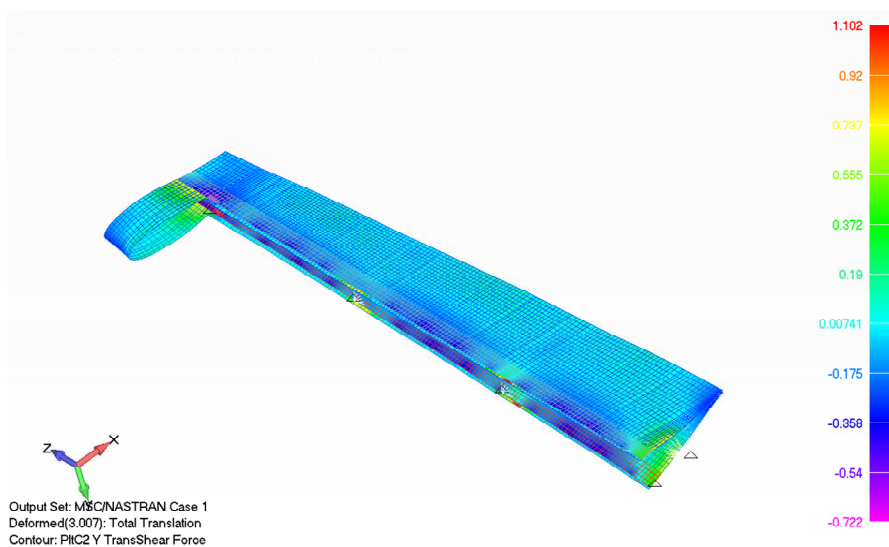
1..MSC/NASTRAN Case 1		
ID	Title	$Q_x$
11718	9000033..PltC1 X TransShear Force	0.993014
11717	9000033..PltC1 X TransShear Force	0.888981
10791	9000033..PltC1 X TransShear Force	0.882984
	-	
11407	9000033..PltC1 X TransShear Force	-0.89904
10722	9000033..PltC1 X TransShear Force	-0.90104
11700	9000033..PltC1 X TransShear Force	<b>-1.00792</b>

1..MSC/NASTRAN Case 1		
ID	Title	$Q_y$
11729	9000034..PltC1 Y TransShear Force	-0.72243
1405	9000034..PltC1 Y TransShear Force	-0.70972
	-	
11147	9000034..PltC1 Y TransShear Force	1.094276
11419	9000034..PltC1 Y TransShear Force	1.096657
11412	9000034..PltC1 Y TransShear Force	<b>1.102171</b>

Hodnoty  $F_{su_L}$  a  $F_{su_\omega}$  jsou známy z materiálových vlastností nomexové voštiny.

$$F_{su_L} = R_{LT} = 0.62 \text{ MPa}$$

$$F_{su_\omega} = R_{WT} = 0.38 \text{ MPa}$$



Obrázek 43 Hodnoty Trans Shears Forces na potahu VK

**Kritický element (ID 11700):**

$$R.F. = \frac{F_{su_L}}{\frac{Q_X}{h_{eff}}} = \frac{0.62}{\frac{|-1.008|}{13.075}} = 8.04$$

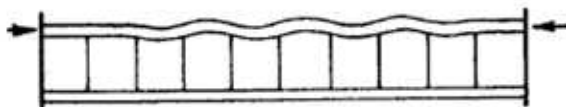
$$R.F. = 8.04 > 1 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

**Kritický element (ID 11412):**

$$R.F. = \frac{F_{su_\omega}}{\frac{Q_Y}{h_e}} = \frac{0.38}{\frac{1.11}{13.075}} = 4.47$$

$$R.F. = 4.47 > 1 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

## 8.5.2 Zvlnění potahu (Facesheet Intracel Dimpling)



Obrázek 44 Intracell Dimpling failure

Vztahy jsou převzaty z lit. [17]

X-ová osa:

$$R. F. = \frac{2E_{f,x}}{(1 - \nu_{12} \cdot \nu_{21})} \left(\frac{t_f}{S}\right)^2 \sigma_x$$

Y-ová osa:

$$R. F. = \frac{2E_{f,y}}{(1 - \nu_{12} \cdot \nu_{21})} \left(\frac{t_f}{S}\right)^2 \sigma_y$$

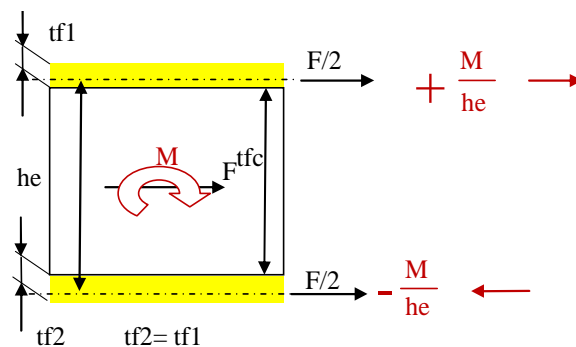
Pro kompozit:

$$E_{f,x} = \frac{12}{D_{11}^{-1} t_f^3}$$

$$E_{f,y} = \frac{12}{D_{22}^{-1} t_f^3}$$

- $\nu$  – poissonovo číslo
- $t_f$  – tloušťka potahu
- $S$  – velikost buňky
- $E_{f,x}$  – ohybový modul potahu v ose -  $x$
- $E_{f,y}$  – ohybový modul potahu v ose -  $y$
- $\sigma_x$  – napětí v potahu v ose -  $x$  (ribbon direction)
- $\sigma_y$  – napětí v potahu v ose -  $y$  (transverse direction)
- $D_{11}$ ;  $D_{22}$  – prvky matice  $A$ ,  $B$ ,  $D$  u potahu

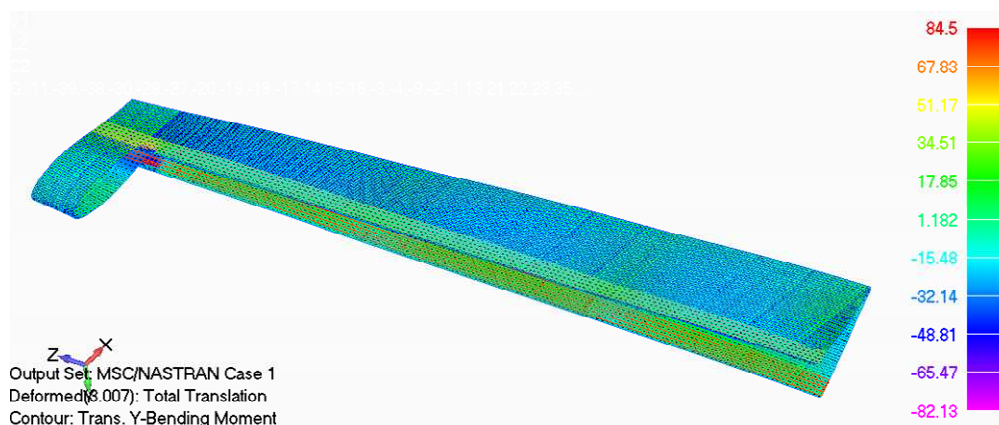
Pro určení napětí v potahu je použita následující idealizace. Potah přenáší pouze síly, jádro smykové napětí. Dle této idealizace lze sílu ve vrstvě sendviče určit následovně viz Obrázek 45. Tuto idealizaci je možno aplikovat, protože navržená struktura sendviče je symetrická. U nesymetrického sendviče tato idealizace není vhodná.



Obrázek 45 Idealizace přerozdlení sil

$$F_f = \frac{F}{2} \mp \frac{M}{he}$$

$$\sigma_f = \frac{F_f}{t_f}$$



Obrázek 46 Y - Bending moment na VK

Maximální síly, napětí je dosaženo na elementech:

ID	Title	1..MSC/NASTRAN Case 1	F	$\sigma_y$
11700	9000016..Trans. X-Bending	-84.87809	-6.02	-16.0
11700	9000034..PltC1 Y TransShear Force	0.475645		

ID	Title	1..MSC/NASTRAN Case	F	$\sigma_x$
11735	9000033..PltC1 X TransShear Force	-0.2381	-6.52	-17.4
11735	9000017..Trans. Y-Bending	-82.1329		

**Matice A, B, D pro horní vrstvu sendviče:**

Matice pro potah sendviče jsou spočteny pomocí programu Femap.

**Edit Layup  
Laminate Equivalent Properties**

3 Plies - Total Thickness = 0.375

In-Plane Properties

Ex = 41922.76 Ey = 18444.47 Gxy = 17718.07  
NUxy = 0.669217 NUyx = 0.294431  
Alphax = 0. Alphay = 0. Alphaxy = 0.

Bending/Flexural Properties

Exb = 28736.36 Eyb = 10070.02 Gxyb = 7134.518  
NUxyb = 0.201718 NUyxb = 0.640638  
Alphaxb = 0. Alphayb = 0. Alphaxyb = 0.

A Matrix		
1.95788E+4	5.76460E+3	0.00000E+0
5.76460E+3	8.61395E+3	0.00000E+0
0.00000E+0	0.00000E+0	6.64428E+3
B Matrix		
-9.9510E+2	3.09799E+2	-3.4265E+2
3.09799E+2	3.75504E+2	-3.4265E+2
-3.4265E+2	-3.4265E+2	3.09799E+2
D Matrix		
2.70902E+2	5.46456E+1	-4.2831E+1
5.46456E+1	8.52987E+1	-4.2831E+1
-4.2831E+1	-4.2831E+1	6.49543E+1
A-Inv Matrix		
1.18002E-4	-6.8124E-5	-6.7654E-6
-6.8124E-5	2.18543E-4	-7.0719E-5
-6.7654E-6	-7.0719E-5	2.39485E-4
B-Inv Matrix		
6.47282E-4	-3.1079E-4	5.17278E-4
-4.0914E-4	-4.5491E-4	5.61025E-4
4.47625E-5	7.55388E-4	-1.0233E-3
D-Inv Matrix		
7.91873E-3	-3.4346E-3	3.99961E-3
-3.4346E-3	2.25973E-2	4.99397E-3
3.99961E-3	4.99397E-3	3.18950E-2

$$E_{f,x} = \frac{12}{0.007918 \cdot 0.375^3} = 28739.0$$

$$E_{f,y} = \frac{12}{0.0025973 \cdot 0.375^3} = 87612.3$$

$$R.F. = \frac{2E_{f,x}}{(1 - \nu_{12} \cdot \nu_{21})} \left(\frac{t_f}{S}\right)^2 \sigma_x$$

$$R.F. = \frac{2E_{f,y}}{(1 - \nu_{12} \cdot \nu_{21})} \left(\frac{t_f}{S}\right)^2 \sigma_y$$

X-ová osa:

$$R.F. = \frac{2 * 28739}{(1 - 0.001 \cdot 0.001)} \left(\frac{0.375}{3.2}\right)^2 \frac{1}{|-17.4|} = 45.4$$

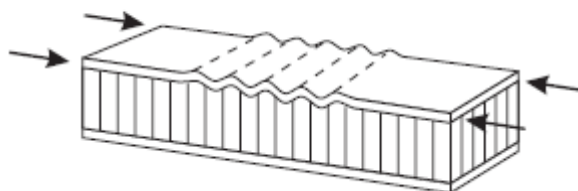
$$R.F. = 45.4 > 1 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Y-ová osa:

$$R.F. = \frac{2 * 87612.3}{(1 - 0.001 \cdot 0.001)} \left(\frac{0.375}{3.2}\right)^2 \frac{1}{|-16.0|} = 150.4$$

$$R.F. = 150.4 > 1 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

### 8.5.3 Zvlnění potahu a následné odlepení od jádra (Facesheet Wrinkling)



Obrázek 47 Wrinkling failure [14]

Uvedené vztahy jsou převzaty z lit. [18]

X-ová osa:

$$R.F. = \frac{0.82 \cdot E_{f,x} \sqrt{\frac{E_c t_f}{E_{f,x} t_c}}}{\sigma_x}$$

Y- ová osa:

$$R.F. = \frac{k_{hc} \cdot 0.82 \cdot E_{f,x} \sqrt{\frac{E_c t_f}{E_{f,x} t_c}}}{\sigma_Y}$$

- $K_{hc}$  – koeficient pro voštiny 0.95
- $E_c$  – Modul pružnosti v tlaku kolmo na rovinu voštiny

Zbylé hodnoty jsou převzaty z bodu **8.5.2**

X- ová osa:

$$R.F. = \frac{0.82 \cdot 28739 \sqrt{\frac{130 \cdot 0.375}{28739 \cdot 12.7}}}{|-16|} = 17$$

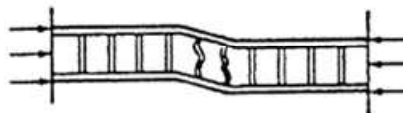
$$R.F. = 17 > 1 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Y- ová osa:

$$R.F. = \frac{0.82 \cdot 0.95 \cdot 87612.3 \sqrt{\frac{130 \cdot 0.375}{87612.3 \cdot 12.7}}}{|-17.4|} = 25.9$$

$$R.F. = 25.9 > 1 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

#### 8.5.4 Vybočení panelu a usmýknutí jádra (Shear Crimping)



Obrázek 48 Crimping failure [17]

Tloušťka nomexové voštiny je 12.7mm ( $t_{core}$ )

Vztahy jsou převzaty z lit. [17]

X- ová osa:

$$R.F. = \frac{G_l t_{core}}{N_x}$$

Y- ová osa:

$$R.F. = \frac{G_\omega t_{core}}{N_y}$$

1..MSC/NASTRAN Case 1		
ID	Title	Ny
10785	9000002..Trans. Y-Membrane Force	-15.28714
10797	9000002..Trans. Y-Membrane Force	-14.00242
	až	
4514	9000002..Trans. Y-Membrane Force	12.68992
10727	9000002..Trans. Y-Membrane Force	13.11858
1114	9000002..Trans. Y-Membrane Force	13.22707

1..MSC/NASTRAN Case 1		
ID	Title	Nx
1828	9000001..Trans. X-Membrane Force	-21.8579
1779	9000001..Trans. X-Membrane Force	-21.0822
2025	9000001..Trans. X-Membrane Force	-20.7042
	až	
1356	9000001..Trans. X-Membrane Force	19.58738
1114	9000001..Trans. X-Membrane Force	19.7507
1355	9000001..Trans. X-Membrane Force	19.77384
1405	9000001..Trans. X-Membrane Force	20.00757

Tabulka 24 Membrane Forces na sendviči VK

X- ová osa:

$$R.F. = \frac{27 \cdot 12.7}{|-21.86|} = 15.68$$

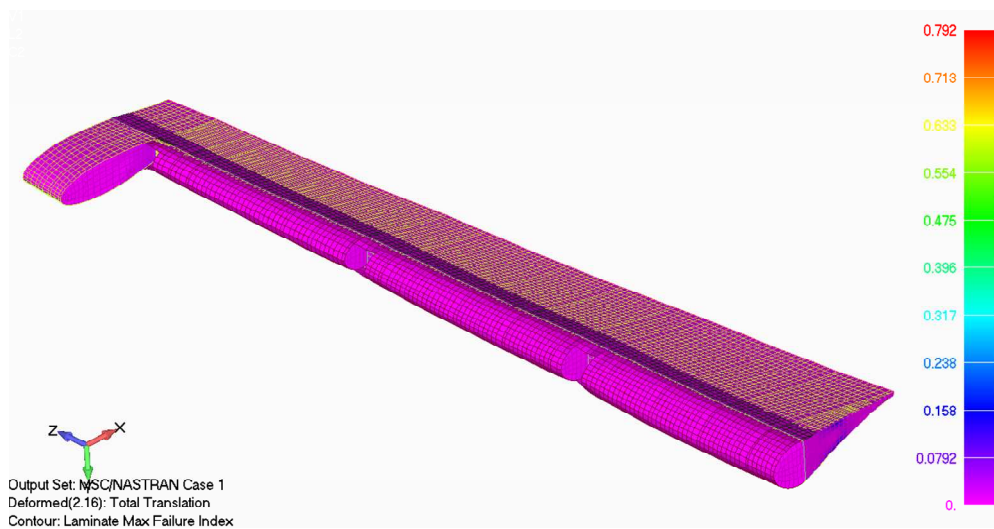
$$R.F. = 15.68 > 1 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Y- ová osa:

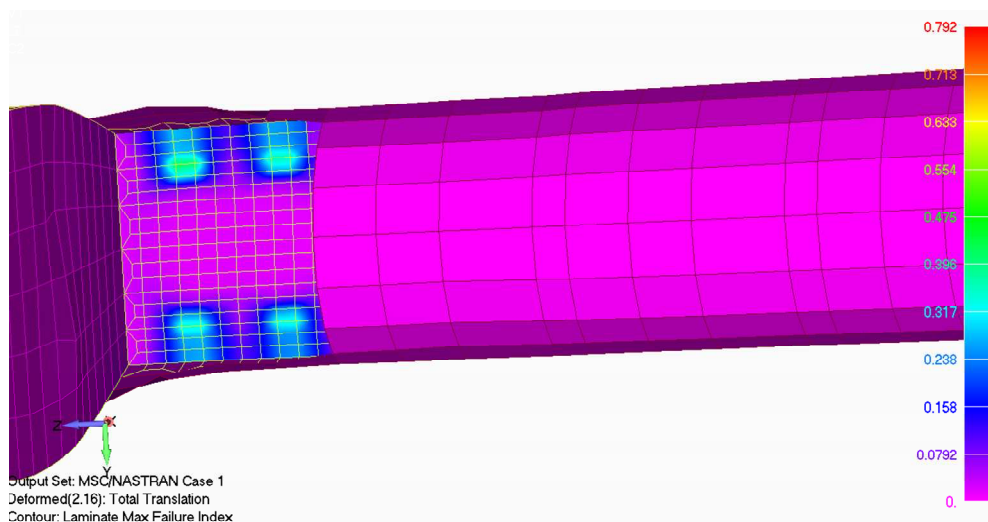
$$R.F. = \frac{16 \cdot 12.7}{|-15.29|} = 13.28$$

$$R.F. = 13.28 > 1 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Kontrola navržené skladby pro případ č. 109:



Obrázek 49 MKP model Varianta B – zatížení z případu č.109; Tsai - Hill



Obrázek 50 MKP model Varianta B – detail kritické oblasti zatížení z případu č.109; Tsai - Hill

F.I. index je menší než jedna, proto i zde nedojde k porušení vrstev. Vyhodnocení by bylo provedeno obdobným způsobem, jak je uvedeno výše.

**Kontrola závěsu č.2:**

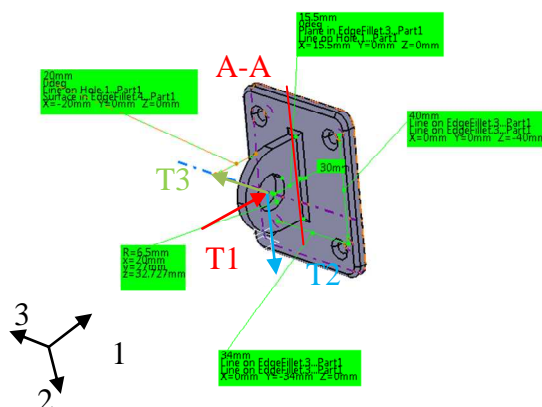
Hodnoty zatížení v ose otáčení každého ze závěsů pro případ č.189.

Závěs č.	Node ID	Source	T1	T2	T3	R1	R2	R3
<b>4</b>	400000	Constraint	-73.324509	-136.768631	-23.511158	6591.31738	-4533.79102	0
	400000	MPC Load	73.3245087	136.768631	23.511158	-6591.31738	4533.79102	3.42E-11
	400000	TOTAL	1.35E-12	9.66E-13	-1.42E-14	-2.46E-11	1.53E-10	3.42E-11
<b>3</b>	400001	Constraint	-25.612532	1270.39331	0	-18513.5918	-235.85965	0
	400001	MPC Load	25.6125317	-1270.39331	3.95E-12	18513.5918	235.85965	-2.99E-09
	400001	TOTAL	1.56E-12	2.25E-10	3.95E-12	1.06E-10	5.22E-11	-2.99E-09
<b>2</b>	400005	Constraint	67.7392883	1839.31885	0	-4306.26758	-117.193031	0
	400005	MPC Load	-67.739288	-1839.31885	5.33E-14	4306.26758	117.193031	-7.99E-10
	400005	TOTAL	7.82E-13	2.05E-12	5.33E-14	9.37E-11	-2.75E-11	-7.99E-10
<b>1</b>	400006	Constraint	7.63275814	1455.9165	0	-3939.72925	-118.393082	0
	400006	MPC Load	-7.6327581	-1455.9165	2.45E-12	3939.72925	118.393082	6.14E-11
	400006	TOTAL	1.54E-12	3.18E-12	2.45E-12	1.76E-10	-3.40E-11	6.14E-11

**Tabulka 25 Výpis hodnot na zatížení v ose závěsu VK**

Největší vliv na napětí v závěsu č. 2,3,4 bude mít síla T2, protože působí na ramenu R. Na tomto ramenu vytvoří moment. Z tabulky plyne, že nejvíce bude zatížen závěs č. 2. Uvedené hodnoty jsou početní.

Rovněž byl uvážen bod předpisu CS 23. 393 (b). Závěs č.2,3 a 4 nepřenáší osovou sílu.



**Obrázek 51 Závěs č. 2**

Kontrola je provedena v kritickém řezu A-A ve vzdálenosti  $r = 15.5\text{mm}$  od osy otáčení. Zatížení je převzato z MKP modelu viz Tabulka 25.

Materiál: 2024 –  $R_m 460\text{MPa}$ ,  $R_p 0.2 = 325\text{MPa}$

Rozměry v kritickém řezu:

Výška  $b = 30\text{mm}$

Tloušťka  $t = 4\text{mm}$

Ohybový moment:

$$M_3 = T_2 \cdot r + R_3 = 1840 \cdot 15.5 + 0 = 28520 \text{ Nmm}$$

$$M_2 = T_3 \cdot r + R_2 = 0 \cdot 15.5 + 118 = 118 \text{ Nmm}$$

Kroutící moment:

$$M_1 = R_1 = 4307 \text{ Nmm}$$

Průřezové charakteristiky v kontrolovaném řezu A-A:

$$A = b \cdot t = 4 \cdot 30 = 120 \text{ mm}^2$$

$$J_3 = \frac{t \cdot b^3}{12} = \frac{4 \cdot 30^3}{12} = 9000 \text{ mm}^4$$

$$J_2 = \frac{b \cdot t^3}{12} = \frac{30 \cdot 4^3}{12} = 160 \text{ mm}^4$$

$$W_K = \frac{1}{3} \cdot 4^2 \cdot (30 - 0,63 \cdot 4) = 146,6 \text{ mm}^3$$

Napětí od ohybových momentů:

$$\sigma_3 = \frac{M_3}{J_3} \cdot \frac{b}{2} = \frac{28520}{9000} \cdot 15 = 47,6 \text{ MPa}$$

$$\sigma_2 = \frac{M_2}{J_2} \cdot \frac{t}{2} = \frac{118}{160} \cdot 2 = 1,5 \text{ MPa}$$

Napětí od sil:

$$\tau = \frac{T_2}{A} = \frac{1840}{120} = 15,4 \text{ MPa}$$

$$\sigma = \frac{T_1}{A} = \frac{68}{120} = 0,6 \text{ MPa}$$

Napětí od krotícího momentu:

$$\tau_K = \frac{M_K}{W_K} = \frac{4307}{146,6} = 29,4 \text{ MPa}$$

Redukované napětí:

$$\begin{aligned} \sigma_{RED} &= \sqrt{(\sigma_3 + \sigma_2 + \sigma)^2 + 3 \cdot (\tau + \tau_K)^2} = \sqrt{(46,7 + 1,5 + 0,6)^2 + 3 \cdot (29,4 + 15,4)^2} \\ &= 91,7 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$R.F. = \frac{R_m}{\sigma_{Red}} = \frac{460}{91.7} = 5 > 1 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

**Kontrola oka:**

Pevnostní kontrola oka je provedena dle lit. [19]

<b>Početní zatížení</b>	Fx	<b>68</b>	Fy	<b>1840</b>
	Součinitel bezpečnosti (f *)		1.0	
<b>Rozměry [mm]</b>	D	13		
	W	30		
	a	12		
	t	4		
<b>Materialové vlastnosti</b>				
Směr	Rm [MPa]	Rp0,2		
L	460	325	<input checked="" type="checkbox"/> L	<input checked="" type="checkbox"/> L
LT	460	325	<input checked="" type="checkbox"/> L	<input checked="" type="checkbox"/> LT
ST	460	325	<input checked="" type="checkbox"/> S	<input checked="" type="checkbox"/> ST
Fbry	460			
<b>Podélné zatížení (směr X)</b>				
<b>Únosnost</b>				
Roztržení	<b>17608</b>			
Přetržení	<b>27358</b>	Celková	<b>17608 N</b>	
Specifikace dle :		Curve 1.4		
<b>Deformace</b>				
Roztažení	<b>13685</b>		<b>13685 N</b>	
Otlačení	<b>23920</b>		<b>23920 N</b>	
Málo rozebíraná spojení				
<b>Podélné zatížení (směr y)</b>				
Plochy	<input checked="" type="checkbox"/> Spočti ze základních rozměrů			
	A1	78.3	A3	24
	A2	55.74	A4	78.3
<b>Únosnost</b>	<b>13372</b>		<b>13372 N</b>	
Specifikace dle :		Curve 2.6		
Zlomení za okem:	NE			
<b>Deformace</b>				
Roztažení	<b>14610</b>	Celková	<b>14610 N</b>	
<b>Součinitel bezpečnosti R.F. (kombinace)</b>				
	<b>Únosnost</b>	<b>7.25</b>		
	<b>Deformace</b>	<b>7.91</b>		
	<b>Otlačení</b>	<b>12.99</b>		

**Hmotnostní kalkulace varianty B:**

Hmotnost takto navržené konstrukce (s uvážením hmotnosti Cu mřížky, lemu žeber (t=25mm)) dosahuje cca 4794g. Na stávajícím letounu EV-55M, je hmotnost konstrukce VK 6500g + 1500g dopočet položek nezahrnutých v 3D modelu.

Prvek	Plocha [m <sup>2</sup> ]	2CU4-100A 108 [g/m]	EP121-CR500 270 [g/m]	EP121-C40 365 [g/m]	NOMEX 368 [g/m]
Potah_H	0.548	59	888	0	202
Potah_S	0.562	61	910	0	207
Pásnice_H	0.133	14	359	194	49
Pásnice_S	0.131	14	354	191	48
Náběžka_S	0.191	21	309	0	
Náběžka_H	0.191	21	309	0	
Kořenové_ž	0.053		0	59	
Stojina	0.180		0	263	
Žebra	0.204		28	233	
		<b>190</b>	<b>3158</b>	<b>940</b>	<b>506</b>
<b>Celková hmotnost: 4794 g</b>					

**Hmotového vyvážení:**

Poloha osy otáčení: 995 mm

Poloha těžiště dle Catie: 1068.32 mm

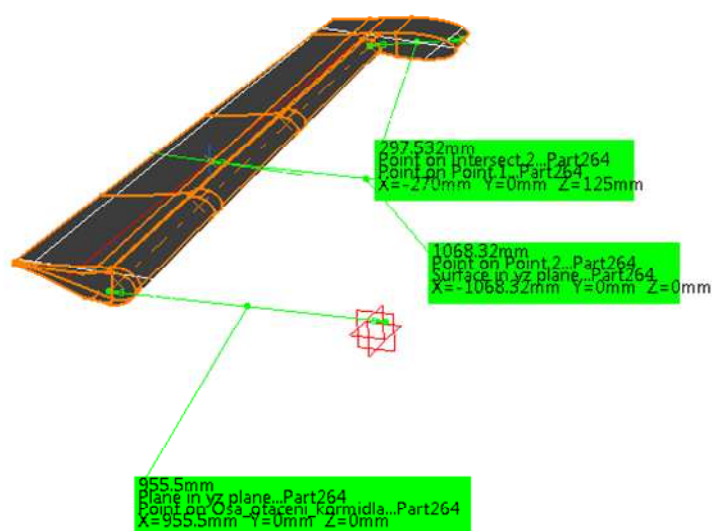
Předběžná poloha hmotového vyvážení 270 mm

$$m_V = \frac{r \cdot m_{VK_T}}{x}$$

$$m_V = \frac{(1068.32 - 995) \cdot 4794}{270} = 1301.9$$

$$m_V = 1301.9g$$

Aby bylo kormidlo vyváženo, musí být hmotnost vyvážení **1302g**.



Obrázek 52 Poloha těžiště u Varianty B

Hmotnost navržené konzoly, použité pro závěs č.2 je **43g**. Závěsy č. 4,3,2 jsou stejné. Předpokládám, že hmotnost závěsu č. 1 bude dvojnásobná.

Výsledná hmotnost **varianty B** je **6311g**. (v této hmotnosti není zahrnut nátěr, koncový oblouk spojovací prvky a lepidlo). V porovnání se stávajícím stavem činí hmotnostní úspora **21.1%**.

## 9 ZÁVĚR

V této práci je proveden hmotový rozbor letounu EV-55M. Jsou spočteny kritické případy zatížení na VOPEch pro letoun EV-55M a stanoveny průběhy zatížení na stabilizátoru a výškovém kormidle. Rovněž je proveden koncepční návrh kompozitového výškového kormidla a stabilizátoru. Dále je provedena pevnostní kontrola navržených variant levého výškového kormidla. Pevnostní kontrola výškového kormidla je provedena pomocí MKP výpočtu. Vyhodnocení kritických elementů je provedeno na základě doporučení uvedených v odborné literatuře. V závěru je provedena hmotnostní kalkulace navržené varianty. U varianty B je v porovnání se **současným stavem dosaženo 21.1% hmotové úspory.**

Vypočtené součinitele bezpečnosti jsou však značně velké, proto by bylo vhodné provést další optimalizace, které by vedly k vyšší efektivitě konstrukce.

## 10 Citovaná literatura

1. *Hand Lay-Up - Wacker Chemie AG.* [Online] 24. 5 2012. [http://www.wacker.com/cms/en/products-markets/pl\\_composites/pl\\_comp\\_appl/handlayup.jsp](http://www.wacker.com/cms/en/products-markets/pl_composites/pl_comp_appl/handlayup.jsp).
2. **Niu, Michael C. Y.** *Composite Airframe Structures.* Hong Kong : Conmilit Press Ltd, 1992. ISBN 962-7128-06-6.
3. **Kořínek, Zdeněk.** Kompozity. [Online] 13. 3 2011. [Citace: 15. 3 2012.] <http://www.volny.cz/zkorinek/>.
4. **Baker, Alan.** *Composite Materials for Aircraft Structuree.* Reston : American Institute of Aeronautics and Astrnautics, 2004. ISBN 1-56347-540-5.
5. **Klement, Josef.** Poznámky z předmětu Technologie výroby letadel I, II, III. *Technologie výroby letadel I.* Brno : autor neznámý, 2011.
6. **Daněk, Vladimír.** *Projektování letadel.* Brno : Vysoké učení technické v Brně, 1991. ISBN 80 - 214 - 0373 - X.
7. *Airplanes - Aviation - Aircraft- Aircraft Photos & News:.* [Online] 2012. 5 24. <http://www.airliners.net/>.
8. **Böhm, Rudolf a Brančík, Pavel.** *SYSTÉM PRO VÝPOČET LETADEL SAVLE/PC Verze 2.1.* [Dokument] 1988.
9. **Temel, Tomáš.** *PROJEKCNÍ HMOTOVÝ ROZBOR LETOUNU EV-55.* [PDF] : Evektor, 2007. EV55004-04-W.
10. **Daněk, Vladimír.** *Mechanika letu 2 Letové vlastnosti.* Brno : AKADEMICKÉ NAKLADATELSTVÍ CERM, s.r.o, 2011. 978-80-7204-761-1.
11. **Ančík, Zdeněk.** Základní geometrické a aerodynamické podklady letounu EV-55 změna\_C. Kunovice : Evektor, 2005.
12. **Jiří, Stejskal.** EV55531-02-ST NOSOVÁ ČÁST TRUPU. Kunovice , 2007.
13. **Petras, A.** *Failure mode maps for honeycomb sandwich panels.* Cambridge : Cambridge University, Engineering Department, 1999. 44(1999)237-252.
14. HONEYCOMB SANDWICH DESIGN TECHNOLOGY. *Hexcel COMOSITE.* [Online] 2009. [http://www.hexcel.com/Resources/DataSheets/Brochure-Data-Sheets/Honeycomb\\_Sandwich\\_Design\\_Technology.pdf](http://www.hexcel.com/Resources/DataSheets/Brochure-Data-Sheets/Honeycomb_Sandwich_Design_Technology.pdf).
15. **Juračka, Jaroslav.** *Kompozitní konstrukce v letectví.* Brno : Letecký ústav, VUT v Brně, 2007. LU01-2007-OST.ST.
16. **Kim, H.** The basic on bonded sandwich construction. [Online] 1987. [Citace: 20. 5 2012.] <https://engineering.purdue.edu/AAE450s/structures/sandwichstructure.pdf>. TSB 124.

17. BOEING DESIGN MANUAL. *BOEING DESIGN MANUAL*. [Online] 1989. [Citace: 5. 4 2012.] <http://xa.yimg.com/kq/groups/14513087/2051923253/name/Psds?action=DisplayBaseStdSummary&n=BDM-1116>. BDM-6700.

18. **Ley, Robert P, Lin, Weichuan a Mbanefo, Uy.** *Facesheet Wrinkling in Sandwich Structures*. [PDF] California : Northrop Grumman Corporation . NASA/ CR-1999-208994.

19. **Niu, Michael Chuyng Yung.** *AIFRAME STRUCTURAL DESIGN* . California :1999. ISBN 962-7128-04-X.

20. **Tomblin, John.** NATIONAL INSTITUTE FOR AVIATION RESEARCH. *Wichita State University*. [Online] [Citace: 20. 3 2012.] [http://webfiles.wichita.edu/cedbr/WIRED\\_comp\\_ov\\_5\\_14\\_08.pdf](http://webfiles.wichita.edu/cedbr/WIRED_comp_ov_5_14_08.pdf).

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

E	modul pružnosti v tahu	[MPa]
Rp0,2	smluvní mez kluzu materiálu	[MPa]
Rm	mez pevnosti materiálu	[MPa]
R.F.	součinitel rezervy	[-]
F.I.	failure index	[-]
r	rameno, poloměr	[mm]
p	tlak [MPa]	
M(i)	ohybový moment v dané ose	[Nmm]
L, l	délka	[mm]
D, d	průměr	[mm]
$\alpha, \beta, \gamma, \phi$	úhel	[°]
$\tau$	smykové napětí	[MPa]
$\sigma$	napětí	[MPa]
ZRT	základní rovina trupu	[-]
VK	výškové kormidlo	
ST	stabilizátor	
VOP	vodorovná ocasní plocha	
BD	banka dat	
GSS	globální souřadný systém	
SS	souřadný systém	

Další zkratky jsou vysvětleny v textu.

## SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 Aplikace kompozitů na letounech společnosti Boeing [1].....	18
Obrázek 2 Skladba sendviče [3] .....	25
Obrázek 3 Ruční laminování [1] .....	26
Obrázek 4 Schéma navíjení vláken [2] .....	27
Obrázek 5 Výroba sendvičového panelu pstruzí [3] .....	28
Obrázek 6 RTM [3] .....	28
Obrázek 7 Vytvrzování v autoklávu [3] .....	29
Obrázek 8 Struktura systému SAVLE [8] .....	38
Obrázek 9 Zjednodušený model letounu EV 55M .....	39
Obrázek 10 Schéma působení sil (L-vztlak; D-odpor; R-rezultanta).....	50
Obrázek 11 GSS v programu SAVLE .....	60
Obrázek 12 kladné směry složek průběhů na VOP .....	61
Obrázek 13 Poloha řezů v programu SAVLE.....	62
Obrázek 14 Model VOP .....	69
Obrázek 15 Stabilizátor Varianta A .....	70
Obrázek 16 Detail předpokládané skladby sendviče .....	70
Obrázek 17 Stabilizátor Varianta B .....	71
Obrázek 18 Předpokládaný tvar integrálního kompozitového panelu .....	71
Obrázek 19 Stabilizátor - varianta C.....	72
Obrázek 20 Detail uchycení sendvičů pomocí klipů.....	72
Obrázek 21 VK - L varianta A.....	73
Obrázek 22 VK - L varianta B.....	74
Obrázek 23 VK - P.....	75
Obrázek 24 Orientace nomexu .....	79
Obrázek 25 MKP model VK_L.....	81
Obrázek 26 zatížení VK_L.....	83
Obrázek 27 MKP model VK_L Varianta_A; vrstvení 0/+46/-45/0 .....	84
Obrázek 28 MKP model VK_L Varianta_A; vrstvení 0/-45/0/45/0.....	84
Obrázek 29 MKP model VK_L Varianta_A; vrstvení 45/-45/0/0/-45/+45.....	85
Obrázek 30 MKP model VK_L Varianta_A; vrstvení 0/45/-45/90/-45/+45/0 .....	85
Obrázek 31 MKP model VK_L Varianta_A; vrstvení 0/45/-45/90/-45/+45/0 .....	86
Obrázek 32 MKP model VK_L Varianta_A; vrstvení 0/45/-45/45/0/+45/-45/+45/0 .....	86
Obrázek 33 MKP model VK_L Varianta_B.....	87
Obrázek 34 MKP model Varianta B failure index.....	88
Obrázek 35 MKP model Varianta B detail.....	88
Obrázek 36 MKP model Varianta - B F.I. po zesílení stojiny .....	89
Obrázek 37 MKP model Varianta B - F.I. bez ovlivněných elementů.....	89
Obrázek 38 MKP model Varianta B - F.I. dle Tsai - WU.....	90
Obrázek 39 MKP model Varianta B - F.I. dle Tsai - WU bez ovlivněných elementů .....	90
Obrázek 40 MKP model Varianta B – poloha kritického elementu .....	92
Obrázek 41 Shear strength failure [14].....	93
Obrázek 42 Hlavní materiálový směr sendviče (osa x) .....	94
Obrázek 43 Hodnoty Trans Shears Forces na potahu VK.....	95

Obrázek 44 Intracell Dimpling failure.....	96
Obrázek 45 Idealizace přerozdělení sil.....	97
Obrázek 46 Y - Bending moment na VK.....	97
Obrázek 47 Wrinkling failure [14] .....	99
Obrázek 48 Crimping failure [17] .....	100
Obrázek 49 MKP model Varianta B – zatížení z případu č.109; Tsai - Hill.....	102
Obrázek 50 MKP model Varianta B – detail kritické oblasti zatížení z případu č.109; Tsai - Hill ..	102
Obrázek 51 Závěs č. 2 .....	103
Obrázek 52 poloha těžiště u Varianty B .....	107

## SEZNAM TABULEK A GRAFŮ

Graf 1 Srovnání letounů podobné kategorie.....	37
Graf 2 Návrhový diagram hmotností a centrží letounu EV-55M.....	42
Graf 3 Tah motoru (Tah jednoho motoru*) .....	52
Graf 4 Polára letounu pro nulovou výchylku klapek .....	52
Graf 5 Obálka v/n .....	59
Tabulka 1 Srovnání termosetu, termoplastu a kovů x-horší vlastnosti, xxx-lepší vlastnosti [2] ...	19
Tabulka 2 Distribuce hmot na letounu [6 str. 93] .....	30
Tabulka 3 Přehled dat pro hmotnostní část BD.....	40
Tabulka 4 Výpočetní hmotové konfigurace.....	42
Tabulka 5 Hodnoty v čase t=20s při klesání .....	55
Tabulka 6 Hodnoty na konci manévru.....	56
Tabulka 7 Hodnoty násobků od poryvu.....	58
Tabulka 8 Hodnoty pro obálku v/n a hmotnost m = 2845kg.....	59
Tabulka 9 Hodnoty zatížení na VOP (*uvedené hodnoty platí pro řez 30) .....	63
Tabulka 10 Hodnoty zatížení z případu 109 .....	64
Tabulka 11 Hodnoty zatížení z případu 189 .....	64
Tabulka 12 Hodnoty zatížení z případu 339 .....	65
Tabulka 13 Hodnoty zatížení z případu 449 .....	65
Tabulka 14 Hodnoty zatížení z případu 573P .....	66
Tabulka 15 Hodnoty zatížení z případu 573L.....	66
Tabulka 16 Vliv setrvačných sil na VK.....	68
Tabulka 17 Materiálové vlastnosti EP 121-C20-40 [12] .....	77
Tabulka 18 Materiálové vlastnosti EP121-CR500/130-G138-42 [12].....	78
Tabulka 19 Materiálové vlastnosti ECA-3.2-29 [12] .....	78
Tabulka 20 Hodnoty kritické síly v příslušném řezu po vynásobení zvyšujícím součinitelem $f_k$ ....	80
Tabulka 21 hodnoty F.I. na elementech .....	91
Tabulka 22 Vlastnosti na elementu 11535 .....	91
Tabulka 23 Hodnoty F.I. a R.F.....	92
Tabulka 24 Membrane Forces na sendviči VK.....	101
Tabulka 25 Výpis hodnot na zatížení v ose závěsu VK.....	103

**SEZNAM POUŽITÝCH PROGRAMŮ**

MS Excel 2007

Femap 10.2 (majetek společnosti Evektor)

Nastran 2010 (majetek společnosti Evektor)

SEZNAM PŘÍLOH

PŘÍLOHA 1: Hmotnostní konfigurace letounu EV-55M (soubor MSLE)

	KONFI- GURACE	NAZEV KONFIGURACE	G (KG)	XT (MM)	YT (MM)	ZT (MM)	JX (KGM2)	JY (KGM2)	JZ (KGM2)	JXY (KGM2)
LETOUN	101		2731.8	6318.4	316.7	12.0	12060.1	24023.3	16170.4	-1870.4
TRUP	1	PRAZ. TRUP MIN.	1379.4	5996.8	-325.4	32.3	661.3	5628.8	5758.9	75.1
KRIDLO	1	MPAL = 0 KG MIN	1231.0	292.2	-63.7	-11.7	9892.4	11814.2	2467.5	-104.9
LETOUN	102		2881.8	6331.4	344.6	11.3	12313.3	24268.7	16244.6	-1889.2
TRUP	1	PRAZ. TRUP MIN.	1379.4	5996.8	-325.4	32.3	661.3	5628.8	5758.9	75.1
KRIDLO	2	MPAL = 150 KG MIN	1380.9	228.0	-63.8	-10.5	10104.7	12097.5	2538.7	-104.5
LETOUN	103		2901.8	6333.1	348.1	11.3	12346.9	24301.5	16254.1	-1891.6
TRUP	1	PRAZ. TRUP MIN.	1379.4	5996.8	-325.4	32.3	661.3	5628.8	5758.9	75.1
KRIDLO	3	MPAL = 170 KG MIN	1401.0	220.4	-63.8	-10.3	10133.1	12134.6	2547.5	-104.4
LETOUN	104		2943.9	6336.8	357.0	11.1	12686.0	24633.3	16279.0	-1898.3
TRUP	1	PRAZ. TRUP MIN.	1379.4	5996.8	-325.4	32.3	661.3	5628.8	5758.9	75.1
KRIDLO	4	MPAL = 212 KG MIN	1443.1	204.5	-60.5	-10.0	10456.8	12475.7	2566.2	-107.0
LETOUN	105		3021.6	6343.4	372.7	10.8	13310.1	25244.9	16323.6	-1910.2
TRUP	1	PRAZ. TRUP MIN.	1379.4	5996.8	-325.4	32.3	661.3	5628.8	5758.9	75.1
KRIDLO	5	MPAL = 290 KG MIN	1520.8	177.6	-54.8	-9.5	11053.6	13102.9	2598.8	-111.4
LETOUN	106		3125.5	6351.7	392.5	10.5	14143.6	26063.5	16380.6	-1925.3
TRUP	1	PRAZ. TRUP MIN.	1379.4	5996.8	-325.4	32.3	661.3	5628.8	5758.9	75.1
KRIDLO	6	MPAL = 394 KG MIN	1624.7	145.6	-48.0	-8.9	11852.5	13939.5	2639.4	-116.6
LETOUN	107		3251.9	6361.1	414.9	10.0	15153.4	27057.6	16446.6	-1942.2
TRUP	1	PRAZ. TRUP MIN.	1379.4	5996.8	-325.4	32.3	661.3	5628.8	5758.9	75.1
KRIDLO	7	MPAL = 520 KG MIN	1751.1	111.8	-40.8	-8.3	12823.1	14952.3	2684.5	-122.1
LETOUN	108		3629.4	6385.4	474.5	9.0	18519.3	30382.3	16630.1	-1987.5
TRUP	1	PRAZ. TRUP MIN.	1379.4	5996.8	-325.4	32.3	661.3	5628.8	5758.9	75.1
KRIDLO	8	MPAL = 897 KG MIN	2128.6	34.4	-21.2	-6.8	16082.0	18317.7	2802.0	-137.1
LETOUN	109		3742.0	6381.1	492.4	8.7	20001.4	31845.0	16689.0	-2001.3
TRUP	1	PRAZ. TRUP MIN.	1379.4	5996.8	-325.4	32.3	661.3	5628.8	5758.9	75.1
KRIDLO	9	MPAL = 1010 KG MIN	2241.2	16.0	-12.5	-6.4	17528.5	19789.5	2834.6	-143.6
LETOUN	110		4387.8	6423.0	577.4	7.4	28462.9	40228.7	16983.2	-2066.4
TRUP	1	PRAZ. TRUP MIN.	1379.4	5996.8	-325.4	32.3	661.3	5628.8	5758.9	75.1
KRIDLO	10	MPAL = 1656 KG MIN	2887.0	-62.0	24.5	-5.0	25819.8	28209.6	2995.0	-170.5
LETOUN	111		2731.8	6318.4	316.7	12.0	12060.1	24023.3	16170.4	-1870.4
TRUP	1	PRAZ. TRUP MIN.	1379.4	5996.8	-325.4	32.3	661.3	5628.8	5758.9	75.1
KRIDLO	11	MPAL = 0 KG OPT	1231.0	292.2	-63.7	-11.7	9892.4	11814.2	2467.5	-104.9
LETOUN	112		2881.8	6331.4	344.6	11.3	12313.3	24268.7	16244.6	-1889.2
TRUP	1	PRAZ. TRUP MIN.	1379.4	5996.8	-325.4	32.3	661.3	5628.8	5758.9	75.1
KRIDLO	12	MPAL = 150 KG OPT	1380.9	228.0	-63.8	-10.5	10104.7	12097.5	2538.7	-104.5

MOMENTY SETRVACNOSTI LETOUNU

	KONFI- GURACE	NAZEV KONFIGURACE	G (KG)	XT (MM)	YT (MM)	ZT (MM)	JX (KGM2)	JY (KGM2)	JZ (KGM2)	JXY (KGM2)
LETOUN	113		2901.8	6333.1	348.1	11.3	12346.9	24301.5	16254.1	-1891.6
TRUP	1	PRAZ. TRUP MIN.	1379.4	5996.8	-325.4	32.3	661.3	5628.8	5758.9	75.1
KRIDLO	13	MPAL = 170 KG OPT	1401.0	220.4	-63.8	-10.3	10133.1	12134.6	2547.5	-104.4
LETOUN	114		3011.7	6342.6	370.8	10.9	13230.9	25167.2	16318.0	-1908.8
TRUP	1	PRAZ. TRUP MIN.	1379.4	5996.8	-325.4	32.3	661.3	5628.8	5758.9	75.1
KRIDLO	14	MPAL = 280 KG OPT	1510.9	180.9	-55.4	-9.6	10977.7	13023.2	2594.8	-110.9
LETOUN	115		3021.6	6343.4	372.7	10.8	13310.1	25244.9	16323.6	-1910.2
TRUP	1	PRAZ. TRUP MIN.	1379.4	5996.8	-325.4	32.3	661.3	5628.8	5758.9	75.1
KRIDLO	15	MPAL = 290 KG OPT	1520.8	177.6	-54.8	-9.5	11053.6	13102.9	2598.8	-111.4
LETOUN	116		3125.5	6351.7	392.5	10.5	14143.6	26063.5	16380.6	-1925.3
TRUP	1	PRAZ. TRUP MIN.	1379.4	5996.8	-325.4	32.3	661.3	5628.8	5758.9	75.1
KRIDLO	16	MPAL = 394 KG OPT	1624.7	145.6	-48.0	-8.9	11852.5	13939.5	2639.4	-116.6
LETOUN	117		3307.2	6365.0	424.2	9.9	15594.2	27492.4	16473.9	-1949.2
TRUP	1	PRAZ. TRUP MIN.	1379.4	5996.8	-325.4	32.3	661.3	5628.8	5758.9	75.1
KRIDLO	17	MPAL = 575 KG OPT	1806.3	98.5	-38.0	-8.0	13247.7	15394.3	2703.1	-124.3
LETOUN	118		3674.1	6388.0	481.7	8.9	19108.1	30963.1	16653.8	-1993.1
TRUP	1	PRAZ. TRUP MIN.	1379.4	5996.8	-325.4	32.3	661.3	5628.8	5758.9	75.1
KRIDLO	18	MPAL = 942 KG OPT	2173.3	26.9	-17.6	-6.7	16656.4	18902.3	2815.1	-139.8
LETOUN	119		4334.8	6420.8	571.4	7.5	27770.7	39541.0	16961.4	-2061.8
TRUP	1	PRAZ. TRUP MIN.	1379.4	5996.8	-325.4	32.3	661.3	5628.8	5758.9	75.1
KRIDLO	19	MPAL = 1603 KG OPT	2834.0	-56.9	22.1	-5.1	25139.8	27519.7	2983.1	-168.7
LETOUN	120		4387.8	6423.0	577.4	7.4	28462.9	40228.7	16983.2	-2066.4
TRUP	1	PRAZ. TRUP MIN.	1379.4	5996.8	-325.4	32.3	661.3	5628.8	5758.9	75.1
KRIDLO	20	MPAL = 1656 KG OPT	2887.0	-62.0	24.5	-5.0	25819.8	28209.6	2995.0	-170.5
LETOUN	201		2748.6	6227.1	328.1	-1.0	12017.6	24356.6	16484.9	-1944.5
TRUP	2	PRAZ. TRUP MIN. CA	1396.2	5821.1	-295.3	6.4	666.0	5783.3	5940.0	6.3
KRIDLO	1	MPAL = 0 KG MIN	1231.0	292.2	-63.7	-11.7	9892.4	11814.2	2467.5	-104.9
LETOUN	202		2898.5	6244.9	355.3	-1.0	12269.0	24609.7	16565.1	-1969.7
TRUP	2	PRAZ. TRUP MIN. CA	1380.9	228.0	-63.8	-10.5	10104.7	12097.5	2538.7	-104.5
KRIDLO	2	MPAL = 150 KG MIN	1380.9	228.0	-63.8	-10.5	10104.7	12097.5	2538.7	-104.5
LETOUN	203		2918.6	6247.1	358.7	-1.0	12302.3	24643.4	16575.4	-1972.9
TRUP	2	PRAZ. TRUP MIN. CA	1396.2	5821.1	-295.3	6.4	666.0	5783.3	5940.0	6.3
KRIDLO	3	MPAL = 170 KG MIN	1401.0	220.4	-63.8	-10.3	10133.1	12134.6	2547.5	-104.4
LETOUN	204		2960.7	6252.0	367.4	-1.0	12640.9	24977.4	16601.9	-1981.7
TRUP	2	PRAZ. TRUP MIN. CA	1396.2	5821.1	-295.3	6.4	666.0	5783.3	5940.0	6.3
KRIDLO	4	MPAL = 212 KG MIN	1443.1	204.5	-60.5	-10.0	10456.8	12475.7	2566.2	-107.0

# NÁVRH VODOROVNÉ OCASNÍ PLOCHY DVOUMOTOROVÉHO LETOUNU DLE PŘEDPISU CS23

## MOMENTY SETRVACNOSTI LETOUNU

	KONFIGURACE	NAZEV KONFIGURACE	G (KG)	XT (MM)	YT (MM)	ZT (MM)	JX (KGM2)	JY (KGM2)	JZ (KGM2)	JXY (KGM2)
LETOUN	217		3323.9	6289.3	433.1	-.9	15545.1	27852.9	16809.2	-2048.2
TRUP	2	PRAZ.TRUP MIN.CA	1396.2	5821.1	-295.3	6.4	666.0	5783.3	5940.0	6.3
KRIDLO	17	MPAL = 575 KG OPT	1806.3	98.5	-38.0	-8.0	13247.7	15394.3	2703.1	-124.3
LETOUN	218		3690.8	6319.8	489.5	-.8	19055.7	31337.0	16999.3	-2105.6
TRUP	2	PRAZ.TRUP MIN.CA	1396.2	5821.1	-295.3	6.4	666.0	5783.3	5940.0	6.3
KRIDLO	18	MPAL = 942 KG OPT	2173.3	26.9	-17.6	-6.7	16656.4	18902.3	2815.1	-139.8
LETOUN	219		4351.6	6362.8	577.6	-.7	27713.3	39933.9	17321.0	-2195.6
TRUP	2	PRAZ.TRUP MIN.CA	1396.2	5821.1	-295.3	6.4	666.0	5783.3	5940.0	6.3
KRIDLO	19	MPAL = 1603 KG OPT	2834.0	-56.9	22.1	-5.1	25139.8	27519.7	2983.1	-168.7
LETOUN	220		4404.6	6365.6	583.5	-.7	28405.2	40622.8	17343.7	-2201.6
TRUP	2	PRAZ.TRUP MIN.CA	1396.2	5821.1	-295.3	6.4	666.0	5783.3	5940.0	6.3
KRIDLO	20	MPAL = 1656 KG OPT	2887.0	-62.0	24.5	-5.0	25819.8	28209.6	2995.0	-170.5
LETOUN	301		2926.0	6157.8	297.7	11.2	12104.7	25113.9	17246.4	-1996.4
TRUP	3	PRAZ.TRUP MIN.+2	1573.6	5737.9	-281.6	28.3	712.5	6407.5	6529.4	-51.6
KRIDLO	1	MPAL = 0 KG MIN	1231.0	292.2	-63.7	-11.7	9892.4	11814.2	2467.5	-104.9
LETOUN	302		3075.9	6177.9	324.7	10.6	12360.9	25374.6	17339.0	-2028.7
TRUP	3	PRAZ.TRUP MIN.+2	1573.6	5737.9	-281.6	28.3	712.5	6407.5	6529.4	-51.6
KRIDLO	2	MPAL = 150 KG MIN	1380.9	228.0	-63.8	-10.5	10104.7	12097.5	2538.7	-104.5
LETOUN	303		3096.0	6180.4	328.1	10.6	12394.9	25409.3	17350.9	-2032.8
TRUP	3	PRAZ.TRUP MIN.+2	1573.6	5737.9	-281.6	28.3	712.5	6407.5	6529.4	-51.6
KRIDLO	3	MPAL = 170 KG MIN	1401.0	220.4	-63.8	-10.3	10133.1	12134.6	2547.5	-104.4
LETOUN	304		3138.1	6186.0	336.7	10.4	12735.1	25745.4	17381.1	-2043.8
TRUP	3	PRAZ.TRUP MIN.+2	1573.6	5737.9	-281.6	28.3	712.5	6407.5	6529.4	-51.6
KRIDLO	4	MPAL = 212 KG MIN	1443.1	204.5	-60.5	-10.0	10456.8	12475.7	2566.2	-107.0
LETOUN	305		3215.7	6195.8	352.0	10.2	13361.2	26364.6	17435.2	-2063.3
TRUP	3	PRAZ.TRUP MIN.+2	1573.6	5737.9	-281.6	28.3	712.5	6407.5	6529.4	-51.6
KRIDLO	5	MPAL = 290 KG MIN	1520.8	177.6	-54.8	-9.5	11053.6	13102.9	2598.8	-111.4
LETOUN	306		3319.7	6208.2	371.3	9.8	14197.3	27192.8	17504.4	-2088.0
TRUP	3	PRAZ.TRUP MIN.+2	1573.6	5737.9	-281.6	28.3	712.5	6407.5	6529.4	-51.6
KRIDLO	6	MPAL = 394 KG MIN	1624.7	145.6	-48.0	-8.9	11852.5	13939.5	2639.4	-116.6
LETOUN	307		3446.0	6222.3	393.2	9.5	15210.2	28197.9	17584.2	-2116.1
TRUP	3	PRAZ.TRUP MIN.+2	1573.6	5737.9	-281.6	28.3	712.5	6407.5	6529.4	-51.6
KRIDLO	7	MPAL = 520 KG MIN	1751.1	111.8	-40.8	-8.3	12823.1	14952.3	2684.5	-122.1
LETOUN	308		3823.5	6259.1	451.9	8.5	18585.4	31551.3	17806.0	-2191.4
TRUP	3	PRAZ.TRUP MIN.+2	1573.6	5737.9	-281.6	28.3	712.5	6407.5	6529.4	-51.6
KRIDLO	8	MPAL = 897 KG MIN	2128.6	34.4	-21.2	-6.8	16082.0	18317.7	2802.0	-137.1

## MOMENTY SETRVACNOSTI LETOUNU

	KONFIGURACE	NAZEV KONFIGURACE	G (KG)	XT (MM)	YT (MM)	ZT (MM)	JX (KGM2)	JY (KGM2)	JZ (KGM2)	JXY (KGM2)
LETOUN	309		3936.1	6269.0	469.6	8.3	20070.5	33021.7	17875.7	-2214.3
TRUP	3	PRAZ.TRUP MIN.+2	1573.6	5737.9	-281.6	28.3	712.5	6407.5	6529.4	-51.6
KRIDLO	9	MPAL = 1010 KG MIN	2241.2	16.0	-12.5	-6.4	17528.5	19789.5	2834.6	-143.6
LETOUN	310		4582.0	6316.0	554.2	7.1	28548.3	41442.7	18223.5	-2323.5
TRUP	3	PRAZ.TRUP MIN.+2	1573.6	5737.9	-281.6	28.3	712.5	6407.5	6529.4	-51.6
KRIDLO	10	MPAL = 1656 KG MIN	2887.0	-62.0	24.5	-5.0	25819.8	28209.6	2995.0	-170.5
LETOUN	311		2926.0	6157.8	297.7	11.2	12104.7	25113.9	17246.4	-1996.4
TRUP	3	PRAZ.TRUP MIN.+2	1573.6	5737.9	-281.6	28.3	712.5	6407.5	6529.4	-51.6
KRIDLO	11	MPAL = 0 KG OPT	1231.0	292.2	-63.7	-11.7	9892.4	11814.2	2467.5	-104.9
LETOUN	312		3075.9	6177.9	324.7	10.6	12360.9	25374.6	17339.0	-2028.7
TRUP	3	PRAZ.TRUP MIN.+2	1573.6	5737.9	-281.6	28.3	712.5	6407.5	6529.4	-51.6
KRIDLO	12	MPAL = 150 KG OPT	1380.9	228.0	-63.8	-10.5	10104.7	12097.5	2538.7	-104.5
LETOUN	313		3096.0	6180.4	328.1	10.6	12394.9	25409.3	17350.9	-2032.8
TRUP	3	PRAZ.TRUP MIN.+2	1573.6	5737.9	-281.6	28.3	712.5	6407.5	6529.4	-51.6
KRIDLO	13	MPAL = 170 KG OPT	1401.0	220.4	-63.8	-10.3	10133.1	12134.6	2547.5	-104.4
LETOUN	314		3205.9	6194.6	350.1	10.2	13281.7	26285.9	17428.8	-2060.9
TRUP	3	PRAZ.TRUP MIN.+2	1573.6	5737.9	-281.6	28.3	712.5	6407.5	6529.4	-51.6
KRIDLO	14	MPAL = 280 KG OPT	1510.9	180.9	-55.4	-9.6	10977.7	13023.2	2594.8	-110.9
LETOUN	315		3215.7	6195.8	352.0	10.2	13361.2	26364.6	17435.2	-2063.3
TRUP	3	PRAZ.TRUP MIN.+2	1573.6	5737.9	-281.6	28.3	712.5	6407.5	6529.4	-51.6
KRIDLO	15	MPAL = 290 KG OPT	1520.8	177.6	-54.8	-9.5	11053.6	13102.9	2598.8	-111.4
LETOUN	316		3319.7	6208.2	371.3	9.8	14197.3	27192.8	17504.4	-2088.0
TRUP	3	PRAZ.TRUP MIN.+2	1573.6	5737.9	-281.6	28.3	712.5	6407.5	6529.4	-51.6
KRIDLO	16	MPAL = 394 KG OPT	1624.7	145.6	-48.0	-8.9	11852.5	13939.5	2639.4	-116.6
LETOUN	317		3501.3	6228.2	402.3	9.3	15652.3	28637.2	17617.7	-2127.7
TRUP	3	PRAZ.TRUP MIN.+2	1573.6	5737.9	-281.6	28.3	712.5	6407.5	6529.4	-51.6
KRIDLO	17	MPAL = 575 KG OPT	1806.3	98.5	-38.0	-8.0	13247.7	15394.3	2703.1	-124.3
LETOUN	318		3868.2	6263.1	459.0	8.4	19175.4	32135.2	17834.1	-2200.7
TRUP	3	PRAZ.TRUP MIN.+2	1573.6	5737.9	-281.6	28.3	712.5	6407.5	6529.4	-51.6
KRIDLO	18	MPAL = 942 KG OPT	2173.3	26.9	-17.6	-6.7	16656.4	18902.3	2815.1	-139.8
LETOUN	319		4529.0	6312.6	548.2	7.2	27854.8	40752.4	18197.8	-2315.7
TRUP	3	PRAZ.TRUP MIN.+2	1573.6	5737.9	-281.6	28.3	712.5	6407.5	6529.4	-51.6
KRIDLO	19	MPAL = 1603 KG OPT	2834.0	-56.9	22.1	-5.1	25139.8	27519.7	2983.1	-168.7
LETOUN	320		4582.0	6316.0	554.2	7.1	28548.3	41442.7	18223.5	-2323.5
TRUP	3	PRAZ.TRUP MIN.+2	1573.6	5737.9	-281.6	28.3	712.5	6407.5	6529.4	-51.6
KRIDLO	20	MPAL = 1656 KG OPT	2887.0	-62.0	24.5	-5.0	25819.8	28209.6	2995.0	-170.5

LET KUNOVICE a.s.  
LETOUN: EV55\_KV  
BD\_EV55 s kompozitovou stabilkou

SYSTEM SAVLE

DATUM: 25.01.2012  
CAS: 07:32:03  
LIST: 7

# NÁVRH VODOROVNÉ OCASNÍ PLOCHY DVOUMOTOROVÉHO LETOUNU DLE PŘEDPISU CS23

## MOMENTY SETRVACNOSTI LETOUNU

	KONFIGURACE	NAZEV KONFIGURACE	G (KG)	XT (MM)	YT (MM)	ZT (MM)	JX (KGM2)	JY (KGM2)	JZ (KGM2)	JXY (KGM2)
LETOUN	401		3011.6	6104.2	283.0	14.4	12128.6	26070.5	18224.1	-2092.9
TRUP	4	PAZ. TRUP MIN.+2	1659.2	5662.3	-278.4	33.2	714.3	7242.5	7363.9	-43.5
KRIDLO	1	MPAL = 0 KG MIN	1231.0	292.2	-63.7	-11.7	9892.4	11814.2	2467.5	-104.9
LETOUN	402		3161.5	6126.3	310.0	13.7	12387.4	26337.9	18325.8	-2130.5
TRUP	4	PAZ. TRUP MIN.+2	1659.2	5662.3	-278.4	33.2	714.3	7242.5	7363.9	-43.5
KRIDLO	2	MPAL = 150 KG MIN	1380.9	228.0	-63.8	-10.5	10104.7	12097.5	2538.7	-104.5
LETOUN	403		3181.6	6129.1	313.4	13.6	12421.6	26373.5	18338.9	-2135.3
TRUP	4	PAZ. TRUP MIN.+2	1659.2	5662.3	-278.4	33.2	714.3	7242.5	7363.9	-43.5
KRIDLO	3	MPAL = 170 KG MIN	1401.0	220.4	-63.8	-10.3	10133.1	12134.6	2547.5	-104.4
LETOUN	404		3223.7	6135.2	322.0	13.4	12762.7	26711.4	18371.8	-2147.9
TRUP	4	PAZ. TRUP MIN.+2	1659.2	5662.3	-278.4	33.2	714.3	7242.5	7363.9	-43.5
KRIDLO	4	MPAL = 212 KG MIN	1443.1	204.5	-60.5	-10.0	10456.8	12475.7	2566.2	-107.0
LETOUN	405		3301.3	6145.9	337.2	13.1	13390.2	27334.0	18430.6	-2170.4
TRUP	4	PAZ. TRUP MIN.+2	1659.2	5662.3	-278.4	33.2	714.3	7242.5	7363.9	-43.5
KRIDLO	5	MPAL = 290 KG MIN	1520.8	177.6	-54.8	-9.5	11053.6	13102.9	2598.8	-111.4
LETOUN	406		3405.3	6159.6	356.5	12.7	14228.2	28166.4	18506.1	-2198.9
TRUP	4	PAZ. TRUP MIN.+2	1659.2	5662.3	-278.4	33.2	714.3	7242.5	7363.9	-43.5
KRIDLO	6	MPAL = 394 KG MIN	1624.7	145.6	-48.0	-8.9	11852.5	13939.5	2639.4	-116.6
LETOUN	407		3531.6	6175.1	378.4	12.2	15243.3	29176.4	18592.9	-2231.3
TRUP	4	PAZ. TRUP MIN.+2	1659.2	5662.3	-278.4	33.2	714.3	7242.5	7363.9	-43.5
KRIDLO	7	MPAL = 520 KG MIN	1751.1	111.8	-40.8	-8.3	12823.1	14952.3	2684.5	-122.1
LETOUN	408		3909.1	6215.6	437.2	11.1	18624.9	32542.8	18834.0	-2318.5
TRUP	4	PAZ. TRUP MIN.+2	1659.2	5662.3	-278.4	33.2	714.3	7242.5	7363.9	-43.5
KRIDLO	8	MPAL = 897 KG MIN	2128.6	34.4	-21.2	-6.8	16082.0	18317.7	2802.0	-137.1
LETOUN	409		4021.7	6226.5	454.9	10.7	20112.1	34016.7	18909.2	-2345.0
TRUP	4	PAZ. TRUP MIN.+2	1659.2	5662.3	-278.4	33.2	714.3	7242.5	7363.9	-43.5
KRIDLO	9	MPAL = 1010 KG MIN	2241.2	16.0	-12.5	-6.4	17528.5	19789.5	2834.6	-143.6
LETOUN	411		3011.6	6104.2	283.0	14.4	12128.6	26070.5	18224.1	-2092.9
TRUP	4	PAZ. TRUP MIN.+2	1659.2	5662.3	-278.4	33.2	714.3	7242.5	7363.9	-43.5
KRIDLO	11	MPAL = 0 KG OPT	1231.0	292.2	-63.7	-11.7	9892.4	11814.2	2467.5	-104.9
LETOUN	412		3161.5	6126.3	310.0	13.7	12387.4	26337.9	18325.8	-2130.5
TRUP	4	PAZ. TRUP MIN.+2	1659.2	5662.3	-278.4	33.2	714.3	7242.5	7363.9	-43.5
KRIDLO	12	MPAL = 150 KG OPT	1380.9	228.0	-63.8	-10.5	10104.7	12097.5	2538.7	-104.5
LETOUN	413		3181.6	6129.1	313.4	13.6	12421.6	26373.5	18338.9	-2135.3
TRUP	4	PAZ. TRUP MIN.+2	1659.2	5662.3	-278.4	33.2	714.3	7242.5	7363.9	-43.5
KRIDLO	13	MPAL = 170 KG OPT	1401.0	220.4	-63.8	-10.3	10133.1	12134.6	2547.5	-104.4

1

LET KUNOVICE a.s. SYSTEM SAVLE DATUM: 25.01.2012  
 LETOUN: EV55\_KV CAS: 07:32:03  
 BD\_EV55 s kompozitovou stabilkou LIST: 8

## MOMENTY SETRVACNOSTI LETOUNU

	KONFIGURACE	NAZEV KONFIGURACE	G (KG)	XT (MM)	YT (MM)	ZT (MM)	JX (KGM2)	JY (KGM2)	JZ (KGM2)	JXY (KGM2)
LETOUN	414		3291.5	6144.6	335.3	13.1	13310.5	27254.9	18423.3	-2167.6
TRUP	4	PAZ. TRUP MIN.+2	1659.2	5662.3	-278.4	33.2	714.3	7242.5	7363.9	-43.5
KRIDLO	14	MPAL = 280 KG OPT	1510.9	180.9	-55.4	-9.6	10977.7	13023.2	2594.8	-110.9
LETOUN	415		3301.3	6145.9	337.2	13.1	13390.2	27334.0	18430.6	-2170.4
TRUP	4	PAZ. TRUP MIN.+2	1659.2	5662.3	-278.4	33.2	714.3	7242.5	7363.9	-43.5
KRIDLO	15	MPAL = 290 KG OPT	1520.8	177.6	-54.8	-9.5	11053.6	13102.9	2598.8	-111.4
LETOUN	416		3405.3	6159.6	356.5	12.7	14228.2	28166.4	18506.1	-2198.9
TRUP	4	PAZ. TRUP MIN.+2	1659.2	5662.3	-278.4	33.2	714.3	7242.5	7363.9	-43.5
KRIDLO	16	MPAL = 394 KG OPT	1624.7	145.6	-48.0	-8.9	11852.5	13939.5	2639.4	-116.6
LETOUN	417		3586.9	6181.5	387.5	12.1	15686.4	29617.8	18629.4	-2244.8
TRUP	4	PAZ. TRUP MIN.+2	1659.2	5662.3	-278.4	33.2	714.3	7242.5	7363.9	-43.5
KRIDLO	17	MPAL = 575 KG OPT	1806.3	98.5	-38.0	-8.0	13247.7	15394.3	2703.1	-124.3
LETOUN	418		3953.8	6220.0	444.3	10.9	19215.7	33128.1	18664.3	-2329.2
TRUP	4	PAZ. TRUP MIN.+2	1659.2	5662.3	-278.4	33.2	714.3	7242.5	7363.9	-43.5
KRIDLO	18	MPAL = 942 KG OPT	2173.3	26.9	-17.6	-6.7	16656.4	18902.3	2815.1	-139.8
LETOUN	419		4614.6	6274.8	533.9	9.4	27906.1	41763.1	19256.8	-2462.8
TRUP	4	PAZ. TRUP MIN.+2	1659.2	5662.3	-278.4	33.2	714.3	7242.5	7363.9	-43.5
KRIDLO	19	MPAL = 1603 KG OPT	2834.0	-56.9	22.1	-5.1	25139.8	27519.7	2983.1	-168.7
LETOUN	501		3663.8	6205.5	228.7	18.9	12330.0	26870.3	18934.5	-1990.7
TRUP	5	PAZ. TRUP MIN.+2	2311.4	5947.5	-206.0	35.1	896.4	8346.8	8360.2	68.6
KRIDLO	1	MPAL = 0 KG MIN	1231.0	292.2	-63.7	-11.7	9892.4	11814.2	2467.5	-104.9
LETOUN	502		3813.8	6219.8	253.3	18.2	12598.5	27125.9	19034.1	-2023.1
TRUP	5	PAZ. TRUP MIN.+2	2311.4	5947.5	-206.0	35.1	896.4	8346.8	8360.2	68.6
KRIDLO	2	MPAL = 150 KG MIN	1380.9	228.0	-63.8	-10.5	10104.7	12097.5	2538.7	-104.5
LETOUN	503		3833.8	6221.6	256.4	18.1	12634.1	27160.0	19047.0	-2027.3
TRUP	5	PAZ. TRUP MIN.+2	2311.4	5947.5	-206.0	35.1	896.4	8346.8	8360.2	68.6
KRIDLO	3	MPAL = 170 KG MIN	1401.0	220.4	-63.8	-10.3	10133.1	12134.6	2547.5	-104.4
LETOUN	504		3875.9	6225.6	264.1	17.9	12978.4	27494.8	19080.0	-2038.3
TRUP	4	PAZ. TRUP MIN.+2	2311.4	5947.5	-206.0	35.1	896.4	8346.8	8360.2	68.6
KRIDLO	4	MPAL = 212 KG MIN	1443.1	204.5	-60.5	-10.0	10456.8	12475.7	2566.2	-107.0
LETOUN	505		3953.6	6232.9	278.0	17.5	13612.0	28111.7	19139.3	-2058.1
TRUP	5	PAZ. TRUP MIN.+2	2311.4	5947.5	-206.0	35.1	896.4	8346.8	8360.2	68.6
KRIDLO	5	MPAL = 290 KG MIN	1520.8	177.6	-54.8	-9.5	11053.6	13102.9	2598.8	-111.4
LETOUN	506		4057.5	6242.1	295.7	17.1	14458.2	28937.2	19215.9	-2083.3
TRUP	5	PAZ. TRUP MIN.+2	2311.4	5947.5	-206.0	35.1	896.4	8346.8	8360.2	68.6
KRIDLO	6	MPAL = 394 KG MIN	1624.7	145.6	-48.0	-8.9	11852.5	13939.5	2639.4	-116.6

LET KUNOVICE a.s. SYSTEM SAVLE DATUM: 25.01.2012  
 LETOUN: EV55\_KV CAS: 07:32:03  
 BD\_EV55 s kompozitovou stabilkou LIST: 9

# NÁVRH VODOROVNÉ OCASNÍ PLOCHY DVOUMOTOROVÉHO LETOUNU DLE PŘEDPISU CS23

LET KUNOVICE a.s.  
LETOUN: EV55\_KV  
BD\_EV55 s kompozitovou stabilkou

SYSTEM SAVLE

DATUM: 25.01.2012  
CAS: 07:32:03  
LIST: 9

MOMENTY SETRVACNOSTI LETOUNU

	KONFI- GURACE	NAZEV KONFIGURACE	G (KG)	XT (MM)	YT (MM)	ZT (MM)	JX (KGM2)	JY (KGM2)	JZ (KGM2)	JXY (KGM2)
LETOUN	507		4183.9	6252.7	316.0	16.6	15483.1	29939.4	19304.8	-2112.3
TRUP	5	PAZ. TRUP MIN.+2	2311.4	5947.5	-206.0	35.1	896.4	8346.8	8360.2	68.6
KRIDLO	7	MPAL = 520 KG MIN	1751.1	111.8	-40.8	-8.3	12823.1	14952.3	2684.5	-122.1
LETOUN	508		4561.4	6281.0	371.6	15.2	18894.4	33286.2	19555.9	-2191.9
TRUP	5	PAZ. TRUP MIN.+2	2311.4	5947.5	-206.0	35.1	896.4	8346.8	8360.2	68.6
KRIDLO	8	MPAL = 897 KG MIN	2128.6	34.4	-21.2	-6.8	16082.0	18317.7	2802.0	-137.1
LETOUN	511		3663.8	6205.5	228.7	18.9	12330.0	26870.3	18934.5	-1990.7
TRUP	5	PAZ. TRUP MIN.+2	2311.4	5947.5	-206.0	35.1	896.4	8346.8	8360.2	68.6
KRIDLO	11	MPAL = 0 KG OPT	1231.0	292.2	-63.7	-11.7	9892.4	11814.2	2467.5	-104.9
LETOUN	512		3813.8	6219.8	253.3	18.2	12598.5	27125.9	19034.1	-2023.1
TRUP	5	PAZ. TRUP MIN.+2	2311.4	5947.5	-206.0	35.1	896.4	8346.8	8360.2	68.6
KRIDLO	12	MPAL = 150 KG OPT	1380.9	228.0	-63.8	-10.5	10104.7	12097.5	2538.7	-104.5
LETOUN	513		3833.8	6221.6	256.4	18.1	12634.1	27160.0	19047.0	-2027.3
TRUP	5	PAZ. TRUP MIN.+2	2311.4	5947.5	-206.0	35.1	896.4	8346.8	8360.2	68.6
KRIDLO	13	MPAL = 170 KG OPT	1401.0	220.4	-63.8	-10.3	10133.1	12134.6	2547.5	-104.4
LETOUN	514		3943.7	6232.0	276.2	17.6	13531.5	28033.3	19131.9	-2055.6
TRUP	5	PAZ. TRUP MIN.+2	2311.4	5947.5	-206.0	35.1	896.4	8346.8	8360.2	68.6
KRIDLO	14	MPAL = 280 KG OPT	1510.9	180.9	-55.4	-9.6	10977.7	13023.2	2594.8	-110.9
LETOUN	515		3953.6	6232.9	278.0	17.5	13612.0	28111.7	19139.3	-2058.1
TRUP	5	PAZ. TRUP MIN.+2	2311.4	5947.5	-206.0	35.1	896.4	8346.8	8360.2	68.6
KRIDLO	15	MPAL = 290 KG OPT	1520.8	177.6	-54.8	-9.5	11053.6	13102.9	2598.8	-111.4
LETOUN	516		4057.5	6242.1	295.7	17.1	14458.2	28937.2	19215.9	-2083.3
TRUP	5	PAZ. TRUP MIN.+2	2311.4	5947.5	-206.0	35.1	896.4	8346.8	8360.2	68.6
KRIDLO	16	MPAL = 394 KG OPT	1624.7	145.6	-48.0	-8.9	11852.5	13939.5	2639.4	-116.6
LETOUN	517		4239.2	6257.1	324.5	16.4	15930.5	30377.6	19342.3	-2124.5
TRUP	5	PAZ. TRUP MIN.+2	2311.4	5947.5	-206.0	35.1	896.4	8346.8	8360.2	68.6
KRIDLO	17	MPAL = 575 KG OPT	1806.3	98.5	-38.0	-8.0	13247.7	15394.3	2703.1	-124.3
LETOUN	518		4606.1	6284.1	378.3	15.1	19489.1	33869.5	19588.0	-2201.7
TRUP	5	PAZ. TRUP MIN.+2	2311.4	5947.5	-206.0	35.1	896.4	8346.8	8360.2	68.6
KRIDLO	18	MPAL = 942 KG OPT	2173.3	26.9	-17.6	-6.7	16656.4	18902.3	2815.1	-139.8
LETOUN	601		2731.8	6318.4	316.7	12.0	12060.1	24023.3	16170.4	-1870.4
TRUP	6	PAZ. TRUP viz.1,	1379.4	5996.8	-325.4	32.3	661.3	5628.8	5758.9	75.1
KRIDLO	1	MPAL = 0 KG MIN	1231.0	292.2	-63.7	-11.7	9892.4	11814.2	2467.5	-104.9
LETOUN	602		2881.8	6331.4	344.6	11.3	12313.3	24268.7	16244.6	-1889.2
TRUP	6	PAZ. TRUP viz.1,	1379.4	5996.8	-325.4	32.3	661.3	5628.8	5758.9	75.1
KRIDLO	2	MPAL = 150 KG MIN	1380.9	228.0	-63.8	-10.5	10104.7	12097.5	2538.7	-104.5

LET KUNOVICE a.s.  
LETOUN: EV55\_KV  
BD\_EV55 s kompozitovou stabilkou

SYSTEM SAVLE

DATUM: 25.01.2012  
CAS: 07:32:03  
LIST: 10

MOMENTY SETRVACNOSTI LETOUNU

	KONFI- GURACE	NAZEV KONFIGURACE	G (KG)	XT (MM)	YT (MM)	ZT (MM)	JX (KGM2)	JY (KGM2)	JZ (KGM2)	JXY (KGM2)
LETOUN	603		2901.8	6333.1	348.1	11.3	12346.9	24301.5	16254.1	-1891.6
TRUP	6	PAZ. TRUP viz.1,	1379.4	5996.8	-325.4	32.3	661.3	5628.8	5758.9	75.1
KRIDLO	3	MPAL = 170 KG MIN	1401.0	220.4	-63.8	-10.3	10133.1	12134.6	2547.5	-104.4
LETOUN	604		2943.9	6336.8	357.0	11.1	12686.0	24633.3	16279.0	-1898.3
TRUP	6	PAZ. TRUP viz.1,	1379.4	5996.8	-325.4	32.3	661.3	5628.8	5758.9	75.1
KRIDLO	4	MPAL = 212 KG MIN	1443.1	204.5	-60.5	-10.0	10456.8	12475.7	2566.2	-107.0
LETOUN	605		3021.6	6343.4	372.7	10.8	13310.1	25244.9	16323.6	-1910.2
TRUP	6	PAZ. TRUP viz.1,	1379.4	5996.8	-325.4	32.3	661.3	5628.8	5758.9	75.1
KRIDLO	5	MPAL = 290 KG MIN	1520.8	177.6	-54.8	-9.5	11053.6	13102.9	2598.8	-111.4
LETOUN	606		3125.5	6351.7	392.5	10.5	14143.6	26063.5	16380.6	-1925.3
TRUP	6	PAZ. TRUP viz.1,	1379.4	5996.8	-325.4	32.3	661.3	5628.8	5758.9	75.1
KRIDLO	6	MPAL = 394 KG MIN	1624.7	145.6	-48.0	-8.9	11852.5	13939.5	2639.4	-116.6
LETOUN	607		3251.9	6361.1	414.9	10.0	15153.4	27057.6	16446.3	-1942.2
TRUP	6	PAZ. TRUP viz.1,	1379.4	5996.8	-325.4	32.3	661.3	5628.8	5758.9	75.1
KRIDLO	7	MPAL = 520 KG MIN	1751.1	111.8	-40.8	-8.3	12823.1	14952.3	2684.5	-122.1
LETOUN	608		3629.4	6385.4	474.5	9.0	18519.3	30382.3	16630.1	-1987.5
TRUP	6	PAZ. TRUP viz.1,	1379.4	5996.8	-325.4	32.3	661.3	5628.8	5758.9	75.1
KRIDLO	8	MPAL = 897 KG MIN	2128.6	34.4	-21.2	-6.8	16082.0	18317.7	2802.0	-137.1
LETOUN	609		3742.0	6391.9	492.4	8.7	20001.4	31845.0	16689.0	-2001.3
TRUP	6	PAZ. TRUP viz.1,	1379.4	5996.8	-325.4	32.3	661.3	5628.8	5758.9	75.1
KRIDLO	9	MPAL = 1010 KG MIN	2241.2	16.0	-12.5	-6.4	17528.5	19789.5	2834.6	-143.6
LETOUN	610		4387.8	6423.0	577.4	7.4	28462.9	40228.7	16983.2	-2066.4
TRUP	6	PAZ. TRUP viz.1,	1379.4	5996.8	-325.4	32.3	661.3	5628.8	5758.9	75.1
KRIDLO	10	MPAL = 1656 KG MIN	2887.0	-62.0	24.5	-5.0	25819.8	28209.6	2995.0	-170.5
LETOUN	611		2731.8	6318.4	316.7	12.0	12060.1	24023.3	16170.4	-1870.4
TRUP	6	PAZ. TRUP viz.1,	1379.4	5996.8	-325.4	32.3	661.3	5628.8	5758.9	75.1
KRIDLO	11	MPAL = 0 KG OPT	1231.0	292.2	-63.7	-11.7	9892.4	11814.2	2467.5	-104.9
LETOUN	612		2881.8	6331.4	344.6	11.3	12313.3	24268.7	16244.6	-1889.2
TRUP	6	PAZ. TRUP viz.1,	1379.4	5996.8	-325.4	32.3	661.3	5628.8	5758.9	75.1
KRIDLO	12	MPAL = 150 KG OPT	1380.9	228.0	-63.8	-10.5	10104.7	12097.5	2538.7	-104.5
LETOUN	613		2901.8	6333.1	348.1	11.3	12346.9	24301.5	16254.1	-1891.6
TRUP	6	PAZ. TRUP viz.1,	1379.4	5996.8	-325.4	32.3	661.3	5628.8	5758.9	75.1
KRIDLO	13	MPAL = 170 KG OPT	1401.0	220.4	-63.8	-10.3	10133.1	12134.6	2547.5	-104.4
LETOUN	614		3011.7	6342.6	370.8	10.9	13230.9	25167.2	16318.0	-1908.8
TRUP	6	PAZ. TRUP viz.1,	1379.4	5996.8	-325.4	32.3	661.3	5628.8	5758.9	75.1
KRIDLO	14	MPAL = 280 KG OPT	1510.9	180.9	-55.4	-9.6	10977.7	13023.2	2594.8	-110.9

LET KUNOVICE a.s.  
LETOUN: EV55\_KV  
BD\_EV55 s kompozitovou stabilkou

SYSTEM SAVLE

DATUM: 25.01.2012  
CAS: 07:32:03  
LIST: 11

# NÁVRH VODOROVNÉ OCASNÍ PLOCHY DVOUMOTOROVÉHO LETOUNU DLE PŘEDPISU CS23

## MOMENTY SETRVACNOSTI LETOUNU

	KONFIGURACE	NAZEV KONFIGURACE	G (KG)	XT (MM)	YT (MM)	ZT (MM)	JX (KGM2)	JY (KGM2)	JZ (KGM2)	JXY (KGM2)
LETOUN	615		3021.6	6343.4	372.7	10.8	13310.1	25244.9	16323.6	-1910.2
TRUP	6	MPAL = 290 KG OPT	1379.4	5996.8	-325.4	32.3	661.3	5628.8	5758.9	75.1
KRIDLO	15		1520.8	177.6	-54.8	-9.5	11053.6	13102.9	2598.8	-111.4
LETOUN	616		3125.5	6351.7	392.5	10.5	14143.6	26063.5	16380.6	-1925.3
TRUP	6	MPAL = 394 KG OPT	1379.4	5996.8	-325.4	32.3	661.3	5628.8	5758.9	75.1
KRIDLO	16		1624.7	145.6	-48.0	-8.9	11852.5	13939.5	2639.4	-116.6
LETOUN	617		3307.2	6365.0	424.2	9.9	15594.2	27492.4	16473.9	-1949.2
TRUP	6	MPAL = 575 KG OPT	1379.4	5996.8	-325.4	32.3	661.3	5628.8	5758.9	75.1
KRIDLO	17		1806.3	98.5	-38.0	-8.0	13247.7	15394.3	2703.1	-124.3
LETOUN	618		3674.1	6388.0	481.7	8.9	19108.1	30963.1	16653.8	-1993.1
TRUP	6	MPAL = 942 KG OPT	1379.4	5996.8	-325.4	32.3	661.3	5628.8	5758.9	75.1
KRIDLO	18		2173.3	26.9	-17.6	-6.7	16656.4	18902.3	2815.1	-139.8
LETOUN	619		4334.8	6420.8	571.4	7.5	27770.7	39541.0	16961.4	-2061.8
TRUP	6	MPAL = 1603 KG OPT	1379.4	5996.8	-325.4	32.3	661.3	5628.8	5758.9	75.1
KRIDLO	19		2834.0	-56.9	22.1	-5.1	25139.8	27519.7	2983.1	-168.7
LETOUN	620		4387.8	6423.0	577.4	7.4	28462.9	40228.7	16983.2	-2066.4
TRUP	6	MPAL = 1656 KG OPT	1379.4	5996.8	-325.4	32.3	661.3	5628.8	5758.9	75.1
KRIDLO	20		2887.0	-62.0	24.5	-5.0	25819.8	28209.6	2995.0	-170.5
LETOUN	701		2809.0	6251.3	309.8	1.5	12075.8	24481.0	16622.0	-1916.7
TRUP	7	MPAL = 0 KG MIN	1456.6	5884.5	-304.8	11.0	684.2	5968.5	6098.0	14.8
KRIDLO	1		1231.0	292.2	-63.7	-11.7	9892.4	11814.2	2467.5	-104.9
LETOUN	702		2959.0	6267.4	337.3	1.4	12330.1	24731.9	16702.8	-1941.0
TRUP	7	MPAL = 150 KG MIN	1456.6	5884.5	-304.8	11.0	684.2	5968.5	6098.0	14.8
KRIDLO	2		1380.9	228.0	-63.8	-10.5	10104.7	12097.5	2538.7	-104.5
LETOUN	703		2979.0	6269.5	340.8	1.4	12363.8	24765.3	16713.2	-1944.1
TRUP	7	MPAL = 170 KG MIN	1456.6	5884.5	-304.8	11.0	684.2	5968.5	6098.0	14.8
KRIDLO	3		1401.0	220.4	-63.8	-10.3	10133.1	12134.6	2547.5	-104.4
LETOUN	704		3021.1	6274.0	349.5	1.4	12703.3	25098.7	16740.0	-1952.5
TRUP	7	MPAL = 212 KG MIN	1456.6	5884.5	-304.8	11.0	684.2	5968.5	6098.0	14.8
KRIDLO	4		1443.1	204.5	-60.5	-10.0	10456.8	12475.7	2566.2	-107.0
LETOUN	705		3098.8	6282.0	365.0	1.3	13328.2	25713.1	16788.0	-1967.5
TRUP	7	MPAL = 290 KG MIN	1456.6	5884.5	-304.8	11.0	684.2	5968.5	6098.0	14.8
KRIDLO	5		1520.8	177.6	-54.8	-9.5	11053.6	13102.9	2598.8	-111.4
LETOUN	706		3202.7	6292.1	384.6	1.3	14162.6	26535.1	16849.5	-1986.5
TRUP	7	MPAL = 394 KG MIN	1456.6	5884.5	-304.8	11.0	684.2	5968.5	6098.0	14.8
KRIDLO	6		1624.7	145.6	-48.0	-8.9	11852.5	13939.5	2639.4	-116.6

1

LET KUNOVICE a.s. SYSTEM SAVLE DATUM: 25.01.2012  
 LETOUN: EV55\_KV CAS: 07:32:03  
 BD\_EV55 s kompozitovou stabilkou LIST: 12

## MOMENTY SETRVACNOSTI LETOUNU

	KONFIGURACE	NAZEV KONFIGURACE	G (KG)	XT (MM)	YT (MM)	ZT (MM)	JX (KGM2)	JY (KGM2)	JZ (KGM2)	JXY (KGM2)
LETOUN	707		3329.1	6303.5	406.8	1.2	15173.5	27533.2	16920.3	-2007.9
TRUP	7	MPAL = 520 KG MIN	1456.6	5884.5	-304.8	11.0	684.2	5968.5	6098.0	14.8
KRIDLO	7		1751.1	111.8	-40.8	-8.3	12823.1	14952.3	2684.5	-122.1
LETOUN	708		3706.6	6333.2	465.9	1.1	18542.9	30868.1	17117.8	-2065.3
TRUP	7	MPAL = 897 KG MIN	1456.6	5884.5	-304.8	11.0	684.2	5968.5	6098.0	14.8
KRIDLO	8		2128.6	34.4	-21.2	-6.8	16082.0	18317.7	2802.0	-137.1
LETOUN	709		3819.2	6341.1	483.7	1.1	20026.1	32333.6	17180.6	-2082.7
TRUP	7	MPAL = 1010 KG MIN	1456.6	5884.5	-304.8	11.0	684.2	5968.5	6098.0	14.8
KRIDLO	9		2241.2	16.0	-12.5	-6.4	17528.5	19789.5	2834.6	-143.6
LETOUN	710		4465.0	6379.0	568.5	.9	28493.7	40730.5	17494.3	-2165.5
TRUP	7	MPAL = 1656 KG MIN	1456.6	5884.5	-304.8	11.0	684.2	5968.5	6098.0	14.8
KRIDLO	10		2887.0	-62.0	24.5	-5.0	25819.8	28209.6	2995.0	-170.5
LETOUN	711		2809.0	6251.3	309.8	1.5	12075.8	24481.0	16622.0	-1916.7
TRUP	7	MPAL = 0 KG OPT	1456.6	5884.5	-304.8	11.0	684.2	5968.5	6098.0	14.8
KRIDLO	11		1231.0	292.2	-63.7	-11.7	9892.4	11814.2	2467.5	-104.9
LETOUN	712		2959.0	6267.4	337.3	1.4	12330.1	24731.9	16702.8	-1941.0
TRUP	7	MPAL = 150 KG OPT	1456.6	5884.5	-304.8	11.0	684.2	5968.5	6098.0	14.8
KRIDLO	12		1380.9	228.0	-63.8	-10.5	10104.7	12097.5	2538.7	-104.5
LETOUN	713		2979.0	6269.5	340.8	1.4	12363.8	24765.3	16713.2	-1944.1
TRUP	7	MPAL = 170 KG OPT	1456.6	5884.5	-304.8	11.0	684.2	5968.5	6098.0	14.8
KRIDLO	13		1401.0	220.4	-63.8	-10.3	10133.1	12134.6	2547.5	-104.4
LETOUN	714		3088.9	6281.0	363.1	1.3	13248.8	25635.0	16782.0	-1965.7
TRUP	7	MPAL = 280 KG OPT	1456.6	5884.5	-304.8	11.0	684.2	5968.5	6098.0	14.8
KRIDLO	14		1510.9	180.9	-55.4	-9.6	10977.7	13023.2	2594.8	-110.9
LETOUN	715		3098.8	6282.0	365.0	1.3	13328.2	25713.1	16788.0	-1967.5
TRUP	7	MPAL = 290 KG OPT	1456.6	5884.5	-304.8	11.0	684.2	5968.5	6098.0	14.8
KRIDLO	15		1520.8	177.6	-54.8	-9.5	11053.6	13102.9	2598.8	-111.4
LETOUN	716		3202.7	6292.1	384.6	1.3	14162.6	26535.1	16849.5	-1986.5
TRUP	7	MPAL = 394 KG OPT	1456.6	5884.5	-304.8	11.0	684.2	5968.5	6098.0	14.8
KRIDLO	16		1624.7	145.6	-48.0	-8.9	11852.5	13939.5	2639.4	-116.6
LETOUN	717		3384.4	6308.2	416.0	1.2	15614.8	27969.6	16950.0	-2016.8
TRUP	7	MPAL = 575 KG OPT	1456.6	5884.5	-304.8	11.0	684.2	5968.5	6098.0	14.8
KRIDLO	17		1806.3	98.5	-38.0	-8.0	13247.7	15394.3	2703.1	-124.3
LETOUN	718		3751.3	6336.4	473.1	1.1	19132.1	31450.1	17143.1	-2072.4
TRUP	7	MPAL = 942 KG OPT	1456.6	5884.5	-304.8	11.0	684.2	5968.5	6098.0	14.8
KRIDLO	18		2173.3	26.9	-17.6	-6.7	16656.4	18902.3	2815.1	-139.8

1

LET KUNOVICE a.s. SYSTEM SAVLE DATUM: 25.01.2012  
 LETOUN: EV55\_KV CAS: 07:32:03  
 BD\_EV55 s kompozitovou stabilkou LIST: 13

# NÁVRH VODOROVNÉ OCASNÍ PLOCHY DVOUMOTOROVÉHO LETOUNU DLE PŘEDPISU CS23

## MOMENTY SETRVACNOSTI LETOUNU

	KONFI- GURACE	NAZEV KONFIGURACE	G (KG)	XT (MM)	YT (MM)	ZT (MM)	JX (KGM2)	JY (KGM2)	JZ (KGM2)	JXY (KGM2)
LETOUN	719		4412.0	6376.3	562.5	.9	27801.0	40041.9	17471.1	-2159.6
TRUP	7	PRAZ. TRUP+PIL. ST	1456.6	5884.5	-304.8	11.0	684.2	5968.5	6098.0	14.8
KRIDLO	19	MPAL = 1603 KG OPT	2834.0	-56.9	22.1	-5.1	25139.8	27519.7	2983.1	-168.7
LETOUN	720		4465.0	6379.0	568.5	.9	28493.7	40730.5	17494.3	-2165.5
TRUP	7	PRAZ. TRUP+PIL. ST	1456.6	5884.5	-304.8	11.0	684.2	5968.5	6098.0	14.8
KRIDLO	20	MPAL = 1656 KG OPT	2887.0	-62.0	24.5	-5.0	25819.8	28209.6	2995.0	-170.5
LETOUN	801		3776.8	6243.4	223.2	18.5	12346.6	28865.7	20962.9	-2217.9
TRUP	8	PRAZ. TRUP MIN.+2	2424.4	6018.6	-194.3	33.6	916.1	10416.9	10466.3	362.5
KRIDLO	1	MPAL = 0 KG MIN	1231.0	292.2	-63.7	-11.7	9892.4	11814.2	2467.5	-104.9
LETOUN	802		3926.7	6255.9	247.3	17.7	12616.1	29117.6	21059.8	-2247.1
TRUP	8	PRAZ. TRUP MIN.+2	2424.4	6018.6	-194.3	33.6	916.1	10416.9	10466.3	362.5
KRIDLO	2	MPAL = 150 KG MIN	1380.9	228.0	-63.8	-10.5	10104.7	12097.5	2538.7	-104.5
LETOUN	803		3946.8	6257.5	250.4	17.7	12651.8	29151.2	21072.4	-2250.9
TRUP	8	PRAZ. TRUP MIN.+2	2424.4	6018.6	-194.3	33.6	916.1	10416.9	10466.3	362.5
KRIDLO	3	MPAL = 170 KG MIN	1401.0	220.4	-63.8	-10.3	10133.1	12134.6	2547.5	-104.4
LETOUN	804		3988.9	6261.0	257.9	17.5	12996.5	29484.9	21104.7	-2261.0
TRUP	8	PRAZ. TRUP MIN.+2	2424.4	6018.6	-194.3	33.6	916.1	10416.9	10466.3	362.5
KRIDLO	4	MPAL = 212 KG MIN	1443.1	204.5	-60.5	-10.0	10456.8	12475.7	2566.2	-107.0
LETOUN	805		4066.5	6267.4	271.5	17.1	13630.8	30100.0	21162.8	-2279.0
TRUP	8	PRAZ. TRUP MIN.+2	2424.4	6018.6	-194.3	33.6	916.1	10416.9	10466.3	362.5
KRIDLO	5	MPAL = 290 KG MIN	1520.8	177.6	-54.8	-9.5	11053.6	13102.9	2598.8	-111.4
LETOUN	806		4170.5	6275.5	288.9	16.7	14477.9	30923.0	21237.9	-2302.1
TRUP	8	PRAZ. TRUP MIN.+2	2424.4	6018.6	-194.3	33.6	916.1	10416.9	10466.3	362.5
KRIDLO	6	MPAL = 394 KG MIN	1624.7	145.6	-48.0	-8.9	11852.5	13939.5	2639.4	-116.6
LETOUN	807		4296.8	6284.8	308.9	16.2	15504.1	31922.5	21325.3	-2328.6
TRUP	8	PRAZ. TRUP MIN.+2	2424.4	6018.6	-194.3	33.6	916.1	10416.9	10466.3	362.5
KRIDLO	7	MPAL = 520 KG MIN	1751.1	111.8	-40.8	-8.3	12823.1	14952.3	2684.5	-122.1
LETOUN	811		3776.8	6243.4	223.2	18.5	12346.6	28865.7	20962.9	-2217.9
TRUP	8	PRAZ. TRUP MIN.+2	2424.4	6018.6	-194.3	33.6	916.1	10416.9	10466.3	362.5
KRIDLO	11	MPAL = 0 KG OPT	1231.0	292.2	-63.7	-11.7	9892.4	11814.2	2467.5	-104.9
LETOUN	812		3926.7	6255.9	247.3	17.7	12616.1	29117.6	21059.8	-2247.1
TRUP	8	PRAZ. TRUP MIN.+2	2424.4	6018.6	-194.3	33.6	916.1	10416.9	10466.3	362.5
KRIDLO	12	MPAL = 150 KG OPT	1380.9	228.0	-63.8	-10.5	10104.7	12097.5	2538.7	-104.5
LETOUN	813		3946.8	6257.5	250.4	17.7	12651.8	29151.2	21072.4	-2250.9
TRUP	8	PRAZ. TRUP MIN.+2	2424.4	6018.6	-194.3	33.6	916.1	10416.9	10466.3	362.5
KRIDLO	13	MPAL = 170 KG OPT	1401.0	220.4	-63.8	-10.3	10133.1	12134.6	2547.5	-104.4

## MOMENTY SETRVACNOSTI LETOUNU

	KONFI- GURACE	NAZEV KONFIGURACE	G (KG)	XT (MM)	YT (MM)	ZT (MM)	JX (KGM2)	JY (KGM2)	JZ (KGM2)	JXY (KGM2)
LETOUN	814		4056.7	6266.6	269.8	17.2	13550.3	30021.8	21155.5	-2276.7
TRUP	8	PRAZ. TRUP MIN.+2	2424.4	6018.6	-194.3	33.6	916.1	10416.9	10466.3	362.5
KRIDLO	14	MPAL = 280 KG OPT	1510.9	180.9	-55.4	-9.6	10977.7	13023.2	2594.8	-110.9
LETOUN	815		4066.5	6267.4	271.5	17.1	13630.8	30100.0	21162.8	-2279.0
TRUP	8	PRAZ. TRUP MIN.+2	2424.4	6018.6	-194.3	33.6	916.1	10416.9	10466.3	362.5
KRIDLO	15	MPAL = 290 KG OPT	1520.8	177.6	-54.8	-9.5	11053.6	13102.9	2598.8	-111.4
LETOUN	816		4170.5	6275.5	288.9	16.7	14477.9	30923.0	21237.9	-2302.1
TRUP	8	PRAZ. TRUP MIN.+2	2424.4	6018.6	-194.3	33.6	916.1	10416.9	10466.3	362.5
KRIDLO	16	MPAL = 394 KG OPT	1624.7	145.6	-48.0	-8.9	11852.5	13939.5	2639.4	-116.6
LETOUN	817		4352.1	6288.7	317.3	16.0	15952.0	32359.5	21362.2	-2339.8
TRUP	8	PRAZ. TRUP MIN.+2	2424.4	6018.6	-194.3	33.6	916.1	10416.9	10466.3	362.5
KRIDLO	17	MPAL = 575 KG OPT	1806.3	98.5	-38.0	-8.0	13247.7	15394.3	2703.1	-124.3
LETOUN	901		3559.1	6292.5	231.3	1.8	12304.5	27272.4	19380.9	-1771.2
TRUP	9	PRAZ. TRUP +1PIL.	2206.7	6075.7	-222.5	8.3	859.8	8893.9	8937.8	-20.2
KRIDLO	1	MPAL = 0 KG MIN	1231.0	292.2	-63.7	-11.7	9892.4	11814.2	2467.5	-104.9
LETOUN	902		3709.1	6303.7	256.4	1.7	12572.4	27519.9	19472.0	-1795.6
TRUP	9	PRAZ. TRUP +1PIL.	2206.7	6075.7	-222.5	8.3	859.8	8893.9	8937.8	-20.2
KRIDLO	2	MPAL = 150 KG MIN	1380.9	228.0	-63.8	-10.5	10104.7	12097.5	2538.7	-104.5
LETOUN	903		3729.1	6305.2	259.6	1.7	12607.9	27553.0	19483.7	-1798.8
TRUP	9	PRAZ. TRUP +1PIL.	2206.7	6075.7	-222.5	8.3	859.8	8893.9	8937.8	-20.2
KRIDLO	3	MPAL = 170 KG MIN	1401.0	220.4	-63.8	-10.3	10133.1	12134.6	2547.5	-104.4
LETOUN	904		3771.2	6308.4	267.5	1.7	12952.0	27885.4	19514.2	-1807.3
TRUP	9	PRAZ. TRUP +1PIL.	2206.7	6075.7	-222.5	8.3	859.8	8893.9	8937.8	-20.2
KRIDLO	4	MPAL = 212 KG MIN	1443.1	204.5	-60.5	-10.0	10456.8	12475.7	2566.2	-107.0
LETOUN	905		3848.9	6314.1	281.7	1.7	13585.2	28498.2	19569.0	-1822.5
TRUP	9	PRAZ. TRUP +1PIL.	2206.7	6075.7	-222.5	8.3	859.8	8893.9	8937.8	-20.2
KRIDLO	5	MPAL = 290 KG MIN	1520.8	177.6	-54.8	-9.5	11053.6	13102.9	2598.8	-111.4
LETOUN	906		3952.8	6321.5	299.7	1.6	14430.8	29318.4	19639.8	-1842.0
TRUP	9	PRAZ. TRUP +1PIL.	2206.7	6075.7	-222.5	8.3	859.8	8893.9	8937.8	-20.2
KRIDLO	6	MPAL = 394 KG MIN	1624.7	145.6	-48.0	-8.9	11852.5	13939.5	2639.4	-116.6
LETOUN	907		4079.2	6329.9	320.5	1.6	15455.0	30314.5	19721.9	-1864.3
TRUP	9	PRAZ. TRUP +1PIL.	2206.7	6075.7	-222.5	8.3	859.8	8893.9	8937.8	-20.2
KRIDLO	7	MPAL = 520 KG MIN	1751.1	111.8	-40.8	-8.3	12823.1	14952.3	2684.5	-122.1
LETOUN	908		4456.7	6352.3	377.0	1.4	18863.8	33645.0	19954.3	-1925.4
TRUP	9	PRAZ. TRUP +1PIL.	2206.7	6075.7	-222.5	8.3	859.8	8893.9	8937.8	-20.2
KRIDLO	8	MPAL = 897 KG MIN	2128.6	34.4	-21.2	-6.8	16082.0	18317.7	2802.0	-137.1

LET KUNOVICE a.s.  
LETOUN: EV55\_KV  
BD\_EV55 s kompozitovou stabilkou

SYSTEM SAVLE

DATUM: 25.01.2012  
CAS: 07:32:03  
LIST: 15

# NÁVRH VODOROVNÉ OCASNÍ PLOCHY DVOUMOTOROVÉHO LETOUNU DLE PŘEDPISU CS23

LET KUNOVICE a.s. SYSTEM SAVLE DATUM: 25.01.2012  
 LETOUN: EV55\_KV CAS: 07:32:03  
 BD\_EV55 s kompozitovou stabilkou LIST: 15

## MOMENTY SETRVACNOSTI LETOUNU

	KONFI- GURACE	NAZEV KONFIGURACE	G (KG)	XT (MM)	YT (MM)	ZT (MM)	JX (KGM2)	JY (KGM2)	JZ (KGM2)	JXY (KGM2)
LETOUN	909		4569.3	6358.5	394.0	1.4	20359.8	35109.3	20029.0	-1944.1
TRUP	9	PAZ.TRUP +IPIL.	2206.7	6075.7	-222.5	8.3	859.8	8893.9	8937.8	-20.2
KRIDLO	9	MPAL = 1010 KG MIN	2241.2	16.0	-12.5	-6.4	17528.5	19789.5	2834.6	-143.6
LETOUN	911		3559.1	6292.5	231.3	1.8	12304.5	27272.4	19380.9	-1771.2
TRUP	9	PAZ.TRUP +IPIL.	2206.7	6075.7	-222.5	8.3	859.8	8893.9	8937.8	-20.2
KRIDLO	11	MPAL = 0 KG OPT	1231.0	292.2	-63.7	-11.7	9892.4	11814.2	2467.5	-104.9
LETOUN	912		3709.1	6303.7	256.4	1.7	12572.4	27519.9	19472.0	-1795.6
TRUP	9	PAZ.TRUP +IPIL.	2206.7	6075.7	-222.5	8.3	859.8	8893.9	8937.8	-20.2
KRIDLO	12	MPAL = 150 KG OPT	1380.9	228.0	-63.8	-10.5	10104.7	12097.5	2538.7	-104.5
LETOUN	913		3729.1	6305.2	259.6	1.7	12607.9	27553.0	19483.7	-1798.8
TRUP	9	PAZ.TRUP +IPIL.	2206.7	6075.7	-222.5	8.3	859.8	8893.9	8937.8	-20.2
KRIDLO	13	MPAL = 170 KG OPT	1401.0	220.4	-63.8	-10.3	10133.1	12134.6	2547.5	-104.4
LETOUN	914		3859.0	6313.4	279.9	1.7	13504.8	28420.4	19562.2	-1820.6
TRUP	9	PAZ.TRUP +IPIL.	2206.7	6075.7	-222.5	8.3	859.8	8893.9	8937.8	-20.2
KRIDLO	14	MPAL = 280 KG OPT	1510.9	180.9	-55.4	-9.6	10977.7	13023.2	2594.8	-110.9
LETOUN	915		3848.9	6314.1	281.7	1.7	13585.2	28498.2	19569.0	-1822.5
TRUP	9	PAZ.TRUP +IPIL.	2206.7	6075.7	-222.5	8.3	859.8	8893.9	8937.8	-20.2
KRIDLO	15	MPAL = 290 KG OPT	1520.8	177.6	-54.8	-9.5	11053.6	13102.9	2598.8	-111.4
LETOUN	916		3952.8	6321.5	299.7	1.6	14430.8	29318.4	19639.8	-1842.0
TRUP	9	PAZ.TRUP +IPIL.	2206.7	6075.7	-222.5	8.3	859.8	8893.9	8937.8	-20.2
KRIDLO	16	MPAL = 394 KG OPT	1624.7	145.6	-48.0	-8.9	11852.5	13939.5	2639.4	-116.6
LETOUN	917		4134.5	6333.4	329.1	1.5	15902.1	30750.1	19756.6	-1873.6
TRUP	9	PAZ.TRUP +IPIL.	2206.7	6075.7	-222.5	8.3	859.8	8893.9	8937.8	-20.2
KRIDLO	17	MPAL = 575 KG OPT	1806.3	98.5	-38.0	-8.0	13247.7	15394.3	2703.1	-124.3
LETOUN	918		4501.4	6354.8	383.8	1.4	19458.1	34226.4	19984.3	-1932.9
TRUP	9	PAZ.TRUP +IPIL.	2206.7	6075.7	-222.5	8.3	859.8	8893.9	8937.8	-20.2
KRIDLO	18	MPAL = 942 KG OPT	2173.3	26.9	-17.6	-6.7	16656.4	18902.3	2815.1	-139.8
LETOUN	1001		4154.3	6358.2	94.2	-8	12466.5	26784.3	19353.0	-1691.0
TRUP	10	PAZ.TRUP CARGO+	2801.9	6219.2	-329.4	3.1	673.6	8512.5	8668.2	-35.9
KRIDLO	1	MPAL = 0 KG MIN	1231.0	292.2	-63.7	-11.7	9892.4	11814.2	2467.5	-104.9
LETOUN	1002		4304.2	6365.6	120.6	-8	12762.1	27027.2	19467.2	-1713.9
TRUP	10	PAZ.TRUP CARGO+	2801.9	6219.2	-329.4	3.1	673.6	8512.5	8668.2	-35.9
KRIDLO	2	MPAL = 150 KG MIN	1380.9	228.0	-63.8	-10.5	10104.7	12097.5	2538.7	-104.5
LETOUN	1003		4324.3	6366.5	124.0	-8	12801.2	27059.7	19482.0	-1716.8
TRUP	10	PAZ.TRUP CARGO+	2801.9	6219.2	-329.4	3.1	673.6	8512.5	8668.2	-35.9
KRIDLO	3	MPAL = 170 KG MIN	1401.0	220.4	-63.8	-10.3	10133.1	12134.6	2547.5	-104.4

LET KUNOVICE a.s. SYSTEM SAVLE DATUM: 25.01.2012  
 LETOUN: EV55\_KV CAS: 07:32:03  
 BD\_EV55 s kompozitovou stabilkou LIST: 16

## MOMENTY SETRVACNOSTI LETOUNU

	KONFI- GURACE	NAZEV KONFIGURACE	G (KG)	XT (MM)	YT (MM)	ZT (MM)	JX (KGM2)	JY (KGM2)	JZ (KGM2)	JXY (KGM2)
LETOUN	1004		4366.4	6368.7	132.1	-8	13154.1	27390.8	19520.0	-1724.8
TRUP	10	PAZ.TRUP CARGO+	2801.9	6219.2	-329.4	3.1	673.6	8512.5	8668.2	-35.9
KRIDLO	4	MPAL = 212 KG MIN	1443.1	204.5	-60.5	-10.0	10456.8	12475.7	2566.2	-107.0
LETOUN	1005		4444.0	6372.7	146.7	-7	13803.3	28001.3	19588.5	-1739.2
TRUP	10	PAZ.TRUP CARGO+	2801.9	6219.2	-329.4	3.1	673.6	8512.5	8668.2	-35.9
KRIDLO	5	MPAL = 290 KG MIN	1520.8	177.6	-54.8	-9.5	11053.6	13102.9	2598.8	-111.4
LETOUN	1006		4548.0	6377.7	165.5	-7	14669.8	28818.5	19677.1	-1757.7
TRUP	10	PAZ.TRUP CARGO+	2801.9	6219.2	-329.4	3.1	673.6	8512.5	8668.2	-35.9
KRIDLO	6	MPAL = 394 KG MIN	1624.7	145.6	-48.0	-8.9	11852.5	13939.5	2639.4	-116.6
LETOUN	1011		4154.3	6358.2	94.2	-8	12466.5	26784.3	19353.0	-1691.0
TRUP	10	PAZ.TRUP CARGO+	2801.9	6219.2	-329.4	3.1	673.6	8512.5	8668.2	-35.9
KRIDLO	11	MPAL = 0 KG OPT	1231.0	292.2	-63.7	-11.7	9892.4	11814.2	2467.5	-104.9
LETOUN	1012		4304.2	6365.6	120.6	-8	12762.1	27027.2	19467.2	-1713.9
TRUP	10	PAZ.TRUP CARGO+	2801.9	6219.2	-329.4	3.1	673.6	8512.5	8668.2	-35.9
KRIDLO	12	MPAL = 150 KG OPT	1380.9	228.0	-63.8	-10.5	10104.7	12097.5	2538.7	-104.5
LETOUN	1013		4324.3	6366.5	124.0	-8	12801.2	27059.7	19482.0	-1716.8
TRUP	10	PAZ.TRUP CARGO+	2801.9	6219.2	-329.4	3.1	673.6	8512.5	8668.2	-35.9
KRIDLO	13	MPAL = 170 KG OPT	1401.0	220.4	-63.8	-10.3	10133.1	12134.6	2547.5	-104.4
LETOUN	1014		4434.2	6372.2	144.9	-7	13720.9	27923.7	19579.9	-1737.4
TRUP	10	PAZ.TRUP CARGO+	2801.9	6219.2	-329.4	3.1	673.6	8512.5	8668.2	-35.9
KRIDLO	14	MPAL = 280 KG OPT	1510.9	180.9	-55.4	-9.6	10977.7	13023.2	2594.8	-110.9
LETOUN	1015		4444.0	6372.7	146.7	-7	13803.3	28001.3	19588.5	-1739.2
TRUP	10	PAZ.TRUP CARGO+	2801.9	6219.2	-329.4	3.1	673.6	8512.5	8668.2	-35.9
KRIDLO	15	MPAL = 290 KG OPT	1520.8	177.6	-54.8	-9.5	11053.6	13102.9	2598.8	-111.4
LETOUN	1016		4548.0	6377.7	165.5	-7	14669.8	28818.5	19677.1	-1757.7
TRUP	10	PAZ.TRUP CARGO+	2801.9	6219.2	-329.4	3.1	673.6	8512.5	8668.2	-35.9
KRIDLO	16	MPAL = 394 KG OPT	1624.7	145.6	-48.0	-8.9	11852.5	13939.5	2639.4	-116.6
LETOUN	1101		4309.7	6509.3	84.9	-2.7	12466.7	25530.7	18108.2	-1427.3
TRUP	11	PAZ.TRUP CARGO+	2957.3	6446.6	-320.6	0	668.0	7388.4	7546.9	-32.2
KRIDLO	1	MPAL = 0 KG MIN	1231.0	292.2	-63.7	-11.7	9892.4	11814.2	2467.5	-104.9
LETOUN	1102		4458.6	6511.3	110.7	-2.6	12764.4	25767.7	18218.5	-1433.7
TRUP	11	PAZ.TRUP CARGO+	2957.3	6446.6	-320.6	0	668.0	7388.4	7546.9	-32.2
KRIDLO	2	MPAL = 150 KG MIN	1380.9	228.0	-63.8	-10.5	10104.7	12097.5	2538.7	-104.5
LETOUN	1103		4479.7	6511.6	114.0	-2.6	12803.8	25799.4	18232.8	-1434.5
TRUP	11	PAZ.TRUP CARGO+	2957.3	6446.6	-320.6	0	668.0	7388.4	7546.9	-32.2
KRIDLO	3	MPAL = 170 KG MIN	1401.0	220.4	-63.8	-10.3	10133.1	12134.6	2547.5	-104.4

LET KUNOVICE a.s. SYSTEM SAVLE DATUM: 25.01.2012  
 LETOUN: EV55\_KV CAS: 07:32:03  
 BD\_EV55 s kompozitovou stabilkou LIST: 17

# NÁVRH VODOROVNÉ OCASNÍ PLOCHY DVOUMOTOROVÉHO LETOUNU DLE PŘEDPISU CS23

## MOMENTY SETRVACNOSTI LETOUNU

	KONFIGURACE	NAZEV KONFIGURACE	G (KG)	XT (MM)	YT (MM)	ZT (MM)	JX (KGM2)	JY (KGM2)	JZ (KGM2)	JXY (KGM2)
LETOUN	1104		4521.8	6512.3	122.0	-2.6	13157.5	26128.7	18269.7	-1437.5
TRUP	11	PRAZ.TRUP CARGO+	2957.3	6446.6	-320.6	.0	668.0	7388.4	7546.9	-32.2
KRIDLO	4	MPAL = 212 KG MIN	1443.1	204.5	-60.5	-10.0	10456.8	12475.7	2566.2	-107.0
LETOUN	1105		4599.4	6513.7	136.3	-2.6	13808.0	26735.8	18336.2	-1442.7
TRUP	11	PRAZ.TRUP CARGO+	2957.3	6446.6	-320.6	.0	668.0	7388.4	7546.9	-32.2
KRIDLO	5	MPAL = 290 KG MIN	1520.8	177.6	-54.8	-9.5	11053.6	13102.9	2598.8	-111.4
LETOUN	1111		4309.7	6509.3	84.9	-2.7	12466.7	25530.7	18108.2	-1427.3
TRUP	11	PRAZ.TRUP CARGO+	2957.3	6446.6	-320.6	.0	668.0	7388.4	7546.9	-32.2
KRIDLO	11	MPAL = 0 KG OPT	1231.0	292.2	-63.7	-11.7	9892.4	11814.2	2467.5	-104.9
LETOUN	1112		4459.6	6511.3	110.7	-2.6	12764.4	25767.7	18218.5	-1433.7
TRUP	11	PRAZ.TRUP CARGO+	2957.3	6446.6	-320.6	.0	668.0	7388.4	7546.9	-32.2
KRIDLO	12	MPAL = 150 KG OPT	1380.9	228.0	-63.8	-10.5	10104.7	12097.5	2538.7	-104.5
LETOUN	1113		4479.7	6511.6	114.0	-2.6	12803.8	25799.4	18232.8	-1434.5
TRUP	11	PRAZ.TRUP CARGO+	2957.3	6446.6	-320.6	.0	668.0	7388.4	7546.9	-32.2
KRIDLO	13	MPAL = 170 KG OPT	1401.0	220.4	-63.8	-10.3	10133.1	12134.6	2547.5	-104.4
LETOUN	1114		4589.6	6513.5	134.5	-2.6	13725.4	26658.6	18327.8	-1442.1
TRUP	11	PRAZ.TRUP CARGO+	2957.3	6446.6	-320.6	.0	668.0	7388.4	7546.9	-32.2
KRIDLO	14	MPAL = 280 KG OPT	1510.9	180.9	-55.4	-9.6	10977.7	13023.2	2594.8	-110.9
LETOUN	1115		4599.4	6513.7	136.3	-2.6	13808.0	26735.8	18336.2	-1442.7
TRUP	11	PRAZ.TRUP CARGO+	2957.3	6446.6	-320.6	.0	668.0	7388.4	7546.9	-32.2
KRIDLO	15	MPAL = 290 KG OPT	1520.8	177.6	-54.8	-9.5	11053.6	13102.9	2598.8	-111.4
LETOUN	1201		3589.0	6516.8	231.7	22.1	12288.8	27727.0	19823.2	-1557.8
TRUP	12	PRAZ.TRUP +IPIL.	2236.6	6438.4	-215.8	40.7	849.7	9583.3	9624.1	129.8
KRIDLO	1	MPAL = 0 KG MIN	1231.0	292.2	-63.7	-11.7	9892.4	11814.2	2467.5	-104.9
LETOUN	1202		3739.0	6518.9	256.6	21.2	12556.7	27963.9	19903.5	-1562.2
TRUP	12	PRAZ.TRUP +IPIL.	2236.6	6438.4	-215.8	40.7	849.7	9583.3	9624.1	129.8
KRIDLO	2	MPAL = 150 KG MIN	1380.9	228.0	-63.8	-10.5	10104.7	12097.5	2538.7	-104.5
LETOUN	1203		3759.0	6519.2	259.8	21.1	12592.2	27995.6	19913.9	-1562.8
TRUP	12	PRAZ.TRUP +IPIL.	2236.6	6438.4	-215.8	40.7	849.7	9583.3	9624.1	129.8
KRIDLO	3	MPAL = 170 KG MIN	1401.0	220.4	-63.8	-10.3	10133.1	12134.6	2547.5	-104.4
LETOUN	1204		3801.1	6520.0	267.6	20.8	12936.3	28324.8	19941.2	-1565.0
TRUP	12	PRAZ.TRUP +IPIL.	2236.6	6438.4	-215.8	40.7	849.7	9583.3	9624.1	129.8
KRIDLO	4	MPAL = 212 KG MIN	1443.1	204.5	-60.5	-10.0	10456.8	12475.7	2566.2	-107.0
LETOUN	1205		3878.8	6521.5	281.7	20.4	13569.6	28931.9	19990.2	-1568.9
TRUP	12	PRAZ.TRUP +IPIL.	2236.6	6438.4	-215.8	40.7	849.7	9583.3	9624.1	129.8
KRIDLO	5	MPAL = 290 KG MIN	1520.8	177.6	-54.8	-9.5	11053.6	13102.9	2598.8	-111.4

LET KUNOVICE a.s.

SYSTEM SAVLE

DATUM: 25.01.2012

LETOUN: EV55\_KV

CAS: 07:32:03

BD\_EV55 s kompozitovou stabilkou

LIST: 18

## MOMENTY SETRVACNOSTI LETOUNU

	KONFIGURACE	NAZEV KONFIGURACE	G (KG)	XT (MM)	YT (MM)	ZT (MM)	JX (KGM2)	JY (KGM2)	JZ (KGM2)	JXY (KGM2)
LETOUN	1206		3982.7	6523.3	299.6	19.9	14415.2	29744.7	20053.6	-1574.0
TRUP	12	PRAZ.TRUP +IPIL.	2236.6	6438.4	-215.8	40.7	849.7	9583.3	9624.1	129.8
KRIDLO	6	MPAL = 394 KG MIN	1624.7	145.6	-48.0	-8.9	11852.5	13939.5	2639.4	-116.6
LETOUN	1207		4109.1	6525.5	320.2	19.3	15439.5	30732.4	20127.3	-1579.8
TRUP	12	PRAZ.TRUP +IPIL.	2236.6	6438.4	-215.8	40.7	849.7	9583.3	9624.1	129.8
KRIDLO	7	MPAL = 520 KG MIN	1751.1	111.8	-40.8	-8.3	12823.1	14952.3	2684.5	-122.1
LETOUN	1208		4486.6	6531.3	376.3	17.6	18848.6	34040.4	20337.4	-1595.8
TRUP	12	PRAZ.TRUP +IPIL.	2236.6	6438.4	-215.8	40.7	849.7	9583.3	9624.1	129.8
KRIDLO	8	MPAL = 897 KG MIN	2128.6	34.4	-21.2	-6.8	16082.0	18317.7	2802.0	-137.1
LETOUN	1209		4599.2	6533.1	393.3	17.2	20344.8	35498.5	20405.8	-1600.9
TRUP	12	PRAZ.TRUP +IPIL.	2236.6	6438.4	-215.8	40.7	849.7	9583.3	9624.1	129.8
KRIDLO	9	MPAL = 1010 KG MIN	2241.2	16.0	-12.5	-6.4	17528.5	19789.5	2834.6	-143.6
LETOUN	1211		3589.0	6516.8	231.7	22.1	12288.8	27727.0	19823.2	-1557.8
TRUP	12	PRAZ.TRUP +IPIL.	2236.6	6438.4	-215.8	40.7	849.7	9583.3	9624.1	129.8
KRIDLO	11	MPAL = 0 KG OPT	1231.0	292.2	-63.7	-11.7	9892.4	11814.2	2467.5	-104.9
LETOUN	1212		3739.0	6518.9	256.6	21.2	12556.7	27963.9	19903.5	-1562.2
TRUP	12	PRAZ.TRUP +IPIL.	2236.6	6438.4	-215.8	40.7	849.7	9583.3	9624.1	129.8
KRIDLO	12	MPAL = 150 KG OPT	1380.9	228.0	-63.8	-10.5	10104.7	12097.5	2538.7	-104.5
LETOUN	1213		3759.0	6519.2	259.8	21.1	12592.2	27995.6	19913.9	-1562.8
TRUP	12	PRAZ.TRUP +IPIL.	2236.6	6438.4	-215.8	40.7	849.7	9583.3	9624.1	129.8
KRIDLO	13	MPAL = 170 KG OPT	1401.0	220.4	-63.8	-10.3	10133.1	12134.6	2547.5	-104.4
LETOUN	1214		3868.9	6521.3	279.9	20.5	13489.1	28854.7	19984.1	-1568.4
TRUP	12	PRAZ.TRUP +IPIL.	2236.6	6438.4	-215.8	40.7	849.7	9583.3	9624.1	129.8
KRIDLO	14	MPAL = 280 KG OPT	1510.9	180.9	-55.4	-9.6	10977.7	13023.2	2594.8	-110.9
LETOUN	1215		3878.8	6521.5	281.7	20.4	13569.6	28931.9	19990.2	-1568.9
TRUP	12	PRAZ.TRUP +IPIL.	2236.6	6438.4	-215.8	40.7	849.7	9583.3	9624.1	129.8
KRIDLO	15	MPAL = 290 KG OPT	1520.8	177.6	-54.8	-9.5	11053.6	13102.9	2598.8	-111.4
LETOUN	1216		3982.7	6523.3	299.6	19.9	14415.2	29744.7	20053.6	-1574.0
TRUP	12	PRAZ.TRUP +IPIL.	2236.6	6438.4	-215.8	40.7	849.7	9583.3	9624.1	129.8
KRIDLO	16	MPAL = 394 KG OPT	1624.7	145.6	-48.0	-8.9	11852.5	13939.5	2639.4	-116.6
LETOUN	1217		4164.4	6526.4	328.8	19.0	15886.6	31164.6	20158.5	-1582.2
TRUP	12	PRAZ.TRUP +IPIL.	2236.6	6438.4	-215.8	40.7	849.7	9583.3	9624.1	129.8
KRIDLO	17	MPAL = 575 KG OPT	1806.3	98.5	-38.0	-8.0	13247.7	15394.3	2703.1	-124.3
LETOUN	1218		4531.3	6532.0	383.2	17.5	19443.0	34619.4	20364.9	-1597.8
TRUP	12	PRAZ.TRUP +IPIL.	2236.6	6438.4	-215.8	40.7	849.7	9583.3	9624.1	129.8
KRIDLO	18	MPAL = 942 KG OPT	2173.3	26.9	-17.6	-6.7	16656.4	18902.3	2815.1	-139.8

LET KUNOVICE a.s.

SYSTEM SAVLE

DATUM: 25.01.2012

LETOUN: EV55\_KV

CAS: 07:32:03

BD\_EV55 s kompozitovou stabilkou

LIST: 19

# NÁVRH VODOROVNÉ OCASNÍ PLOCHY DVOUMOTOROVÉHO LETOUNU DLE PŘEDPISU CS23

	KONFIGURACE	NAZEV KONFIGURACE	G (KG)	XT (MM)	YT (MM)	ZT (MM)	JX (KGM2)	JY (KGM2)	JZ (KGM2)	JXY (KGM2)
LETOUN	1301	MFW,MEZNI PRED.C	2918.9	6136.3	304.3	8.7	12056.8	24855.3	16999.8	-2036.4
TRUP	13		1566.5	5695.9	-271.8	23.9	685.0	6093.7	6247.5	-41.3
KRIDLO	1	MPAL = 0 KG MIN	1231.0	292.2	-63.7	-11.7	9892.4	11814.2	2467.5	-104.9
LETOUN	1302	MFW,MEZNI PRED.C	3068.9	6157.4	331.1	8.3	12312.0	25118.6	17093.9	-2070.0
TRUP	13		1566.5	5695.9	-271.8	23.9	685.0	6093.7	6247.5	-41.3
KRIDLO	2	MPAL = 150 KG MIN	1380.9	228.0	-63.8	-10.5	10104.7	12097.5	2538.7	-104.5
LETOUN	1303	MFW,MEZNI PRED.C	3088.9	6160.1	334.5	8.3	12345.9	25153.6	17106.0	-2074.3
TRUP	13		1566.5	5695.9	-271.8	23.9	685.0	6093.7	6247.5	-41.3
KRIDLO	3	MPAL = 170 KG MIN	1401.0	220.4	-63.8	-10.3	10133.1	12134.6	2547.5	-104.4
LETOUN	1304	MFW,MEZNI PRED.C	3131.1	6165.9	343.0	8.1	12685.7	25490.4	17136.6	-2085.7
TRUP	13		1566.5	5695.9	-271.8	23.9	685.0	6093.7	6247.5	-41.3
KRIDLO	4	MPAL = 212 KG MIN	1443.1	204.5	-60.5	-10.0	10456.8	12475.7	2566.2	-107.0
LETOUN	1305	MFW,MEZNI PRED.C	3208.7	6176.3	358.2	7.9	13311.2	26110.9	17191.3	-2106.0
TRUP	13		1566.5	5695.9	-271.8	23.9	685.0	6093.7	6247.5	-41.3
KRIDLO	5	MPAL = 290 KG MIN	1520.8	177.6	-54.8	-9.5	11053.6	13102.9	2598.8	-111.4
LETOUN	1306	MFW,MEZNI PRED.C	3312.7	6189.4	377.3	7.7	14146.5	26940.6	17261.4	-2131.7
TRUP	13		1566.5	5695.9	-271.8	23.9	685.0	6093.7	6247.5	-41.3
KRIDLO	6	MPAL = 394 KG MIN	1624.7	145.6	-48.0	-8.9	11852.5	13939.5	2639.4	-116.6
LETOUN	1307	MFW,MEZNI PRED.C	3439.0	6204.2	399.1	7.4	15158.5	27947.6	17342.2	-2160.8
TRUP	13		1566.5	5695.9	-271.8	23.9	685.0	6093.7	6247.5	-41.3
KRIDLO	7	MPAL = 520 KG MIN	1751.1	111.8	-40.8	-8.3	12823.1	14952.3	2684.5	-122.1
LETOUN	1308	MFW,MEZNI PRED.C	3816.5	6242.8	457.2	6.7	18531.4	31305.7	17566.3	-2239.0
TRUP	13		1566.5	5695.9	-271.8	23.9	685.0	6093.7	6247.5	-41.3
KRIDLO	8	MPAL = 897 KG MIN	2128.6	34.4	-21.2	-6.8	16082.0	18317.7	2802.0	-137.1
LETOUN	1309	MFW,MEZNI PRED.C	3929.1	6253.2	474.8	6.5	20015.7	32777.3	17636.5	-2262.8
TRUP	13		1566.5	5695.9	-271.8	23.9	685.0	6093.7	6247.5	-41.3
KRIDLO	9	MPAL = 1010 KG MIN	2241.2	16.0	-12.5	-6.4	17528.5	19789.5	2834.6	-143.6
LETOUN	1310	MFW,MEZNI PRED.C	4574.9	6302.5	558.8	5.6	28490.0	41204.3	17986.8	-2376.2
TRUP	13		1566.5	5695.9	-271.8	23.9	685.0	6093.7	6247.5	-41.3
KRIDLO	10	MPAL = 1656 KG MIN	2887.0	-62.0	24.5	-5.0	25819.8	28209.6	2995.0	-170.5
LETOUN	1311	MFW,MEZNI PRED.C	2918.9	6136.3	304.3	8.7	12056.8	24855.3	16999.8	-2036.4
TRUP	13		1566.5	5695.9	-271.8	23.9	685.0	6093.7	6247.5	-41.3
KRIDLO	11	MPAL = 0 KG OPT	1231.0	292.2	-63.7	-11.7	9892.4	11814.2	2467.5	-104.9
LETOUN	1312	MFW,MEZNI PRED.C	3068.9	6157.4	331.1	8.3	12312.0	25118.6	17093.9	-2070.0
TRUP	13		1566.5	5695.9	-271.8	23.9	685.0	6093.7	6247.5	-41.3
KRIDLO	12	MPAL = 150 KG OPT	1380.9	228.0	-63.8	-10.5	10104.7	12097.5	2538.7	-104.5

LET KUNOVICE a.s.  
LETOUN: EV55\_KV  
BD\_EV55 s kompozitovou stabilkou

SYSTEM SAVLE

DATUM: 25.01.2012  
CAS: 07:32:03  
LIST: 20

## MOMENTY SETRVACNOSTI LETOUNU

	KONFIGURACE	NAZEV KONFIGURACE	G (KG)	XT (MM)	YT (MM)	ZT (MM)	JX (KGM2)	JY (KGM2)	JZ (KGM2)	JXY (KGM2)
LETOUN	1313	MFW,MEZNI PRED.C	3088.9	6160.1	334.5	8.3	12345.9	25153.6	17106.0	-2074.3
TRUP	13		1566.5	5695.9	-271.8	23.9	685.0	6093.7	6247.5	-41.3
KRIDLO	13	MPAL = 170 KG OPT	1401.0	220.4	-63.8	-10.3	10133.1	12134.6	2547.5	-104.4
LETOUN	1314	MFW,MEZNI PRED.C	3198.8	6175.0	356.3	8.0	13231.8	26032.0	17184.5	-2103.5
TRUP	13		1566.5	5695.9	-271.8	23.9	685.0	6093.7	6247.5	-41.3
KRIDLO	14	MPAL = 280 KG OPT	1510.9	180.9	-55.4	-9.6	10977.7	13023.2	2594.8	-110.9
LETOUN	1315	MFW,MEZNI PRED.C	3208.7	6176.3	358.2	7.9	13311.2	26110.9	17191.3	-2106.0
TRUP	13		1566.5	5695.9	-271.8	23.9	685.0	6093.7	6247.5	-41.3
KRIDLO	15	MPAL = 290 KG OPT	1520.8	177.6	-54.8	-9.5	11053.6	13102.9	2598.8	-111.4
LETOUN	1316	MFW,MEZNI PRED.C	3312.7	6189.4	377.3	7.7	14146.5	26940.6	17261.4	-2131.7
TRUP	13		1566.5	5695.9	-271.8	23.9	685.0	6093.7	6247.5	-41.3
KRIDLO	16	MPAL = 394 KG OPT	1624.7	145.6	-48.0	-8.9	11852.5	13939.5	2639.4	-116.6
LETOUN	1317	MFW,MEZNI PRED.C	3494.3	6210.3	408.1	7.3	15600.3	28387.6	17376.0	-2172.9
TRUP	13		1566.5	5695.9	-271.8	23.9	685.0	6093.7	6247.5	-41.3
KRIDLO	17	MPAL = 575 KG OPT	1806.3	98.5	-38.0	-8.0	13247.7	15394.3	2703.1	-124.3
LETOUN	1318	MFW,MEZNI PRED.C	3861.2	6247.0	464.3	6.6	19121.0	31890.1	17594.6	-2248.6
TRUP	13		1566.5	5695.9	-271.8	23.9	685.0	6093.7	6247.5	-41.3
KRIDLO	18	MPAL = 942 KG OPT	2173.3	26.9	-17.6	-6.7	16656.4	18902.3	2815.1	-139.8
LETOUN	1319	MFW,MEZNI PRED.C	4522.0	6299.0	552.8	5.6	27796.8	40513.6	17960.9	-2368.1
TRUP	13		1566.5	5695.9	-271.8	23.9	685.0	6093.7	6247.5	-41.3
KRIDLO	19	MPAL = 1603 KG OPT	2834.0	-56.9	22.1	-5.1	25139.8	27519.7	2983.1	-168.7
LETOUN	1320	MFW,MEZNI PRED.C	4574.9	6302.5	558.8	5.6	28490.0	41204.3	17986.8	-2376.2
TRUP	13		1566.5	5695.9	-271.8	23.9	685.0	6093.7	6247.5	-41.3
KRIDLO	20	MPAL = 1656 KG OPT	2887.0	-62.0	24.5	-5.0	25819.8	28209.6	2995.0	-170.5
LETOUN	1401	MFW,MEZNI ZAD.CE	2749.0	6323.1	326.3	6.3	12014.1	24639.6	16777.1	-1869.7
TRUP	14		1396.6	6010.0	-298.6	20.9	656.2	6255.6	6415.9	94.3
KRIDLO	1	MPAL = 0 KG MIN	1231.0	292.2	-63.7	-11.7	9892.4	11814.2	2467.5	-104.9
LETOUN	1402	MFW,MEZNI ZAD.CE	2898.9	6335.8	353.6	6.0	12265.9	24884.8	16849.6	-1887.8
TRUP	14		1396.6	6010.0	-298.6	20.9	656.2	6255.6	6415.9	94.3
KRIDLO	2	MPAL = 150 KG MIN	1380.9	228.0	-63.8	-10.5	10104.7	12097.5	2538.7	-104.5
LETOUN	1403	MFW,MEZNI ZAD.CE	2919.0	6337.4	357.0	5.9	12299.2	24917.5	16858.9	-1890.1
TRUP	14		1396.6	6010.0	-298.6	20.9	656.2	6255.6	6415.9	94.3
KRIDLO	3	MPAL = 170 KG MIN	1401.0	220.4	-63.8	-10.3	10133.1	12134.6	2547.5	-104.4
LETOUN	1404	MFW,MEZNI ZAD.CE	2961.1	6341.1	365.7	5.8	12637.9	25249.2	16883.3	-1896.6
TRUP	14		1396.6	6010.0	-298.6	20.9	656.2	6255.6	6415.9	94.3
KRIDLO	4	MPAL = 212 KG MIN	1443.1	204.5	-60.5	-10.0	10456.8	12475.7	2566.2	-107.0

LET KUNOVICE a.s.  
LETOUN: EV55\_KV  
BD\_EV55 s kompozitovou stabilkou

SYSTEM SAVLE

DATUM: 25.01.2012  
CAS: 07:32:03  
LIST: 21

# NÁVRH VODOROVNÉ OCASNÍ PLOCHY DVOUMOTOROVÉHO LETOUNU DLE PŘEDPISU CS23

## MOMENTY SETRVACNOSTI LETOUNU

	KONFI- GURACE	NAZEV KONFIGURACE	G (KG)	XT (MM)	YT (MM)	ZT (MM)	JX (KGM2)	JY (KGM2)	JZ (KGM2)	JXY (KGM2)
LETOUN	1405		3038.7	6347.5	381.1	5.7	13261.3	25860.7	16926.8	-1908.2
TRUP	14	MFW,MEZNI ZAD.CE	1396.6	6010.0	-298.6	20.9	656.2	6255.6	6415.9	94.3
KRIDLO	5	MPAL = 290 KG MIN	1520.8	177.6	-54.8	-9.5	11053.6	13102.9	2598.8	-111.4
LETOUN	1406		3142.7	6355.6	400.5	5.5	14093.7	26679.0	16982.7	-1922.7
TRUP	14	MFW,MEZNI ZAD.CE	1396.6	6010.0	-298.6	20.9	656.2	6255.6	6415.9	94.3
KRIDLO	6	MPAL = 394 KG MIN	1624.7	145.6	-48.0	-8.9	11852.5	13939.5	2639.4	-116.6
LETOUN	1407		3269.0	6364.8	422.5	5.3	15102.4	27672.9	17047.0	-1939.2
TRUP	14	MFW,MEZNI ZAD.CE	1396.6	6010.0	-298.6	20.9	656.2	6255.6	6415.9	94.3
KRIDLO	7	MPAL = 520 KG MIN	1751.1	111.8	-40.8	-8.3	12823.1	14952.3	2684.5	-122.1
LETOUN	1408		3646.5	6388.6	481.0	4.7	18465.5	30997.0	17227.4	-1983.2
TRUP	14	MFW,MEZNI ZAD.CE	1396.6	6010.0	-298.6	20.9	656.2	6255.6	6415.9	94.3
KRIDLO	8	MPAL = 897 KG MIN	2128.6	34.4	-21.2	-6.8	16082.0	18317.7	2802.0	-137.1
LETOUN	1409		3759.1	6395.0	498.6	4.6	19946.7	32459.5	17285.3	-1996.6
TRUP	14	MFW,MEZNI ZAD.CE	1396.6	6010.0	-298.6	20.9	656.2	6255.6	6415.9	94.3
KRIDLO	9	MPAL = 1010 KG MIN	2241.2	16.0	-12.5	-6.4	17528.5	19789.5	2834.6	-143.6
LETOUN	1410		4405.0	6425.5	582.4	3.9	28404.3	40842.5	17575.0	-2060.0
TRUP	14	MFW,MEZNI ZAD.CE	1396.6	6010.0	-298.6	20.9	656.2	6255.6	6415.9	94.3
KRIDLO	10	MPAL = 1656 KG MIN	2887.0	-62.0	24.5	-5.0	25819.8	28209.6	2995.0	-170.5
LETOUN	1411		2749.0	6323.1	326.3	6.3	12014.1	24639.6	16777.1	-1869.7
TRUP	14	MFW,MEZNI ZAD.CE	1396.6	6010.0	-298.6	20.9	656.2	6255.6	6415.9	94.3
KRIDLO	11	MPAL = 0 KG OPT	1231.0	292.2	-63.7	-11.7	9892.4	11814.2	2467.5	-104.9
LETOUN	1412		2898.9	6335.8	353.6	6.0	12265.9	24884.8	16849.6	-1887.8
TRUP	14	MFW,MEZNI ZAD.CE	1396.6	6010.0	-298.6	20.9	656.2	6255.6	6415.9	94.3
KRIDLO	12	MPAL = 150 KG OPT	1380.9	228.0	-63.8	-10.5	10104.7	12097.5	2538.7	-104.5
LETOUN	1413		2919.0	6337.4	357.0	5.9	12299.2	24917.5	16858.9	-1890.1
TRUP	14	MFW,MEZNI ZAD.CE	1396.6	6010.0	-298.6	20.9	656.2	6255.6	6415.9	94.3
KRIDLO	13	MPAL = 170 KG OPT	1401.0	220.4	-63.8	-10.3	10133.1	12134.6	2547.5	-104.4
LETOUN	1414		3028.9	6346.7	379.2	5.7	13182.1	23782.9	16921.4	-1906.7
TRUP	14	MFW,MEZNI ZAD.CE	1396.6	6010.0	-298.6	20.9	656.2	6255.6	6415.9	94.3
KRIDLO	14	MPAL = 280 KG OPT	1510.9	180.9	-55.4	-9.6	10977.7	13023.2	2594.8	-110.9
LETOUN	1415		3038.7	6347.5	381.1	5.7	13261.3	25860.7	16926.8	-1908.2
TRUP	14	MFW,MEZNI ZAD.CE	1396.6	6010.0	-298.6	20.9	656.2	6255.6	6415.9	94.3
KRIDLO	15	MPAL = 290 KG OPT	1520.8	177.6	-54.8	-9.5	11053.6	13102.9	2598.8	-111.4
LETOUN	1416		3142.7	6355.6	400.5	5.5	14093.7	26679.0	16982.7	-1922.7
TRUP	14	MFW,MEZNI ZAD.CE	1396.6	6010.0	-298.6	20.9	656.2	6255.6	6415.9	94.3
KRIDLO	16	MPAL = 394 KG OPT	1624.7	145.6	-48.0	-8.9	11852.5	13939.5	2639.4	-116.6

LET KUNOVICE a.s.  
LETOUN: EV55\_KV  
BD\_EV55 s kompozitovou stabilkou

SYSTEM SAVLE

DATUM: 25.01.2012  
CAS: 07:32:03  
LIST: 22

## MOMENTY SETRVACNOSTI LETOUNU

	KONFI- GURACE	NAZEV KONFIGURACE	G (KG)	XT (MM)	YT (MM)	ZT (MM)	JX (KGM2)	JY (KGM2)	JZ (KGM2)	JXY (KGM2)
LETOUN	1417		3324.3	6368.6	431.6	5.2	15542.8	28107.6	17074.1	-1946.0
TRUP	14	MFW,MEZNI ZAD.CE	1396.6	6010.0	-298.6	20.9	656.2	6255.6	6415.9	94.3
KRIDLO	17	MPAL = 575 KG OPT	1806.3	98.5	-38.0	-8.0	13247.7	15394.3	2703.1	-124.3
LETOUN	1418		3691.2	6391.2	488.1	4.7	19053.9	31577.8	17250.7	-1988.6
TRUP	14	MFW,MEZNI ZAD.CE	1396.6	6010.0	-298.6	20.9	656.2	6255.6	6415.9	94.3
KRIDLO	18	MPAL = 942 KG OPT	2173.3	26.9	-17.6	-6.7	16656.4	18902.3	2815.1	-139.8
LETOUN	1419		4352.0	6423.3	576.5	4.0	27712.4	40154.9	17553.5	-2055.5
TRUP	14	MFW,MEZNI ZAD.CE	1396.6	6010.0	-298.6	20.9	656.2	6255.6	6415.9	94.3
KRIDLO	19	MPAL = 1603 KG OPT	2834.0	-56.9	22.1	-5.1	25139.8	27519.7	2983.1	-168.7
LETOUN	1420		4405.0	6425.5	582.4	3.9	28404.3	40842.5	17575.0	-2060.0
TRUP	14	MFW,MEZNI ZAD.CE	1396.6	6010.0	-298.6	20.9	656.2	6255.6	6415.9	94.3
KRIDLO	20	MPAL = 1656 KG OPT	2887.0	-62.0	24.5	-5.0	25819.8	28209.6	2995.0	-170.5

LET KUNOVICE a.s.  
LETOUN: EV55\_KV  
BD\_EV55 s kompozitovou stabilkou

SYSTEM SAVLE

DATUM: 25.01.2012  
CAS: 07:32:03  
LIST: 23

NÁVRH VODOROVNÉ OCASNÍ PLOCHY DVOUMOTOROVÉHO LETOUNU DLE PŘEDPISU CS23

PŘÍLOHA 2 Zatížení VOP (aerodynamické síly)

LET KUNOVICE a. s. SYSTEM SAVLE DATUM: 06.04.2012

ZATIZENI V O P VYSLEDNE

LETOUN: EV55\_KV1 Konstrukce dle rev.17, ZGAP ver.C, var.20 CAS: 09:14:51  
TYP PŘEDPISU: FAR-23 LIST: 1

REZ C : 30 SOURADNICE REZU : .000 <<< POCETNI HODNOTY F=1.5 >> | PROVOZNI HODNOTY |

CIS PRIP.	LEVA POLOVINA VOP						N [N]	PRAVA POLOVINA VOP						VZDUSNE ZATIZENI		
	TN [N]	TT [N]	MN [NM]	MT [NM]	MK [NM]	N [N]		TN [N]	TT [N]	MN [NM]	MT [NM]	MK [NM]	N [N]	PVOP [N]	MZVOP [NM]	MXVOP [NM]
1	900	-437	1121	-442	-2544	0	804	-457	1007	-466	-2478	0	2698	-3532	0	
2	994	-429	1221	-434	-2557	0	897	-449	1108	-457	-2490	0	2826	-3532	0	
3	1006	-428	1235	-433	-2558	0	910	-447	1121	-456	-2492	0	2843	-3532	0	
4	1034	-425	1264	-430	-2562	0	937	-445	1150	-453	-2495	0	2880	-3532	0	
5	1084	-421	1318	-425	-2569	0	987	-440	1205	-448	-2502	0	2948	-3532	0	
6	1151	-415	1391	-419	-2578	0	1055	-434	1277	-442	-2511	0	3039	-3532	0	
7	1232	-408	1478	-412	-2589	0	1136	-428	1364	-434	-2522	0	3149	-3532	0	
8	1472	-391	1736	-393	-2620	0	1375	-410	1621	-415	-2553	0	3475	-3532	0	
9	1546	-386	1815	-387	-2630	0	1448	-405	1700	-410	-2563	0	3575	-3532	0	
10	1960	-362	2260	-361	-2685	0	1862	-381	2144	-383	-2618	0	4137	-3532	0	
11	1078	-421	1312	-426	-2568	0	981	-441	1198	-449	-2501	0	2939	-3532	0	
12	1268	-406	1516	-409	-2593	0	1171	-425	1402	-431	-2527	0	3197	-3532	0	
13	1501	-389	1767	-390	-2624	0	1404	-408	1652	-413	-2557	0	3515	-3532	0	
14	1926	-364	2223	-363	-2681	0	1828	-383	2108	-385	-2613	0	4090	-3532	0	
15	952	-462	1180	-469	-2548	0	854	-482	1064	-493	-2480	0	2794	-3532	0	
16	1049	-453	1283	-459	-2560	0	951	-473	1168	-483	-2493	0	2925	-3532	0	
17	1062	-452	1297	-458	-2562	0	964	-472	1181	-482	-2494	0	2942	-3532	0	
18	1090	-449	1327	-455	-2566	0	992	-469	1212	-479	-2498	0	2980	-3532	0	
19	1142	-444	1383	-450	-2573	0	1044	-464	1267	-474	-2505	0	3050	-3532	0	
20	1211	-438	1457	-443	-2582	0	1113	-458	1341	-467	-2515	0	3142	-3532	0	
21	1291	-431	1544	-436	-2593	0	1193	-451	1428	-459	-2525	0	3253	-3532	0	
22	1540	-412	1811	-414	-2626	0	1441	-431	1694	-438	-2558	0	3588	-3532	0	
23	1615	-406	1891	-408	-2636	0	1516	-425	1775	-431	-2568	0	3689	-3532	0	
24	2038	-379	2346	-379	-2693	0	1939	-398	2229	-402	-2625	0	4260	-3532	0	
25	1135	-445	1376	-451	-2572	0	1037	-465	1260	-474	-2504	0	3041	-3532	0	
26	1328	-428	1583	-432	-2598	0	1229	-448	1467	-456	-2530	0	3302	-3532	0	
27	1570	-409	1843	-412	-2630	0	1471	-429	1727	-435	-2562	0	3628	-3532	0	
28	2003	-381	2309	-381	-2688	0	1904	-400	2192	-404	-2620	0	4213	-3532	0	
29	1013	-478	1245	-488	-2555	0	915	-499	1129	-511	-2487	0	2881	-3532	0	
30	1112	-469	1351	-477	-2568	0	1013	-489	1235	-501	-2500	0	3013	-3532	0	
31	1125	-468	1365	-476	-2570	0	1026	-488	1249	-500	-2502	0	3031	-3532	0	
32	1153	-465	1396	-473	-2574	0	1055	-485	1280	-497	-2506	0	3069	-3532	0	
33	1206	-460	1453	-467	-2581	0	1108	-480	1336	-491	-2513	0	3140	-3532	0	
34	1273	-453	1525	-460	-2590	0	1175	-473	1409	-484	-2522	0	3232	-3532	0	
35	1359	-446	1616	-452	-2602	0	1260	-466	1500	-475	-2534	0	3346	-3532	0	
36	1611	-425	1887	-429	-2636	0	1512	-444	1771	-452	-2568	0	3685	-3532	0	
37	1687	-419	1969	-422	-2646	0	1589	-438	1853	-445	-2578	0	3787	-3532	0	
38	1199	-461	1445	-468	-2580	0	1101	-481	1329	-492	-2532	0	3131	-3532	0	
39	1396	-443	1656	-448	-2607	0	1297	-462	1540	-472	-2539	0	3396	-3532	0	
40	1641	-422	1920	-426	-2640	0	1543	-442	1803	-449	-2572	0	3725	-3532	0	
41	2081	-391	2392	-392	-2699	0	1982	-411	2275	-415	-2631	0	4316	-3532	0	
42	1477	-454	1742	-458	-2619	0	1378	-475	1626	-483	-2551	0	3497	-3532	0	
43	1575	-446	1848	-450	-2632	0	1477	-467	1732	-475	-2564	0	3630	-3532	0	

1

LET KUNOVICE a. s. SYSTEM SAVLE DATUM: 06.04.2012

ZATIZENI V O P VYSLEDNE

LETOUN: EV55\_KV1 Konstrukce dle rev.17, ZGAP ver.C, var.20 CAS: 09:14:51  
TYP PŘEDPISU: FAR-23 LIST: 2

REZ C : 30 SOURADNICE REZU : .000 <<< POCETNI HODNOTY F=1.5 >> | PROVOZNI HODNOTY |

CIS PRIP.	LEVA POLOVINA VOP						N [N]	PRAVA POLOVINA VOP						VZDUSNE ZATIZENI		
	TN [N]	TT [N]	MN [NM]	MT [NM]	MK [NM]	N [N]		TN [N]	TT [N]	MN [NM]	MT [NM]	MK [NM]	N [N]	PVOP [N]	MZVOP [NM]	MXVOP [NM]
44	1588	-445	1862	-449	-2634	0	1490	-466	1746	-473	-2566	0	3648	-3532	0	
45	1617	-443	1893	-446	-2638	0	1519	-463	1777	-471	-2570	0	3686	-3532	0	
46	1670	-438	1950	-441	-2645	0	1572	-459	1834	-466	-2577	0	3757	-3532	0	
47	1741	-432	2026	-435	-2655	0	1643	-453	1910	-460	-2587	0	3851	-3532	0	
48	1826	-426	2117	-428	-2666	0	1728	-446	2001	-452	-2598	0	3965	-3532	0	
49	2078	-408	2387	-409	-2700	0	1979	-429	2271	-433	-2632	0	4303	-3532	0	
50	1664	-439	1943	-442	-2644	0	1565	-459	1827	-466	-2576	0	3748	-3532	0	
51	1863	-423	2157	-425	-2671	0	1765	-444	2041	-449	-2603	0	4014	-3532	0	
52	2108	-406	2420	-407	-2704	0	2010	-427	2304	-431	-2636	0	4344	-3532	0	
53	968	-431	1193	-436	-2555	0	873	-451	1080	-460	-2489	0	2782	-3532	0	
54	1062	-424	1294	-428	-2567	0	966	-443	1181	-451	-2501	0	2910	-3532	0	
55	1075	-423	1308	-426	-2569	0	979	-442	1194	-450	-2503	0	2927	-3532	0	
56	1102	-420	1337	-424	-2573	0	1006	-440	1224	-447	-2506	0	2964	-3532	0	
57	1153	-416	1391	-419	-2579	0	1057	-435	1278	-442	-2513	0	3032	-3532	0	
58	1220	-410	1464	-413	-2588	0	1124	-429	1350	-436	-2522	0	3123	-3532	0	
59	1301	-404	1551	-406	-2599	0	1205	-423	1438	-429	-2533	0	3233	-3532	0	
60	1542	-386	1809	-388	-2631	0	1445	-406	1695	-410	-2564	0	3560	-3532	0	
61	1615	-382	1889	-382	-2641	0	1519	-401	1774	-405	-2574	0	3659	-3532	0	
62	2030	-359	2335	-357	-2696	0	1933	-378	2220	-380	-2629	0	4222	-3532	0	
63	1146	-416	1385	-420	-2578	0	1050	-436	1271	-443	-2512	0	3023	-3532	0	
64	1334	-401	1586	-403	-2603	0	1238	-420	1473	-426	-2537	0	3279	-3532	0	
65	1571	-384	1841	-385	-2635	0	1474	-404	1727	-408	-2568	0	3599	-3532	0	
66	1996	-360	2298	-359	-2692	0	1899	-379	2183	-381	-2625	0	4176	-3532	0	
67	1784	-424	2065	-428	-2671	0	1690	-443	1954	-451	-2606	0	3840	-3532	0	
68	1882	-416	2170	-420	-2684	0	1788	-436	2059	-443	-2620	0	3972	-3532	0	
69	1895	-415	2184	-419	-2686	0	1801	-435	2073	-442	-2621	0	3989	-3532	0	
70	1923	-413	2215	-416	-2690	0	1830	-433	2104	-439	-2625	0	4027	-3532	0	
71	1976	-409	2271	-412	-2697	0	1882	-429	2160	-435	-2633	0	4097	-3532	0	
72	2046	-404	2346	-406	-2707	0	1952	-423	2235	-429	-2642	0	4190	-3532	0	
73	2128	-398	2435	-400	-2718	0	2035	-417	2324	-423	-2653	0	4302	-3532	0	
74	1969	-410	2264	-412	-2696	0	1875	-429	2153	-435	-2632	0	4088	-3532	0	
75	2165	-396	2474	-397	-2723	0	2072	-415	2364	-420	-2658	0	4351	-3532	0	
76	1618	-413	1887	-415	-2648	0	1524	-432	1776	-438	-2584	0	3618	-3532	0	
77	1715	-406	1991	-408	-2661	0	1621	-425	1880	-431	-2597	0	3748	-3532	0	
78	1727	-405	2004	-407	-2663	0	1634	-424	1894	-430	-2598	0	3766	-3532	0	
79	1756	-403	2035	-404	-2667	0	1662	-422	1924	-428	-2602	0	3803	-3532	0	
80	1808	-399	2091	-400	-2674	0	1714	-418	1980	-423	-2609	0	3873	-3532	0	
81	1877	-394	2165	-395	-2684	0	1783	-413	2054	-418	-2619	0	3965	-3532	0	
82	1961	-388	2255	-389	-2695	0	1867	-408	2144	-412	-2630	0	4077	-3532	0	
83	2208	-374	2520	-373	-2728	0	2114	-393	2409	-396	-2663	0	4410	-3532	0	
84	2283	-369	2601	-368	-2738	0	2189	-389	2490	-391	-2673	0	4511	-3532	0	
85	1801	-399	2083	-401	-2673	0	1707	-419								

# NÁVRH VODOROVNÉ OCASNÍ PLOCHY DVOUMOTOROVÉHO LETOUNU DLE PŘEDPISU CS23

LET KUNOVICE a.s.

SYSTEM SAVLE

DATUM: 06.04.2012

## ZATIZENI V O P VYSLEDNE

LETOUN: EV55\_KV1 Konstrukce dle rev.17, ZGAP ver.C, var.20  
TYP PŘEDPISU: FAR-23

CAS: 09:14:51  
LIST: 3

CIS PRIP.	LEVA POLOVINA VOP						N	PRAVA POLOVINA VOP						VZDUSNE ZATIZENI		
	TN [N]	TT [N]	MN [NM]	MT [NM]	MK [NM]	N [N]		TN [N]	TT [N]	MN [NM]	MT [NM]	MK [NM]	N [N]	PVOP [N]	MZVOP [NM]	MXVOP [NM]
87	2238	-372	2552	-371	-2732	0	2144	-391	2441	-394	-2667	0	4450	-3532	0	
88	1979	-411	2275	-409	-2696	0	1884	-432	2163	-435	-2630	0	4111	-3532	0	
89	2076	-405	2379	-403	-2709	0	1981	-426	2268	-428	-2643	0	4243	-3532	0	
90	2089	-404	2394	-402	-2710	0	1994	-425	2282	-427	-2645	0	4261	-3532	0	
91	2118	-402	2425	-400	-2714	0	2023	-424	2313	-425	-2649	0	4300	-3532	0	
92	2172	-399	2482	-396	-2722	0	2077	-420	2370	-421	-2656	0	4371	-3532	0	
93	2243	-394	2559	-392	-2732	0	2148	-416	2447	-417	-2666	0	4466	-3532	0	
94	2165	-399	2475	-397	-2721	0	2070	-420	2363	-422	-2656	0	4362	-3532	0	
95	2204	-372	2512	-367	-2734	0	2113	-394	2404	-393	-2670	0	4366	-3532	0	
96	2302	-369	2617	-363	-2747	0	2210	-390	2509	-388	-2684	0	4497	-3532	0	
97	2315	-368	2631	-363	-2749	0	2223	-389	2523	-388	-2685	0	4515	-3532	0	
98	2344	-367	2662	-362	-2752	0	2252	-388	2554	-387	-2689	0	4553	-3532	0	
99	2397	-365	2718	-360	-2760	0	2305	-386	2610	-384	-2696	0	4624	-3532	0	
100	2390	-365	2711	-360	-2759	0	2298	-386	2603	-385	-2695	0	4615	-3532	0	
101	2019	-336	2303	-335	-2723	0	1933	-354	2203	-356	-2664	0	4025	-3532	0	
102	2112	-333	2404	-331	-2735	0	2027	-350	2303	-352	-2676	0	4151	-3532	0	
103	2125	-332	2417	-331	-2737	0	2039	-350	2316	-351	-2678	0	4168	-3532	0	
104	2152	-331	2447	-329	-2741	0	2066	-348	2346	-350	-2682	0	4205	-3532	0	
105	2202	-329	2501	-327	-2748	0	2116	-346	2399	-348	-2688	0	4272	-3532	0	
106	2269	-326	2572	-324	-2757	0	2183	-343	2471	-345	-2697	0	4362	-3532	0	
107	2350	-323	2659	-321	-2768	0	2264	-340	2558	-341	-2708	0	4471	-3532	0	
108	2591	-316	2918	-314	-2800	0	2505	-333	2816	-334	-2740	0	4796	-3532	0	
109	2664	-314	2997	-312	-2810	0	2578	-331	2895	-332	-2750	0	4895	-3532	0	
110	2196	-329	2494	-327	-2747	0	2110	-346	2393	-348	-2688	0	4264	-3532	0	
111	2385	-322	2697	-320	-2772	0	2300	-339	2596	-340	-2713	0	4518	-3532	0	
112	2620	-315	2949	-313	-2804	0	2534	-333	2848	-333	-2744	0	4835	-3532	0	
113	893	-471	1117	-479	-2537	0	794	-491	1000	-503	-2469	0	2729	-3532	0	
114	989	-462	1221	-469	-2550	0	890	-482	1104	-493	-2482	0	2861	-3532	0	
115	1002	-461	1235	-468	-2552	0	903	-481	1118	-492	-2483	0	2878	-3532	0	
116	1031	-458	1265	-465	-2555	0	932	-478	1148	-488	-2487	0	2916	-3532	0	
117	1083	-453	1321	-459	-2563	0	983	-473	1204	-483	-2494	0	2986	-3532	0	
118	1152	-447	1395	-452	-2572	0	1053	-467	1278	-476	-2503	0	3079	-3532	0	
119	1232	-439	1482	-444	-2582	0	1133	-460	1365	-468	-2514	0	3190	-3532	0	
120	1482	-419	1750	-422	-2616	0	1382	-439	1632	-446	-2547	0	3526	-3532	0	
121	1517	-413	1811	-416	-2625	0	1457	-433	1713	-440	-2557	0	3627	-3532	0	
122	1981	-386	2286	-386	-2682	0	1880	-405	2168	-409	-2614	0	4199	-3532	0	
123	1076	-454	1314	-460	-2562	0	977	-474	1197	-484	-2493	0	2977	-3532	0	
124	1269	-436	1521	-441	-2587	0	1172	-456	1404	-465	-2519	0	3239	-3532	0	
125	1512	-417	1782	-420	-2620	0	1412	-437	1664	-443	-2551	0	3566	-3532	0	
126	1946	-388	2248	-388	-2678	0	1846	-407	2130	-411	-2609	0	4153	-3532	0	
127	1060	-405	1287	-409	-2573	0	966	-424	1177	-431	-2509	0	2864	-3532	0	
128	1152	-398	1386	-401	-2586	0	1058	-417	1276	-423	-2521	0	2989	-3532	0	
129	1164	-397	1399	-400	-2587	0	1071	-416	1289	-422	-2523	0	3006	-3532	0	

1

LET KUNOVICE a.s.

SYSTEM SAVLE

DATUM: 06.04.2012

## ZATIZENI V O P VYSLEDNE

LETOUN: EV55\_KV1 Konstrukce dle rev.17, ZGAP ver.C, var.20  
TYP PŘEDPISU: FAR-23

CAS: 09:14:51  
LIST: 4

CIS PRIP.	LEVA POLOVINA VOP						N	PRAVA POLOVINA VOP						VZDUSNE ZATIZENI		
	TN [N]	TT [N]	MN [NM]	MT [NM]	MK [NM]	N [N]		TN [N]	TT [N]	MN [NM]	MT [NM]	MK [NM]	N [N]	PVOP [N]	MZVOP [NM]	MXVOP [NM]
130	1191	-395	1428	-398	-2591	0	1098	-414	1318	-420	-2526	0	3043	-3532	0	
131	1241	-391	1482	-393	-2597	0	1147	-410	1371	-415	-2533	0	3110	-3532	0	
132	1307	-386	1553	-388	-2606	0	1213	-404	1442	-410	-2542	0	3199	-3532	0	
133	1387	-380	1639	-381	-2617	0	1293	-398	1528	-403	-2552	0	3307	-3532	0	
134	1623	-365	1893	-365	-2648	0	1529	-383	1782	-387	-2583	0	3630	-3532	0	
135	1696	-360	1971	-360	-2658	0	1602	-379	1860	-382	-2593	0	3728	-3532	0	
136	2106	-341	2412	-339	-2713	0	2011	-359	2300	-361	-2647	0	4285	-3532	0	
137	1234	-391	1475	-394	-2597	0	1141	-410	1365	-416	-2532	0	3101	-3532	0	
138	1422	-378	1676	-379	-2622	0	1328	-396	1565	-401	-2557	0	3355	-3532	0	
139	1652	-363	1924	-363	-2652	0	1558	-381	1813	-385	-2587	0	3669	-3532	0	
140	2072	-342	2376	-341	-2708	0	1978	-361	2264	-362	-2643	0	4239	-3532	0	
141	-5864	66	-6343	25	3163	0	-5825	88	-6298	51	3136	0	-8380	3271	0	
142	-5849	71	-6328	31	3206	0	-5810	93	-6282	57	3179	0	-8371	3334	0	
143	-5849	72	-6328	32	3214	0	-5810	94	-6282	58	3187	0	-8373	3345	0	
144	-5842	73	-6322	33	3224	0	-5803	95	-6276	59	3197	0	-8367	3360	0	
145	-5834	76	-6313	36	3246	0	-5794	97	-6266	62	3219	0	-8361	3392	0	
146	-5822	79	-6301	40	3275	0	-5782	101	-6254	66	3247	0	-8353	3434	0	
147	-5809	83	-6288	45	3312	0	-5768	105	-6240	71	3284	0	-8346	3488	0	
148	-5784	97	-6266	61	3437	0	-5741	118	-6215	86	3407	0	-8330	3666	0	
149	-5777	100	-6259	65	3473	0	-5733	122	-6207	90	3443	0	-8350	3718	0	
150	-5777	122	-6266	88	3720	0	-5728	143	-6209	114	3687	0	-8422	4063	0	
151	-5835	75	-6314	36	3243	0	-5795	97	-6268	62	3216	0	-8362	3388	0	
152	-5805	85	-6285	48	3329	0	-5764	107	-6236	73	3301	0	-8345	3513	0	
153	-5780	98	-6262	62	3450	0	-5737	120	-6210	88	3420	0	-8348	3685	0	
154	-5778	120	-6266	87	3701	0	-5729	142	-6210	112	3668	0	-8418	4036	0	
155	-6543	68	-7082	24	3678	0	-6499	92	-7030	52	3647	0	-9386	3854	0	
156	-6534	74	-7073	30	3723	0	-6489	98	-7020	58	3691	0	-9383	3918	0	
157	-6535	75	-7075	31	3731	0	-6490	99	-7021	59	3700	0	-9387	3929	0	
158	-6530	76	-7070	33	3742	0	-6485	100	-7016	61	3710	0	-9383	3945	0	
159	-6525	79	-7064	36	3764	0	-6479	103	-7010	64	3732	0	-9380	3977	0	
160	-6517	83	-7057	41	3794	0	-6471	106	-7002	68	3762	0	-9377	4020	0	
161	-6512	88	-7053	47	3838	0	-6465	112	-6997	74	3805	0	-9385	4082	0	
162	-6501	102	-7045	63	3964	0	-6452	125	-6986	90	3930	0	-9402	4258	0	
163	-6499	106	-7043	68	4002	0	-6449	129	-6984	95	3967	0	-9408	4311	0	
164	-6529	130	-7082	94	4262	0	-6474	153	-7018	121	4224	0	-9519	4667	0	
165	-6526	79	-7065	36	3762	0	-6480	102	-7011	64	3730	0	-9381	3973	0	
166	-6508	90	-7048	49	3854	0	-6460	113	-6992	77	3821	0	-9382	4104	0	
167	-6499	104	-7042	65	3978	0	-6449	127	-6984	92	3943	0	-9402	4278	0	
168	-6528	128	-7080	92	4242	0	-6473	151	-7016	119	4204	0	-9512	4639	0	
169	-7113	61	-7699	14	4049	0	-7065	86	-7642	43	4016	0				

# NÁVRH VODOROVNÉ OCASNÍ PLOCHY DVOUMOTOROVÉHO LETOUNU DLE PŘEDPISU CS23

LET KUNOVICE a. s.													SYSTEM SAVLE				DATUM: 06.04.2012		
ZATÍŽENÍ V O P VÝSLEDNĚ																			
LETOUN: EV55_KV1 Konstrukce dle rev.17, ZGAP ver.C, var.20													CAS: 09:14:51						
TYP PŘEDPISU: FAR-23													LIST: 5						
REZ C : 30 SOURADNICE REZU : .000													<<< POCETNI HODNOTY F=1.5 >				PRVOZNI HODNOTY		
CIS. PRIP.	LEVA POLOVINA VOP						PRAVA POLOVINA VOP						VZDUSNE ZATIZENI						
	TN [N]	TT [N]	MN [NM]	MT [NM]	MK [NM]	N [N]	TN [N]	TT [N]	MN [NM]	MT [NM]	MK [NM]	N [N]	PVOP [N]	MZVOP [NM]	MXVOP [NM]				
173	-7102	73	-7688	27	4136	0	-7052	97	-7630	56	4102	0	-10201	4378	0				
174	-7097	77	-7685	33	4170	0	-7047	101	-7626	61	4135	0	-10206	4426	0				
175	-7096	82	-7685	39	4212	0	-7046	106	-7625	67	4177	0	-10214	4484	0				
176	-7093	97	-7684	56	4338	0	-7041	121	-7623	84	4301	0	-10238	4658	0				
177	-7108	102	-7701	61	4388	0	-7055	126	-7639	90	4351	0	-10270	4725	0				
178	-7102	72	-7689	27	4133	0	-7053	97	-7631	56	4099	0	-10202	4374	0				
179	-7093	84	-7682	41	4228	0	-7043	109	-7622	70	4193	0	-10214	4507	0				
180	-7105	100	-7698	58	4362	0	-7052	123	-7635	87	4326	0	-10261	4690	0				
181	-7017	118	-7607	81	4519	0	-6962	141	-7542	108	4481	0	-10176	4922	0				
182	-7060	102	-7643	58	4196	0	-7010	127	-7585	88	4162	0	-10145	4465	0				
183	-7068	108	-7653	65	4252	0	-7018	133	-7594	95	4217	0	-10169	4541	0				
184	-7069	109	-7654	66	4259	0	-7018	134	-7595	95	4225	0	-10171	4551	0				
185	-7072	110	-7659	68	4276	0	-7022	135	-7599	97	4241	0	-10180	4574	0				
186	-7073	113	-7660	71	4302	0	-7022	138	-7600	100	4267	0	-10186	4609	0				
187	-7087	117	-7676	76	4348	0	-7036	142	-7616	105	4312	0	-10216	4670	0				
188	-7099	122	-7690	81	4399	0	-7047	147	-7629	111	4363	0	-10243	4739	0				
189	-7110	135	-7705	96	4536	0	-7056	160	-7641	125	4498	0	-10290	4926	0				
190	-7073	113	-7659	70	4299	0	-7022	138	-7600	100	4263	0	-10185	4605	0				
191	-7101	124	-7693	83	4419	0	-7049	149	-7631	113	4383	0	-10251	4766	0				
192	-7095	135	-7689	96	4539	0	-7041	160	-7625	125	4501	0	-10270	4932	0				
193	-5775	69	-6246	29	3107	0	-5738	91	-6202	55	3081	0	-8244	3209	0				
194	-5764	75	-6235	35	3153	0	-5726	97	-6191	61	3127	0	-8241	3276	0				
195	-5762	75	-6233	36	3159	0	-5724	97	-6189	62	3133	0	-8240	3284	0				
196	-5756	77	-6227	38	3170	0	-5718	98	-6182	63	3144	0	-8234	3300	0				
197	-5748	79	-6219	41	3192	0	-5709	101	-6174	66	3165	0	-8229	3332	0				
198	-5737	83	-6208	45	3222	0	-5698	104	-6162	70	3195	0	-8223	3376	0				
199	-5727	87	-6199	50	3261	0	-5688	108	-6152	75	3234	0	-8221	3432	0				
200	-5703	100	-6177	64	3386	0	-5661	121	-6128	89	3357	0	-8225	3611	0				
201	-5697	103	-6171	68	3423	0	-5654	124	-6121	93	3394	0	-8227	3663	0				
202	-5702	124	-6184	91	3674	0	-5654	145	-6128	116	3641	0	-8307	4012	0				
203	-5749	79	-6220	40	3190	0	-5710	101	-6175	66	3163	0	-8230	3328	0				
204	-5724	89	-6196	52	3282	0	-5684	111	-6149	76	3254	0	-8244	3561	0				
205	-5703	101	-6177	66	3403	0	-5660	122	-6127	91	3373	0	-8229	3633	0				
206	-5702	122	-6184	89	3655	0	-5655	143	-6129	114	3622	0	-8302	3985	0				
207	-7087	92	-7664	51	4100	0	-7044	115	-7613	79	4070	0	-10092	4314	0				
208	-7103	98	-7681	58	4161	0	-7058	121	-7629	85	4130	0	-10125	4395	0				
209	-7104	98	-7683	59	4169	0	-7059	122	-7631	86	4138	0	-10128	4405	0				
210	-7104	100	-7684	60	4183	0	-7060	123	-7631	88	4152	0	-10131	4424	0				
211	-7120	103	-7701	64	4220	0	-7075	126	-7648	91	4188	0	-10160	4473	0				
212	-7127	107	-7710	68	4259	0	-7082	130	-7656	95	4228	0	-10178	4526	0				
213	-7146	112	-7732	74	4317	0	-7100	135	-7677	101	4285	0	-10218	4602	0				
214	-7119	103	-7701	63	4216	0	-7074	126	-7648	91	4185	0	-10159	4468	0				
215	-7150	113	-7736	76	4338	0	-7103	137	-7681	103	4306	0	-10227	4631	0				

1

LET KUNOVICE a. s.													SYSTEM SAVLE				DATUM: 06.04.2012		
ZATÍŽENÍ V O P VÝSLEDNĚ																			
LETOUN: EV55_KV1 Konstrukce dle rev.17, ZGAP ver.C, var.20													CAS: 09:14:51						
TYP PŘEDPISU: FAR-23													LIST: 6						
REZ C : 30 SOURADNICE REZU : .000													<<< POCETNI HODNOTY F=1.5 >				PRVOZNI HODNOTY		
CIS. PRIP.	LEVA POLOVINA VOP						PRAVA POLOVINA VOP						VZDUSNE ZATIZENI						
	TN [N]	TT [N]	MN [NM]	MT [NM]	MK [NM]	N [N]	TN [N]	TT [N]	MN [NM]	MT [NM]	MK [NM]	N [N]	PVOP [N]	MZVOP [NM]	MXVOP [NM]				
216	-6324	94	-6839	55	3586	0	-6285	116	-6792	82	3559	0	-9010	3754	0				
217	-6329	99	-6845	61	3641	0	-6289	121	-6798	87	3614	0	-9028	3830	0				
218	-6329	100	-6845	62	3649	0	-6289	122	-6798	88	3621	0	-9030	3840	0				
219	-6331	101	-6848	63	3665	0	-6291	123	-6800	90	3637	0	-9037	3862	0				
220	-6330	103	-6847	66	3690	0	-6289	125	-6799	92	3662	0	-9040	3897	0				
221	-6332	106	-6850	70	3727	0	-6290	129	-6801	96	3698	0	-9051	3948	0				
222	-6339	111	-6858	74	3776	0	-6297	133	-6809	101	3747	0	-9072	4014	0				
223	-6377	123	-6904	89	3939	0	-6333	145	-6851	115	3908	0	-9165	4233	0				
224	-6387	126	-6915	92	3985	0	-6341	148	-6862	118	3953	0	-9188	4295	0				
225	-6330	103	-6847	66	3687	0	-6289	125	-6799	92	3658	0	-9040	3892	0				
226	-6347	113	-6869	77	3802	0	-6305	135	-6819	103	3773	0	-9090	4049	0				
227	-6379	124	-6906	90	3956	0	-6334	146	-6853	116	3924	0	-9171	4255	0				
228	-6151	137	-6656	100	3684	0	-6110	161	-6608	128	3656	0	-8807	3923	0				
229	-6177	142	-6685	105	3756	0	-6134	166	-6635	134	3727	0	-8869	4018	0				
230	-6179	143	-6688	106	3764	0	-6136	167	-6638	134	3735	0	-8865	4029	0				
231	-6182	144	-6691	107	3780	0	-6139	168	-6641	135	3751	0	-8872	4050	0				
232	-6192	146	-6703	109	3814	0	-6149	170	-6652	138	3784	0	-8893	4095	0				
233	-6205	148	-6718	112	3858	0	-6161	172	-6666	141	3828	0	-8920	4153	0				
234	-6191	145	-6702	109	3810	0	-6148	169	-6651	137	3780	0	-8891	4089	0				
235	-4591	131	-4964	100	2708	0	-4561	152	-4930	125	2687	0	-6550	2869	0				
236	-4610	134	-4986	104	2776	0	-4579	155	-4950	128	2755	0	-6593	2961	0				
237	-4612	135	-4989	104	2785	0	-4581	155	-4953	129	2764	0	-6598	2973	0				
238	-4618	135	-4996	105	2805	0	-4587	156	-4959	130	2783	0	-6611	2999	0				
239	-4623	137	-5003	106	2836	0	-4592	157	-4965	131	2814	0	-6626	3041	0				
240	-4623	136	-5002	106	2832	0	-4591	157	-4965	131	2810	0	-6624	3036	0				
241	-4502	73	-4852	45	2265	0	-4483	89	-4830	64	2252	0	-6269	2262	0				
242	-4508	76	-4860	49	2325	0	-4488	93	-4837	68	2311	0	-6292	2343	0				
243	-4508	77	-4861	49	2332	0	-4488	93	-4837	69	2318	0	-6295	2353	0				
244	-4507	78	-4860	50	2347	0	-4487	94	-4836	70	2333	0	-6297	2373	0				
245	-4508	79	-4862	52	2376	0	-4488	96	-4838	71	2361	0	-6305	2413	0				
246	-4507	81	-4862	54	2412	0	-4486	97	-4836	73	2397	0	-6312	2464	0				
247	-4516	84	-4873	57	2465	0	-4494	100	-4847	76	2450	0	-6338	2536	0				
248	-4542	91	-4905	65	2623	0	-4517	107	-4875	84	2606	0	-6414	2750	0				
249	-4549	92	-4914	66	2670	0	-4524	109	-4884	86	2652	0	-6436	2813	0				
250	-4509	79	-4862	52	2372	0	-4488	95	-4838	71	2358	0	-6305	2408	0				
251	-4520	85	-4878	58	2488	0	-4497	101	-4851	78	2472	0	-6349	2567	0				
252	-4543	91	-4907	65	2640	0	-4518	108	-4877	85	2623	0	-6420	2774	0				
253	-6639	68	-7188	22	3770	0	-6593	92	-7133	51	3738	0	-9544	3966	0				
254	-6630	74	-7179	29	3815	0	-6582	98	-7123	58	3782	0	-9541	4029	0				
255	-6631	75	-7181	30	3823	0	-6584	99	-7125	59	3790	0	-9545	4041	0				
256	-6626	76	-7175	32	3834	0	-6578	100	-7119	60	3801								

NÁVRH VODOROVNÉ OCASNÍ PLOCHY DVOUMOTOROVÉHO LETOUNU DLE PŘEDPISU CS23

1

LET KUNOVICE a.s. SYSTEM S A V L E DATUM: 06.04.2012

Z A T I Z E N Í V O P V Y S L E D N E

LETOUN: EV55\_KV1 Konstrukce dle rev.17, ZGAP ver.C, var.20 CAS: 09:14:51  
 TYP PŘEDPISU: FAR-23 LIST: 7

REZ C : 30 SOURADNICE REZU : .000 <<< POCETNI HODNOTY F=1.5 > | PROVOZNI HODNOTY

CIS PRIP.	LEVA POLOVINA VOP						PRAVA POLOVINA VOP						VZDUSNE ZATIZENI		
	TN [N]	TT [N]	MN [NM]	MT [NM]	MK [NM]	N [N]	TN [N]	TT [N]	MN [NM]	MT [NM]	MK [NM]	N [N]	PVOP [N]	MZVOP [NM]	MXVOP [NM]
259	-6608	89	-7159	46	3929	0	-6558	112	-7101	74	3895	0	-9542	4193	0
260	-6597	103	-7150	63	4055	0	-6546	127	-7090	91	4020	0	-9560	4369	0
261	-6595	107	-7149	68	4093	0	-6543	131	-7087	95	4057	0	-9568	4422	0
262	-6624	132	-7188	9	4353	0	-6568	155	-7121	123	4314	0	-9678	4479	0
263	-6621	79	-7171	35	3853	0	-6574	103	-7115	63	3820	0	-9539	4084	0
264	-6603	91	-7154	49	3945	0	-6554	114	-7096	77	3911	0	-9540	4215	0
265	-6594	105	-7148	65	4069	0	-6543	128	-7087	93	4033	0	-9560	4388	0
266	-6623	130	-7186	93	4333	0	-6567	153	-7120	121	4294	0	-9671	4751	0
267	-5311	63	-5738	27	2721	0	-5280	83	-5702	50	2700	0	-7527	2758	0
268	-5296	68	-5724	32	2766	0	-5265	88	-5687	56	2745	0	-7519	2824	0
269	-5294	69	-5722	33	2772	0	-5263	89	-5685	56	2750	0	-7518	2833	0
270	-5290	70	-5718	34	2785	0	-5258	90	-5680	58	2763	0	-7516	2851	0
271	-5281	72	-5709	37	2807	0	-5249	92	-5671	61	2785	0	-7510	2884	0
272	-5269	76	-5697	41	2837	0	-5237	95	-5659	64	2815	0	-7503	2928	0
273	-5256	79	-5684	45	2875	0	-5223	99	-5645	68	2852	0	-7495	2982	0
274	-5230	91	-5660	58	3001	0	-5194	111	-5617	82	2976	0	-7498	3163	0
275	-5222	94	-5652	62	3037	0	-5186	114	-5609	85	3012	0	-7497	3215	0
276	-5216	112	-5653	82	3283	0	-5174	132	-5604	105	3255	0	-7562	3559	0
277	-5210	72	-5640	37	2835	0	-5150	92	-5622	60	2782	0	-7494	2890	0
278	-5252	81	-5680	47	2893	0	-5218	101	-5640	70	2869	0	-7495	3008	0
279	-5226	92	-5655	60	3014	0	-5190	112	-5613	83	2989	0	-7496	3182	0
280	-5217	111	-5654	81	3264	0	-5176	131	-5606	104	3235	0	-7558	3532	0
281	1183	-674	1578	-663	-79	0	996	-713	1357	-709	50	0	4521	-476	0
282	1482	-676	1898	-663	-109	0	1295	-716	1678	-711	20	0	4916	-461	0
283	1524	-676	1943	-664	-113	0	1337	-717	1723	-711	16	0	4973	-459	0
284	1608	-673	2134	-663	-123	0	1422	-712	1822	-711	16	0	5084	-459	0
285	1790	-684	2231	-670	-139	0	1602	-726	2009	-719	-9	0	5350	-450	0
286	2027	-693	2488	-677	-162	0	1838	-736	2264	-728	-31	0	5688	-441	0
287	2286	-695	2765	-678	-189	0	2096	-738	2541	-729	-59	0	6031	-430	0
288	3181	-722	3730	-700	-279	0	2988	-768	3502	-755	-146	0	7275	-398	0
289	3453	-733	4024	-710	-306	0	3259	-781	3795	-767	-172	0	7663	-389	0
290	5055	-791	5753	-760	-468	0	4854	-846	5516	-824	-329	0	9899	-333	0
291	1770	-684	2210	-670	-137	0	1582	-726	1988	-719	-7	0	5324	-450	0
292	2400	-696	2887	-679	-201	0	2210	-740	2664	-730	-70	0	6184	-426	0
293	3307	-731	3867	-709	-290	0	3113	-779	3638	-765	-156	0	7466	-394	0
294	4940	-789	5628	-758	-456	0	4739	-843	5392	-822	-318	0	9742	-338	0
295	1212	-742	1623	-730	54	0	1015	-786	1392	-781	189	0	4701	-323	0
296	1539	-751	1976	-737	23	0	1341	-796	1743	-790	159	0	5158	-308	0
297	1563	-743	2000	-729	17	0	1368	-788	1769	-781	152	0	5165	-306	0
298	1651	-743	2093	-728	8	0	1455	-787	1862	-781	143	0	5278	-303	0
299	1837	-751	2292	-735	9	0	1640	-792	2063	-789	127	0	5551	-297	0
300	2079	-760	2538	-743	-33	0	1881	-806	2324	-797	104	0	5897	-288	0
301	2402	-762	2903	-744	-69	0	2203	-810	2669	-799	68	0	6324	-277	0

1

LET KUNOVICE a.s. SYSTEM S A V L E DATUM: 06.04.2012

Z A T I Z E N Í V O P V Y S L E D N E

LETOUN: EV55\_KV1 Konstrukce dle rev.17, ZGAP ver.C, var.20 CAS: 09:14:51  
 TYP PŘEDPISU: FAR-23 LIST: 8

REZ C : 30 SOURADNICE REZU : .000 <<< POCETNI HODNOTY F=1.5 > | PROVOZNI HODNOTY

CIS PRIP.	LEVA POLOVINA VOP						PRAVA POLOVINA VOP						VZDUSNE ZATIZENI		
	TN [N]	TT [N]	MN [NM]	MT [NM]	MK [NM]	N [N]	TN [N]	TT [N]	MN [NM]	MT [NM]	MK [NM]	N [N]	PVOP [N]	MZVOP [NM]	MXVOP [NM]
302	3270	-786	3840	-763	-155	0	3069	-837	3602	-823	-16	0	7533	-244	0
303	3550	-798	4143	-773	-183	0	3347	-850	3903	-834	-42	0	7931	-235	0
304	5152	-843	5868	-810	-348	0	4943	-901	5622	-879	-205	0	10140	-180	0
305	1816	-751	2274	-736	-7	0	1619	-797	2041	-789	129	0	5524	-298	0
306	2516	-762	3026	-743	-81	0	2318	-810	2792	-799	56	0	6474	-273	0
307	3366	-787	3942	-763	-166	0	3164	-838	3704	-823	-26	0	7659	-241	0
308	5034	-841	5741	-809	-336	0	4826	-899	5496	-877	-193	0	9982	-184	0
309	1178	-770	1590	-758	143	0	980	-814	1357	-811	279	0	4682	-216	0
310	1529	-787	1971	-773	114	0	1328	-833	1734	-828	252	0	5201	-201	0
311	1573	-787	2019	-773	109	0	1372	-834	1782	-828	248	0	5261	-200	0
312	1663	-787	2115	-772	99	0	1462	-833	1878	-827	237	0	5377	-196	0
313	1804	-776	2262	-761	79	0	1605	-822	2028	-816	216	0	5529	-190	0
314	2129	-795	2616	-778	49	0	1926	-843	2378	-835	188	0	6015	-181	0
315	2430	-805	2942	-786	20	0	2227	-854	2702	-844	160	0	6442	-170	0
316	3241	-806	3810	-784	-68	0	3038	-858	3570	-844	73	0	7512	-137	0
317	3540	-820	4135	-796	-96	0	3335	-873	3893	-858	45	0	7946	-128	0
318	1784	-776	2241	-762	81	0	1585	-822	2006	-816	218	0	5503	-191	0
319	2518	-795	3033	-776	7	0	2317	-844	2795	-834	146	0	6527	-165	0
320	3426	-829	4015	-805	-81	0	3219	-883	3771	-868	62	0	7821	-134	0
321	4990	-868	5696	-836	-245	0	4780	-927	5449	-906	-100	0	9950	-77	0
322	2788	-824	3322	-802	-25	0	2587	-875	3085	-863	114	0	6880	-157	0
323	3140	-836	3702	-812	-58	0	2937	-889	3463	-875	82	0	7376	-142	0
324	3182	-836	3747	-812	-62	0	2980	-889	3508	-875	78	0	7432	-140	0
325	3241	-826	3807	-803	-72	0	3039	-879	3569	-865	67	0	7482	-136	0
326	3405	-826	3982	-802	-89	0	3204	-879	3745	-865	49	0	7698	-130	0
327	3683	-839	4284	-813	-116	0	3480	-894	4045	-878	24	0	8101	-121	0
328	3963	-841	4584	-815	-145	0	3760	-897	4345	-880	-5	0	8476	-110	0
329	4926	-869	5622	-838	-244	0	4720	-928	5379	-907	-102	0	9804	-75	0
330	3384	-826	3960	-802	-87	0	3183	-879	3723	-865	51	0	7671	-131	0
331	4169	-864	4811	-835	-162	0	3962	-921	4567	-902	-20	0	8803	-105	0
332	5103	-890	5816	-856	-259	0	4894	-950	5570	-928	-115	0	10081	-71	0
333	1370	-663	1774	-652	-121	0	1186	-702	1557	-698	6	0	4722	-488	0
334	1713	-681	2146	-667	-150	0	1526	-722	1926	-715	-21	0	5227	-474	0
335	1753	-681	2189	-667	-154	0	1566	-722	1968	-716	-25	0	5280	-472	0
336	1839	-681	2281	-667	-163	0	1652	-723	2061	-716	-34	0	5393	-468	0
337	1973	-674	2422	-660	-181	0	1788	-715	2204	-708	-53	0	5546	-462	0
339	2526	-702	3023	-683	-231	0	2337	-746	2799	-735	-100	0	6354	-443	0
340	3360	-713	3917	-691	-320	0	3170	-759	3693	-745	-189	0	7469	-410	0
341	3634	-724	4213	-701	-346	0	3442	-772	3987	-757	-214	0	7860	-401	0
342	5237	-793	5943	-752	-508	0	5039	-837	5709	-816	-372	0	10099	-346	0
343	1953	-674	2401	-660	-178	0	1768	-715	2183	-708	-51	0	5520	-463	0
344	2662	-696	3165	-678	-250	0	2473	-740	2943	-729	-120	0	6510	-438	0
345	3493	-723	4062	-700	-331	0	3301	-770	3836	-756	-199	0	7672	-406	0

# NÁVRH VODOROVNÉ OCASNÍ PLOCHY DVOUMOTOROVÉHO LETOUNU DLE PŘEDPISU CS23

LET KUNOVICE a. s.															SYSTEM SAVLE															DATUM: 06.04.2012		
ZATIZENI V O P VYSLEDNE																																
LETOUN: EV55_KV1 Konstrukce dle rev.17, ZGAP ver.C, var.20															CAS: 09:14:51																	
TYP PŘEDPISU: FAR-23															LIST: 9																	
REZ C : 30 SOURADNICE REZU : .000															<<< POCETNI HODNOTY F=1.5 >			PROVOZNI HODNOTY														
CIS PRIP.	LEVA POLOVINA VOP						PRAVA POLOVINA VOP						VZDUSNE ZATIZENI																			
	TN [N]	TT [N]	MN [NM]	MT [NM]	MK [NM]	N [N]	TN [N]	TT [N]	MN [NM]	MT [NM]	MK [NM]	N [N]	PVOP [N]	MZVOP [NM]	MXVOP [NM]																	
346	5122	-781	5820	-750	-497	0	4924	-834	5586	-813	-360	0	9943	-351	0																	
347	3365	-779	3923	-758	-155	0	3174	-828	3698	-816	-24	0	7481	-191	0																	
348	3767	-802	4361	-778	-191	0	3574	-853	4132	-839	-37	0	8072	-175	0																	
349	3809	-802	4406	-779	-195	0	3616	-854	4177	-839	-61	0	8128	-173	0																	
350	3899	-802	4502	-778	-205	0	3706	-854	4273	-840	-71	0	8246	-170	0																	
351	4034	-795	4644	-771	-221	0	3842	-846	4417	-831	-89	0	8403	-163	0																	
352	4308	-807	4940	-781	-248	0	4114	-860	4711	-843	-114	0	8795	-154	0																	
353	4650	-811	5307	-784	-286	0	4456	-865	5078	-848	-152	0	9250	-143	0																	
354	4013	-795	4622	-771	-219	0	3821	-846	4395	-831	-86	0	8376	-164	0																	
355	4874	-834	5552	-805	-305	0	4677	-890	5320	-871	-169	0	9600	-138	0																	
356	3112	-735	3645	-715	-240	0	2925	-781	3425	-770	-112	0	7082	-337	0																	
357	3459	-747	4020	-725	-272	0	3271	-795	3798	-782	-143	0	7570	-322	0																	
358	3500	-748	4064	-726	-276	0	3312	-796	3842	-783	-147	0	7625	-320	0																	
359	3630	-758	4207	-735	-288	0	3441	-807	3983	-793	-157	0	7824	-317	0																	
360	3794	-759	4382	-735	-305	0	3605	-808	4159	-794	-175	0	8041	-310	0																	
361	3973	-752	4572	-728	-327	0	3785	-801	4350	-786	-197	0	8256	-301	0																	
362	4337	-775	4967	-749	-361	0	4146	-826	4742	-809	-229	0	8792	-290	0																	
363	5348	-813	6057	-781	-464	0	5152	-868	5827	-847	-329	0	10200	-256	0																	
364	5550	-807	6272	-776	-487	0	5356	-863	6043	-841	-353	0	10451	-247	0																	
365	3773	-759	4360	-735	-303	0	3584	-808	4136	-794	-173	0	8013	-311	0																	
366	4466	-778	5106	-751	-374	0	4275	-830	4880	-812	-242	0	8969	-285	0																	
367	5447	-814	6164	-783	-474	0	5252	-870	5934	-848	-340	0	10333	-252	0																	
368	4489	-796	5126	-767	-387	0	4300	-849	4903	-830	-256	0	8954	-289	0																	
369	4977	-823	5655	-792	-434	0	4785	-879	5428	-858	-302	0	9655	-274	0																	
370	5021	-824	5701	-792	-439	0	4829	-880	5475	-859	-306	0	9714	-272	0																	
371	5062	-815	5744	-784	-445	0	4872	-871	5519	-850	-313	0	9748	-268	0																	
372	5290	-828	5991	-796	-467	0	5098	-885	5764	-863	-334	0	10077	-261	0																	
373	5580	-843	6304	-809	-495	0	5386	-901	6075	-878	-362	0	10488	-252	0																	
374	5215	-818	5908	-786	-460	0	5025	-874	5683	-852	-329	0	9955	-262	0																	
375	5634	-726	6330	-696	-785	0	5461	-776	6125	-756	-666	0	10243	-563	0																	
376	6019	-746	6746	-714	-821	0	5844	-798	6539	-776	-700	0	10788	-547	0																	
377	6063	-748	6793	-716	-825	0	5888	-800	6586	-778	-704	0	10849	-548	0																	
378	6218	-759	6961	-727	-840	0	6041	-813	6753	-790	-718	0	11076	-541	0																	
379	6392	-765	7148	-731	-858	0	6215	-819	6939	-795	-736	0	11313	-534	0																	
380	6369	-764	7124	-731	-856	0	6192	-818	6916	-795	-734	0	11283	-535	0																	
381	4372	-605	4957	-585	-756	0	4211	-645	4767	-632	-645	0	8373	-715	0																	
382	4643	-609	5247	-588	-782	0	4482	-649	5057	-636	-671	0	8728	-700	0																	
383	4728	-617	5340	-596	-790	0	4566	-658	5149	-644	-678	0	8860	-698	0																	
384	4816	-620	5434	-598	-799	0	4634	-661	5243	-647	-687	0	8979	-694	0																	
385	5028	-632	5664	-609	-820	0	4864	-674	5471	-659	-707	0	9283	-688	0																	
386	5247	-638	5900	-614	-842	0	5084	-681	5707	-665	-729	0	9581	-679	0																	
387	5582	-656	6262	-630	-875	0	5416	-700	6066	-683	-761	0	10055	-668	0																	
388	6491	-688	7240	-659	-969	0	6324	-736	7043	-716	-854	0	11298	-634	0																	

1

LET KUNOVICE a. s.															SYSTEM SAVLE															DATUM: 06.04.2012		
ZATIZENI V O P VYSLEDNE																																
LETOUN: EV55_KV1 Konstrukce dle rev.17, ZGAP ver.C, var.20															CAS: 09:14:51																	
TYP PŘEDPISU: FAR-23															LIST: 10																	
REZ C : 30 SOURADNICE REZU : .000															<<< POCETNI HODNOTY F=1.5 >			PROVOZNI HODNOTY														
CIS PRIP.	LEVA POLOVINA VOP						PRAVA POLOVINA VOP						VZDUSNE ZATIZENI																			
	TN [N]	TT [N]	MN [NM]	MT [NM]	MK [NM]	N [N]	TN [N]	TT [N]	MN [NM]	MT [NM]	MK [NM]	N [N]	PVOP [N]	MZVOP [NM]	MXVOP [NM]																	
389	6809	-705	7583	-675	-1001	0	6640	-755	7384	-734	-885	0	11747	-624	0																	
390	5007	-631	5642	-608	-817	0	4844	-673	5449	-658	-705	0	9255	-688	0																	
391	5658	-653	6343	-628	-884	0	5494	-698	6148	-680	-770	0	10146	-663	0																	
392	6591	-691	7347	-662	-979	0	6423	-740	7149	-719	-864	0	11434	-630	0																	
393	1050	-746	1451	-735	98	0	854	-790	1219	-786	233	0	4496	-296	0																	
394	1375	-755	1802	-741	68	0	1177	-800	1568	-794	204	0	4952	-282	0																	
395	1437	-764	1871	-750	65	0	1237	-809	1635	-803	203	0	5063	-280	0																	
396	1526	-763	1966	-749	55	0	1326	-809	1730	-802	193	0	5179	-276	0																	
397	1669	-754	2117	-739	35	0	1472	-799	1883	-792	172	0	5337	-270	0																	
398	1911	-763	2378	-746	13	0	1711	-809	2143	-801	150	0	5684	-261	0																	
399	2281	-783	2781	-764	-22	0	2079	-831	2542	-821	117	0	6229	-251	0																	
400	3089	-787	3647	-765	-108	0	2887	-838	3408	-824	32	0	7304	-218	0																	
401	3368	-799	3949	-774	-135	0	3164	-850	3708	-835	6	0	7702	-208	0																	
402	5050	-863	5765	-830	-304	0	4837	-923	5514	-900	-158	0	10069	-153	0																	
403	1649	-754	2095	-739	38	0	1451	-799	1862	-793	174	0	5311	-271	0																	
404	2398	-783	2906	-763	-35	0	2195	-832	2667	-821	105	0	6382	-246	0																	
405	3252	-807	3827	-783	-120	0	3046	-859	3584	-844	22	0	7572	-214	0																	
406	4836	-840	5530	-808	-286	0	4627	-897	5283	-875	-142	0	9733	-157	0																	
407	1598	-607	2002	-597	-260	0	1424	-643	1797	-639	-140	0	4876	-601	0																	
408	1913	-617	2342	-605	-289	0	1737	-655	2135	-649	-168	0	5319	-587	0																	
409	1951	-618	2384	-605	-292	0	1775	-655	2176	-649	-171	0	5370	-585	0																	
410	2063	-626	2506	-612	-302	0	1886	-664	2298	-657	-180	0	5543	-582	0																	
411	2246	-634	2705	-620	-319	0	2068	-673	2495	-666	-196	0	5809	-575	0																	
412	2484	-644	2962	-628	-342	0	2304	-684	2749	-675	-218	0	6146	-567	0																	
413	2708	-640	3200	-623	-367	0	2530	-680	2990	-671	-244	0	6425	-556	0																	
414	3632	-677	4199	-656	-458	0	3449	-722	3982	-708	-332	0	7730	-524	0																	
415	3905	-689	4494	-666	-485	0	3720	-735	4276	-720	-357	0	8117	-514	0																	
416	5410	-735	6114	-706	-640	0	5221	-786	5891	-766	-509	0	10185	-459	0																	
417	2227	-634	2684	-620	-317	0	2048	-673	2473	-665	-194	0	5783	-576	0																	
418	2852	-649	3357	-631	-380	0	2672	-690	3145	-680	-256	0	6641	-552	0																	
419	3724	-679	4298	-657	-468	0	3541	-723	4081	-709	-341	0	7853	-520	0																	
420	5297	-732	5993	-703	-628	0	5109	-783	5770	-763	-498	0	10031	-464	0																	
421	-10876	-1461	-11835	-1723	-237	0	-10766	-1415	-11704	-1669	-313	0	-16187	-1945	0																	
422	-10878	-1466	-11836	-1728	-227	0	-10768	-1421	-11706	-1675	-303	0	-16179	-1935	0																	
423	-10878	-1467	-11836	-1729	-226	0	-10768	-1422	-11706	-1675	-302	0	-16178	-1933	0																	
424	-10877	-1468	-11833	-1729	-224	0	-10767	-1423	-11704	-1676	-300	0	-16172	-1931	0																	
425	-10873	-1470	-11828	-1730	-221	0	-10763	-1425	-11700	-1678	-296	0	-16160	-1927	0																	
426	-10865	-1471	-11820	-1731	-216	0	-10757	-1427	-11691	-1679	-291	0	-16142	-1922	0																	
427	-10854	-1472	-11806	-1731	-211	0	-10746	-1429	-11679	-1680	-286	0	-16117	-1914	0																	
428	-10803	-1469	-11749	-1724	-																											

# NÁVRH VODOROVNÉ OCASNÍ PLOCHY DVOUMOTOROVÉHO LETOUNU DLE PŘEDPISU CS23

1

LET KUNOVICE a. s. SYSTEM S A V L E DATUM: 06.04.2012

Z A T I Z E N Í V O P V Y S L E D N E

LETOUN: EV55\_KV1 Konstrukce dle rev.17, ZGAP ver.C, var.20 CAS: 09:14:51  
TYP PŘEDPISU: FAR-23 LIST: 11

REZ C : 30 SOURADNICE REZU : .000 <<< POCETNI HODNOTY F=1.5 > | PROVOZNI HODNOTY

CIS PRIP.	LEVA POLOVINA VOP						PRAVA POLOVINA VOP						VZDUSNE ZATIZENI		
	TN [N]	TT [N]	MN [NM]	MT [NM]	MK [NM]	N [N]	TN [N]	TT [N]	MN [NM]	MT [NM]	MK [NM]	N [N]	PVOP [N]	MZVOP [NM]	MXVOP [NM]
432	-10848	-1472	-11800	-1730	-209	0	-10740	-1429	-11672	-1679	-283	0	-16105	-1911	0
433	-10795	-1468	-11740	-1723	-195	0	-10689	-1426	-11615	-1673	-268	0	-16008	-1888	0
434	-10655	-1445	-11585	-1692	-176	0	-10552	-1405	-11463	-1645	-248	0	-15776	-1846	0
435	-11172	-1547	-12148	-1818	-72	0	-11063	-1502	-12020	-1765	-147	0	-16543	-1787	0
436	-11169	-1551	-12144	-1821	-63	0	-11062	-1507	-12017	-1769	-137	0	-16526	-1777	0
437	-11169	-1552	-12143	-1821	-62	0	-11061	-1507	-12016	-1769	-136	0	-16523	-1776	0
438	-11166	-1552	-12140	-1822	-60	0	-11059	-1508	-12013	-1770	-134	0	-16515	-1774	0
439	-11160	-1553	-12132	-1822	-56	0	-11054	-1510	-12007	-1770	-130	0	-16499	-1770	0
440	-11151	-1554	-12121	-1822	-52	0	-11045	-1511	-11996	-1770	-125	0	-16476	-1764	0
441	-11136	-1554	-12104	-1820	-46	0	-11031	-1511	-11981	-1770	-119	0	-16445	-1757	0
442	-11079	-1547	-12040	-1810	-32	0	-10976	-1506	-11918	-1761	-103	0	-16337	-1733	0
443	-11058	-1544	-12015	-1805	-29	0	-10955	-1504	-11895	-1757	-99	0	-16298	-1727	0
444	-10909	-1517	-11851	-1770	-10	0	-10810	-1478	-11734	-1725	-79	0	-16050	-1685	0
445	-11161	-1553	-12133	-1822	-57	0	-11054	-1509	-12008	-1770	-130	0	-16501	-1770	0
446	-11129	-1553	-12096	-1819	-44	0	-11025	-1511	-11973	-1769	-117	0	-16431	-1753	0
447	-11071	-1546	-12030	-1808	-31	0	-10968	-1505	-11909	-1760	-102	0	-16321	-1741	0
448	-10923	-1520	-11866	-1773	-12	0	-10823	-1481	-11749	-1728	-80	0	-16072	-1689	0
449	-11416	-1622	-12402	-1898	55	0	-11312	-1579	-12280	-1847	-17	0	-16796	-1678	0
450	-11412	-1626	-12396	-1900	64	0	-11309	-1583	-12275	-1850	-7	0	-16775	-1667	0
451	-11411	-1626	-12395	-1901	66	0	-11309	-1583	-12274	-1850	-5	0	-16772	-1666	0
452	-11408	-1626	-12391	-1901	67	0	-11306	-1584	-12271	-1850	-3	0	-16763	-1664	0
453	-11401	-1627	-12383	-1900	71	0	-11300	-1585	-12263	-1851	1	0	-16745	-1660	0
454	-11390	-1627	-12370	-1899	75	0	-11290	-1585	-12252	-1850	6	0	-16720	-1654	0
455	-11375	-1626	-12353	-1897	81	0	-11275	-1585	-12235	-1849	12	0	-16687	-1647	0
456	-11315	-1618	-12285	-1895	95	0	-11217	-1578	-12169	-1838	28	0	-16572	-1623	0
457	-11293	-1615	-12259	-1880	99	0	-11195	-1575	-12145	-1834	31	0	-16531	-1617	0
458	-11402	-1627	-12384	-1901	70	0	-11300	-1584	-12264	-1851	0	0	-16748	-1660	0
459	-11368	-1625	-12344	-1896	83	0	-11268	-1584	-12227	-1848	14	0	-16671	-1643	0
460	-11306	-1617	-12275	-1883	97	0	-11209	-1577	-12160	-1837	29	0	-16556	-1621	0
461	-11154	-1587	-12106	-1846	115	0	-11060	-1550	-11995	-1802	50	0	-16299	-1579	0
462	-11412	-1609	-12388	-1882	112	0	-11314	-1566	-12273	-1831	45	0	-16699	-1619	0
463	-11390	-1607	-12363	-1878	119	0	-11293	-1565	-12249	-1828	52	0	-16656	-1608	0
464	-11387	-1606	-12360	-1878	120	0	-11290	-1564	-12245	-1828	53	0	-16650	-1607	0
465	-11379	-1606	-12351	-1876	121	0	-11282	-1564	-12237	-1826	55	0	-16636	-1604	0
466	-11364	-1604	-12334	-1873	124	0	-11268	-1562	-12221	-1824	58	0	-16608	-1600	0
467	-11343	-1601	-12311	-1869	127	0	-11248	-1559	-12198	-1820	61	0	-16571	-1594	0
468	-11317	-1596	-12281	-1863	131	0	-11222	-1556	-12169	-1815	66	0	-16524	-1586	0
469	-11228	-1580	-12182	-1841	142	0	-11135	-1541	-12073	-1795	78	0	-16373	-1562	0
470	-11366	-1604	-12336	-1874	124	0	-11270	-1562	-12223	-1824	57	0	-16612	-1600	0
471	-11304	-1594	-12267	-1860	133	0	-11210	-1554	-12156	-1812	67	0	-16502	-1583	0
472	-11216	-1578	-12169	-1839	143	0	-11124	-1539	-12060	-1792	79	0	-16353	-1559	0
473	-10865	-1453	-11820	-1715	-243	0	-10756	-1408	-11691	-1661	-318	0	-16147	-1956	0
474	-10864	-1458	-11818	-1719	-234	0	-10756	-1413	-11690	-1666	-309	0	-16136	-1946	0

1

LET KUNOVICE a. s. SYSTEM S A V L E DATUM: 06.04.2012

Z A T I Z E N Í V O P V Y S L E D N E

LETOUN: EV55\_KV1 Konstrukce dle rev.17, ZGAP ver.C, var.20 CAS: 09:14:51  
TYP PŘEDPISU: FAR-23 LIST: 12

REZ C : 30 SOURADNICE REZU : .000 <<< POCETNI HODNOTY F=1.5 > | PROVOZNI HODNOTY

CIS PRIP.	LEVA POLOVINA VOP						PRAVA POLOVINA VOP						VZDUSNE ZATIZENI		
	TN [N]	TT [N]	MN [NM]	MT [NM]	MK [NM]	N [N]	TN [N]	TT [N]	MN [NM]	MT [NM]	MK [NM]	N [N]	PVOP [N]	MZVOP [NM]	MXVOP [NM]
475	-10864	-1458	-11817	-1719	-233	0	-10755	-1414	-11689	-1666	-307	0	-16134	-1944	0
476	-10861	-1459	-11814	-1720	-231	0	-10753	-1415	-11687	-1667	-306	0	-16127	-1942	0
477	-10856	-1461	-11808	-1720	-228	0	-10748	-1416	-11681	-1668	-302	0	-16114	-1938	0
478	-10847	-1462	-11798	-1721	-223	0	-10740	-1418	-11671	-1669	-298	0	-16094	-1933	0
479	-10834	-1462	-11782	-1720	-218	0	-10727	-1419	-11656	-1669	-292	0	-16066	-1925	0
480	-10778	-1458	-11720	-1712	-205	0	-10673	-1416	-11596	-1662	-277	0	-15966	-1902	0
481	-10757	-1455	-11696	-1708	-202	0	-10652	-1414	-11573	-1659	-274	0	-15929	-1896	0
482	-10610	-1430	-11535	-1675	-184	0	-10509	-1391	-11415	-1629	-255	0	-15692	-1855	0
483	-10857	-1461	-11809	-1720	-228	0	-10749	-1416	-11682	-1668	-303	0	-16115	-1939	0
484	-10827	-1462	-11775	-1719	-216	0	-10720	-1419	-11649	-1668	-290	0	-16053	-1922	0
485	-10770	-1457	-11711	-1710	-204	0	-10665	-1415	-11587	-1661	-276	0	-15952	-1900	0
486	-10624	-1433	-11549	-1678	-186	0	-10522	-1393	-11429	-1632	-256	0	-15713	-1858	0
487	-11451	-1624	-12411	-1890	121	0	-11366	-1585	-12310	-1844	62	0	-16558	-1654	0
488	-11425	-1620	-12382	-1885	127	0	-11341	-1582	-12282	-1839	69	0	-16513	-1643	0
489	-11422	-1620	-12378	-1884	128	0	-11337	-1581	-12278	-1838	70	0	-16507	-1642	0
490	-11413	-1618	-12368	-1882	129	0	-11329	-1580	-12269	-1837	71	0	-16491	-1639	0
491	-11396	-1615	-12349	-1878	131	0	-11312	-1578	-12251	-1833	73	0	-16463	-1635	0
492	-11373	-1611	-12324	-1873	134	0	-11290	-1574	-12225	-1829	76	0	-16423	-1629	0
493	-11343	-1606	-12291	-1866	137	0	-11261	-1569	-12193	-1822	80	0	-16374	-1621	0
494	-11398	-1616	-12352	-1879	131	0	-11315	-1578	-12253	-1834	73	0	-16466	-1635	0
495	-11330	-1604	-12276	-1863	138	0	-11248	-1567	-12179	-1819	82	0	-16353	-1617	0
496	-11169	-1535	-12119	-1796	-44	0	-11077	-1494	-12010	-1748	-108	0	-16285	-1802	0
497	-11147	-1533	-12094	-1793	-38	0	-11055	-1492	-11986	-1745	-101	0	-16245	-1791	0
498	-11143	-1533	-12090	-1792	-37	0	-11052	-1492	-11982	-1744	-100	0	-16240	-1789	0
499	-11136	-1532	-12081	-1791	-36	0	-11045	-1491	-11974	-1743	-99	0	-16226	-1787	0
500	-11121	-1530	-12064	-1788	-34	0	-11030	-1490	-11958	-1741	-96	0	-16199	-1783	0
501	-11099	-1527	-12041	-1784	-31	0	-11009	-1487	-11935	-1737	-93	0	-16163	-1777	0
502	-11072	-1523	-12011	-1778	-28	0	-10983	-1483	-11905	-1732	-89	0	-16117	-1769	0
503	-10982	-1507	-11911	-1757	-18	0	-10894	-1469	-11807	-1713	-79	0	-15971	-1746	0
504	-10952	-1501	-11878	-1750	-16	0	-10864	-1464	-11775	-1706	-77	0	-15922	-1739	0
505	-11123	-1530	-12067	-1788	-34	0	-11032	-1490	-11960	-1741	-97	0	-16203	-1783	0
506	-11060	-1521	-11997	-1775	-26	0	-10971	-1482	-11892	-1729	-88	0	-16097	-1766	0
507	-10970	-1505	-11898	-1755	-18	0	-10882	-1467	-11795	-1710	-78	0	-15951	-1743	0
508	-11161	-1477	-12001	-1736	-18	0	-10969	-1434	-11893	-1685	-81	0	-16134	-1747	0
509	-11028	-1473	-11965	-1730	-13	0	-10937	-1430	-11858	-1679	-75	0	-16078	-1737	0
510	-11023	-1472	-11960	-1729	-12	0	-10933	-1429	-11853	-1679	-75	0	-16070	-1736	0
511	-11013	-1470	-11948	-1727	-11	0	-10922	-1428	-11842	-1677	-74	0	-16052	-1734	0
512	-10993	-1468	-11927	-1723	-10	0	-10903</								

# NÁVRH VODOROVNÉ OCASNÍ PLOCHY DVOUMOTOROVÉHO LETOUNU DLE PŘEDPISU CS23

LET KUNOVICE a.s.

SYSTEM SAVLE

DATUM: 06.04.2012

## ZATIZENI V O P VYSLEDNE

LETOUN: EV55\_KV1 Konstrukce dle rev.17, ZGAP ver.C, var.20  
TYP PŘEDPISU: FAR-23

CAS: 09:14:51  
LIST: 13

REZ C : 30	SOURADNICE REZU : .000	<<< POCETNI HODNOTY F=1.5 >											PROVOZNI HODNOTY			
CIS PRIP.	LEVA POLOVINA VOP						N	PRAVA POLOVINA VOP						VZDUSNE ZATIZENI		
	TN [N]	TT [N]	MN [NM]	MT [NM]	MK [NM]	N [N]		TN [N]	TT [N]	MN [NM]	MT [NM]	MK [NM]	N [N]	PVOP [N]	MZVOP [NM]	MXVOP [NM]
518	-10382	-1279	-11276	-1518	-316	0	-10288	-1235	-11166	-1466	-380	0	-15256	-2015	0	
519	-10361	-1276	-11253	-1514	-315	0	-10268	-1233	-11143	-1463	-379	0	-15221	-2011	0	
520	-10363	-1277	-11256	-1515	-315	0	-10270	-1233	-11146	-1463	-379	0	-15226	-2011	0	
521	-10542	-1351	-11431	-1587	-397	0	-10459	-1312	-11334	-1541	-454	0	-15303	-2187	0	
522	-10515	-1348	-11401	-1583	-392	0	-10433	-1310	-11305	-1537	-449	0	-15262	-2176	0	
523	-10511	-1348	-11397	-1582	-391	0	-10429	-1310	-11300	-1537	-448	0	-15256	-2175	0	
524	-10502	-1347	-11387	-1581	-390	0	-10420	-1309	-11291	-1535	-447	0	-15242	-2172	0	
525	-10485	-1345	-11368	-1577	-389	0	-10403	-1307	-11272	-1533	-446	0	-15215	-2168	0	
526	-10460	-1341	-11342	-1573	-387	0	-10379	-1304	-11246	-1528	-444	0	-15178	-2162	0	
527	-10430	-1337	-11308	-1567	-385	0	-10349	-1299	-11213	-1523	-441	0	-15132	-2155	0	
528	-10330	-1320	-11200	-1546	-379	0	-10250	-1284	-11105	-1503	-434	0	-14983	-2131	0	
529	-10298	-1314	-11164	-1539	-377	0	-10218	-1278	-11070	-1496	-432	0	-14934	-2125	0	
530	-10487	-1345	-11371	-1578	-389	0	-10405	-1307	-11274	-1533	-446	0	-15219	-2169	0	
531	-10416	-1334	-11293	-1564	-384	0	-10335	-1297	-11198	-1520	-440	0	-15111	-2151	0	
532	-10317	-1318	-11186	-1543	-378	0	-10237	-1282	-11091	-1501	-433	0	-14964	-2129	0	
533	-11193	-1555	-12175	-1828	-55	0	-11082	-1510	-12044	-1774	-132	0	-16611	-1761	0	
534	-11192	-1560	-12172	-1832	-46	0	-11082	-1515	-12043	-1779	-122	0	-16595	-1751	0	
535	-11192	-1560	-12171	-1832	-44	0	-11082	-1515	-12042	-1779	-120	0	-16593	-1749	0	
536	-11189	-1561	-12168	-1832	-42	0	-11080	-1516	-12039	-1780	-118	0	-16585	-1747	0	
537	-11184	-1562	-12162	-1833	-39	0	-11075	-1518	-12033	-1781	-114	0	-16569	-1743	0	
538	-11175	-1563	-12151	-1833	-34	0	-11067	-1519	-12023	-1781	-109	0	-16546	-1737	0	
539	-11162	-1563	-12135	-1831	-29	0	-11054	-1519	-12009	-1780	-103	0	-16516	-1730	0	
540	-11106	-1557	-12073	-1822	-13	0	-11001	-1515	-11948	-1772	-86	0	-16408	-1706	0	
541	-11085	-1554	-12049	-1817	-10	0	-10981	-1513	-11925	-1769	-82	0	-16369	-1700	0	
542	-10940	-1527	-11887	-1782	9	0	-10838	-1488	-11768	-1736	-61	0	-16123	-1658	0	
543	-11185	-1562	-12163	-1833	-39	0	-11076	-1518	-12034	-1780	-115	0	-16571	-1744	0	
544	-11155	-1562	-12128	-1830	-26	0	-11048	-1519	-12001	-1780	-100	0	-16502	-1726	0	
545	-11098	-1556	-12063	-1820	-12	0	-10993	-1514	-11939	-1771	-84	0	-16393	-1704	0	
546	-10953	-1530	-11902	-1786	8	0	-10851	-1491	-11782	-1740	-62	0	-16145	-1662	0	
547	-10701	-1407	-11637	-1660	-343	0	-10595	-1362	-11513	-1608	-416	0	-15866	-2072	0	
548	-10700	-1411	-11636	-1664	-335	0	-10595	-1368	-11512	-1613	-407	0	-15858	-2062	0	
549	-10699	-1412	-11635	-1665	-334	0	-10595	-1368	-11512	-1613	-406	0	-15856	-2061	0	
550	-10697	-1413	-11632	-1665	-332	0	-10592	-1369	-11509	-1614	-404	0	-15850	-2059	0	
551	-10691	-1414	-11626	-1666	-329	0	-10587	-1371	-11503	-1615	-401	0	-15838	-2055	0	
552	-10682	-1415	-11615	-1666	-325	0	-10579	-1373	-11493	-1616	-397	0	-15820	-2049	0	
553	-10669	-1416	-11600	-1666	-321	0	-10565	-1373	-11478	-1616	-392	0	-15795	-2042	0	
554	-10613	-1411	-11538	-1658	-308	0	-10511	-1370	-11418	-1609	-378	0	-15700	-2019	0	
555	-10592	-1409	-11514	-1654	-305	0	-10490	-1368	-11394	-1606	-375	0	-15664	-2013	0	
556	-10444	-1384	-11352	-1622	-289	0	-10344	-1345	-11235	-1577	-358	0	-15433	-1971	0	
557	-10692	-1414	-11627	-1666	-329	0	-10588	-1371	-11504	-1615	-401	0	-15840	-2056	0	
558	-10662	-1415	-11593	-1665	-319	0	-10559	-1373	-11471	-1615	-390	0	-15783	-2039	0	
559	-10605	-1410	-11529	-1656	-307	0	-10505	-1369	-11409	-1608	-377	0	-15686	-2016	0	
560	-10457	-1386	-11367	-1625	-290	0	-10358	-1348	-11249	-1580	-359	0	-15453	-1975	0	

1

1

LET KUNOVICE a.s.

SYSTEM SAVLE

DATUM: 06.04.2012

## ZATIZENI V O P VYSLEDNE

LETOUN: EV55\_KV1 Konstrukce dle rev.17, ZGAP ver.C, var.20  
TYP PŘEDPISU: FAR-23

CAS: 09:14:51  
LIST: 14

REZ C : 30	SOURADNICE REZU : .000	<<< POCETNI HODNOTY F=1.5 >											PROVOZNI HODNOTY			
CIS PRIP.	LEVA POLOVINA VOP						N	PRAVA POLOVINA VOP						VZDUSNE ZATIZENI		
	TN [N]	TT [N]	MN [NM]	MT [NM]	MK [NM]	N [N]		TN [N]	TT [N]	MN [NM]	MT [NM]	MK [NM]	N [N]	PVOP [N]	MZVOP [NM]	MXVOP [NM]
561	-9221	-428	-9192	-746	-132	-737	1261	-277	762	2	-1374	800	-4764	-1843	-6699	
562	-9404	-444	-9389	-761	11	-730	1080	-295	568	-21	-1231	793	-5006	-1685	-6701	
563	-9581	-461	-9579	-780	115	-732	898	-312	373	-39	-1126	795	-5246	-1579	-6699	
564	-9528	-480	-9529	-854	121	-879	760	-301	232	36	-1091	955	-5302	-1559	-6593	
565	-9162	-423	-9128	-738	-149	-733	1324	-272	830	6	-1392	796	-4681	-1855	-6702	
566	-9557	-487	-9560	-880	79	-930	676	-302	142	55	-1121	1010	-5377	-1617	-6567	
567	-9239	-446	-9216	-805	-54	-846	1101	-275	594	51	-1272	919	-4882	-1739	-6625	
568	-9177	-464	-9155	-888	-54	-1021	951	-262	438	139	-1235	1109	-4939	-1724	-6515	
569	-8581	-422	-8516	-857	-352	-1063	1504	-209	1032	216	-1525	1155	-4172	-2011	-6495	
570	-8517	-386	-8437	-727	-443	-816	1874	-220	1419	99	-1666	886	-3885	-2125	-6660	
571	-9457	-450	-9445	-769	39	-734	1021	-300	505	-24	-1203	797	-5081	-1658	-6696	
572	-8987	-407	-8940	-719	-261	-726	1512	-258	1030	19	-1504	789	-4440	-1971	-6710	
573	121	-320	-432	83	-1311	1235	-9843	-555	-9885	-1145	-112	-1341	-5943	-1945	6368	
574	1114	-303	609	-76	-1255	730	-9435	-449	-9424	-813	32	-793	-5006	-1685	6701	
575	932	-320	414	-94	-1150	732	-9612	-465	-9614	-832	136	-795	-5246	-1579	6699	
576	795	-309	274	-29	-1115	879	-9558	-484	-9563	-915	141	-955	-5302	-1559	6593	
577	1359	-281	872	-51	-1415	733	-9192	-428	-9163	-791	-128	-796	-4681	-1855	6702	
578	711	-310	185	-13	-1145	930	-9586	-491	-9593	-945	99	-1010	-5377	-1617	6567	
579	1136	-284	637	-14	-1296	846	-9268	-453	-9249	-866	-34	-919	-4882	-1739	6625	
580	989	-274	484	61	-1261	1021	-9204	-473	-9185	-962	-35	-1109	-4939	-1724	6515	
581	1543	-222	1079	135	-1551	1063	-8607	-432	-8545	-935	-334	-1155	-4172	-2011	6495	
582	1909	-227	1462	39	-1690	816	-8547	-390	-8471	-784	-423	-886	-3885	-2125	6660	
583	1055	-308	546	-80	-1226	734	-9487	-455	-9481	-821	60	-797	-5081	-1658	6696	
584	1546	-266	1071	-37	-1528	726	-9017	-412	-8975	-771	-240	-789	-4440	-1971	6710	
585	1511	-267	1035	-34	-1526	738	-9038	-415	-8998	-779	-240	-801	-4477	-1975	6702	

1

PŘÍLOHA 3: Rozložení zatížení

ROZLOZENÍ ZATÍŽENÍ

Letoun : EV-55KV

Plocha : VOP

Případ zatížení : Pripad\_109

Zadane provozni zatizeni :

Fvop= 4895.0N Mzvop= -3532.0Nm Mxvop= 0.0Nm  
 Xp= 0.4829m Zmx= 0.9520m souc.bezp.= 1.50  
 Poloha vzt.osy : 0.25 (1)

Vysledne p o c e t n i zatizeni 1/2 VOP :

```
*****
* cast * sila [N] * x [m] * z [m] *
*****
* pevna cast * 618.15 * 2.211 * 0.722 *
* kormidlo * 3053.10 * 1.001 * 1.190 *
*****
```

Zavesovy moment kormidla : -137.9 Nm  
 Kroutici moment 1/2VOP k ASvop: -2649.0 Nm  
 Krout.mom. 1/2VOP ke vzt. bodu: -3169.0 Nm

```
*****
* P E V N A C A S T * K O R M I D L O *
*****
* poloha rezu * tlak P1 [Pa] * tlak P2 [Pa] * Q2 [N/M] *
*****
* * * * *
* 0.000 * -5289.12 * 6275.60 * 1541.92 *
* * * * *
*****
* * * * *
* 0.332 * -5289.13 * 6275.61 * 1435.66 *
* * * * *
*****
* * * * *
* 0.664 * -5289.11 * 6275.60 * 1329.40 *
* * * * *
*****
* * * * *
* 0.996 * -5289.12 * 6275.60 * 1223.14 *
* * * * *
*****
* * * * *
* 1.328 * -5289.13 * 6275.61 * 1116.88 *
* * * * *
*****
* * * * *
* 1.660 * -5289.11 * 6275.60 * 1010.62 *
* * * * *
```

```

*****
*      *      *      *      *
*  1.992 * -5289.12 * 6275.60 * 904.36 *
*      *      *      *      *
*****
*      *      *      *      *
*  2.328 * -5289.12 * 6275.60 * 796.83 *
*      *      *      *      *
*****
*      *      *      *      *
*  2.328 * -14559.43 * 7258.40 * 1792.03 *
*      *      *      *      *
*****
*      *      *      *      *
*  2.520 * -14559.43 * 7258.40 * 1653.83 *
*      *      *      *      *
*****
    
```

**ROZLOZENI ZATIZENI**

=====

Letoun : EV-55KV

Plocha : VOP

Pripad zatizeni : Pripad\_189

Zadane provozni zatizeni :

-----  
 Fvop= -10290.0N Mzvop= 4926.0Nm Mxvop= 0.0Nm  
 Xp= 0.4829m Zmx= 0.9520m souc.bezp.= 1.50  
 Poloha vzt.osy : 0.25 (1)

Vysledne p o c e t n i zatizeni 1/2 VOP :

```

*****
* cast * sila [N] * x [m] * z [m] *
*****
* pevna cast * -3320.12 * 0.911 * 0.996 *
* kormidlo * -4397.38 * 1.000 * 1.199 *
*****
    
```

Zavesovy moment kormidla : 193.9 Nm  
 Kroutici moment 1/2VOP k ASvop: 3694.5 Nm  
 Krout.mom. 1/2VOP ke vzt. bodu: 4787.7 Nm

```

*****
*      *      *      *      *
*  P E V N A C A S T * K O R M I D L O *
*****
* poloha rezu * tlak P1 [Pa] * tlak P2 [Pa] * Q2 [N/M] *
*****
*      *      *      *      *
*  0.000 * 4532.08 * -8976.92 * -2205.63 *
*      *      *      *      *
*****
*      *      *      *      *
*  0.332 * 4532.08 * -8976.92 * -2053.63 *
*****
    
```

```

*      *      *      *      *
*****
*      *      *      *      *
*  0.664 * 4532.07 * -8976.91 * -1901.63 *
*      *      *      *      *
*****
*      *      *      *      *
*  0.996 * 4532.08 * -8976.92 * -1749.64 *
*      *      *      *      *
*****
*      *      *      *      *
*  1.328 * 4532.09 * -8976.92 * -1597.64 *
*      *      *      *      *
*****
*      *      *      *      *
*  1.660 * 4532.06 * -8976.91 * -1445.64 *
*      *      *      *      *
*****
*      *      *      *      *
*  1.992 * 4532.07 * -8976.92 * -1293.65 *
*      *      *      *      *
*****
*      *      *      *      *
*  2.328 * 4532.08 * -8976.92 * -1139.82 *
*      *      *      *      *
*****
*      *      *      *      *
*  2.328 * 16555.00 * -11042.89 * -2726.38 *
*      *      *      *      *
*****
*      *      *      *      *
*  2.520 * 16555.00 * -11042.89 * -2516.12 *
*      *      *      *      *
*****

```

**ROZLOZENÍ ZATÍŽENÍ**

=====

Letoun : EV-55KV

Plocha : VOP

Případ zatížení : Pripad\_389

Zadané provozní zatížení :

-----

Fvop= 11747.0N Mzvop= -624.0Nm Mxvop= 0.0Nm

Xp= 0.4829m Zmx= 0.9520m souc.bezp.= 1.50

Poloha vzt.osy : 0.25 (1)

Výsledné početní zatížení 1/2 VOP :

-----

\*\*\*\*\*

\* cast \* sila [N] \* x [m] \* z [m] \*

\*\*\*\*\*

\* pevná cast \* 7833.14 \* 0.480 \* 1.087 \*

\* kormidlo \* 977.11 \* 0.985 \* 1.309 \*

\*\*\*\*\*

Zavesovy moment kormidla : -29.2 Nm  
 Kroutici moment 1/2VOP k ASvop: -468.0 Nm  
 Krout.mom. 1/2VOP ke vzt. bodu: -1716.0 Nm

\*\*\*\*\*

\* P E V N A C A S T \* K O R M I D L O \*

\*\*\*\*\*

\* poloha rezu \* tlak P1 [Pa] \* tlak P2 [Pa] \* Q2 [N/M] \*

\*\*\*\*\*

\* \* \* \* \*  
 \* 0.000 \* 8004.14 \* 1814.12 \* 445.73 \*

\*\*\*\*\*

\* \* \* \* \*  
 \* 0.332 \* 8004.14 \* 1814.12 \* 415.01 \*

\*\*\*\*\*

\* \* \* \* \*  
 \* 0.664 \* 8004.14 \* 1814.12 \* 384.29 \*

\*\*\*\*\*

\* \* \* \* \*  
 \* 0.996 \* 8004.14 \* 1814.12 \* 353.58 \*

\*\*\*\*\*

\* \* \* \* \*  
 \* 1.328 \* 8004.14 \* 1814.12 \* 322.86 \*

\*\*\*\*\*

\* \* \* \* \*  
 \* 1.660 \* 8004.14 \* 1814.11 \* 292.14 \*

\*\*\*\*\*

\* \* \* \* \*  
 \* 1.992 \* 8004.14 \* 1814.12 \* 261.43 \*

\*\*\*\*\*

\* \* \* \* \*  
 \* 2.328 \* 8004.14 \* 1814.12 \* 230.34 \*

\*\*\*\*\*

\* \* \* \* \*  
 \* 2.328 \* 9213.83 \* 4172.62 \* 1030.18 \*

\*\*\*\*\*

\* \* \* \* \*  
 \* 2.520 \* 9213.83 \* 4172.62 \* 950.73 \*

\*\*\*\*\*

ROZLOZENI ZATIZENI

=====

Letoun : EV-55KV

Plocha : VOP

Připad zatizeni : Pripad\_449

Zadane provozni zatizeni :

-----  
 Fvop= -16796.0N Mzvop= -1678.0Nm Mxvop= 0.0Nm  
 Xp= 0.4829m Zmx= 0.9520m souc.bezp.= 1.50  
 Poloha vzt.osy : 0.25 (1)

Vysledne p o c e t n i zatizeni 1/2 VOP :

-----  
 \*\*\*\*\*

\* cast \* sila [N] \* x [m] \* z [m] \*

\*\*\*\*\*

\* pevna cast \* -13278.35 \* 0.417 \* 1.100 \*

\* kormidlo \* 681.35 \* 1.039 \* 0.890 \*

\*\*\*\*\*

Zavesovy moment kormidla : -57.0 Nm

Kroutici moment 1/2VOP k ASvop: -1258.5 Nm

Krout.mom. 1/2VOP ke vzt. bodu: 525.9 Nm

\*\*\*\*\*

\* P E V N A C A S T \* K O R M I D L O \*

\*\*\*\*\*

\* poloha rezu \* tlak P1 [Pa] \* tlak P2 [Pa] \* Q2 [N/M] \*

\*\*\*\*\*

\* \* \* \* \*

\* 0.000 \* -18219.13 \* 1741.97 \* 428.00 \*

\* \* \* \* \*

\*\*\*\*\*

\* \* \* \* \*

\* 0.332 \* -18219.13 \* 1741.97 \* 398.51 \*

\* \* \* \* \*

\*\*\*\*\*

\* \* \* \* \*

\* 0.664 \* -18219.12 \* 1741.97 \* 369.01 \*

\* \* \* \* \*

\*\*\*\*\*

\* \* \* \* \*

\* 0.996 \* -18219.13 \* 1741.97 \* 339.52 \*

\* \* \* \* \*

\*\*\*\*\*

\* \* \* \* \*

\* 1.328 \* -18219.13 \* 1741.97 \* 310.02 \*

\* \* \* \* \*

\*\*\*\*\*

\* \* \* \* \*

\* 1.660 \* -18219.12 \* 1741.97 \* 280.53 \*

\* \* \* \* \*

\*\*\*\*\*

\* \* \* \* \*

\* 1.992 \* -18219.13 \* 1741.97 \* 251.03 \*

\* \* \* \* \*

\*\*\*\*\*

\* \* \* \* \*

```

* 2.328 * -18219.13 * 1741.97 * 221.18 *
* * * * *
*****
* * * * *
* 2.328 * -27626.76 * -1630.24 * -402.49 *
* * * * *
*****
* * * * *
* 2.520 * -27626.75 * -1630.24 * -371.45 *
* * * * *
*****
    
```

**ROZLOZENI ZATIZENI**

=====

Letoun : EV-55KV

Plocha : VOP

Pripad zatizeni : Pripad\_573L

Zadane provozni zatizeni :

-----  
Fvop= -5943.0N Mzvop= -1945.0Nm Mxvop= 6368.0Nm  
Xp= 0.4829m Zmx= 0.9520m souc.bezp.= 1.50  
Poloha vzt.osy : 0.25 (1)

Vysledne p o c e t n i zatizeni 1/2 VOP :

```

*****
* cast * sila [N] * x [m] * z [m] *
*****
* pevná cast * -1006.61 * -0.050 * 1.930 *
* kormidlo * 1566.17 * 1.007 * 1.128 *
*****
    
```

Zavesovy moment kormidla : -80.6 Nm  
Kroutici moment 1/2VOP k ASvop: -1357.1 Nm  
Krout.mom. 1/2VOP ke vzt. bodu: -1436.3 Nm

```

*****
* P E V N A C A S T * K O R M I D L O *
*****
* poloha rezu * tlak P1 [Pa] * tlak P2 [Pa] * Q2 [N/M] *
*****
* * * * *
* 0.000 * -2976.47 * 3451.51 * 848.03 *
* * * * *
*****
* * * * *
* 0.332 * -3297.89 * 3426.08 * 783.78 *
* * * * *
*****
* * * * *
* 0.664 * -3670.68 * 3396.59 * 719.52 *
* * * * *
    
```

```

*****
*      *      *      *      *
* 0.996 * -4108.26 * 3361.98 * 655.26 *
*      *      *      *      *
*****
*      *      *      *      *
* 1.328 * -4629.09 * 3320.78 * 591.01 *
*      *      *      *      *
*****
*      *      *      *      *
* 1.660 * -5259.44 * 3270.92 * 526.75 *
*      *      *      *      *
*****
*      *      *      *      *
* 1.992 * -6037.92 * 3209.34 * 462.49 *
*      *      *      *      *
*****
*      *      *      *      *
* 2.328 * -7037.18 * 3130.30 * 397.46 *
*      *      *      *      *
*****
*      *      *      *      *
* 2.328 * -13462.04 * 2661.83 * 657.18 *
*      *      *      *      *
*****
*      *      *      *      *
* 2.520 * -14381.79 * 2436.08 * 555.06 *
*      *      *      *      *
*****

```

**ROZLOZENÍ ZATÍŽENÍ**

=====

Letoun : EV-55KV

Plocha : VOP

Případ zatížení : Pripad\_573P

Zadané provozní zatížení :

-----  
Fvop= -5943.0N Mzvop= -1945.0Nm Mxvop= 6368.0Nm  
Xp= 0.4829m Zmx= 0.9520m souc.bezp.= 1.50  
Poloha vzt.osy : 0.25 (1)

Výsledné početní zatížení 1/2 VOP :

```

*****
* cast * sila [N] * x [m] * z [m] *
*****
* pevná cast * -10575.50 * 0.391 * 1.036 *
* kormidlo * 1101.44 * 1.013 * 1.111 *
*****
Zavesovy moment kormidla : -63.6 Nm
Krutici moment 1/2VOP k ASvop: -1560.4 Nm
Krut.mom. 1/2VOP ke vzt. bodu: -218.4 Nm

```

```

*****
*   P E V N A   C A S T   *   K O R M I D L O   *
*****
*   poloha rezu * tlak P1 [Pa] * tlak P2 [Pa] * Q2 [N/M] *
*****
*   *           *           *           *           *
*   0.000 * -17040.11 * 2340.26 * 575.00 *
*   *           *           *           *           *
*****
*   *           *           *           *           *
*   0.332 * -16718.70 * 2365.68 * 541.19 *
*   *           *           *           *           *
*****
*   *           *           *           *           *
*   0.664 * -16345.89 * 2395.17 * 507.38 *
*   *           *           *           *           *
*****
*   *           *           *           *           *
*   0.996 * -15908.32 * 2429.78 * 473.57 *
*   *           *           *           *           *
*****
*   *           *           *           *           *
*   1.328 * -15387.50 * 2470.98 * 439.77 *
*   *           *           *           *           *
*****
*   *           *           *           *           *
*   1.660 * -14757.13 * 2520.84 * 405.96 *
*   *           *           *           *           *
*****
*   *           *           *           *           *
*   1.992 * -13978.66 * 2582.42 * 372.15 *
*   *           *           *           *           *
*****
*   *           *           *           *           *
*   2.328 * -12979.41 * 2661.47 * 337.93 *
*   *           *           *           *           *
*****
*   *           *           *           *           *
*   2.328 * -21285.30 * 743.52 * 183.57 *
*   *           *           *           *           *
*****
*   *           *           *           *           *
*   2.520 * -20365.55 * 969.28 * 220.85 *
*   *           *           *           *           *
*****

```