



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
LETECKÝ ÚSTAV
FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF AEROSPACE ENGINEERING

KONCEPČNÍ NÁVRH KONSTRUKCE NOVÉHO CELOKOVOVÉHO VÝCVIKOVÉHO KLUZÁKU VYCHÁZEJÍCÍHO Z KLUZÁKU ŘADY BLANÍK

CONCEPTUAL DESIGN OF NEW FULL METAL TRAINING GLIDER BASED ON BLANIK
SERIES

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Bc. DAVID BILÍK

Ing. PAVEL SCHOŘ

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Letecký ústav

Akademický rok: 2014/2015

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

student(ka): Bc. David Bilík

který/která tuduje v **magisterském navazujícím studijním programu**

obor: **Stavba letadel (2301T039)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma diplomové práce:

Koncepční návrh konstrukce nového celokovového výcvikového kluzáku vycházejícího z kluzáku řady Blaník

v anglickém jazyce:

Conceptual design of new full metal training glider based on Blanik series

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Moderní výrobní technologie s využitím CAD/CAM umožňují značně zjednodušit a zrychlit výrobu celokovových letadel. To má za následek snížení výrobních nákladů. Kluzáky řady Blaník jsou vyráběny tradičními výrobními technologiemi. Použitím nových výrobních technologií by bylo možné navrhnout kluzák se stejnými charakteristikami, jako původní Blaník, avšak se značně sníženými náklady na výrobu a údržbu. Cílem této práce je prozkoumat tyto nové výrobní technologie a navrhnout konstrukci nového kluzáku vyráběného těmito technologiemi.

Cíle diplomové práce:

Navrhněte konstrukci výcvikového kluzáku vycházející z řady Blaník. Konstrukci navrhněte tak, aby bylo v maximální možné míře využito moderních postupů pro výrobu celokovových letadel. Výrobní postupy mají umožňovat co nejjednodušší a nejméně pracnou výrobu jednotlivých dílů. To rovněž znamená minimalizovat podíl ruční práce při výrobě a montáži.

Zpracujte konstrukční koncept křídla kluzáku a proveďte základní pevnostní výpočty a výpočet hmotnosti, proveďte porovnání původní a nově navržené konstrukce.

Seznam odborné literatury:

- [1] EASA: CS - 22 Certification Specifications for Sailplanes and Powered Sailplanes, 2008
- [2] Thomas, F.: Fundamentals of Sailplane Design, College Park Press, 1979
- [3] Vybraná dokumentace projektu
- [4] Čalkovský A., Pávek J.: Konstrukce a pevnost letadel I., Brno, 1986
- [5] Píštěk A., Grégr O., Kahánek V., Böhm R.: Pevnost a životnost letadel, Brno, 1987
- [6] DANĚK, V. Mechanika letu I: letové výkony. 1. vyd. Brno: PC-DIR, 1994. ISBN

Vedoucí diplomové práce: Ing. Pavel Schoř

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2014/2015.

V Brně, dne 18.11.2014

L.S.

doc. Ing. Jaroslav Juračka, Ph.D.

Ředitel ústavu

prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc., dr. h. c.

Děkan fakulty

Abstrakt

Cílem diplomové práce je návrh nové celokovové konstrukce křídla kluzáku L-23 Super Blaník pro projekt L-23 NG. Práce zahrnuje výpočet obálek zatížení dle předpisu CS 22, výpočet zatížení křídla, samotný návrh konstrukce a pevnostní kontrolu nejdůležitějších nosných prvků. Závěrečná část práce obsahuje stanovení hmotnosti konstrukce a porovnání se stávající konstrukcí.

Abstrakt

The object of thesis is a new full metal wing design of L-23 Super Blanik glider for L-23 NG project. Thesis includes calculation of flight envelope according to CS 22, wing load, wing design and stress analysis of important part of construction. The final part of thesis include weight estimation and comparison with existing design.

Klíčová slova

L-23 Super Blaník, Kluzák, celokovová konstrukce, zatížení křídla

Keywords

L-23 Super Blanik, Glider (Sailplane), full metal design, wing load

Bibliografická citace

BILÍK, D. Koncepční návrh konstrukce nového celokovového výcvikového kluzáku vycházejícího z kluzáku řady Blaník. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2015. 161 s. Vedoucí diplomové práce Ing. Pavel Schoř.

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci zpracoval samostatně s využitím uvedené literatury.

V Brně dne 29.5.2015

.....
Bc. David Bílík

Poděkování

Rád bych tímto poděkoval vedoucímu diplomové práce Ing. Pavlu Schořovi za vstřícný přístup a odbornou pomoc při zpracování práce. Dále bych chtěl poděkovat Ing. Michalu Mališovi, Ph.D. a Ing. Tomášovi Katrňákovi za cenné rady a informace, které urychlily a zkvalitnily tvorbu této práce. V neposlední řadě bych rád poděkoval Václavu Křížkovi a Tomášovi Varadínkovi, z firmy Blanik Aircraft CZ s.r.o., za poskytnutou dokumentaci ke kluzáku L-23.

Obsah

1	Úvod	12
2	Souřadnicový systém.....	12
3	Základní popis kluzáku L-23 Super Blaník a jeho charakteristiky	13
	3.1 Obecný popis kluzáku.....	13
	3.2 Aerodynamické charakteristiky celého kluzáku	14
	3.3 Křídlo	15
	3.3.1 Základní geometrické charakteristiky křídla:	15
	3.3.2 Základní aerodynamické charakteristiky křídla.....	16
	3.4 Ostatní prvky konstrukce (trup, podvozek, VOP, SOP)	17
	3.4.1 Trup.....	17
	3.4.2 Vodorovné a svislé ocasní plochy	17
	3.4.3 Podvozek.....	18
4	Přednosti kovových konstrukcí	18
5	Použité technologie	19
	5.1 CAD	19
	5.2 CAM.....	20
	5.3 CNC stroje.....	20
	5.3.1 Frézování	21
	5.3.2 Řezání vodním paprskem	21
	5.4 Lepení.....	22
	5.5 Bezpřípravkové nýtování	24
6	Použitý materiál.....	26
	6.1 Hliníkové slitiny.....	26
	6.2 Ocel.....	27
	6.3 Nýty.....	28
	6.4 Lepido	29
7	Manévrová a poryvová obálka	30
	7.1 Návrhové rychlosti, body obratové obálky.....	30
	7.1.1 Stanovení základních bodů obratové obálky	31
	7.2 Poryvová obálka pro 0 m MSA	32

7.2.1	Stanovení základních bodů proryvové obálky (0m MSA).....	33
7.3	Proryvová obálka pro 6 096 m MSA (20 000 ft)	33
8	Výpočet zatížení křídla	36
8.1	Vyvažovací zatížení od VOP	36
8.2	Rozložení hmoty po rozpětí křídla	37
8.2.1	Setrvačné síly	37
8.3	Rozložení součinitele vztlaku a odporu po rozpětí	38
8.3.1	Rozložení součinitele vztlaku po rozpětí	38
8.3.2	Rozložení součinitele odporu po rozpětí	39
8.3.3	Nesymetrické případy zatížení.	39
8.4	Posouvající síla	39
8.4.1	Posouvající síla ve směru vztlaku a odporu kluzáku	39
8.4.2	Tečné a normální složky zatížení.....	41
8.5	Ohybový moment.....	43
8.6	Kroutící moment	44
8.7	Rozhodující případy zatížení	44
8.7.1	Normální posouvající síla T_N při kladných násobcích	45
8.7.2	Normální posouvající síla T_N při záporných násobcích	46
8.7.3	Tečná posouvající síla T_T při kladných násobcích	47
8.7.4	Normální ohybový moment M_N při kladných násobcích	48
8.7.5	Normální ohybový moment M_N při záporných násobcích	49
8.7.6	Tečný ohybový moment M_T při kladných násobcích.....	50
8.7.7	Průběhy krouticích momentů M_K	51
9	Návrh konstrukce	52
9.1	První návrh nosníku: Frézované pásnice nosníku.....	52
9.2	Druhý návrh nosníku: Plechová skládaná pásnice	54
9.3	Zadní nosník	59
9.4	Podélníky (stringery).....	59
9.5	Hlavní závěs křídla.....	60
9.6	Trnový závěs	62
9.7	Kořenové žebro	65
9.8	Potah.....	67
9.9	Shrnutí konstrukce	68

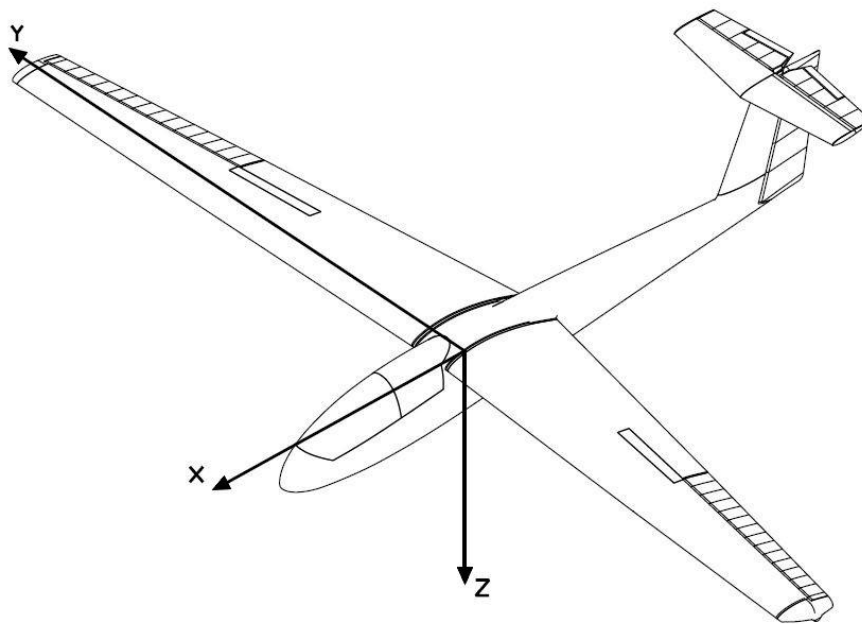
10	Pevnostní kontrola	70
10.1	Pevnostní kontrola křídla (STAUNO)	70
10.1.1	Pevnostní kontrola nosníku v kořenové části	74
10.1.2	Únosnost plechové stojiny hlavního nosníku s odlehčovacími otvory	76
10.2	Pevnostní kontrola závěsu hlavního nosníku	79
10.3	Pevnostní kontrola trnového závěsu	88
10.3.1	Stanovení reakcí v závěsu:	89
10.3.2	Pevnostní kontrola čepu	90
10.3.3	Pevnostní kontrola závěsů v křídle:	91
10.4	Pevnostní kontrola kořenového žebra	97
10.4.1	Výsledné vnitřní účinky (VVÚ)	97
10.4.2	Pevnostní kontrola stěny kořenového žebra	100
10.4.3	Kontrola nýtového spojení mezi lemem žebra a stěnou boxu nosníku a spojení mezi lemem vnitřní stěny a stojiny nosníku	101
10.4.4	Pevnostní kontrola lemu žebra	102
11	Hmotový rozbor a porovnání s původní konstrukcí	103
11.1	Hmotnost původní konstrukce	103
11.2	Hmotnost nové konstrukce	103
12	Závěr	105
13	Seznam použitých zkratk a značení	106
14	Seznam použitých zdrojů	109
15	Přílohy	112

1 ÚVOD

Cílem práce je navrhnout novou konstrukci křídla celokovového kluzáku L-23 s využitím moderních technologií a postupů pro výrobu celokovových letadel. Zavedení těchto technologií má za cíl snížení podílu ruční práce, což vede ke snížení dopadu lidského činitele na kvalitu výroby. Při dostatečné sériovosti výroby může vést i k úspoře nákladů. Taková konstrukce může být úspěšný konkurent dnes již rozšířeným konstrukcím z kompozitu. Ačkoliv původní konstrukce kluzáku byla certifikována dle předpisů BCAR a JAR 22, nový návrh konstrukce se řídí evropským stavebním předpisem pro kluzáky CS 22 (ve znění platném k datu 18.11.2014)

2 SOUŘADNICOVÝ SYSTÉM

Pro následující práci byl zvolen souřadnicový systém dle ISO 1151.



Obrázek 2-1 Souřadnicový systém dle ISO 1151

3 ZÁKLADNÍ POPIS KLUZÁKU L-23 SUPER BLANÍK A JEHO CHARAKTERISTIKY

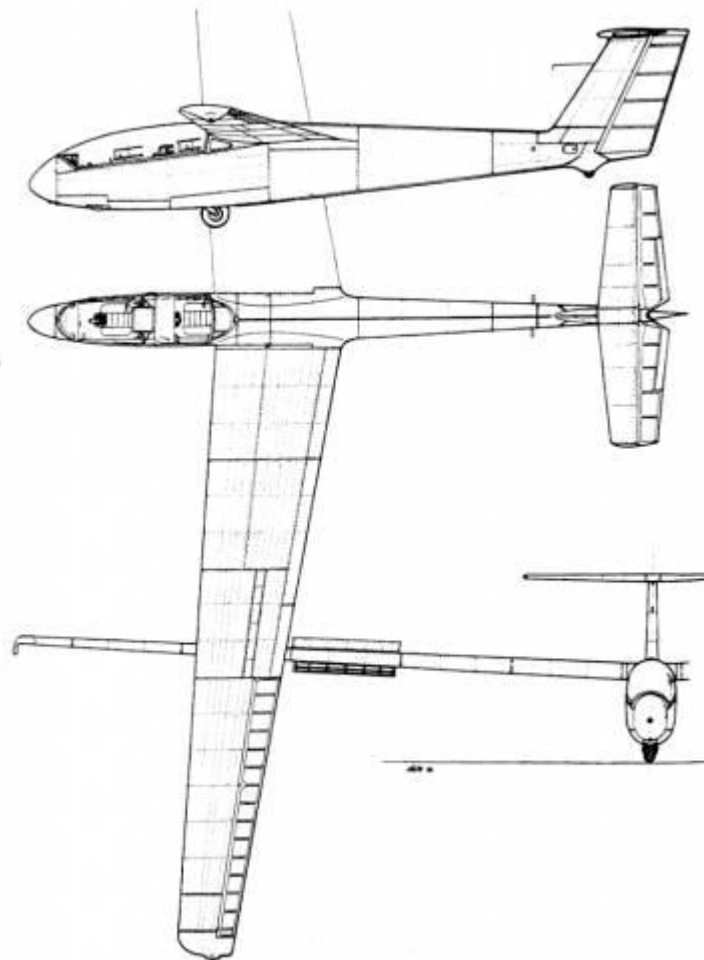
3.1 Obecný popis kluzáku

L-23 je celokovový dvoumístný kluzák s tandemovým uspořádáním sedadel určený zejména k výcviku a rekreačnímu létání. V dnešní době nemůže konkurovat moderním výkonnostním kluzákům zaměřeným na maximální klouzavost. L-23 má klouzavost $k = 1:25$, přičemž moderní kluzáky dosahují klouzavosti $k = 1:41$ až $1:46$ (speciální kluzáky mají klouzavost i větší než $k = 1:60$). Kluzák je zařazen do třídy Utility s možností létání v mracích a základních akrobatických prvků. Konceptně vychází z L - 13 Blaník s dědičností cca 70%. Hlavní změny byly provedeny na ocasních plochách, kdy klasické uspořádání vodorovných ocasních ploch (VOP) bylo přestavováno na tzv. T uspořádání z důvodu ochrany VOP při přistání do terénu mimo letiště. Další změnou bylo odebrání vztlačkových klapek na odtokové hraně křídla, zvýšení účinnosti aerodynamických brzd a další.

Maximální vzletová hmotnost je $m_{\max} = 510$ kg. Maximální nepřekročitelná rychlost $V_{NE} = 250$ km h⁻¹. Pádová rychlost $V_{SI} = 65$ km h⁻¹ (při cestovní konfiguraci a hmotnosti 510kg).

V této práci bude uvažována maximální hmotnost $m_{\max} = 530$ kg.

Data o kluzáku L-23 převzata z Průkazu pevnosti kluzáku L-23 dle požadavků předpisu JAR-22, Mečiar. [17]



Obrázek 3-1 Muška L-23 [27]

3.2 Aerodynamické charakteristiky celého kluzáku

sklon vztakové čáry kluzáku	α	5.89	[1/rad]
poloha neutrálního bodu	\bar{x}_{NB}	0.48	[-]
derivace součinitele klopivého momentu podle výchylky VK	$\frac{\partial C_m}{\partial \delta_{VK}}$	- 1.133	[1/rad]
derivace součinitele vztlaku podle výchylky VK	$\frac{\partial C_L}{\partial \delta_{VK}}$	0.266	[1/rad]
nejnižší možný součinitel aerodynamického odporu	C_{Dmin}	0.012	[-]

Vztlková čára kluzáku a polára kluzáku jsou uvedeny v příloze č. 1 a 2

3.3 Křídlo

Konstrukce křídla je jednonosníková, samonosná s malým pomocným nosníkem pro přenos krouticího momentu do trupu. Křídélka mají kovovou konstrukci a náběžnou hranu, odtoková část křidélek je potažena plátnem.

3.3.1 Základní geometrické charakteristiky křídla:

Převzato ze Základních aerodynamických a geometrických podkladů [27].

Profiláž:

- Kořenový profil NACA 63₂A-615
- Koncový profil NACA 63₂A-612

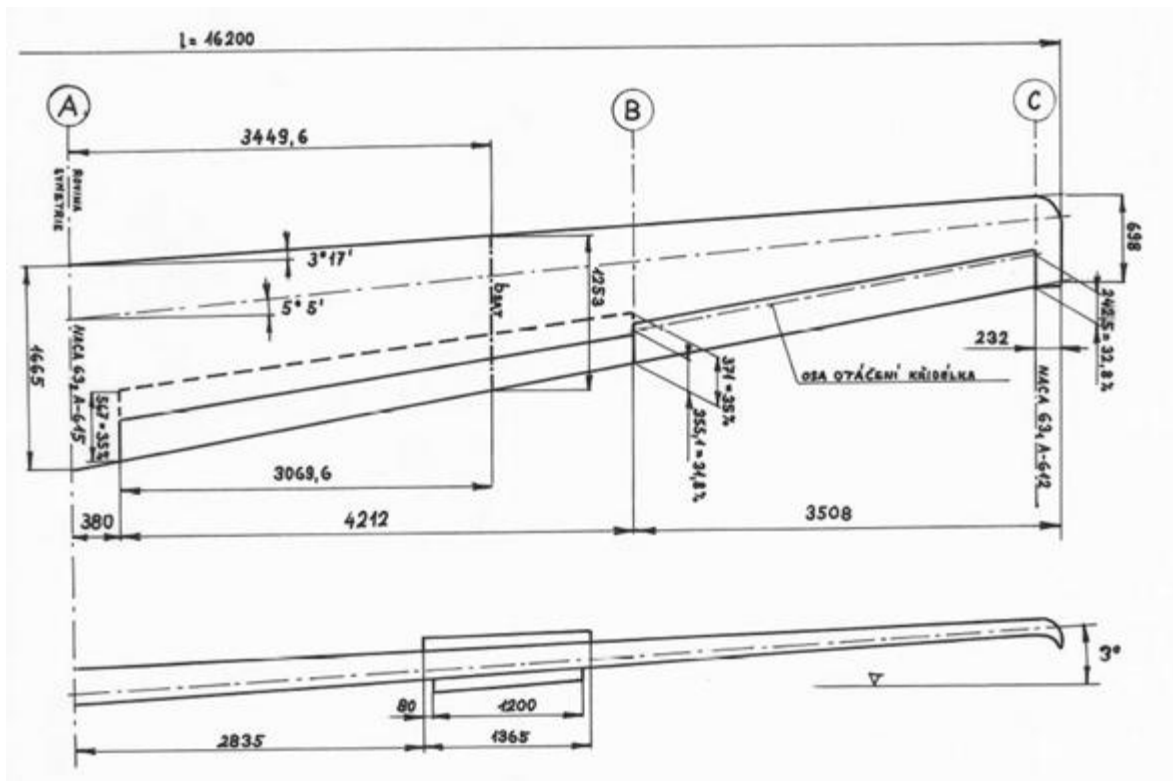
Profilové charakteristiky NACA 63₂A-615 lze nalézt v: NACA Report No. 824 Summary of Airfoil Data [3] nebo také v příloze číslo 4.

plocha	S	19.15	[m ²]
rozpětí	b	16.2	[m]
štíhlost	AR	13.7	[-]
kořenová tětiva	C0	1.665	[m]
koncová tětiva	Ck	0.698	[m]
střední aerodynamická tětiva	CSAT	1.253	[m]
vzdálenost CSAT od osy		3.45	[m]
symetrie		0.42	[-]
zúžení		0	[°]
geometrické zkroucení	řez A	-3	[°]
	řez B	-3	[°]
	řez C		[°]
úhel nastavení kořen. prof. k		4	[°]
ZRT		3	[°]
úhel vzepětí		-5.03	[°]
úhel šípů (ve 25% CSAT)			[°]
křídélko			
	výchylka nahoru	δ _H	-34 [°]
	výchylka dolů	δ _D	13 [°]
	plocha za osou otáčení	2 x 0979	[m ²]

3.3.2 Základní aerodynamické charakteristiky křídla

sklon vztakové čáry křídla	$a_{kř}$	5.042	[1/rad]
poloha neutrálního bodu	$\bar{x}_{NB kř}$	0.245	[-]
sklon momentové čáry	$\left(\frac{\partial C_m}{\partial C_L}\right)_{kř}$	-0.135	[-]
efektivní štíhlost křídla	λ_e	13.13	[-]

Rozložení vzlaku po rozpětí je možno nalézt v příloze č.3



Obrázek 3-2 Geometrie křídla L-23

3.4 Ostatní prvky konstrukce (trup, podvozek, VOP, SOP)

Převzato ze Základních geometrických a aerodynamických podkladů. [27]

3.4.1 Trup

Trup je poloskořepinové konstrukce. V přední části trupu je umístěn závěs pro aerovlek. Závěs pro navijákové starty se nachází na spodní části trupu před podvozkem. Překryt kabiny je dělený. Část se otevírá do strany a část dozadu nad centroplán. Kokpit umožňuje instalaci všech základních letových přístrojů a radiostanice.

Délka celého kluzáku: 8.5 [m]

Šířka trupu: 0.66 [m]

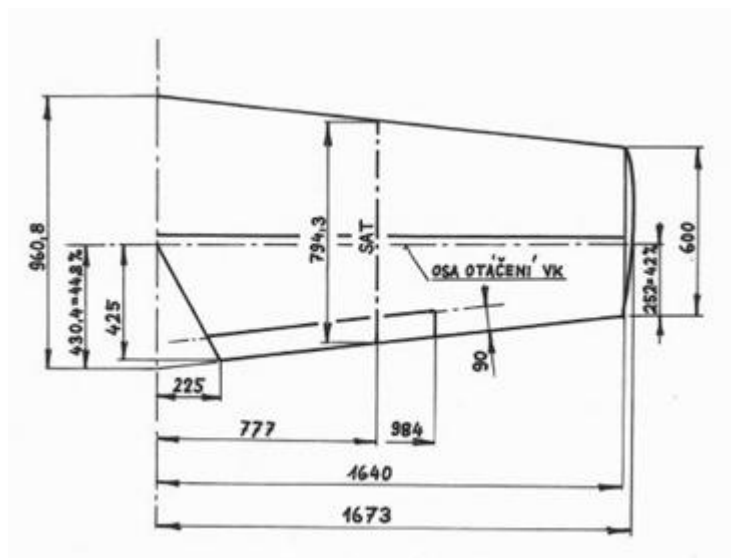
Výška trupu: 1.1 [m]

3.4.2 Vodorovné a svislé ocasní plochy

Stabilizátory jsou celokovové, samonosné. Kormidla jsou potažena plátnem.

Základní charakteristiky VOP:

- Profiláž: NACA 0010
- Plocha VOP = 2.463 [m²]
- Mohutnost VOP = 0.523 [-]
- Rameno VOP = 5.097 [m]
- Úhel nastavení (vůči ZRT) = -3 [°]



Obrázek 3-3 Geometrie VOP

Základní charakteristiky SOP:

- Profiláž: NACA 63₁013
- Plocha SOP = 1,874 [m²]
- Mohutnost SOP = 0.0287 [-]
- Rameno SOP = 4.745 [m]

3.4.3 Podvozek

Podvozek je tandemového uspořádání. Hlavní podvozek je zatahovatelný do trupu. Ostruhové kolo je neřízené. Na koncích křídel jsou koncové oblouky opatřeny opěrnými kolečky.

4 PŘEDNOSTI KOVOVÝCH KONSTRUKCÍ

Jeden z důvodů proč návrh nového kluzáku nejde cestou kompozitních konstrukcí, ale zůstává u klasické celokovové konstrukce je dlouhodobá zkušenost pracovníků s návrhem, výpočtem a realizací takové konstrukce.

Dalším důvodem je snadná oprava částí draku (hlavně potahu), a to často i bez nutnosti transportu kluzáku do servisního střediska. Promáčklý potah lze vyklepat. Větší defekty nebo přímo proražený potah lze dle příslušných postupů opravit vystřížením a záplatou s orámováním. Při rozsáhlém poškození je možné vyměnit celé pole potahu. V případě trhlin je zvládnutá a ověřená technologie oprav nejčastěji zavrtáním hrotu trhliny a přeplátování dané oblasti.

Mezi další přednosti zahrnujeme snadnou defektoskopii. To znamená, že můžeme využít nejzákladnějších optických nebo kapilárních metod k odhalení trhlin beze strachu z toho, že se trhlina šíří pod povrchem (interlaminární trhliny u kompozitů). Samozřejmě za předpokladu kovu bez vrstvy neprůhledné barvy. V takovém případě by se trhlina mohla šířit bez povšimnutí pod vrstvou barvy.

Velkou nevýhodou kompozitových konstrukcí je hygiena práce a zdravotní rizika. Při výrobě laminátových konstrukcí se do ovzduší uvolňují těkavé látky jako například styren nebo aceton. Nejrizikovější je v takovém případě ruční laminace. Styren má lokálně dráždivé účinky (dráždění dýchacích cest, očí, dermální problémy a účinky na centrální nervovou soustavu). Dominujícím problémem je inhalační expozice. Nejzávažnějším biologickým efektem styrenu je genotoxicita (tzn. způsobuje mutaci na některých genech). Proto je zahrnut jako možný karcinogenní rizikový faktor.

Problematická je i prašnost na pracovištích laminoven. Zejména při dokončovacích operacích (odřezávání technologických přídavků, broušení apod.) Vzniklý prach nejen, že způsobuje respirační problémy, ale má vliv i na kůži, kdy drobné úlomky skelné nebo uhlíkové tkaniny mechanicky dráždí pokožku.

Oba výše zmíněné problémy je nutno řešit systémem ventilace, lokálním odsáváním a použitím ochranných pracovních pomůcek. [16]

Daší nectnost kompozitových konstrukcí je vysoká závislost pevnosti kompozitu na teplotě. Konstrukce kluzáku může být ohřívána od okolní atmosféry, ale také pohlčováním slunečních paprsků. (Z tohoto důvodu bývají kompozitové kluzáky prakticky celé bílé.) Nutno ale dodat, že problém s teplotní závislostí je již vyřešen jak po stránce konstrukční, výpočtové a technologické, tak předpisově při pevnostních zkouškách za tepla. Polymerní matrice vláknových kompozitů degradují i vlivem UV záření.

Naopak velký problém nýtovaných kovových konstrukcí je aerodynamická čistota povrchu. Zejména u kluzáků je třeba všechny vnější nýtové spoje konstruovat se zapaštěnou hlavou nýtů, což může vést ke zbytečně tlustým potahovým plechům nebo větší složitosti technologie výroby (operace před samotným nýtováním).

Z hlediska hygieny práce je u nýtovaných konstrukcí nejvíce problematický hluk.

Na závěr nejde opomenout zdravotní rizika při výrobě hliníku, jeho slitin a výsledných polotovarů. Kromě klasický rizik práce v těžkém průmyslu, je problém i samotná toxicita hliníku. Hliník v lidském těle způsobuje poškození nervových a mozkových buněk. [10]

5 POUŽITÉ TECHNOLOGIE

Výroba původní konstrukce L - 23 je do velké míry zatížena podílem ruční práce, což se může negativně promítnout nejen na výrobních nákladech, ale i možném kolísání kvality výroby. Zavedením CAD/CAM technologií je možné podíl ruční práce při výrobě a vliv lidského činitele omezit.

5.1 CAD

Computer-aided design (v překladu: počítačová podpora projektování) je využití počítačových systémů k vytvoření, změně, analýze nebo optimalizaci projektu. Digitalizace dat uložených na centrálním serveru umožňuje rychlejší a efektivnější komunikaci mezi pracovníky v technickém oddělení firmy, případně jednodušší outsourcing. Využití 2D CAD systémů je dnes již na ústupu a standardem je 3D CAD.

3D CAD model součásti nebo sestavy nese pouze informaci o tvaru, ale také obsahuje informace o použitém materiálu, hmotnosti, tolerancích, provedených změnách. Dále obsahuje kusovník a propojení na výkres součásti. Slouží také jako podklad k pevnostním nebo aerodynamickým analýzám a jako vstup pro CAM.

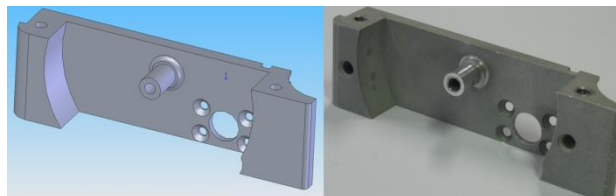
Současné CAD aplikace obsahují grafické, geometrické, matematické a inženýrské nástroje pro kreslení plošných výkresů a trojrozměrné modelování objektů a dějů reálného světa (např. kinematika sestav). [20]

5.2 CAM

Computer-aided manufacturing (v překladu: počítačová podpora výroby) má za cíl zrychlit a zefektivnit výrobu. CAM je využití počítačových softwaru k řízení strojů (obráběcích, ohýbacích, lisovacích atd.) k výrobě součástí. CAM výrazně snižuje podíl ruční práce, zároveň ale potřebuje zkušené technology a NC programátory. CAM může podporovat další odvětví firmy, jako například logistiku a skladování. [5]

5.3 CNC stroje

CNC (Computer Numeric Control) je způsob řízení obráběcích nebo tvářecích strojů pomocí programového kódu, který je tvořen pomocí CAM softwaru. To umožňuje dosažení libovolné polohy pracovního uzlu stroje podle záznamu ze záznamového média. Dříve se jako záznamová média používaly děrné štítky nebo magnetické pásky (NC stroje), dnes takto slouží počítač vlastního řídicího systému stroje nebo vzdálený počítač komunikující přes datovou síť (CNC stroje). Informace o tvaru a rozměrech obrobku je nesena vhodným číselným vyjádřením souřadnic, směrů a smyslů pracovních pohybů. Numerické řízení umožňuje značnou míru automatizace výroby, libovolnou opakovatelnost, jednoduchou archivaci dat a téměř okamžité zavádění změn na vyráběných dílcích (není třeba mít pro každý díl přípravek, šablonu apod.). Díky pružnosti a vysokému stupni automatizace jsou CNC stroje vhodným prostředkem pro automatizaci malosériové výroby. Názorný příklad propojení CAD, CAM a CNC technologií je uveden na Obrázku 5-1. [13]



CNC stroje Obrázek 5-1 Ukázka CAD modelu a hotového dílu vyrobeného na CNC fréze

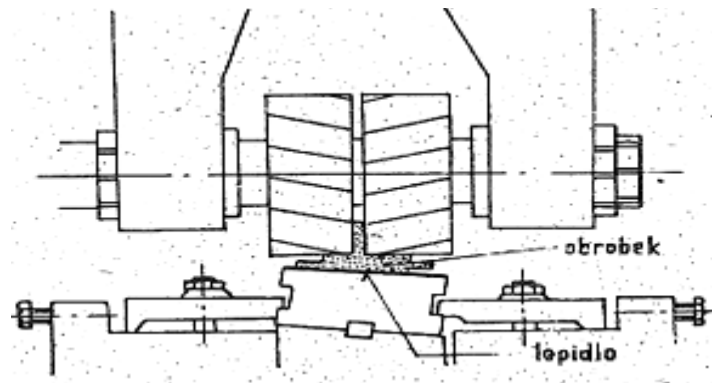
Převzato z Wikipedia [5]

Mezi uvažované CNC technologie pro modernizaci výroby L - 23 zejména patří:

- Plošná 2D fréza (plotter) nebo řezání vodním paprskem (pro plechy v rozvinutém tvaru s předvrtanými děrami).
- Portálová fréza (pro opracování dlouhých štíhlých prvků, jako např. pásnice nosníku). Z důvodu velkých pořizovacích nákladů a malé sériovosti výroby by v tomto případě byla vhodná výroba v externí firmě disponující tímto strojem.
- Výhledově vedení firmy uvažuje o zakružovačce potahů a panelů.

5.3.1 Frézování

Frézování je rozšířená metoda obrábění pro svou výkonnost a dobrou kvalitu obrobených ploch. Při frézování se tříška odebrává břity rotujícího nástroje (frézou). Rotující pohyb nástroje se nazývá hlavní pohyb. Posuv nebo natočení (vedlejší pohyb) nejčastěji vykonává obrobek. V případě velkých polotovarů vedlejší pohyb vykonává hlava s frézou. U tenkostěnných nebo štíhlých leteckých dílů je technologickým problémem dostatečná tuhost obrobku, tak aby se vlivem řezných sil nedeformoval. Dostatečnou tuhost zajišťuje adekvátní upnutí upínkami nebo i jinou speciální technologií (upínání lepidlem nebo nízkotavitelnou slitinou (viz. Obrázek 5-2)



Obrázek 5-2 Upínání lepidlem

(převzato z přednášek doc. Ing. J. Klement, CSc. Technologie výroby letadel II)

5.3.2 Řezání vodním paprskem

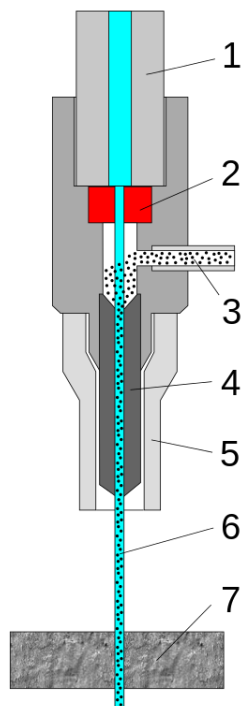
Řezání vodním paprskem je možná alternativa k 2D plošné fríze (plottru). Princip dělení materiálu spočívá v obrušování děleného materiálu vodním paprskem s abrazivem (Al_2O_3 , SiO_2 nebo SiC) o zrnitosti $0.2 \div 0.5$ mm. Schéma hlavy nástroje je na Obrázku 5-3. Čistá voda lze použít pouze na měkké materiály (plast, dřevo...). Šířka řezné spáry se pohybuje v rozmezí 0.8 - 1.6 mm (záleží na zrnitosti a šířce vodního paprsku, který má kuželovitý tvar s vrcholem u trysky). Pohyb řezací hlavy je řízen programem (viz. kap. 5.3). Pro zvýšení produktivity je možné řezat několik na sobě navrstvených polotovarů.

Přednosti řezání vodním paprskem oproti jiným technologiím:

- Nedochází k tepelnému ovlivnění materiálu v okolí řezu, tak jako u řezání laserovým paprskem. Tepelné ovlivnění může při nedostatečném chlazení vzniknout i během frézování.
- Malé silové působení na řezný materiál, což výrazně snižuje nároky na složitost upnutí polotovaru.
- Vzniká čistý řez bez otřepů.

Nevýhody:

- Nebezpečí korozního napadení vodou.
- Energetická náročnost. [29]



Obrázek 5-3 Schéma hlavy nástroje pro řezání vodním paprskem [29]

1. Vstup vysokotlaké vody do hlavy nástroje.
2. Diamantová tryska
3. Abrasivní prášek
4. Mixážní potrubí
5. Plášť
6. Dělený materiál



Obrázek 5-4 Řezání vodním paprskem [29]

5.4 Lepení

Lepení je zamýšleno využít ke zdokonalení spojení plechů skládané pásnice, které jsou zároveň i nýtované.

Lepení je technologie spojování materiálu adhezními silami lepidla. Přenos sil z jednoho adherendu na druhý je zabezpečen adhezí a kohezí. Celková pevnost lepeného spoje je dána kombinací adhezní vazby a kohezní pevnosti materiálů spolu s geometrií spoje.

- Adheze: je přilnavost lepidla k adherendu a je ovlivněna:
 - Drsností povrchu adherendu
 - Smáčivostí (povrchové napětí lepidla a adherendu)
 - Viskozitou lepidla
 - Přítomností nečistot
- Koheze: je vnitřní soudržnost lepidla

Základní lepidla používaná v letectví jsou epoxidová.

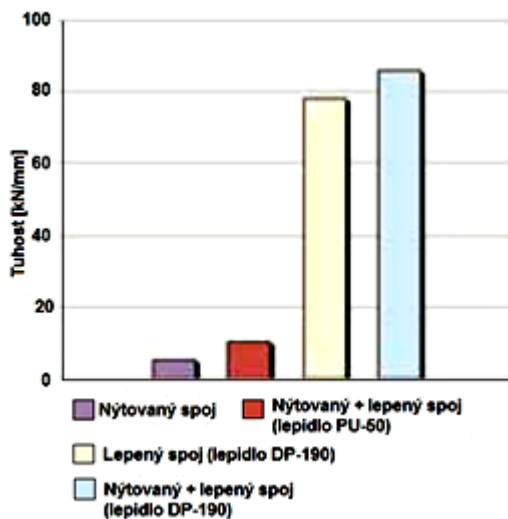
Uvažovaná kombinace lepení a nýtování má proti klasickému nýtování následující výhody:

- Rovnoměrnější rozložení napětí a menší koncentrace napětí okolo nýtů (Obrázek 5-7)
- Vyšší tuhost spoje (Obrázek 5-5)
- Eliminace galvanické koroze
- Těsnost spojů
- Vyšší únavová životnost (Obrázek 5-6)

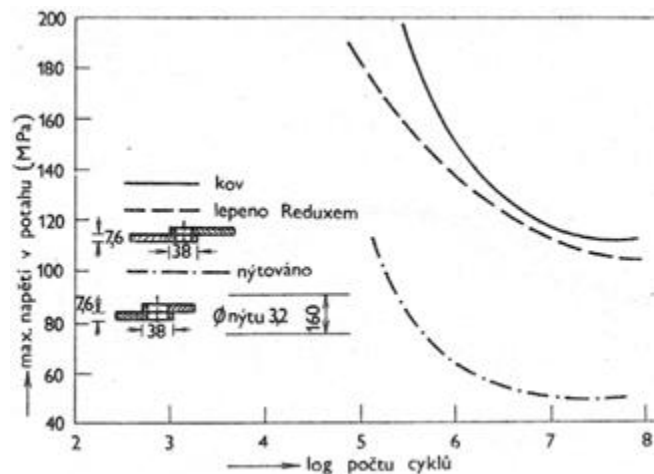
Je ovšem potřeba brát v úvahu následující nedostatky:

- Více technologických operací a čas potřebný na vytvrzení lepidla prodlužuje celkový výrobní čas.
- Problematičtější zajištění konstantní zaručené kvality výroby
- Nerovnoměrná tloušťka lepidla způsobená lokálním tlakem nýtů

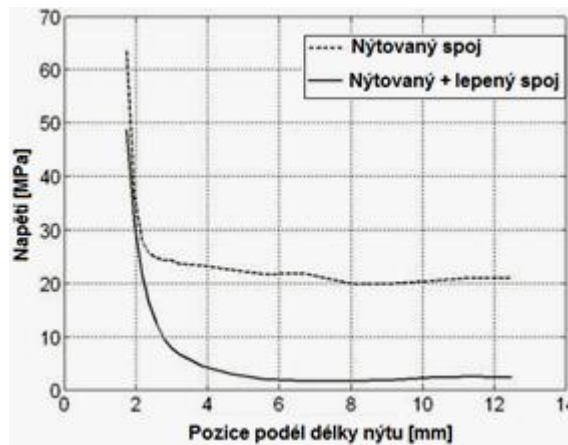
[28]



Obrázek 5-5 Tuhost nýtovaného a lepeného spoje [28]



Obrázek 5-6 Porovnání únavové životnosti nýtovaného a lepeného spoje (převzato z přednášek doc. Ing. J. Klement, CSc. Technologie výroby letadel II)



Obrázek 5-7 Napětí v oblasti nýtu při kombinovaném nýtovém a lepeném spoji [28]

5.5 Bezpřípravkové nýtování

S rozvojem CAD/CAM vznikla i nová technologie nepřipravkového nýtování. Její podstatou je předvrtání děr do polotovarů rozvinutých tvarů plechových dílů CNC strojem. Předvrtané díry na rozvinutém tvaru jsou zapozicovány s ohledem na změnu jejich polohy při tváření. Díry zpravidla nejsou do rozvinutých tvarů předvrtávány na konečný průměr, ale na průměr menší, který je vhodný pro ustavení vzájemné polohy dílů pomocí expanzních svorek (agraf).

Stanovení rozvinutých tvarů tvářených dílů pro CAM bylo docíleno pomocí Aerospace generative sheet metal design, což je příplatkový modul pro CAD software DSS Catia. Tento modul je speciálně určen pro tvorbu plechových dílů v letectví, zejména ohýbáním nebo lisováním nepevným nástrojem.

Pro výpočet rozvinutého tvaru software vychází z teorie výpočtu délky neutrální osy. Neutrální osa je rozhraní mezi oblastí stlačeného materiálu na vnitřní straně ohybu a oblastí nataženého materiálu na vnější straně ohybu. Délka neutrální osy je v ohnutém stavu je shodná s délkou v rozvinutém tvaru. V základním nastavení Aerospace generative sheet metal design při stanovení délky rozvinutého tvaru vychází z normy DIN, kde je nadefinována parametr K (K-faktor).

$$K = \frac{0.65 + \frac{\log\left(\frac{R}{T}\right)}{2}}{2} \quad [-] \quad 5.1$$

Kde R je vnitřní radius ohybu a T je tloušťka materiálu.

Délka rozvinutého tvaru (L) lze vypočítat následovně:

$$L = A + B + V \quad [mm] \quad 5.2$$

Kde A a B jsou rozměry uvedené na Obrázku 5-8 a V je prodloužení.

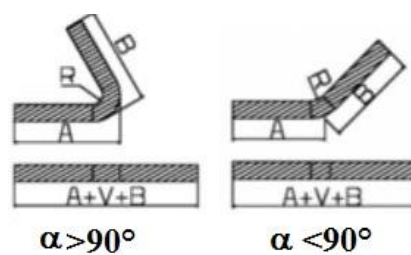
$$V = \alpha (R + k T) - 2(R + T) \tan\left(\frac{m}{2}\right) \quad [mm] \quad 5.3$$

Kde α je úhel ohybu a m je menší z hodnot $\pi/2$ a α .

$$m = \min\left(\frac{\pi}{2}; \alpha\right) \quad [rad] \quad 5.4$$

Pomocí K-faktoru lze vypočítat i tloušťku plechu v místě ohybu (W):

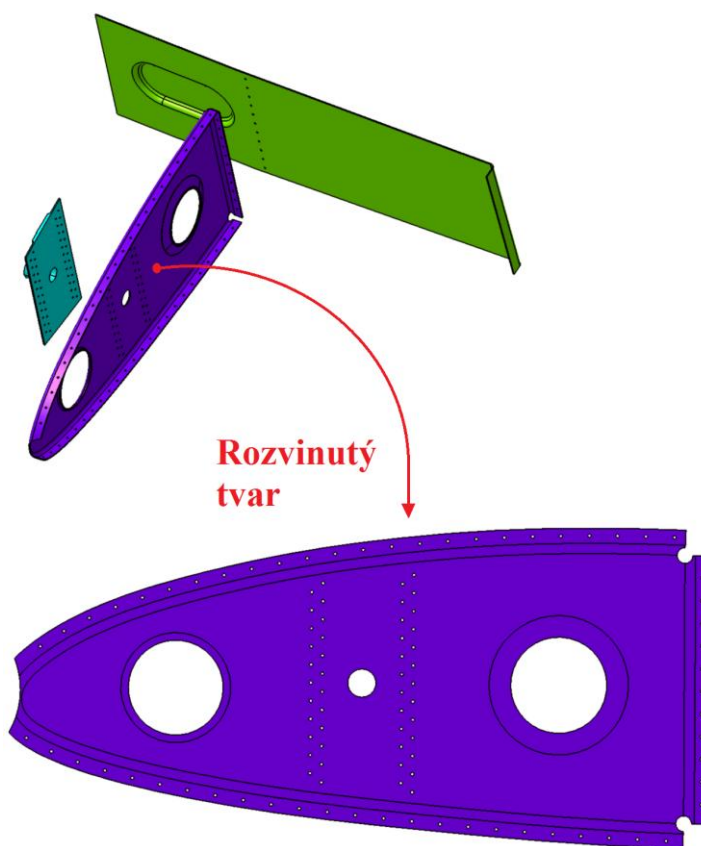
$$W = \alpha (R + k T) \quad [mm] \quad 5.5$$



Obrázek 5-8 Rozvinutá délka plechu

Popis výpočtu převzat z online výukové dokumentace k softwaru DSS Catia [25].

Konkrétní aplikace v Catii V5R21 vypadá následovně:



Obrázek 5-9 Rozvinutý tvar s předvrtanými dírami

6 POUŽITÝ MATERIÁL

6.1 Hliníkové slitiny

Uvedené informace vycházejí ze MIL-HDBK-5H a Souboru podkladů pro pevnostní výpočty. [19] [6]

Slitina 2024:

- Norma: ASM
- Hutní označení: AlCu4Mg1
- Ekvivalenty:
 - 424203 (ČSN)
 - D16 (GOST)
- Chemické složení v %:

Cu:	Mg	Si	Mn	Zn	Ni	Fe
3.8-4.8	0.4-0.8	0.7	0.4-0.8	0.3	0.1	0.7

- Mechanické vlastnosti:

Nezpevněné				Vytvrzené			
R _{P0,2}	R _m	A ₁₀	Tvrđost	R _{P0,2}	R _m	A ₁₀	Tvrđost
[MPa]	[MPa]	[%]	HB	[MPa]	[MPa]	[%]	HB
-	200-290	10-12	60-75	270-290	420	10	90-125

- Polotovary: Plechy, tyče, trubky, profily

Slitina 5056

- Norma: ASM
- Hutní označení: AlMg5
- Ekvivalenty:
 - 424412.15 (ČSN)
 - AlMg5 (GOST)
- Chemické složení v %:

Cu	Mg	Si	Mn	Zn	Fe	Ti	Cr
0.1	4.0-6.0	0.7	0.04-0.6	0.2	0.4	0.2	0-0.3

- Mechanické vlastnosti:

$R_{p0,2}$	R_m	A_{10}	Tvrдост
[MPa]	[MPa]	[%]	HB
110-175	200-300	16	55

- Polotovary: Plechy, tyče, trubky, profily

6.2 Ocel

Uvedené informace vycházejí ze Strojnických tabulek a Souboru podkladů pro pevnostní výpočty. [15] [6]

Ocel 14 331

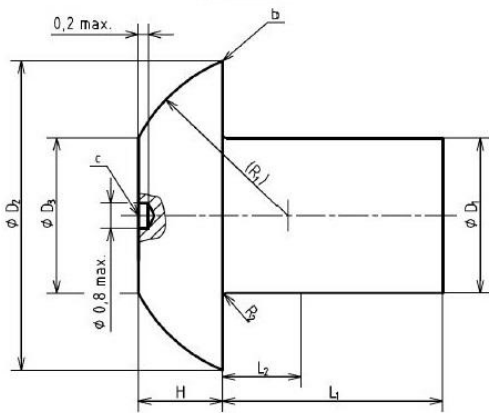
- Nízkolegovaná ocel
- Norma: ČSN
- Ekvivalenty:
 - L-ROL (ONL)
 - 30ChGSA (GOST)
- Mechanické vlastnosti:
 - $R_m = 930 - 1080$ MPa
 - $R_{p0,2} = 735 - 930$ MPa
- Dobrá svařitelnost
- Polotovary: Plechy, tyče, trubky

Ocel 11 523

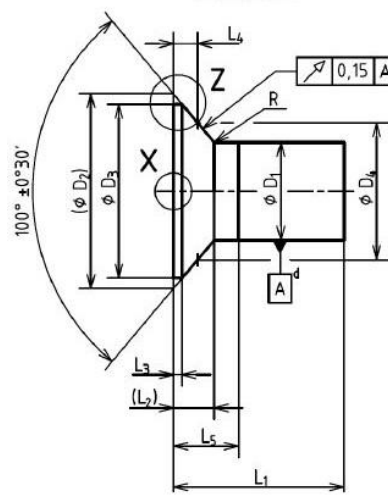
- Konstrukční ocel
- Norma: ČSN
- Mechanické vlastnosti:
 - $R_m = 520 - 628$ MPa
 - $R_{emin} = 333$ MPa
 - Tvrдост = 274 HB

6.3 Nýty

Plné nýty dle norem ČSN ISO 12281 a ČSN ISO 8280 [7] [8]



Obrázek 6-1 Nýt s ploskovypuklou hlavou



Obrázek 6-2 Nýt se zapuštěnou hlavou

Tabulka 6-1 Rozměry nýtů s ploskovypuklou hlavou (rozměry v mm)

Kód průměru	D ₁ ^a d11 ^b	D ₂		D ₃		D ₄		H		L ₂	L ₃		R ₁	R ±0.08
		max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.		max.	min.		
016	1.6	3.36	3.04	1.6	1.2	-	-	0.9	0.7	1.4	-	-	2	0.15
020	2	4.2	3.8	2	1.5	-	-	1.1	0.9		-	-	2.4	
025	2.5	5.25	4.75	2.5	1.8	2	1.7	1.3	1.1		0.8	0.5	3	
030	3	6.3	5.7	3	2.2	2.4	2.1	1.5	1.3		0.9	0.6	3.7	
035	3.5	7.35	6.65	3.5	2.6	2.8	2.45	1.8	1.6	1.6	1.05	0.7	4.3	0.25
040	4	8.4	7.6	4	3	3.2	2.8	2	1.8		1.2	0.8	4.9	
050	5	10.5	9.5	5	3.7	4	3.5	2.4	2.2	2	1.5	1	6.1	
060	6	12.6	11.4	6	4.5	4.8	4.2	2.8	2.6		1.8	1.2	7.3	
080	8	16.8	15.2	8	6	6.4	5.6	3.7	3.5		2.4	1.6	9.8	
100	10	21	19	10	7.5	8	7	4.5	4.3		3	2	12.2	

a Přes vzdálenost (L₅-L₂), D₁ maximálně může být větší o 0.03.
 b V souladu s ISO 286-2.

Tabulka 6-2 Rozměry nýtů zapuštěnou hlavou (rozměry v mm)

Kód průměru	D ₁ ^a d11 ^b	D ₂ ^c	D ₃ min.	D ₄	D ₅		L ₂	L ₃ min.	L ₄ 0 -0.08	L ₅	L ₆		R ±0.08
					max.	min.					max.	min.	
016	1.6	3	2.7	2.25	-	-	0.59	0.03	0.31	2	-	-	0.15
020	2	3.7	3.3	2.89	-	-	0.72	0.04	0.34	2.2	-	-	
025	2.5	4.65	4.15	3.86	2	1.7	0.91	0.05	0.33	2.4	0.8	0.5	
030	3	5.55	4.95	4.5	2.4	2.1	1.07	0.06	0.44	2.5	0.9	0.6	
035	3.5	6.5	5.8	5.14	2.8	2.45	1.26	0.07	0.57	2.8	1.05	0.7	
040	4	7.4	6.6	5.78	3.2	2.8	1.43	0.08	0.68	3	1.2	0.8	
050	5	9.25	8.25	7.71	4	3.5	1.8	0.1	0.65	3.8	1.5	1	
060	6	11.1	9.9	9	4.8	4.2	2.15		0.88	4.1	1.8	1.2	
080	8	14.8	13.6	12.2	6.4	5.6	2.87		1.09	4.8	2.4	1.6	
100	10	18.5	17.3	15.4	8	7	3.59		1.29	5.5	3	2	

a Přes vzdálenost (L₅-L₂), D₁ maximálně může být větší o 0.03.
 b V souladu s ISO 286-2.
 c Maximální mez.

Tabulka 6-3 Mechanické vlastnosti materiálu plných nýtů

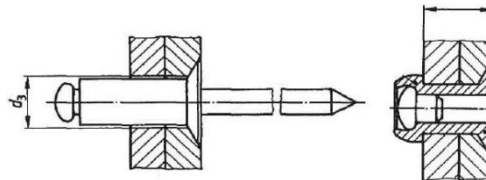
		2017A - T4	2117 - H13 - T4	5056A - H32
Mez pevnosti v tahu	[MPa]	427	296	414
Mez kluzu v tahu	[MPa]	276	165	345
Mez pevnosti ve smyku	[MPa]	262	193	221
Tažnost	[%]	22	27	15
Tvrdoost podle Brinella	[HB]	105	70	100
Tepelná vodivost	[W/m.K]	134	154	108
Teplota tání	[°C]	513-640	554-649	568-638
Hustota	[kg/m ³]	2790	2750	2640
Modul pružnosti v tahu	[MPa]	72400	71000	71000
Modul pružnosti ve smyku	[MPa]	27000	27000	25900

Trnové nýty

- Norma DIN 7337 [9]
- Hlava plochá nebo zapuštěná
- Dostupné průměry: 2.4, 3.2, 3.2, 4.0, 4.8, 5.0, 6.0, 6.4
- Materiál: AlMgSi0.5, AlMg2.5, AlMg3, AlMg3.5
- Mechanické hodnoty viz. následující tabulka

Tabulka 6-4 Mechanické vlastnosti trnových nýtů DIN 7337

Průměr dřívku [mm]	2.4	3.0	3.2	4.0	4.8	5.0	6.0	6.4
Minimální zaručená síla při stříhu [N]	300	500	600	800	1400	1600	2500	2800
Minimální zaručená síla při tahu [N]	300	400	500	800	1200	1300	2000	2100



Obrázek 6-3 Trnový nýt

6.4 Lepido

Letoxit PL 20 [2]

Letoxit PL 20 je dvousložkové, za pokojové teploty vytvrditelné pastovité epoxidové lepidlo o vysoké pevnosti. Je určeno pro lepení nejrůznějších kovových materiálů, voštin, vláknových kompozitů, dřeva, pryže a skla. Je možné lepit tyto materiály i navzájem. Lepený spoj má velmi dobré mechanické vlastnosti v teplotním rozmezí -75°C až $+80^{\circ}\text{C}$. Lepidlo obsahuje inhibitor koroze.

Lepidlo se nanáší na oba lepené povrchy použitím špachtle, štětce nebo vytlačovací pistole. Optimální pevnosti lepeného spoje se dosáhne při tloušťce spáry 0,1-0,2 mm, tj.

při aplikaci lepidla v množství ca.150g/m. 4 až 5 hodin po smíchání obou složek dochází při teplotě 25°C k vytvoření gelu a po 24 hodinách je možno s lepenými díly manipulovat.

Mechanické vlastnosti:

- Pevnost ve smyku (při zkouškách dle ČSN 66 8510)

Tabulka 6-5

Teplota při zatěžování	Pevnost
-75°C	10-22 MPa
+20°C	34-40 MPa
+40°C	19-26 MPa
+60°C	5-10 MPa
+80°C	4-7 MPa

- Pevnost v odlupování (podle ČSN 66 8515): 2-4 N mm⁻¹ při +20°C

7 MANÉVROVÁ A PORYVOVÁ OBÁLKA

Výpočty manévrové a poryvové obálky podle požadavků přepisu CS 22. [11]

7.1 Návrhové rychlosti, body obratové obálky

Zvolené návrhové rychlosti jsou rychlosti EAS. Tím pádem je uvažována hustota vzduchu v 0 MSA. Postupováno podle bodu přepisu CS 22.335.

- **V_{S1}**: Návrhová pádová rychlost při maximální hmotnost (bez klapek) a se zataženými aerodynamickými brzdami

$$V_{S1} = \sqrt{\frac{2 m_{max} g}{C_{Lmax} \rho S}} = 18.6 [m s^{-1}] = 70 [km h^{-1}] \quad 7.1$$

Kde $C_{Lmax} = 1.28$ (určené z vztahové čáry kluzáku (viz. příloha 2))

- **V_A**: Návrhová obratová rychlost.

$$V_A = \sqrt{n} V_{S1} = 42.8 [m s^{-1}] = 154 [km h^{-1}] \quad 7.2$$

- **V_B**: Návrhová rychlost pro let v poryvech. Podle předpisu V_B musí být větší než V_A . Rychlost zvolena: $V_B = 170 km h^{-1}$ (Jelikož L 13 SW prokázáno $V_B = 173 km h^{-1}$) [17]

- V_D : Maximální návrhová rychlost. (Návrhová rychlost strmého letu.) V_D nesmí být menší než V_{Dmin} stanovená vztahem 7.3:

$$V_{Dmin} = 18 \sqrt[3]{\frac{m_{max}}{S C_{Dmin}}} = 238 [km h^{-1}] \quad 7.3$$

Kde C_{Dmin} je určeno z poláry kluzáku (viz příloha 1)

Zvolená rychlost $V_D = 275 km h^{-1}$. Rychlost je odvozena z mezní rychlosti kluzáku L-13 při letu střemhlav s otevřenými brzdícími klapkami. [17]

- $V_{S1\ zápn}$: Návrhová pádová rychlost při maximální hmotnost (bez klapek) a se zataženými aerodynamickými brzdami při záporném násobku. Jelikož vztlková čára i polára v Základních aerodynamických podkladech L-23 [27] (Příloha č.1 a 2) jsou vykresleny závislosti jen pro kladný maximální součinitel vztlaku C_{Lmax} . Nebylo možné přímo určit pádové a obratové rychlosti se záporným násobkem. Podle bodu předpisu CS 22.331 byl stanoven minimální součinitel vztlaku $C_{Lmin} = -0.8$. Je tedy možné stanovit $V_{S1\ zápn}$ jako:

$$V_{S1\ zápn} = \sqrt{\frac{2 g m_{max}}{\rho S C_{Lmin}}} = 23.5 [m s^{-1}] = 85 [km h^{-1}] \quad 7.4$$

- V_G : Návrhová obratová rychlost se záporným násobkem. Dosazením násobku dle bodu CS 22.337 $n = -2.65$ je možno stanovit V_G jako:

$$V_G = \sqrt{n} V_{S1\ zápn} = 38.1 [m s^{-1}] = 137 [km h^{-1}] \quad 7.5$$

7.1.1 Stanovení základních bodů obratové obálky

Stanovení základních bodů obratové obálky ve shodě s bodem předpisu CS 22.337.

Tabulka 7-1

Rychlost (km h ⁻¹)	Násobek
$V_A = 151$	$n = 5.3$
$V_D = 275$	$n = 4.0$
$V_D = 275$	$n = -1.5$
$V_G = 135$	$n = -2.65$
$V_{S1} = 66$	$n = 1$
$V_{S1\ zápn} = 83$	$n = -1$

7.2 Poryvová obálka pro 0 m MSA

Poryvová obálka pro výšku $H = 0$ m MSA a $m_{\max} = 530$ kg. Postup výpočtu dle bodu předpisu CS 22.341.

- Bezrozměrný hmotnostní poměr kluzáku:

$$\mu = \frac{2 \left(\frac{m}{S} \right)}{\rho a_{kř} C_{SAT}} = 7.15 \quad 7.6$$

- Zmírňující součinitel poryvu:

$$k = \frac{0.88\mu}{5.3 + \mu} = 0.505 \quad 7.7$$

- Provozní násobky poryvu $U = \pm 15 \text{ m s}^{-1}$ při rychlosti $V_B = 170 \text{ km h}^{-1}$.

$$n = 1 \pm \left[\frac{\left(\frac{k}{2} \right) \rho_0 U a_{kř} V}{\frac{mg}{S}} \right] \quad 7.8$$

$$n_+ = 5.07$$

$$n_- = -3.07$$

- Hodnota vypočtená ze vzorce 7.8 v intervalu provozních rychlostí nesmí překročit hodnotu:

$$n = 1.25 \left(\frac{V}{V_{S1}} \right) \quad 7.9$$

Z rovnic 7.8 a 7.9 vznikne soustava dvou rovnic o dvou neznámých. Řešení vede ke kvadratické rovnici. Řešením kvadratické rovnice získáme bod dělicí přímkou 7.8 na 2 intervaly (viz Obrázek 7-2):

1. Hodnota násobku vypočítaná pomocí rov. 7.8 je větší než hodnota násobku vypočítaného z rov. 7.9
2. Hodnota násobku vypočítaná pomocí rov. 7.8 je menší než hodnota násobku vypočítaného z rov. 7.9

Průsečík čar $U = 15 \text{ m s}^{-1}$ a $n = 1.25 \left(\frac{V}{V_{S1}} \right)$ nastává v bodě:

pro kladný násobek: $n = 3.71$ $V = 115 \text{ km h}^{-1}$

pro záporný násobek: Bez vlivu. Funkce nemají společný průsečík.

- Provozní násobky poryvu $U = \pm 7.5 \text{ m s}^{-1}$ při rychlosti $V_D = 275 \text{ km h}^{-1}$. Pro výpočet platí analogicky vztah 7.8. Z výsledné obálky (Obrázek 7-2) je patrné, že podmínku ze vztahu 7.9 není třeba řešit.

$$n_+ = 4.3$$

$$n_- = -2.3$$

7.2.1 Stanovení základních bodů poryvové obálky (0m MSA)

Tabulka 7-2

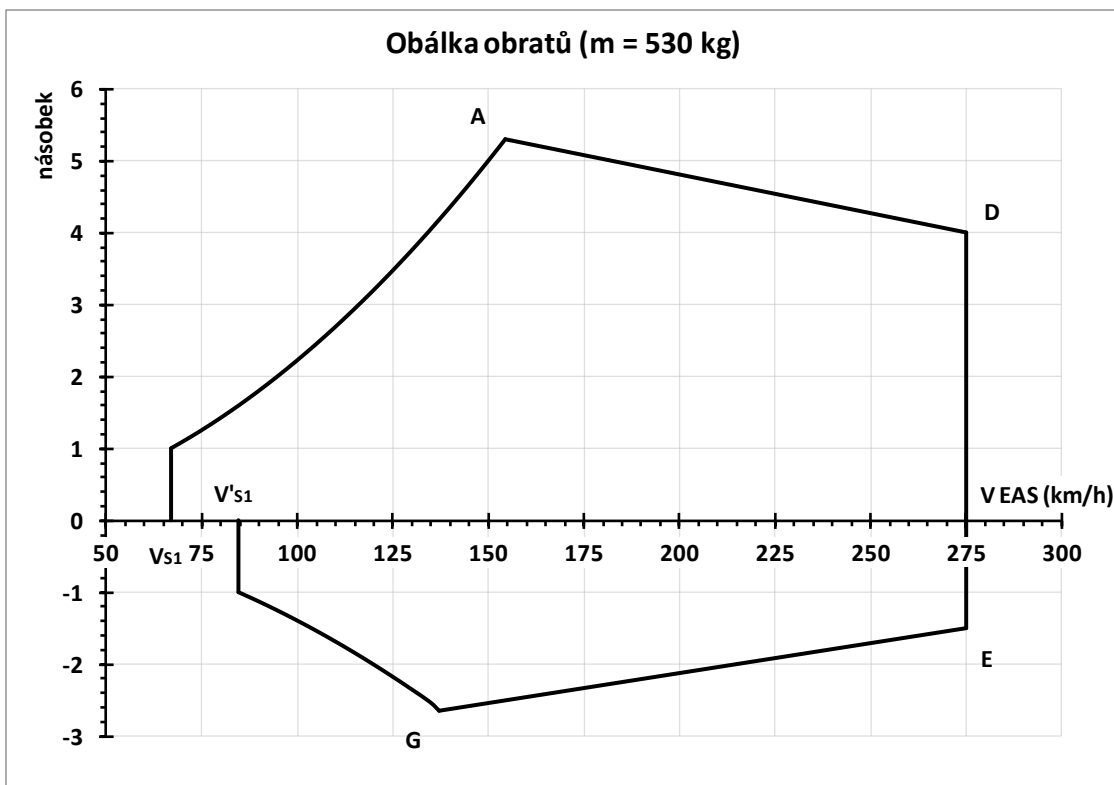
Rychlost le tu	Rychlost poryvu	Násobek
$V_B = 170 \text{ km h}^{-1}$	$U = + 15 \text{ m s}^{-1}$	5.07
$V_B = 170 \text{ km h}^{-1}$	$U = - 15 \text{ m s}^{-1}$	-3.07
$V_D = 275 \text{ km h}^{-1}$	$U = + 7.5 \text{ m s}^{-1}$	4.3
$V_D = 275 \text{ km h}^{-1}$	$U = - 7.5 \text{ m s}^{-1}$	-2.3

7.3 Proryvová obálka pro 6 096 m MSA (20 000 ft)

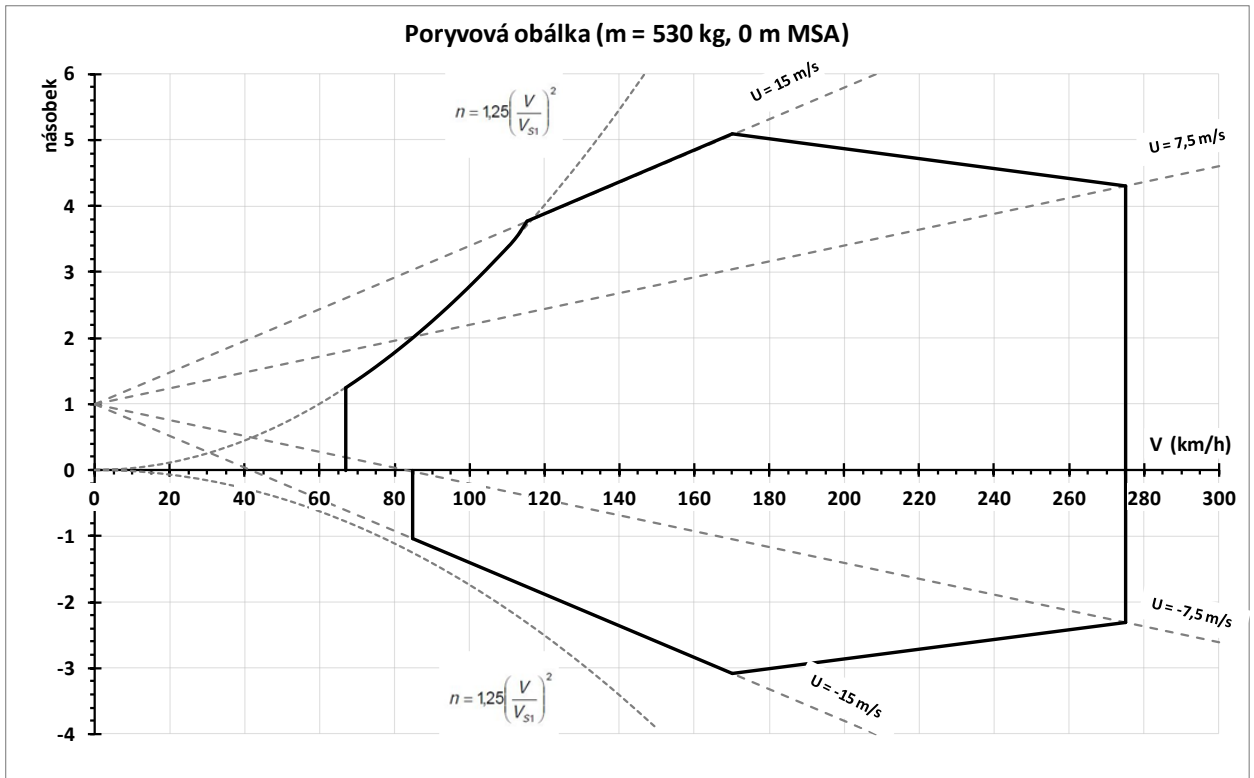
Jelikož bezrozměrný hmotnostní poměr kluzáku (dle CS 22.341) a pádová rychlost jsou závislé na hustotě vzduchu, jak je patrné ze vzorců 7.1 a 7.6, bylo nutné vypočítat účinky poryvu i ve vyšších výškách. Ovšem předpis CS 22 se pak již dále nezabývá stanovením výšky, do které je třeba tuto závislost uvažovat. Stanovená výška 6 096 m proto odpovídá předpisu CS 23 (konkrétně CS 23.333).

Jelikož použité vztahy odpovídají kapitolám 7.1 a 7.2 budou dále uvedeny jen výsledné hodnoty a obálka samotná.

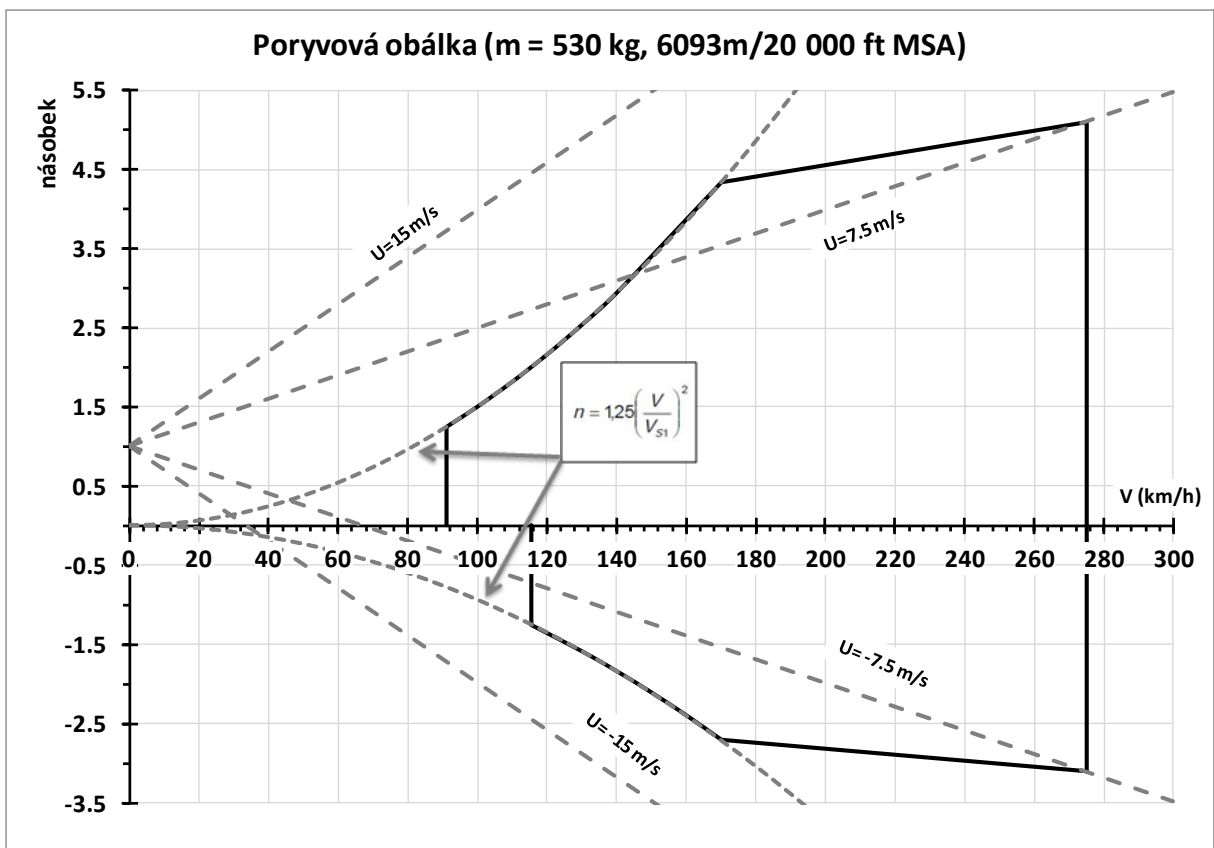
Pádová rychlost	V_{S1}	91	[km h ⁻¹]
Pádová rychlost při $n < 0$	$V_{S1 \text{ záp.n}}$	115	[km h ⁻¹]
Bezrozměrný hmotnostní poměr kluzáku	μ	13.25	[-]
Zmírňující součinitel poryvu	k	0.629	[-]
Provozní násobky poryvu $U = \pm 7.5 \text{ ms}^{-1}$ při rychlosti $V_D = 275 \text{ km h}^{-1}$	n_+	5.11	[-]
	n_-	-3.11	[-]
Provozní násobky poryvu $U = \pm 15 \text{ ms}^{-1}$ při rychlosti $V_B = 170 \text{ km h}^{-1}$	n_+	4.33	[-]
	n_-	-2.71	[-]



Obrázek 7-1



Obrázek 7-2



Obrázek 7-3

8 VÝPOČET ZATÍŽENÍ KŘÍDLA

8.1 Vyvažovací zatížení od VOP

Při zanedbání vlivu trupu na tvorbu vztlakové síly je výsledný vztlak celého kluzáku složen ze vztlaku křídla a vyvažovací síly od VOP (P_{VOP}), jenž uvádí do rovnováhy klopivý moment letounu. Výsledný vztlak křídla je pak roven:

$$L_{kř} = mgn + P_{vop} \quad [N] \quad 8.1$$

Vyvažovací sílu lze vypočítat následovně (převzato z Píštěk, 1988, [23] str.36).

$$P_{vop} = C_{mkt} \frac{\rho V^2}{2} \frac{SC_{SAT}}{L_{VOP}} + \frac{\partial C_m}{\partial C_L} \frac{SC_{SAT}}{S_{vop} L_{vop}} \frac{mg}{S} n S_{vop} \quad [N] \quad 8.2$$

Kde:

C_{mkt}	Součinitel klopivého momentu kombinace křídlo-trup (bez vlivu VOP)
ρ	Hustota vzduchu (kg/m^3)
V	Rychlost letu (m s^{-1})
S	Plocha křídla (m^2)
C_{SAT}	Střední aerodynamická tětíva (m)
L_{VOP}	Rameno VOP (vzdálenost mezi čtrtinovými body $C_{SAT VOP}$ a C_{SAT} měřená na ose X (m))
$\frac{\partial C_m}{\partial C_L}$	Sklon momentové čáry letounu (-)
mg	Tíhová síla (N)
n	Násobek zatížení (-)
S_{VOP}	Plocha vodorovných ocasních ploch (m^2)

Pro názornost uvádím výpočet největší vyvažovací síly P_{VOP} , a to při manévru s maximálním násobkem od poryvu při rychlosti V_D a krajní přední centráži ($x_T = 0.23$).

$$P_{VOP} = -0.145 \cdot \frac{1.225 \cdot 75^2}{2} \cdot \frac{19.15 \cdot 1.253}{5.097} - 0.25 \cdot \frac{19.15 \cdot 1.253}{2.463 \cdot 5.097} \cdot \frac{530 \cdot 9.81}{19.15} \cdot 4.3 \cdot 2.463 \quad 8.3$$

$$P_{vop} = -3\,725 \text{ N}$$

8.2 Rozložení hmoty po rozpětí křídla

Jelikož tato práce pojednává o modernizaci konstrukce, bylo možné zjistit rozložení hmoty stávajícího křídla. Detailní rozbor hmoty podél rozpětí byl proveden analýzou 3D CAD modelu poskytnutého firmou Blaník Aircraft CZ s.r.o. pomocí programu DSS CATIA R5 V20. Tato data jsou nesmírně cenné pro první výpočty zatížení a první návrh konstrukce.

Celková hmotnost celého křídla je ≈ 148 kg.



Obrázek 8-1

8.2.1 Setrvačné síly

Při manévrech se symetrickým zatížením se setrvačné síly do výpočtu zahrnou pomocí násobku zatížení n , kterým se přenásobí tíhová síla.

$$\vec{G}_{vysl} = \vec{n} m g \quad [N] \quad 8.4$$

Při nesymetrickém zatížení při letových případech je nutné nejen uvažovat násobek zatížení, ale i moment setrvačnosti kluzáku k podélné ose x . Moment setrvačnosti lze odhadem stanovit jako moment setrvačnosti křídla navýšený o 20%, což zahrnuje vliv trupu a VOP:

$$J_x = 2 \sum_i m_i y_i^2 + 20\% \quad [kg \cdot m^2] \quad 8.5$$

Jelikož je k dispozici 3D CAD model celého kluzáku, lze získat všechny momenty setrvačnosti kolem 3 základních os během okamžiku přímo z 3D modelu.

Moment setrvačnosti kolem osy x je tedy: $J_x = 882.3 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$

Úhlovou rychlost klonění ε_x lze stanovit ze vzorce:

$$\varepsilon_x = \frac{M_x}{J_x} \quad [\text{rad s}^{-1}] \quad 8.6$$

kde M_x je moment klonění od výchylky křídélka.

$$M_x = \frac{1}{2} \rho V^2 S b C_{m_x} \quad [\text{Nm}] \quad 8.7$$

Bohužel aerodynamické podklady [27] součinitel C_{m_x} neobsahují. Tento součinitel je ovšem možno dopočítat pomocí programu Glauert III.

Spojité zatížení od setrvačných sil při klonění:

$$q_\varepsilon = \frac{\varepsilon y}{g} \quad [\text{N m}^{-1}] \quad 8.8$$

Výsledné spojité zatížení od setrvačných sil je tedy součet spojitěho zatížení od klonění a vlastní hmoty.

$$q_{G_{celk}} = q_G n + q_\varepsilon \quad [\text{N m}^{-1}] \quad 8.9$$

Integrací tohoto spojitěho zatížení podél polorozpětí získáme posouvající sílu od setrvačného zatížení.

$$T_G = \int_0^{b/2} q_{G_{celk}} dy \quad [\text{N}] \quad 8.10$$

8.3 Rozložení součinitele vztlaku a odporu po rozpětí

8.3.1 Rozložení součinitele vztlaku po rozpětí

Základní jednotkové rozložení součinitele vztlaku, jednotlivá nulová rozložení (od křídélek, klapek a brzd) a rozložení od tlumení nebylo nutno určovat znovu, neboť jsou obsaženy v Základních geometrických a aerodynamických podkladech pro pevnostní výpočet letounu L-23 [27]. Všechny tato rozložení jsou uvedeny v příloze číslo 3. Výsledná rozložení byla převedena do digitální podoby jako množina diskrétních bodů (rozdělených po 1% polorozpětí) tak, aby je bylo možné použít pro výpočty zatížení pomocí počítače.

Celkový součinitel vztlaku křídla (pro m_{tow} , rychlost V_A a $n=5.3$):

8.11

$$C_{L_{křídlo}} = \frac{2(mgn + P_{vop})}{\rho V^2 S} = 2 \cdot \frac{530 \cdot 9.81 \cdot 5.3 + 2432}{1.225 \cdot 42^2 \cdot 19.15} = 1.212 [-]$$

Výsledné rozložení součinitele vztlaku po rozpětí je potom:

$$C_L(y) = C_{L_{celk}} C_{L_{jednotkové}}(y) + C_{L_{křídélka}}(y) + C_{L_{tlum}}(y) + C_{L_{klap}}(y) + C_{L_{brzdy}}(y) \quad 8.12$$

8.3.2 Rozložení součinitele odporu po rozpětí

Jelikož dle kapitoly 8.3.1 je znám lokální součinitel vztlaku v jakémkoliv z uvažovaných řezů (dělení po 1 % polorozpětí), je možno pomocí poláry profilu získat lokální součinitele odporu. Určitá nepřesnost vzniká použitím pouze jediné poláry, a to poláry profilu NACA 63 615. Ve skutečnosti se jedná o řadu profilů postupně se měnících z kořenového NACA 63 615 do koncového NACA 63 612. Polára profilu NACA 63 615 je uvedena v příloze číslo 4.

8.3.3 Nesymetrické případy zatížení.

Nesymetrické zatížení je stanoveno v souladu s body předpisu CS 22.347 a CS 22.349. Při výpočtu byly brány v potaz případy:

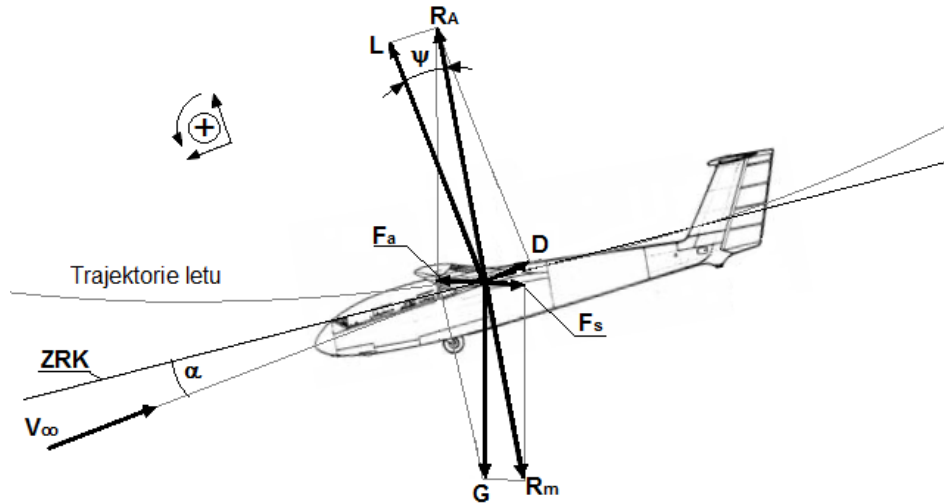
- Plná výchylka křídélka nahoru ($\delta = -34^\circ$) při rychlosti V_A a násobku 3.53 (2/3 z násobku 5.3 - viz. Tabulka 7-1).
- Plná výchylka křídélka dolů ($\delta = 13^\circ$) při rychlosti V_A a násobku 3.53 (2/3 z násobku 5.3 - viz. Tabulka 7-1).
- Třetinová výchylka křídélka nahoru ($\delta = -11.3^\circ$) při rychlosti V_D a násobku 2.67 (2/3 z násobku 5.3 - viz. Tabulka 7-1).
- Třetinová výchylka křídélka dolů ($\delta = 4.3^\circ$) při rychlosti V_D a násobku 2.67 (2/3 z násobku 5.3 - viz. Tabulka 7-1).

8.4 Posouvající síla

8.4.1 Posouvající síla ve směru vztlaku a odporu kluzáku

V prvním kroku je třeba zjistit úhel mezi nositelkou vztlakové síly L a výsledné hmotové síly R_m . Tento úhel je dále značen řeckým písmenem ψ a je znázorněn na Obrázku 8-2.

K nalezení úhlu ψ je možné dospět řešením rovnic silové rovnováhy z Obrázku 8-2.



Obrázek 8-2

Legenda k Obrázku 8-2:

- Vztlak \vec{L}
- Odpor \vec{D}
- Hmotnost \vec{G}
- Výsledná aerodynamická síla $\vec{R}_A = \vec{L} + \vec{D}$
- Výsledná akční síla $\vec{F}_a = \vec{R}_A + \vec{G}$
- Setrvačná síla $\vec{F}_s = -\vec{F}_a$
- Výsledná hmotová síla $\vec{R}_m = \vec{G} + \vec{F}_s$, $R_m = n G$

Silová rovnováha ve směru vztlaku a odporu:

$$\begin{aligned} L - R_m \cos \psi &= 0 \\ -D + R_m \sin \psi &= 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{1}{2} \rho V^2 S C_L - m g n \cos \psi &= 0 \\ -\frac{1}{2} \rho V^2 S C_D + m g n \sin \psi &= 0 \end{aligned} \quad 8.13$$

Neznámé v uvedených rovnicích 8.13 jsou: C_L , C_D a úhel ψ .

Řešení je možné iteračním postupem s využitím poláry kluzáku:

1. V prvním kroku iterace je předpokládán úhel $\psi = 0$ rad.
2. Následuje výpočet odhadovaného součinitele vztlaku kluzáku

$$C_{L_i} = \frac{2 m g n \cos \psi_i}{\rho V^2 S} \quad 8.14$$

kde index i značí krok iterace.

3. Odhadnutému C_{L_i} lze z poláry kluzáku zjistit součinitel odporu C_{D_i} .

4. Krok iterace se uzavře výpočtem úhlu ψ_i .

$$\psi_i = \arcsin \frac{\frac{1}{2} \rho V^2 S C_{Di}}{mgn} \quad 8.15$$

5. Nyní je možno vypočítaný úhel ψ_i dosadit do rovnice 8.14 a opakovat body 2 až 4 do té doby, dokud požadovaná odchylka výpočtu e nebude zanedbatelně malá.

$$e = |C_{Li-1} - C_{Li}| \quad 8.16$$

Nyní je možno určit spojitě zatížení křídla ve směru vztlaku a odporu vektorově sečtené se složkami výsledné hmotové síly R_m .

$$q_L(y) = \frac{1}{2} \rho V^2 S C(y) C_L(y) - q_G(y) \cos \psi \quad [N m^{-1}] \quad 8.17$$

$$q_D(y) = \frac{1}{2} \rho V^2 S C(y) C_D(y) - q_G(y) \sin \psi \quad [N m^{-1}]$$

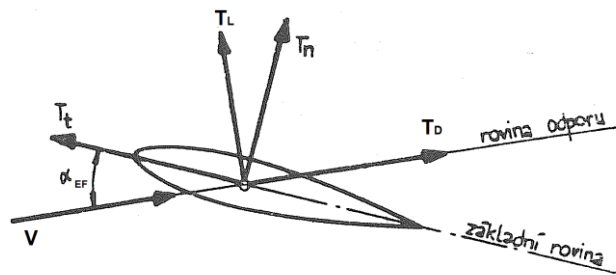
Integrací spojitěho zatížení podél polorozpětí získáme posouvající síly ve směru vztlaku a odporu.

$$T_L = \int_0^{b/2} q_L(y) dy \approx \sum_{i=1}^{n=100} q_{Li} \Delta y \quad [N] \quad 8.18$$

$$T_D = \int_0^{b/2} q_D(y) dy \approx \sum_{i=1}^{n=100} q_{Di} \Delta y \quad [N]$$

8.4.2 Tečné a normální složky zatížení

Průběhy posouvajících síl, uvedeny v rovnicích 8.18 je nutno dále přepočíst na tečné a normální složky (tj. složky kolmé na základní rovinu křídla a složky v základní rovině křídla). Z tohoto důvodu bylo třeba zjistit co možná nepřesněji úhel náběhu v každém řezu křídla (efektní úhel náběhu), přičemž místní efektivní úhel náběhu (v každém řezu) se skládá z úhlu geometrického zkroucení a z úhlu náběhu celého letounu, který je potřeba upravit o indukované rychlosti.



Obrázek 8-3 (převzato z [23], str. 41)

- Úhel náběhu celého letounu byl stanoven ze vztahové čáry letounu (viz příloha 2). Úhel náběhu odpovídal potřebnému součiniteli vzlaku pro rovnováhu sil za letu (rovnice 8.1 a 8.11)
- Úhel geometrického zkroucení je možné zjistit ze základních geometrických podkladů kluzáku [27], kde od kořene křídla (0°) ke kořeni křídélka je geometrické kroucení -3° . Zbytek křídla již není dále zkroučován a má konstantní úhel nastavení -3° . Z důvodu malých úhlů bylo uvažováno lineární průběh kroucení od 0° do -3° .
- Úprava o vliv indukované rychlosti byl největší problém. Zde bylo třeba využít Glaertovo řešení Prandtlovy rovnice křídla. [4]
Základní rovnice cirkulace pro numerické řešení:

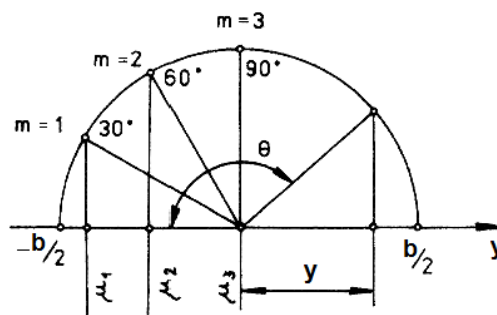
$$\Gamma(\theta) = 2bV_\infty \sum_k A_k \cdot \sin(k \cdot \theta) \quad 8.19$$

Kde A_k jsou neznámé bezrozměrné koeficienty.

Úpravami vycházejících ze skript V. Brože (1995) [4] se dosáhne výsledného vztahu pro sestavení soustavy lineárních rovnic o libovolné jemnosti rozdělení úhlu θ (Obrázek 8-4).

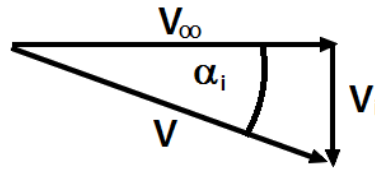
$$\sum_k (\sin \theta + \mu k) A_k \cdot \sin(k\theta) = \mu \alpha_a \sin \theta \quad 8.20$$

kde: $\mu = \frac{c \cdot c_L^\alpha}{4b}$



Obrázek 8-4 (převzato z [4, str. 158])

Rozřešením soustavy lineárních rovnic získáme neznámé koeficienty A_k . Nyní je možno vypočítat indukovaný úhel náběhu. Indukovaný úhel náběhu α_i vzniká mezi vektorem indukované rychlosti V_i a rychlosti nabíhajícího nerozrušeného proudu V_∞ (viz. Obrázek 8-5)



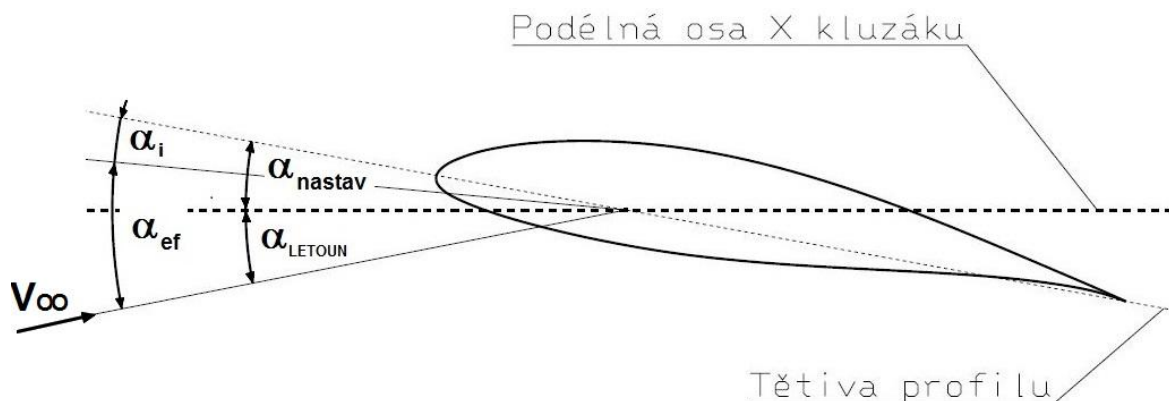
Obrázek 8-5 Indukovaný úhel náběhu

$$\alpha_i = \frac{1}{\sin \theta} \sum_k k A_k \sin(k\theta) \quad 8.21$$

Výsledný efektivní úhel náběhu je tedy:

$$\begin{aligned} \alpha_{kř} &= \alpha_{LETOUN} + \alpha_{nastavení} \\ \alpha_{EF} &= \alpha_{kř} - \alpha_i \end{aligned} \quad 8.22$$

Grafické znázornění stanovení efektivního úhlu náběhu α_{ef} v daném řezu křídla je prezentováno na Obrázku 8-6.



Obrázek 8-6 Stanovení efektivního úhlu náběhu α_{ef}

Výsledné tečné a normální složky zatížení lze tedy stanovit pomocí goniometrických funkcí:

$$T_N = T_L \cos \alpha_{EF} + T_D \sin \alpha_{EF} \quad 8.23$$

$$T_T = T_D \cos \alpha_{EF} + T_L \sin \alpha_{EF}$$

8.5 Ohybový moment

Integrací posouvající síly podél rozpětí získáme ohybový moment.

$$\begin{aligned}
 M_N &= \int_0^{b/2} T_N dy \approx \sum_{i=1}^{n=100} T_{N_i} \Delta y \quad [Nm] \\
 M_T &= \int_0^{b/2} T_T dy \approx \sum_{i=1}^{n=100} T_{T_i} \Delta y \quad [Nm]
 \end{aligned}
 \tag{8.24}$$

8.6 Kroutící moment

Elementární kroutící moment od aerodynamických sil vztažený na jednotku rozpětí křídla:

$$q_{mk} = \frac{1}{2} \rho V^2 C(y) C_{m_{prof}}(y) \quad [N] \tag{8.25}$$

Průběh kroutícího momentu od aerodynamických sil podél rozpětí křídla byl získán integrací elementárních kroutících momentů q_{mk} podél rozpětí křídla.

$$M_k = \int_0^{b/2} q_{mk}(y) dy \approx \sum_{i=1}^{n=100} q_{mk_i} \Delta y \quad [Nm] \tag{8.26}$$

Při výpočtu kroutících momentů křídla byly uvažovány symetrické i nesymetrické letové případy (body předpisu CS22.331 a CS 22.347) dle podmínek popsanych v kapitolách 7 a 8.3.3.

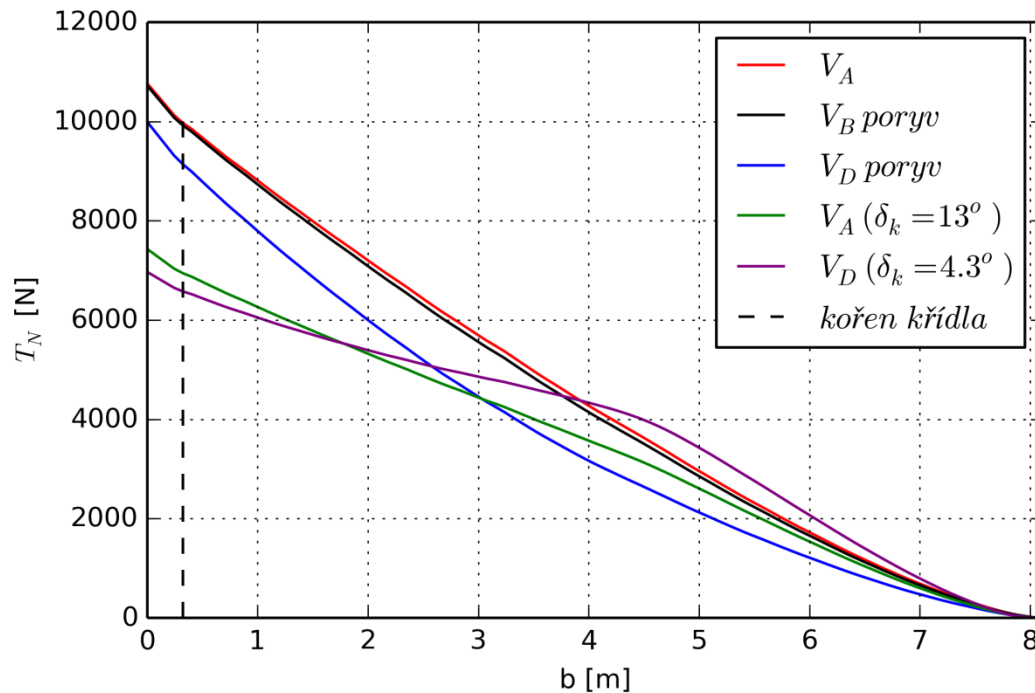
Potřebné hodnoty součinitele klopivého momentu profilu byly vypočteny za pomoci programu XFOIL. Výstup výpočtu (momentová čára a polára) jsou uvedeny v příloze číslo 5

8.7 Rozhodující případy zatížení

Postupem uvedeným v kapitolách 8.1 až 8.6 byly získány následující průběhy zatížení křídla. Nevyšší z hodnot pak tvoří rozhodující případ zatížení pro návrh a dimenzování konstrukce.

Zatížení bylo počítáno numerickými metodami s rovnoměrným dělením 1% polorozpětí. Z důvodu přehlednosti mají níže uvedené tabulky hodnot dělení po 10% polorozpětí. Dále jsou v těchto tabulkách uvedeny jiné významné body vztahující se k danému případu zatížení (např. kořen křídla).

8.7.1 Normální posouvající síla T_N při kladných násobcích



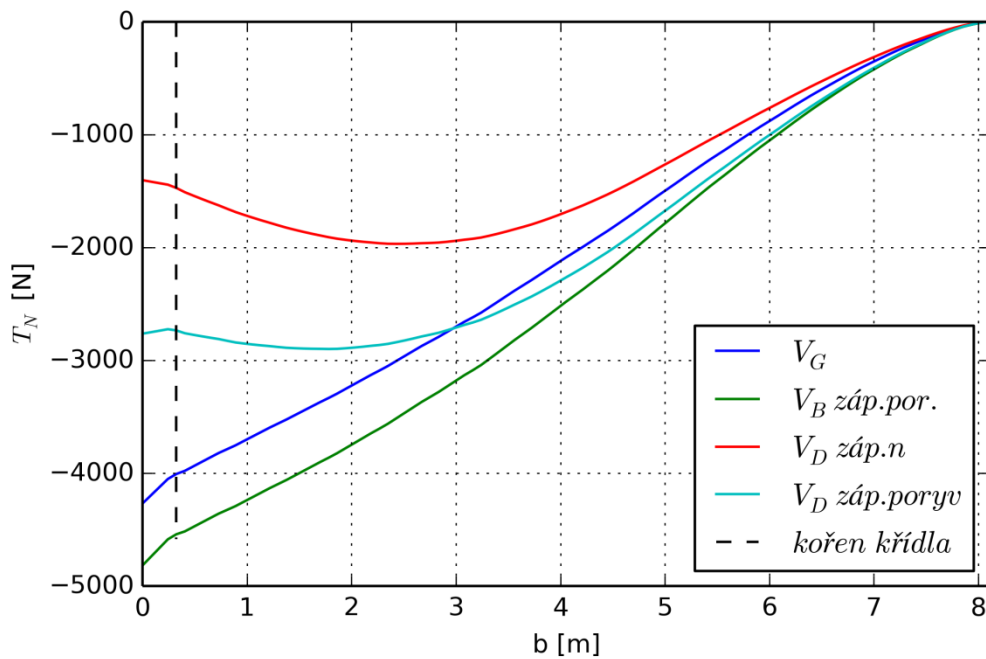
Obrázek 8-7 Vybrané průběhy normálních posouvajících sil

Tabulka 8-1 Vybrané průběhy kladných normálních posouvajících sil

y [%]	y [m]	T_N [N]				
		V_A	V_B poryv	V_D poryv	$V_A \delta_k = 13^\circ$	$V_D \delta_k = 4.3^\circ$
100	8.1	0	0	0	0	0
90	7.29	446	425	101	118	118
80	6.48	1 194	1 145	551	687	687
70	5.67	2 113	2 034	1 487	1 874	1 874
60	4.86	3 144	3 035	3 003	3 752	3 752
50	4.05	4 207	4 078	5 179	6 313	6 313
48	3.89	4 429	4 297	3 297	3 669	4 429
40	3.24	5 366	5 230	8 099	9 458	9 458
30	2.43	6 539	6 413	11 906	13 169	13 169
20	1.62	7 798	7 695	16 739	17 463	17 463
10	0.81	9 131	9 060	22 728	22 369	22 369
5	0.38	9 845	9 789	8 985	6 871	6 519
0	0	10 766	10 722	30 024	27 948	27 948

Z Obrázku 8-7 je patrné, že výsledné rozhodující zatížení bude kombinace případu symetrického manévru při rychlosti V_A ($n = 5.3$) a nesymetrického případu při vychýleném křídélku dolů při rychlosti V_D ($n = 2.87$, tj. $2/3 \cdot 4.3$). Výsledkem je tedy obalová křivka výše zmíněných průběhů. Průsečík průběhů je 3.89 m od osy symetrie kluzáku (48% polorozpětí).

8.7.2 Normální posouvající síla T_N při záporných násobcích



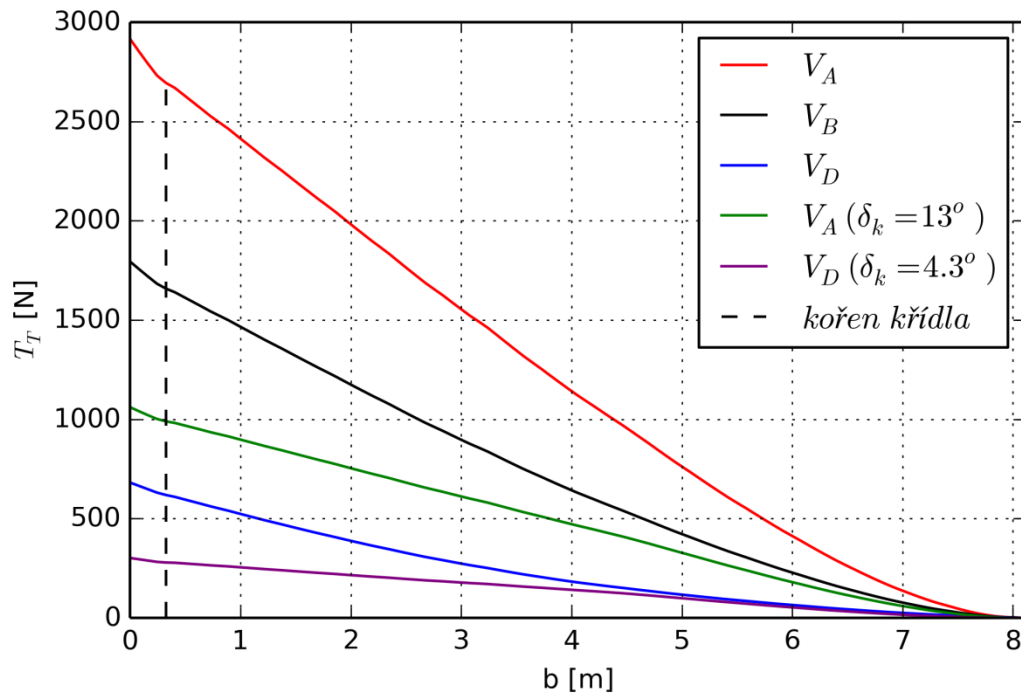
Obrázek 8-8 Vybrané průběhy normálních posouvajících sil

Tabulka 8-2 Vybrané průběhy záporných normálních posouvajících sil

y [%]	y [m]	T_N [N]			
		V_G	V_B záp.por.	V_d záp.n	V_D záp.por
100	8.1	0	0	0	0
90	7.29	-227	-272	-202	-264
80	6.48	-610	-730	-536	-702
70	5.67	-1 077	-1 286	-927	-1 221
60	4.86	-1 589	-1 894	-1 335	-1 771
50	4.05	-2 090	-2 484	-1 688	-2 267
40	3.24	-2 578	-3 042	-1 912	-2 641
30	2.43	-3 005	-3 514	-1 968	-2 840
20	1.62	-3 409	-3 941	-1 878	-2 897
10	0.81	-3 787	-4 325	-1 657	-2 827
5	0.38	-3 980	-4 516	-1 510	-2 760
0	0	-4 269	-4 818	-1 403	-2 764

Normální posouvající síly při záporných násobcích netvoří žádný rozhodující případ, jelikož posouvající síly při kladných násobcích jsou vyšší. Z hlediska únosnosti stojiny nosníku smysl smykového toku od posouvajících sil nehraje roli.

8.7.3 Tečná posouvající síla T_T při kladných násobcích



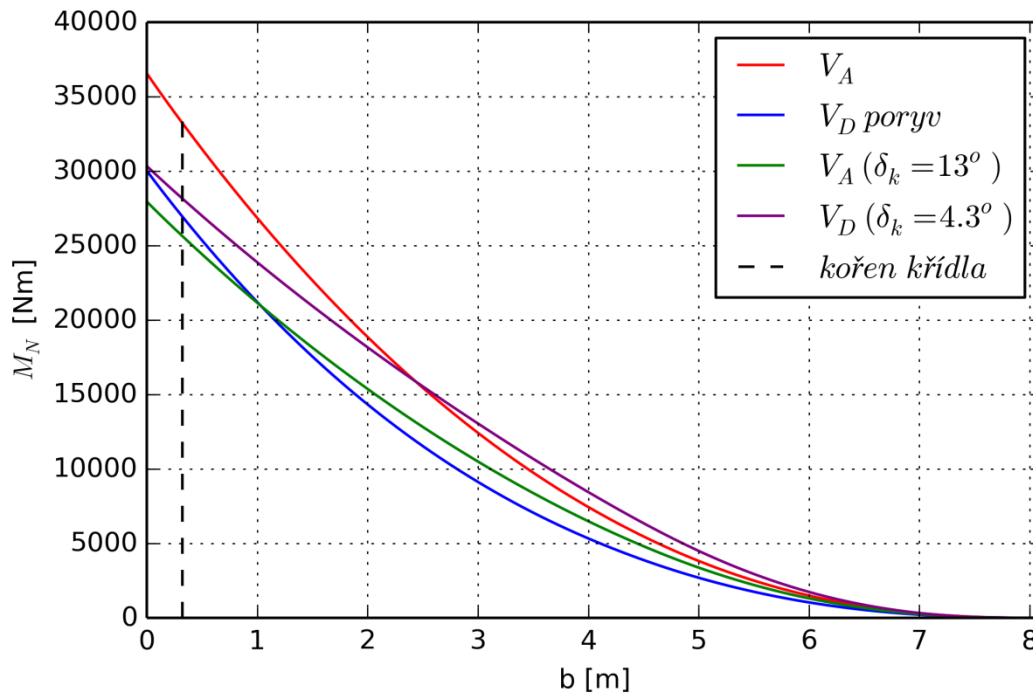
Obrázek 8-9 Vybrané průběhy tečných posouvajících sil

Tabulka 8-3 Vybrané průběhy kladných tečných posouvajících sil

y [%]	y [m]	T_T [N]				
		V_A	V_B poryv	V_D poryv	$V_A \delta_k = 13^\circ$	$V_D \delta_k = 4.3^\circ$
100	8.1	0	0	0	0	0
90	7.29	79	45	18	34	9
80	6.48	267	148	49	117	33
70	5.67	521	288	91	227	67
60	4.86	815	452	142	349	106
50	4.05	1 122	631	202	465	139
40	3.24	1 461	837	283	580	170
30	2.43	1 796	1 052	377	692	199
20	1.62	2 146	1 284	489	808	230
10	0.81	2 494	1 521	612	924	262
5	0.38	2 669	1 640	677	982	278
0	0	2 915	1 794	755	1 061	302

Z hlediska tečných posouvajících sil je rozhodující případ při rychlosti V_A ($n = 5.3$).

8.7.4 Normální ohybový moment M_N při kladných násobcích



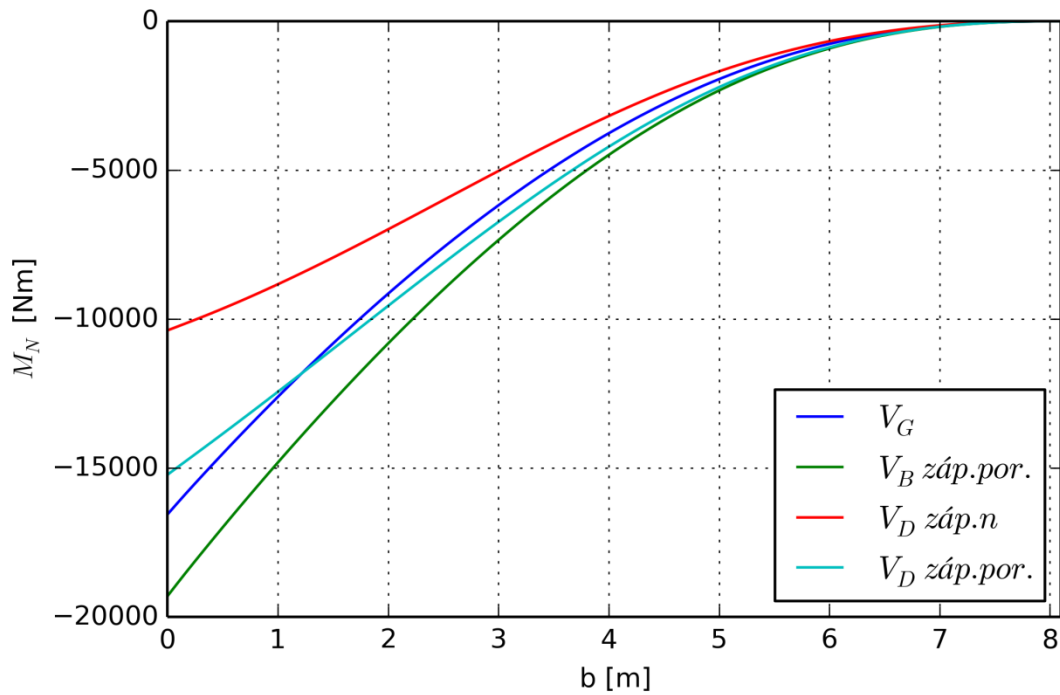
Obrázek 8-10 Vybrané průběhy normálních ohybových momentů

Tabulka 8-4 Vybrané průběhy normálních ohybových momentů

y [%]	y [m]	M_N [Nm]			
		V_A	V_D poryv	$V_A \delta_k = 13^\circ$	$V_D \delta_k = 4.3^\circ$
100	8.1	0	0	0	0
90	7.29	148	101	118	118
80	6.48	798	551	687	687
70	5.67	2 129	1 487	1 874	1 874
60	4.86	4 250	3 003	3 752	3 752
50	4.05	7 232	5 179	6 313	6 313
40	3.24	11 100	8 099	9 458	9 458
30	2.43	15 909	11 906	13 169	13 169
20	1.62	21 714	16 739	17 463	17 463
10	0.81	28 564	22 728	22 369	22 369
5	0.38	32 404	26 197	25 064	27 613
0	0	36 559	30 024	27 948	27 948

Z Obrázku 8-10 je patrné, že výsledné rozhodující zatížení popisuje obalová křivka případů symetrického manévru při rychlosti V_A ($n = 5.3$) a nesymetrického případu při vychýleném křídélku dolů při rychlosti V_D ($n = 2.87$, tj. $2/3 \cdot 4.3$). Průsečík průběhů je 2.43 m od osy symetrie kluzáku (30% polorozpětí).

8.7.5 Normální ohybový moment M_N při záporných násobcích



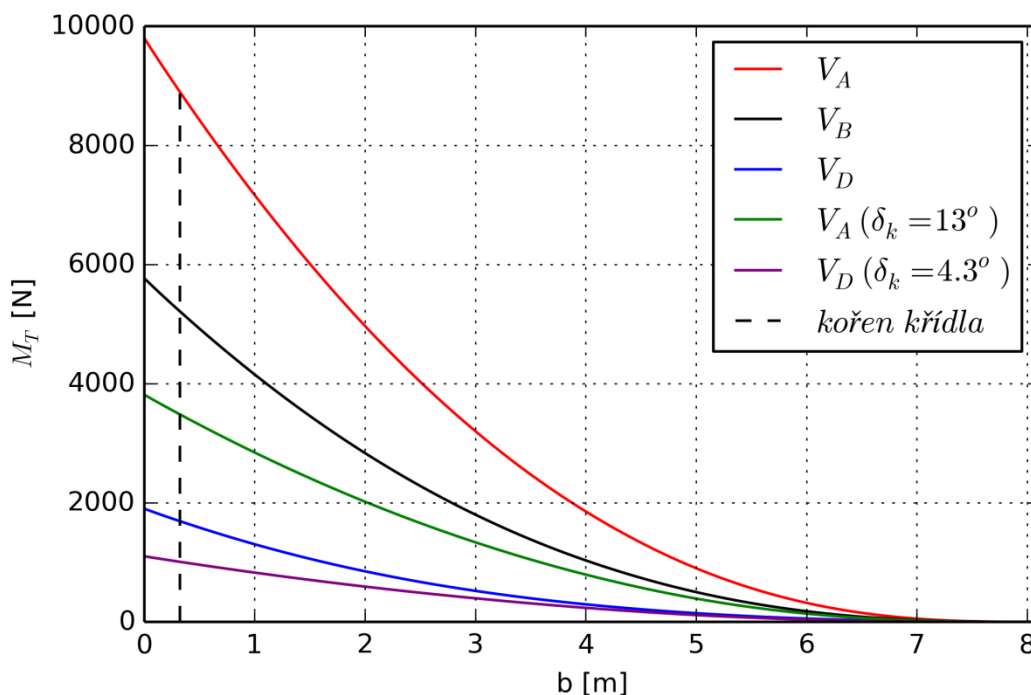
Obrázek 8-11 Vybrané průběhy normálních ohybových momentů

Tabulka 8-5 Vybrané průběhy záporných normálních ohybových momentů

y [%]	y [m]	M_N [Nm]			
		V_G	V_B záp.por.	V_d záp.n	V_D záp.por.
100	8.1	0	0	0	0
90	7.29	-75	-89	-67	-87
80	6.48	-406	-487	-360	-470
70	5.67	-1 085	-1 299	-951	-1 245
60	4.86	-2 162	-2 584	-1 867	-2 456
50	4.05	-3 658	-4 364	-3 100	-4 101
40	3.24	-5 549	-6 603	-4 567	-6 098
30	2.43	-7 808	-9 257	-6 146	-8 324
20	1.62	-10 409	-12 281	-7 714	-10 658
10	0.81	-13 325	-15 631	-9 153	-12 984
5	0.38	-14 897	-17 421	-9 795	-14 115
0	0	-16 557	-19 300	-10 380	-15 225

Z Obrázku 8-11 je patrné, že rozhodující případ tvoří případ zatížení při rychlosti V_B a násobku od poryvu $n = -3.07$. Toto zatížení je kritické pro stabilitu dolní pásnice hlavního nosníku.

8.7.6 Tečný ohybový moment M_T při kladných násobcích



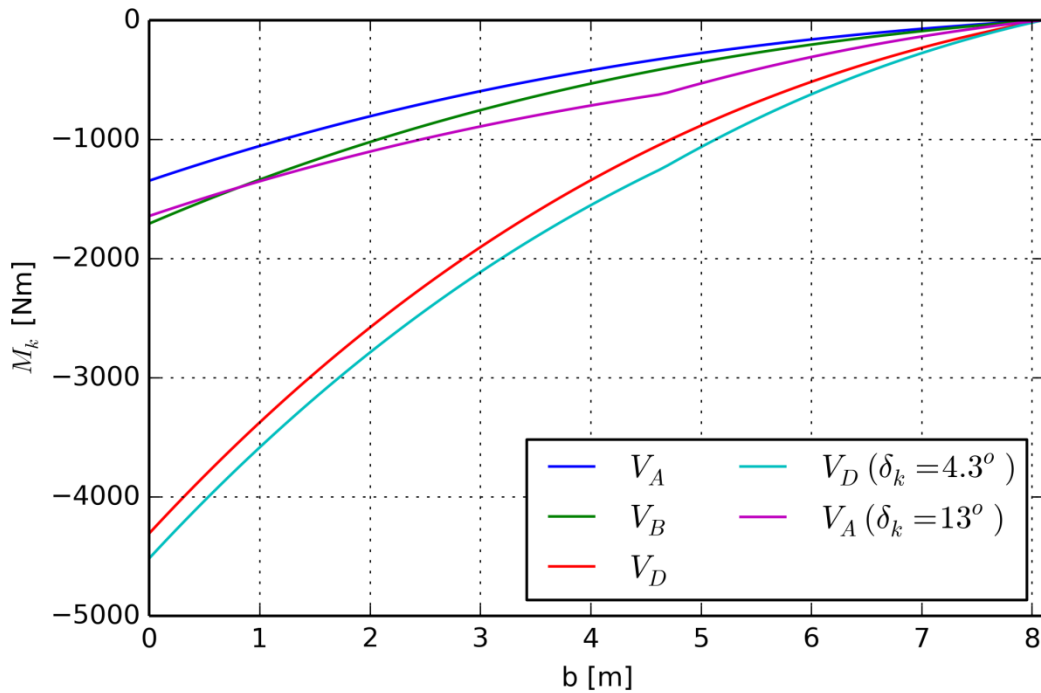
Obrázek 8-12 Vybrané průběhy tečných ohybových momentů

Tabulka 8-6 Vybrané průběhy kladných tečných ohybových momentů

y [%]	y [m]	M_T [Nm]				
		V_A	V_B poryv	V_D poryv	$V_A \delta_k = 13^\circ$	$V_D \delta_k = 4.3^\circ$
100	8.1	0	0	0	0	0
90	7.29	23	13	6	9	2
80	6.48	157	89	30	68	18
70	5.67	473	264	80	206	59
60	4.86	1 012	562	163	439	129
50	4.05	1 798	1 001	285	771	229
40	3.24	2 842	1 593	458	1 193	354
30	2.43	4 157	2 356	694	1 707	503
20	1.62	5 754	3 302	1 006	2 315	677
10	0.81	7 633	4 438	1 406	3 017	876
5	0.38	8 678	5 078	1 641	3 403	986
0	0	9 801	5 769	1 900	3 814	1 102

Z hlediska tečných ohybových momentů je rozhodující případ při rychlosti V_A ($n_0 = 5.3$).

8.7.7 Průběhy krouticích momentů M_K



Obrázek 8-13 Vybrané průběhy krouticích momentů

Tabulka 8-7 Vybrané průběhy krouticích momentů

y [%]	y [m]	M_K [Nm]				
		V_A	V_B poryv	V_D poryv	$V_A \delta_k = 13^\circ$	$V_D \delta_k = 4.3^\circ$
100	8.1	0	0	0	0	0
90	7.29	-51	-65	-163	-96	-194
80	6.48	-116	-147	-371	-221	-445
70	5.67	-197	-249	-629	-377	-757
60	4.86	-295	-374	-943	-566	-1 135
50	4.05	-412	-523	-1 319	-709	-1 528
40	3.24	-551	-698	-1 761	-847	-1 970
30	2.43	-712	-902	-2 275	-1 008	-2 485
20	1.62	-897	-1 137	-2 867	-1 193	-3 077
10	0.81	-1 108	-1 404	-3 543	-1 404	-3 752
5	0.38	-1 224	-1 551	-3 913	-1 520	-4 123
0	0	-1 347	-1 707	-4 306	-1 643	-4 516

Z Obrázku 8-13 je patrné, že rozhodující případ z hlediska krutu vzniká při rychlosti V_D a křídélku vychýleném dolů ($1/3 \delta_{MAX}$).

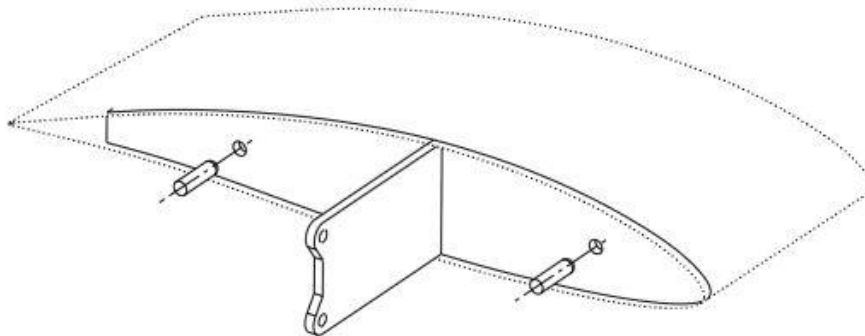
9 NÁVRH KONSTRUKCE

Základní požadavky návrhu konstrukce vycházejí ze zadání práce a byly rozšířeny o podmínku co možná nejjednodušší rozebíratelné spojení křídla s trupem kluzáku. A to z důvodu snadné montáže a demontáže křídla s minimem personálu a náradí.

Důvody nutnosti snadno rozebíratelného spojení křídla a trupu:

- Oproti jiným sportovním / cvičným letounům, mají kluzák značné rozpětí křídel, jenž znesnadňuje jejich hangárování. Možnost uložení křídel podél trupu značně snižuje nároky na prostor v hangáru, popřípadě umožňuje umístění do speciálního přívěsu.
- Přistání mimo letiště je u kluzáků častějším jevem než u motorových letounů. Snadná demontáž křídla je v takových případech opět žádoucí.

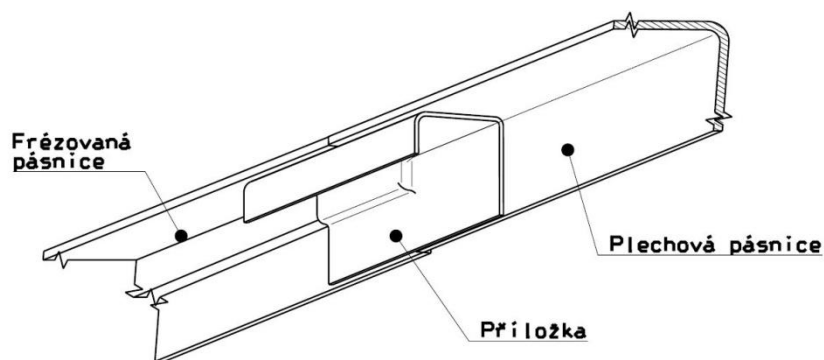
Snadné rozebíratelnosti spojení křídla a trupu je docíleno spojením levého a pravého nosníku 2 čepy v rovině symetrie letounu, čímž se zachytí ohybový moment. Další dva trny v kořenové žebře zajistí přenos krouticího momentu a posouvající síly do trupových přepážek. Schéma takového řešení znázorňuje Obrázek 9-1.



Obrázek 9-1 Schéma závěsů křídla

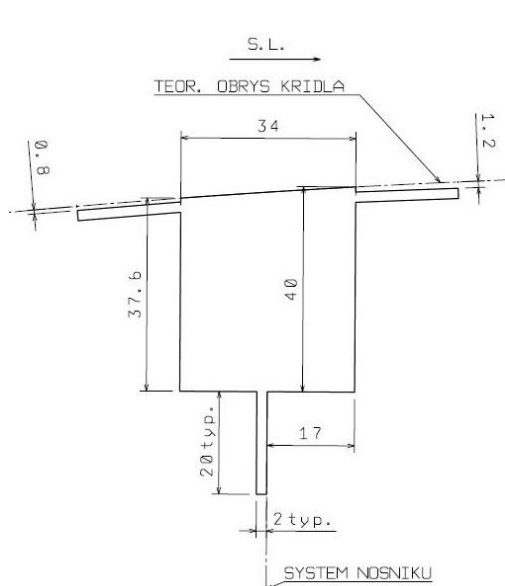
9.1 První návrh nosníku: Frézované pásnice nosníku

Z důvodu hmotové efektivity byl při prvním návrhu uvažován nosník s frézovanými pásnicemi s plynule se mělnícím průřezem. Frézovaná pásnice sahá do 61% rozpětí křídla (4.96 m). Dále po rozpětí pásnici tvoří ohnutý plech (do tvaru L) přinýtovaný ke stojině. Spojení těchto dvou pásnic je realizováno pomocí plechové příložky (Obrázek 9-2).

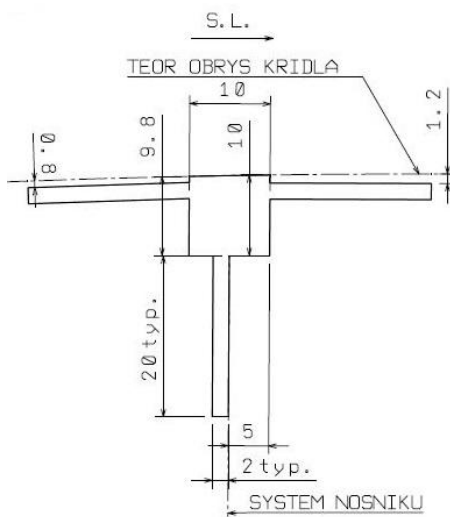


Obrázek 9-2 Schéma spojení pásnic

Pro ilustraci jsou níže uvedeny rozměry průřezů horních pásnic.



Obrázek 9-3 Profil horní pásnice v kořeni křídla



Obrázek 9-4 Profil horní pásnice na konci

Stojina je plechová s otvory prolisovanými dle normy LDN 1505. Tloušťka plechů je postupně odstupňovaná od 1.2 mm přes 1 mm do 0.8 na konci. [14]

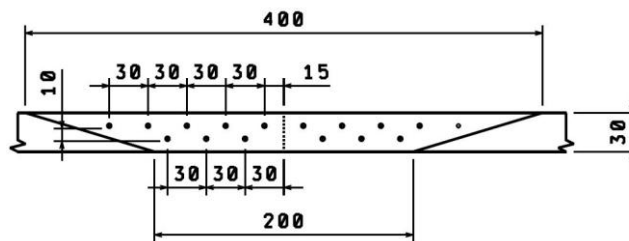
Ačkoliv je to řešení poměrně jednoduché, bylo zamítnuto z důvodu lomení nosníku způsobené záporným šípem křídla. Přitom bylo promyšleno několik míst rozpětí křídla pro realizaci lomení nosníku, např.:

- Lomení až v samotném závěsu křídla
- Lomení v kořeni křídla
- Lomení v 0.8 m od osy symetrie (poloha druhého žebra)
- Lomení v přechodu frézované pásnice a ohýbané plechové pásnice

První tři konstrukční řešení vedla na složité frézované díly, které by zvyšovaly cenu a složitost konstrukce. Poslední varianta s lomením mezi plechovou a frézovanou pásnicí vedlo rovinu nosníku příliš blízko k náběžné hraně (v místě kořene křídla).

9.2 Druhý návrh nosníku: Plechová skládaná pásnice

Jako možné řešení problému lomení nosníku (popsaném v kapitole 9.1) je jednoduchá skládaná pásnice z plechů o tloušťce 2 mm. Problém zalomení nosníku v kořeni křídla lze vyřešit jednoduše ohnutím všech plechů pásnice a stojiny o příslušný úhel. Je patrné, že nejdelší části pásnice dosahují délky 8 m, proto je třeba vyrábět plechy jako dělené. Místo dělení plechů je zesíleno plynule vypouštěnou příložkou (viz. Obrázek 9-5), tak aby nedocházelo k zeslabení nosného průřezu, hlavně při namáhání tahem.

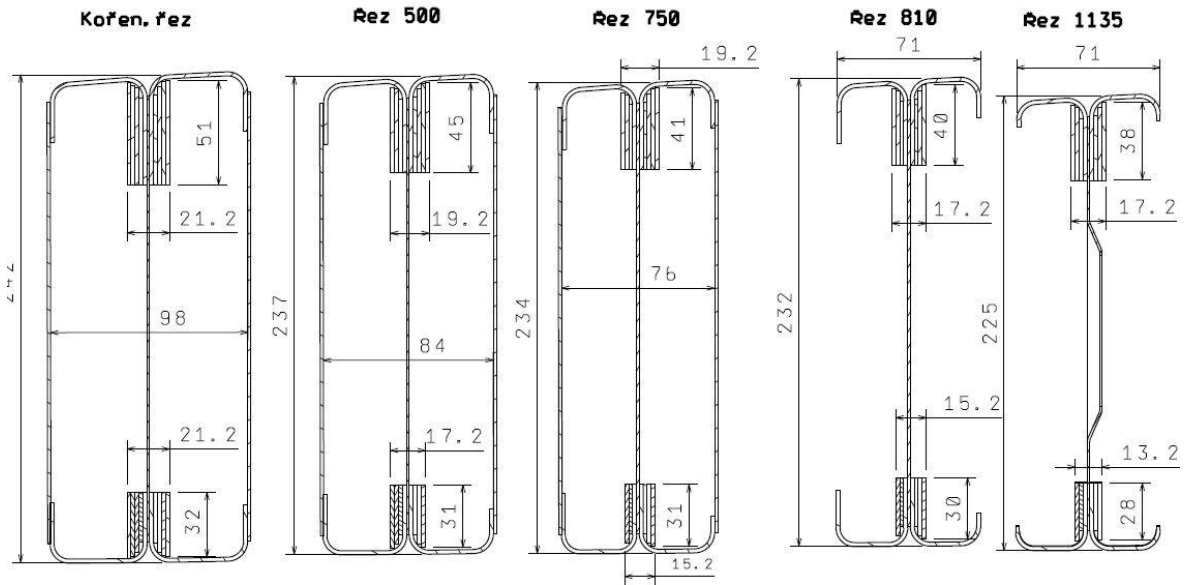


Obrázek 9-5 Příklad přínýtování příložky

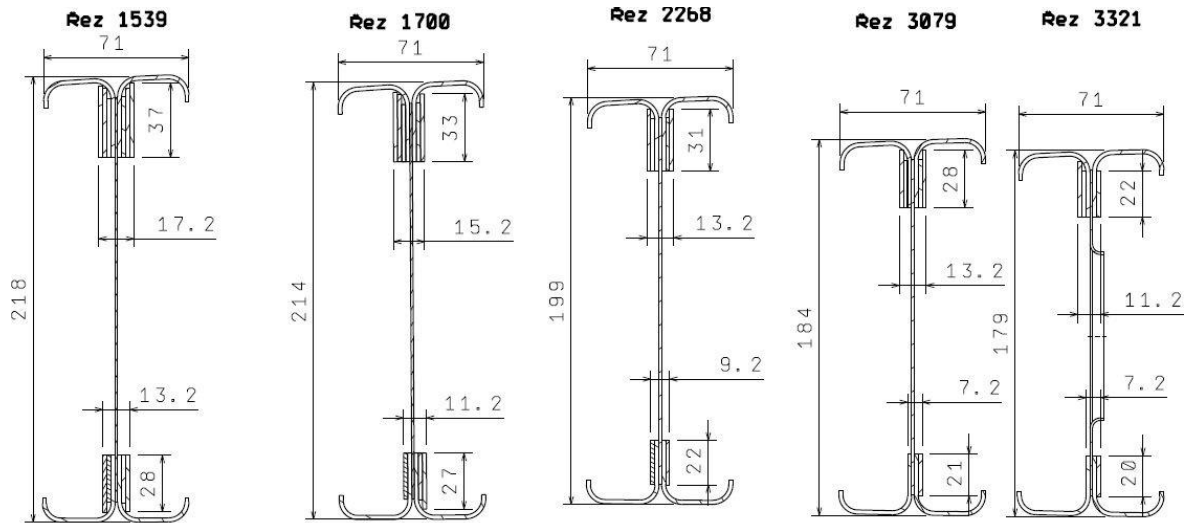
Spojení jednotlivých plechů v celek pásnice je realizováno:

- V kořenové části šrouby M6 s hladkým dřikem. Nýty v kořenové oblasti nelze použít z důvodu velké tloušťky pásnice (8 plechů o tloušťce 2 mm + stojina s tloušťkou 1.2 mm = 17.2mm). Matice jsou samojistící.
- 2 239 mm od osy symetrie kluzáku šrouby nahradí nýtové spojení. Byly zvoleny klasické plné duralové nýty s půlkulatou opěrnou hlavou a plochou závěrnou hlavou. Materiál nýtu 2017 - A T4
- Šroubové / nýtové spojení je doplněno slepením všech částí dvousložkovým lepidlem Letoxit LP 20 ($R_{ms} = 34 - 40$ MPa při 20°C). Alternativní lepidla vykazující vyšší pevnosti lepených spojů, jako např. foliové lepidlo Letoxit KFL 120. Tato lepidla jsou ovšem spojena se složitější technologií. Nejčastěji s vytvrzováním při vysoké teplotě (KFL 120 při 120 °C). Což v případě tak rozměrných částí jako je hlavní nosník značně komplikuje a prodražuje výrobu. [1] [2]

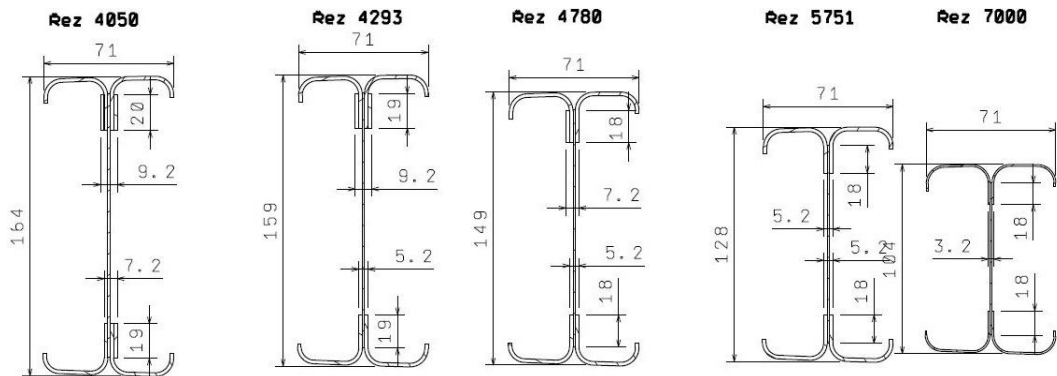
Následující obrázky popisují místa postupného vypouštění pásnic hlavního nosníku.



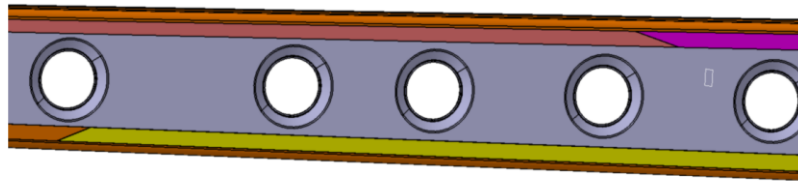
Obrázek 9-6 Hlavní nosník



Obrázek 9-7 Hlavní nosník



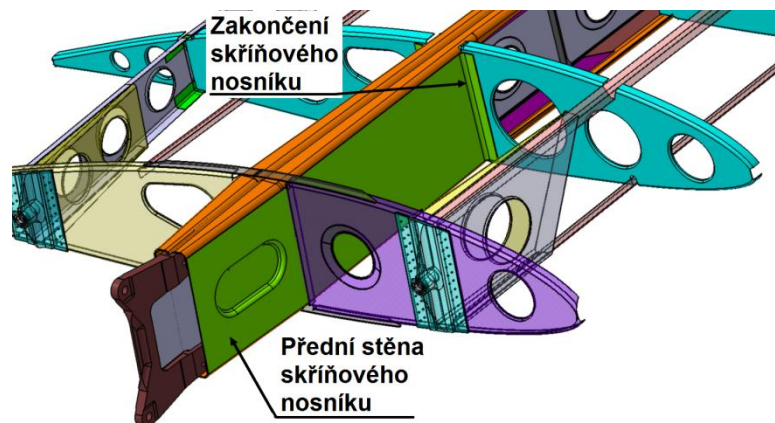
Obrázek 9-8 Hlavní nosník



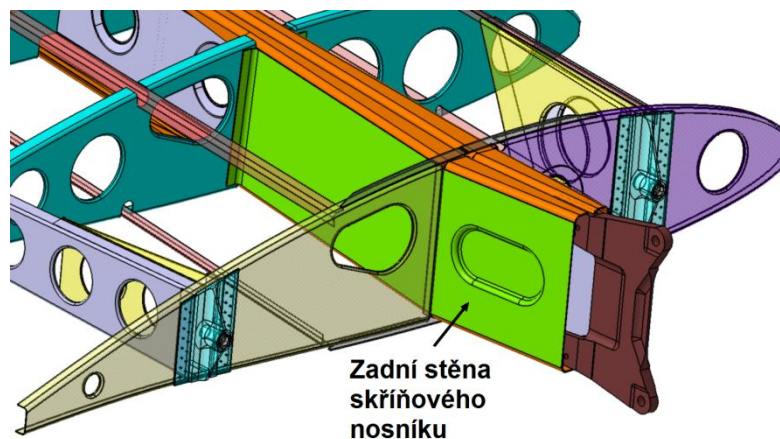
Obrázek 9-9 Typické plynulé vypouštění pásnic (fialová - horní pásnice, žlutá-dolní pásnice)

Část nosníku vyčnívající z obrysu křídla (oblast mezi kořenovým žebrem a osou symetrie) musela být vyztužena pro svou malou tuhost při ohybu kolem svislé osy z (tzv. tečný ohyb). Takové ohybové zatížení je zejména nebezpečné při stykání křídla, kdy obsluha na konci křídla i poměrně malou silou ve směru osy x (tečná síla) vyvolá značný ohybový moment (polorozpětí křídla je 8.1 m).

Zvýšení tuhosti nosníku bylo řešeno spojením lemů horní a dolní pásnice plechovou stěnou. Plechová stěna je přiložena na zadní i přední části nosníku. Obě stěny mají prolis pro zvýšení stability při tlakové zatížení. V nejkritičtějším místě jsou lemy pásnic rozšířené. Vzniká tak skříňový nosník s 2 dutinami rozdělenými stojinou (Obrázek 9-8 vlevo). Plechové stěny vedou až ke druhému žebru uvnitř konstrukce křídla tak, aby tečný ohyb byl rozveden do vnitřní konstrukce křídla.

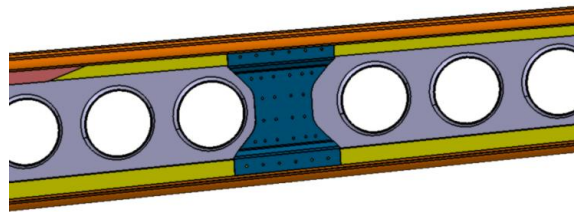


Obrázek 9-10 Kořenová část hlavního nosníku

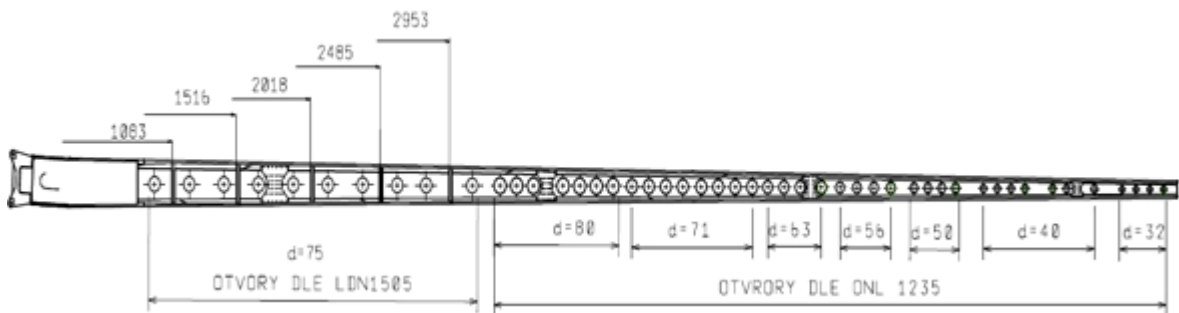


Obrázek 9-11 Kořenová část hlavního nosníku

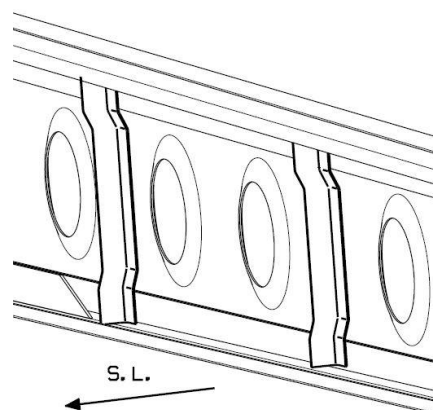
Stojina hlavního nosníku po délce rozpětí nemění svoji tloušťku. Stojina je rozdělena na 5 plechů o délce ≈ 1800 mm (poslední 680 mm). Spojení jednotlivých plechů stojiny a jejich poloha vzhledem k ose symetrie je znázorněno na obrázcích níže (Obrázek 9-12, Obrázek 9-15, Obrázek 9-16, Obrázek 9-17 a Obrázek 9-18). Tato hmotnostně nevýhodná konstrukce byla přijata pro svou technologickou nenáročnost. Proměnná tloušťka stojiny by s sebou nesla nutnost malých prolisů na plechách pásnice. Největší problém by byl zhotovovat prolis na základním plechu pásnice tvořící lem pro přinýtování potahu. Tloušťka stojiny je tedy 1.2 mm. Stojina je odlehčena otvory olemovanými dle normy LDN 1505, v koncové části dle normy ONL 1235. [14], [22]. V kořenové části je vyztužena 5 jednoduchými svislými výztuhami. (rozmístění otvorů a výztuh viz. Obrázek 9-13)



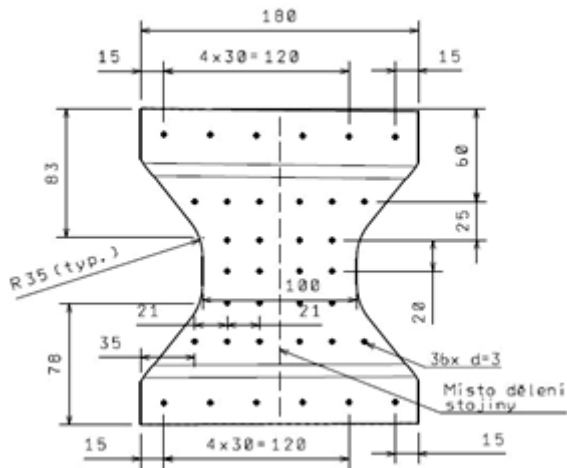
Obrázek 9-12 Typické překlátování stojiny



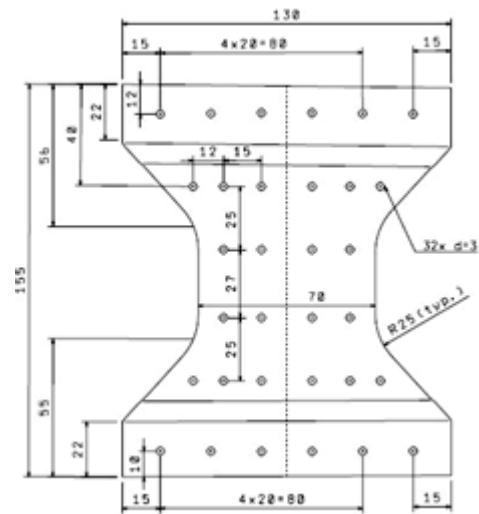
Obrázek 9-13 Pozice výztuh od osy symetrie a rozložení odlehčovacích otvorů



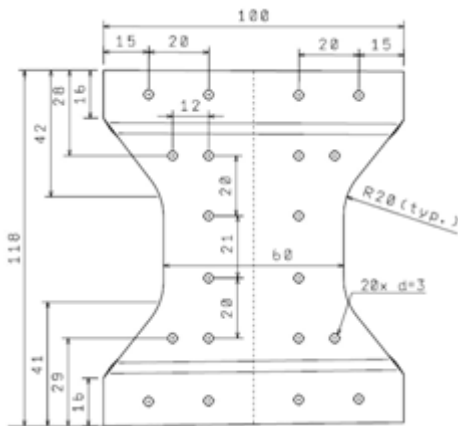
Obrázek 9-14 Výztuhy stojiny



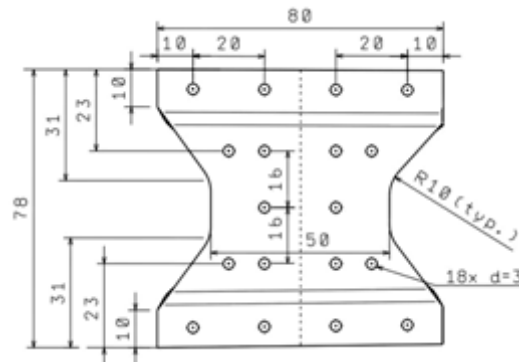
Obrázek 9-15 Přeplátování stojiny 1785 mm od osy symetrie



Obrázek 9-16 Přeplátování stojiny 3620mm od osy symetrie



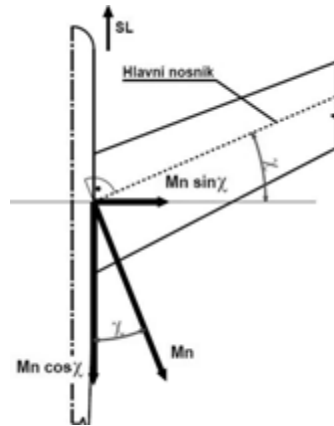
Obrázek 9-17 Přeplátování stojiny 5400 mm od osy symetrie



Obrázek 9-18 Přeplátování stojiny 7200 mm od osy symetrie

Důvody umístění lomení hlavního nosníku v kořeni křídla:

- Křídlo má záporný šíp (-5.03° v 25% C [27]), takže sinová složka vektoru normálního ohybového momentu působí proti krouticímu momentu křídla a tím odlehčuje zatížení kořenového žebra. (viz. Obrázek 9-19)
- Snaha získat co největší stavební výšku nosníku pro zachycení značného normálního ohybového momentu, který je typický pro štíhlá křídla.

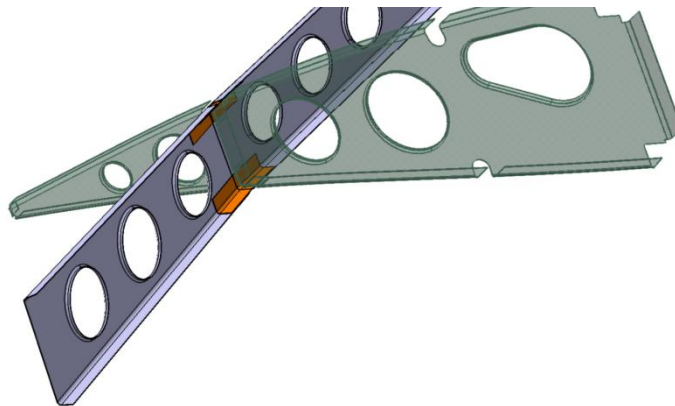


Obrázek 9-19 Rozklad ohybového momentu

9.3 Zadní nosník

Zadní nosník slouží pro uzavření zadní dutiny křídla a v kořenové části pro připojení trnového závěsu (viz. kap. 9.6).

Zadní nosník je tvořen z ohýbaného plechu do tvaru „C“. Úhel ohybu lemů (pásnic) je zvolen po délce proměnný tak, aby lem byl v co největší míře totožný s teoretickým obrysem křídla. Tloušťka plechu činí 0.8 mm. Stojina je odlehčena otvory dle ONL 1235 [22]. Z důvodu připojení trnového závěsu je nosník lomený v místě druhého žebra (849 mm od osy symetrie). V místě lomení je horní a dolní lem (pásnice) z technologických důvodů přerušena. Vzniklá nespojitost je zacelema příložkou (viz. Obrázek 9-20).

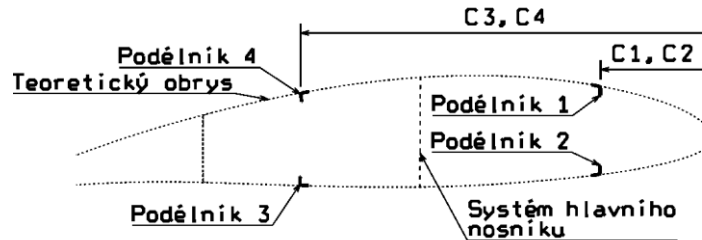


Obrázek 9-20 Lomení zadního nosníku

9.4 Podélníky (stringery)

V konstrukci křídla jsou celkem 4 podélníky. Jejich umístění popisuje Obrázek 9-21 a Tabulka 9-1. Podélníky nejsou po své délce nijak lomeny. Jejich hlavní účel je zmenšení pole potahových plechů. Podélníky v zadní dutině křídla končí 4592 mm od osy symetrie kluzáku (začátek křidélka). Podélníky v přední dutině vedou až na konec křídla. Horní podélník v přední dutině je v kořenové části spojen malou stojinou (plechem) s dolním podélníkem. Tím je docíleno vyztužení místa trnového závěsu (viz. kap. 9.5)

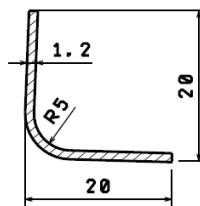
Všechny podélníky jsou vyrobeny z duralu (viz. kapitola 6 Použitý materiál) shodnou technologií ohýbáním plechu. Délka lemu podélníku je 20 mm a rádius ohybu 5 mm (viz. Obrázek 9-22).



Obrázek 9-21 Schéma umístění podélníků

Tabulka 9-1 Podélníky po délce křídla

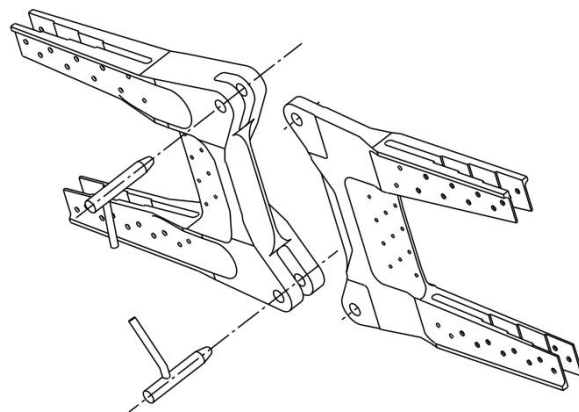
	C (řez 385)		C (řez 4592)		C (řez 8100)	
	% tělivity	mm od NH	% tělivity	mm od NH	% tělivity	mm od NH
Podélník 1	15.24	257	16.77	187	20.15	140
Podélník 2	15.24	257	16.77	187	20.15	140
Podélník 3	55.97	909	63.47	709	---	---
Podélník 4	55.97	909	63.47	709	---	---



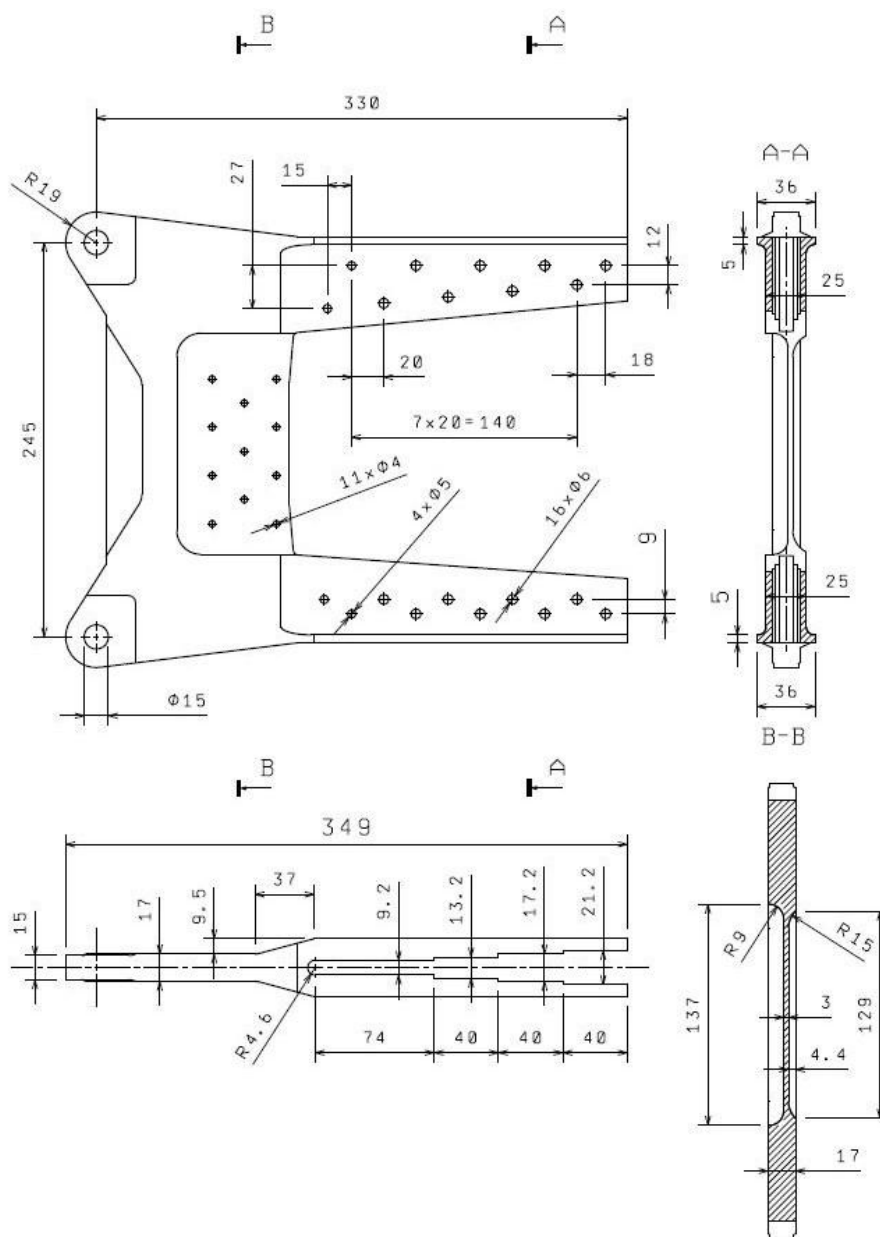
Obrázek 9-22 Průřez podélníku

9.5 Hlavní závěs křídla

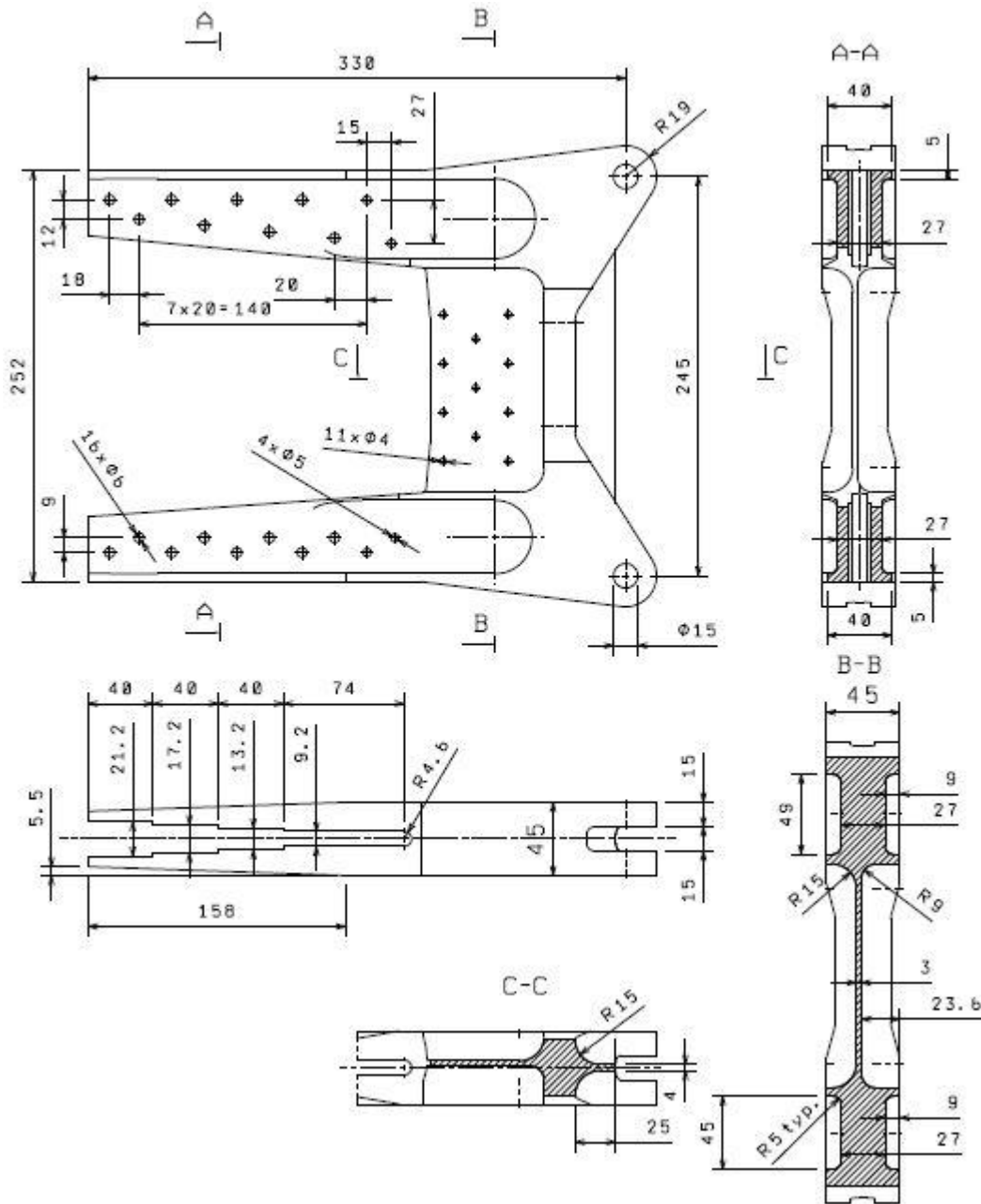
Hlavní závěs křídla slouží k zachycení normálního ohybového momentu křídla, pomocí dvou čepů. Závěs je typu vidlice - oko. Osa čepů leží v rovině symetrie kluzáku. Závěs je frézovaný z oceli 14 331. Spojení s pásnicí nosníku je zabezpečeno 16 svorníky o průměru 6 mm a 4 svorníky o průměru 5 mm. Menší průměr svorníků byl zvolen z důvodu příznivějšího přerozdělení reakcí na svornících (viz. kap. 10.2). Se stojinou nosníku je hlavní závěs snýtován nýty o průměru 4 mm.



Obrázek 9-23 Sestava hlavního závěsu



Obrázek 9-24 Hlavní závěs (oko)



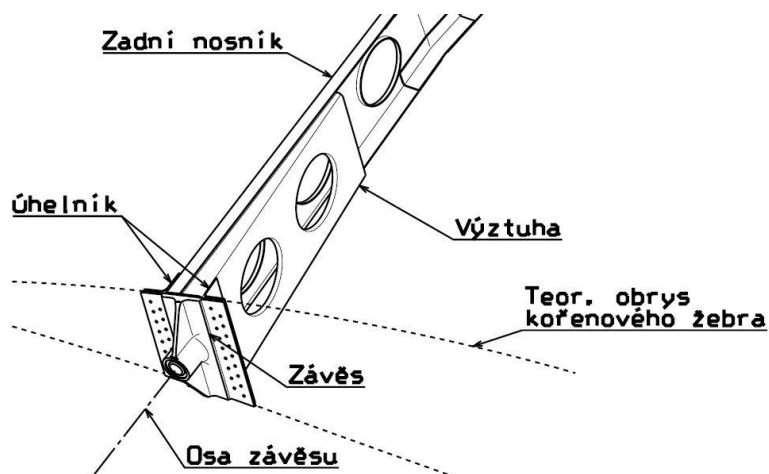
Obrázek 9-25 Hlavní závěs (vidlice)

9.6 Trnový závěs

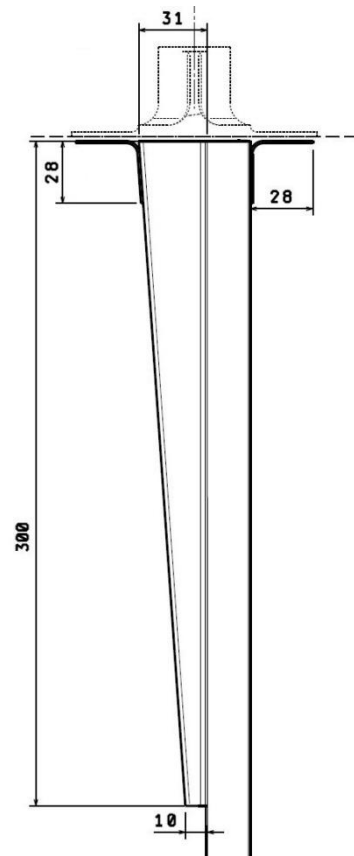
Slouží pro přenesení posouvající síly a krouticího momentu křídla do trupu. Pro vyloučení přenášení ohybového momentu jsou oba závěsy vybaveny kloubovými ložisky, jenž umožní rotaci. Přední závěs je v místě podélníků (Obrázek 9-21), zadní závěs je v místě zadního nosníku.

Závěs v křídle je tvořen frézovaným duralovým závěsem, přinýtovaným ke kořenovému žebru, ocelovým kloubovým ložiskem, plechovými výztuhami a ohýbanými úhelníky. Výztuhy jsou ohýbané z duralového plechu o tloušťce 0.8mm s odlehčovacími otvory dle ONL 1235, [22]. V případě předního závěsu je mezi horní a dolní podélník

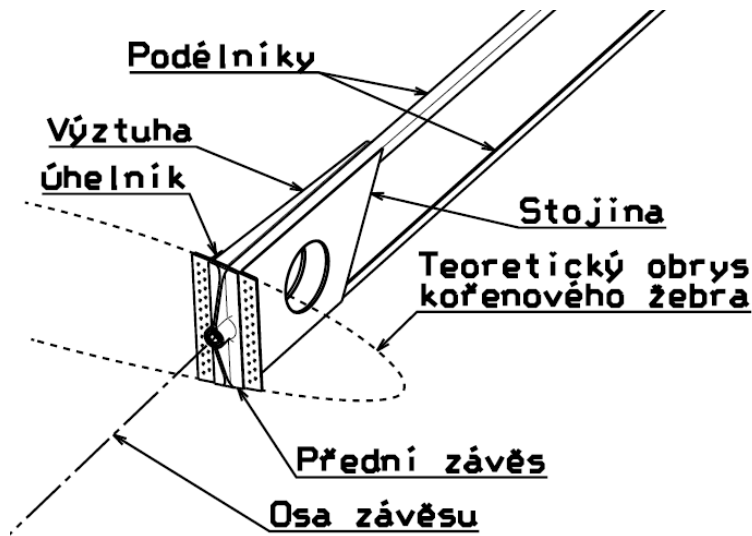
přinýtována krátká stojina. Schéma závěsu v křídle znázorňují následující obrázky. (Obrázek 9-26, Obrázek 9-27, Obrázek 9-28, Obrázek 9-29).



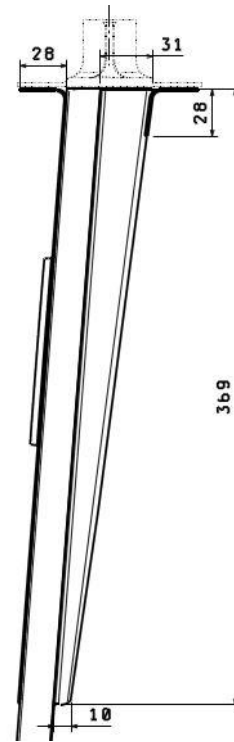
Obrázek 9-26 Zadní závěs v křídle



Obrázek 9-27 Zadní závěs v křídle

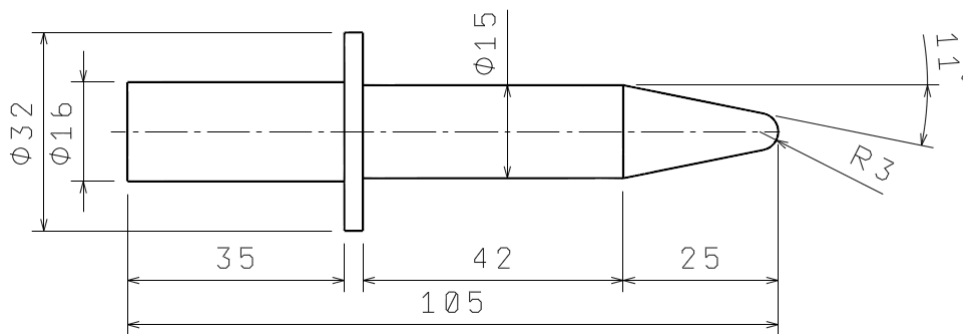


Obrázek 9-28 Přední závěs v křídle

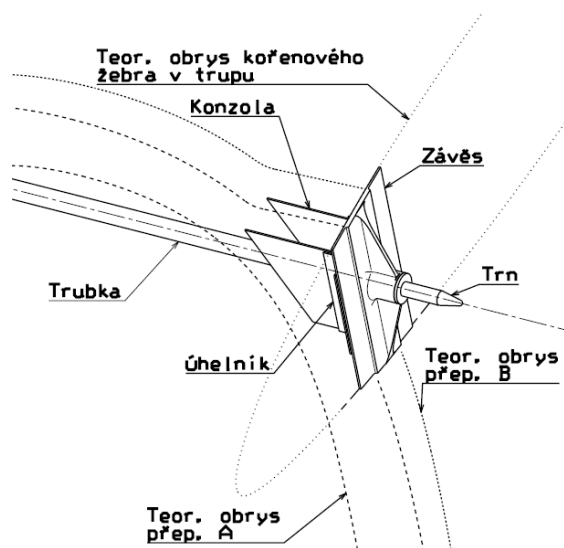


Obrázek 9-29 Přední závěs v křídle

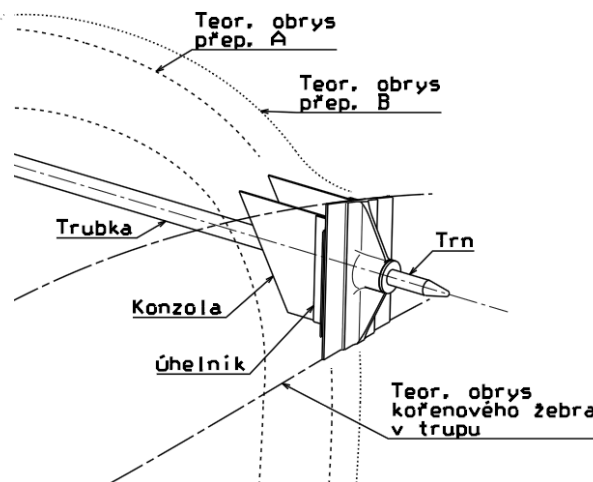
Trupová část závěsu se skládá z ocelové trubky (11 523) s ocelovým trnem (čepem, ocel 14 331), frézovaného duralového závěsu a konzol pro přinýtování k trupovým přepážkám. Tloušťka stěny trubky je 2 mm a vnější průměr činí 20 mm. Čepy jsou s trubkami svařeny. Pro lepší zavedení sil ze závěsu do trupu a předejití parazitním ohybovým momentům od excentrického uložení jsou přepážky zdvojené (přep A a přep. B). Trubka slouží pro přenesení tečných složek zatížení křídla. Spolu s hlavním závěsem pak zadní / přední závěs vytváří silovou dvojici reakcí, kdy se do přenosu zatížení zapojí právě ten závěs (přední nebo zadní), který přenáší tlakovou reakci. Schéma závěsu v trupu znázorňují následující obrázky. (viz. Obrázek 9-30, Obrázek 9-31, Obrázek 9-32, Obrázek 9-33)



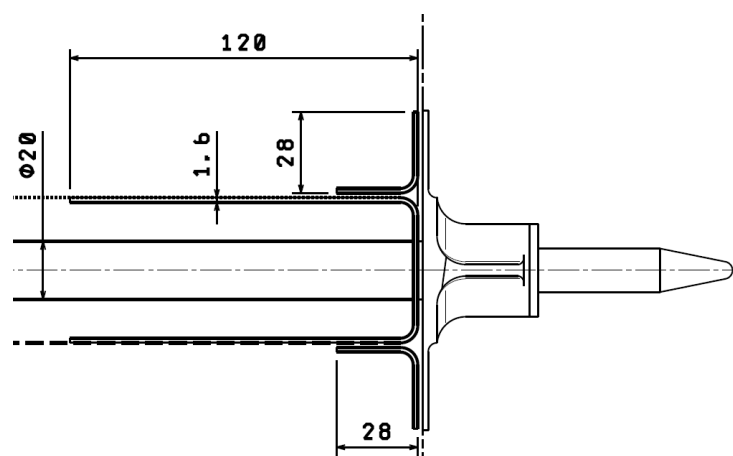
Obrázek 9-30 Trn (čep)



Obrázek 9-31 Schéma předního závěsu v trupu



Obrázek 9-32 Schéma zadního závěsu v trupu



Obrázek 9-33 Konzola

9.7 Kořenové žebro

Kořenové žebro slouží k přenosu zatížení do trnového závěsu. Mezi dominantní zatížení kořenového žebra se řadí zatížení kroučícím momentem křídla, sinovou složkou normálního ohybového momentu (viz. Obrázek 9-19) a posouvající silou.

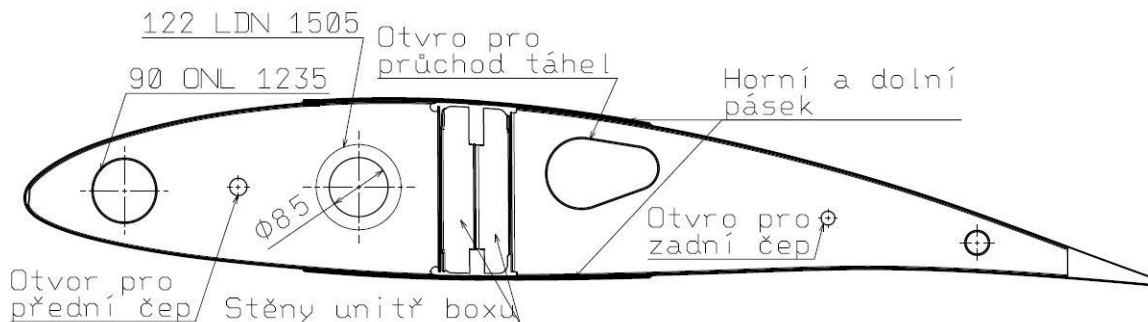
Kořenové žebro je vyrobeno z duralového plechu (2024) tloušťky 1.6 mm lisováním nepevným nástrojem (tzv. gumolisem). Kořenové žebro je dělené na náběžnou a odtokovou část. Pro přenos ohybového momentu žebra slouží lemem žebra, který je

vyztužen plechovou příložkou o tloušťce 2 mm v místě největšího ohybového momentu. Příložka zároveň zajišťuje přenos ohybového momentu v místě rozdělení žebra na náběžné a odtokové. (průběh ohybového momentu viz. Obrázek 10-20). Plechová příložka je přinýtována z vnější strany potahu. Vystupuje tak z teoretického obrysu křídla, ale jelikož se jedná o kořenovou část křídla je tento nedostatek z hlediska aerodynamiky akceptovatelný.

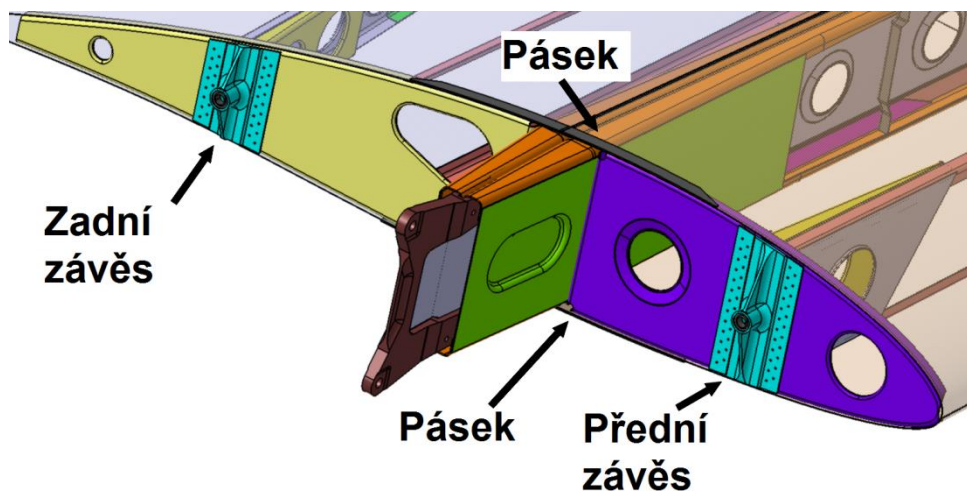
Ve stěně náběžné části jsou zhotoveny 2 odlehčovací otvory a jeden otvor pro průchod čepu závěsu.

Ve stěně odtokové části je zhotoven otvor pro průchod a volný pohyb táhel řízení křídélka a aerodynamické brzdy. Rovněž je zde otvor pro průchod čepu závěsu.

Do dutiny boxu hlavního nosníku byly navrženy plechové stěny rovněž o tloušťce 1.6 mm tak, aby se zabezpečil přenos posouvající síly po délce žebra i v místě rozdělení žebra hlavním nosníkem.



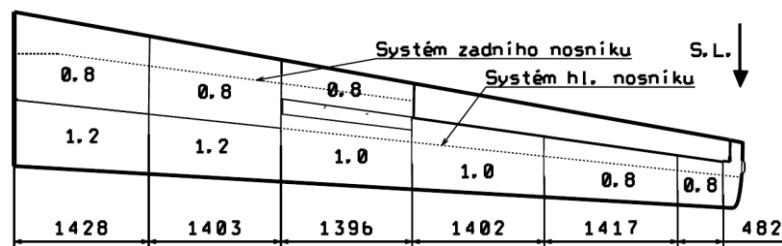
Obrázek 9-34 Kořenové žebro



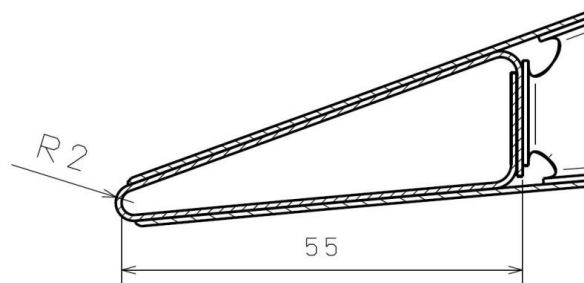
Obrázek 9-35 Kořenové žebro

9.8 Potah

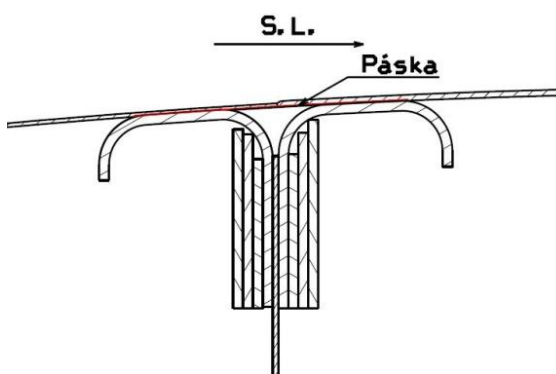
Potah křídla je z plechů tloušťek 0.8 až 1.2 mm (viz. Obrázek 9-36). Plechy náběžné dutiny jsou z aerodynamických důvodů nýtovány plnými zapuštěnými nýty o průměru 3 mm. Plechy zadní dutiny a odtokové hrany jsou nýtovány trhacími nýty se zapuštěnou hlavou o průměru 3 mm. Plech přední dutiny je třeba před montáží ohnout v přípravku. Mezi pásnicí hlavního nosníku a potahovými plechy je umístěna nalepovací těsnicí páska, která zabraňuje vniknutí vlhkosti mezi plechy pásnice, například páska 3M 3997. Pro výrobní jednoduchost bylo uvažováno pojení potahů „natupo“ (viz. Obrázek 9-38). Toto řešení bylo, z důvodu možného prohnutí plechů „dovnitř“, nahrazeno přeplátováním s prolisem na tenčím z potahových plechů. (viz. Obrázek 9-39). Odtoková hrana je uzavřena ohnutým plechem, který zároveň odtokovou hranu vyztužuje pro případ neopatrné manipulace na zemi (tlačení). Zvolený plech 5056 umožňuje dosažení ostrých rádiusů při ohýbání. Řešení odtokové hrany znázorňuje Obrázek 9-37.



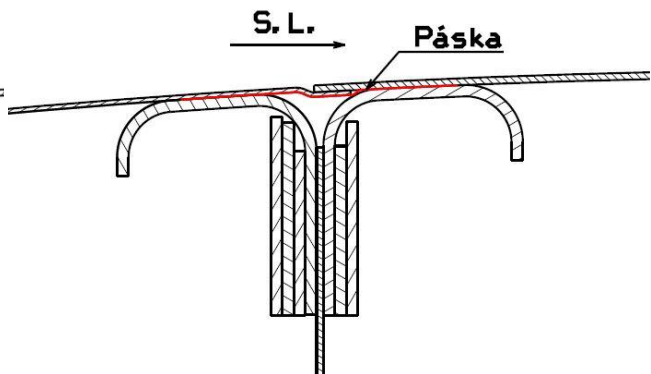
Obrázek 9-36 Tloušťky potahů



Obrázek 9-37 Odtoková hrana



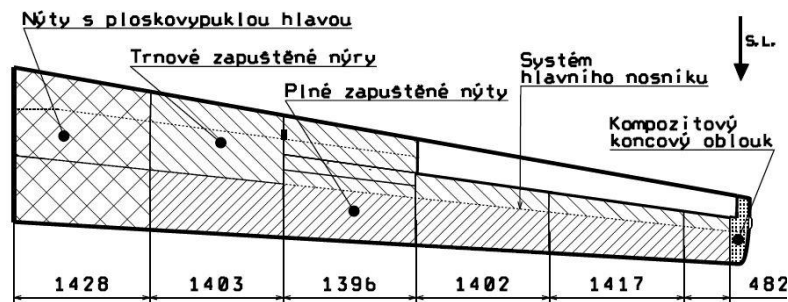
Obrázek 9-38 Spojení potahů "natupo"



Obrázek 9-39 Spojení potahů s prosazením

Pro kluzáky je, více než pro jiná sportovní letadla, důležité co možná nejpřesnější dodržení teoretického obrysu křídla bez lokálních defektů jako jsou například spoje plechů potahů nebo hlavy nýtů. Ideální stav z hlediska aerodynamiky je 100% všech povrchových nýtů se zapuštěnou hlavou. Obecně lze říci, že nýtový spoj se zapuštěnou hlavou je mnohem pracnější na zhotovení než spoj s půlkulatou neb ploskovypuklou hlavou. Proto pro přinýtování potahů byl zvolen kompromis mezi aerodynamikou a pracností výroby. Jelikož je na křídle použit laminární profil, celá náběžná dutina křídla je nýtována plnými zapuštěnými nýty tak, aby byl v této části docílen aerodynamický čistý povrch. Zbytek hloubky křídla je pak nýtován zapuštěnými trnovými nýty. Zapuštěné trnové nýty zhoršují aerodynamickou čistotu díky malému otvoru po trnu. Kořenová část je pak nýtována nýty s ploskovypuklou opěrnou hlavou.

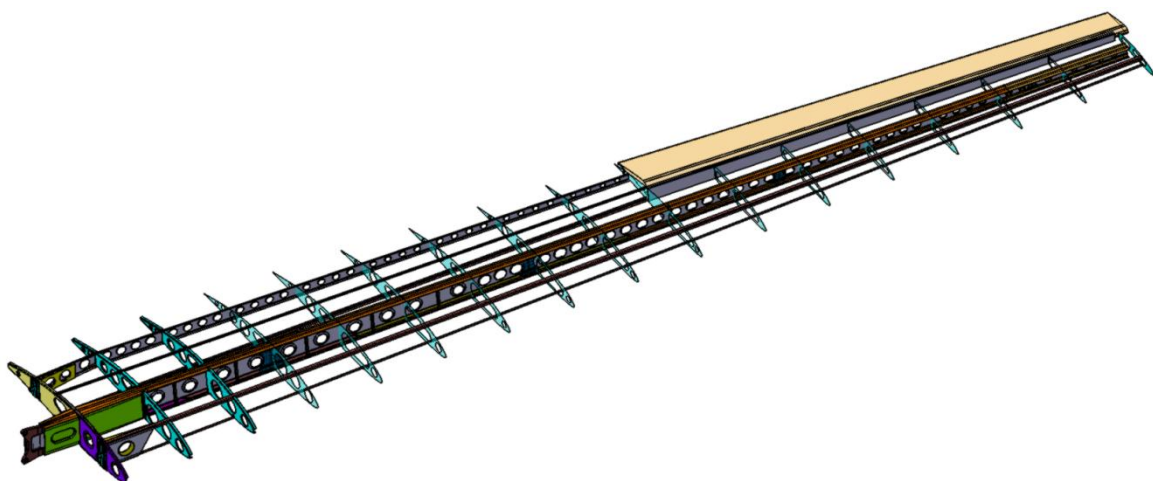
Koncový oblouk křídla je ponechán původní, vyrobený ze skelného vláknového kompozitu a epoxidové matrice. Pro takto tvarově složitý díl je to ideální technologie, odzkoušená při výrobě původních L-23.



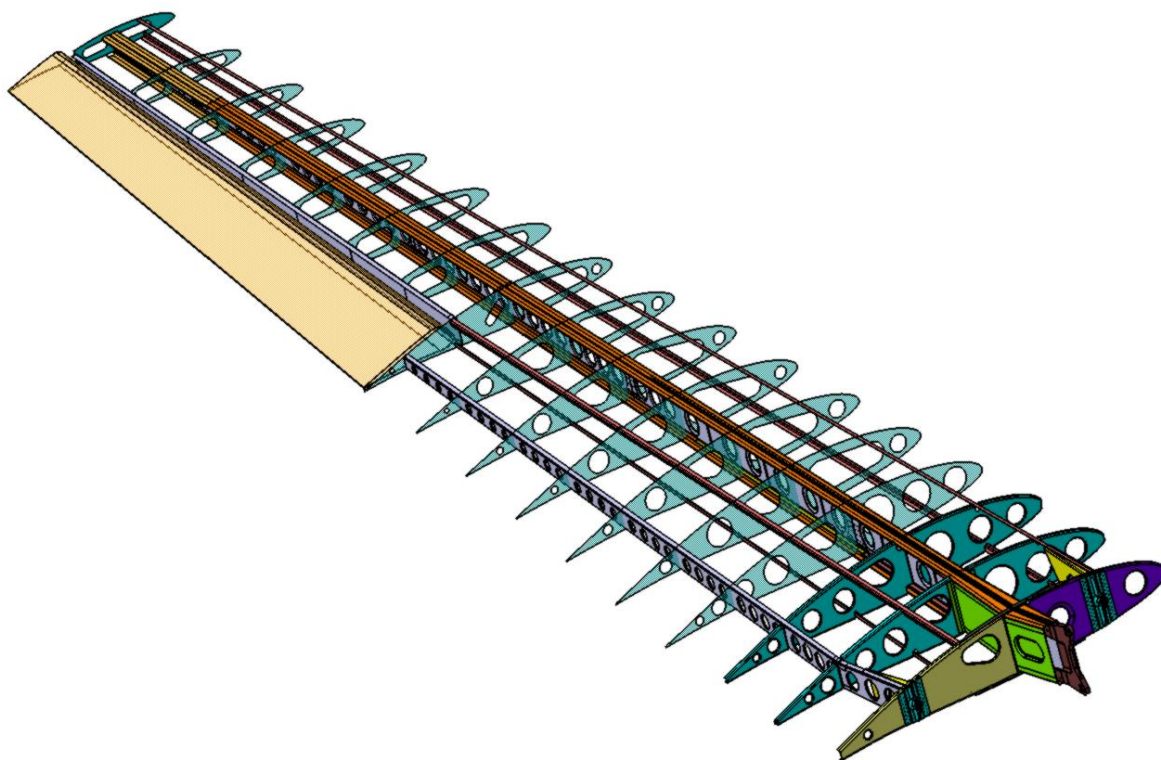
Obrázek 9-40 Koncepte rozložení vnějších nýtů

9.9 Shrnutí konstrukce

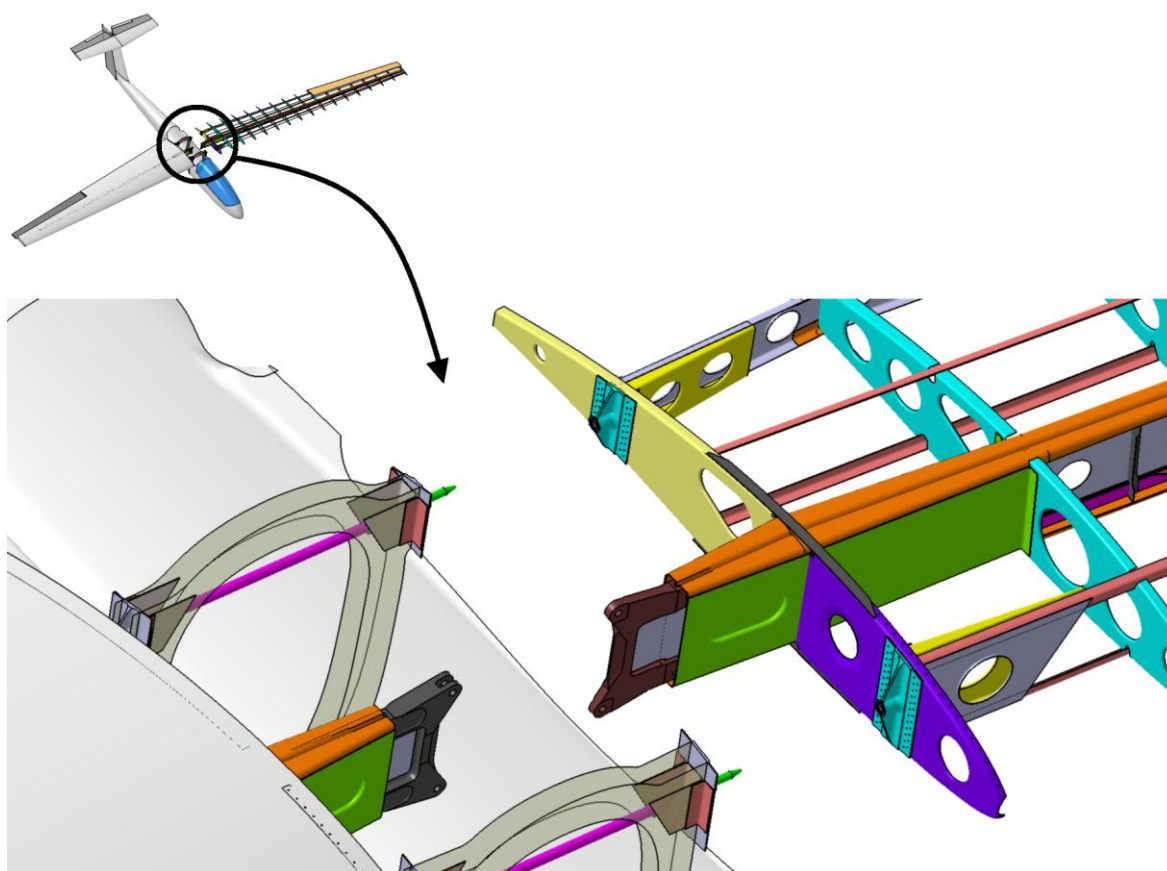
Na následujících obrázcích je prezentován koncepční návrh konstrukce jako celku.



Obrázek 9-41 Koncepční návrh konstrukce



Obrázek 9-42 Koncepční návrh konstrukce

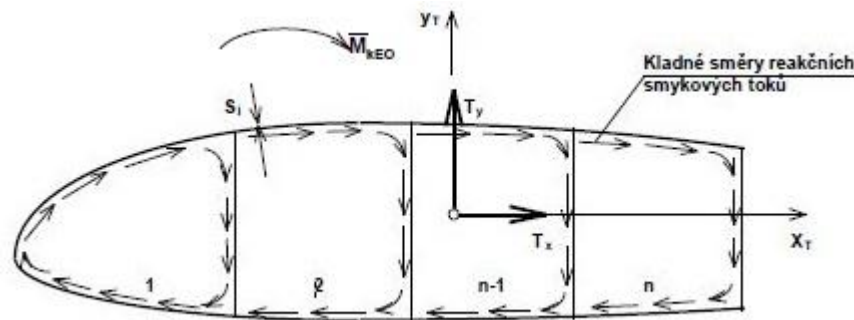


Obrázek 9-43 Připojení křídla k trupu

10 PEVNOSTNÍ KONTROLA

10.1 Pevnostní kontrola křídla (STAUNO)

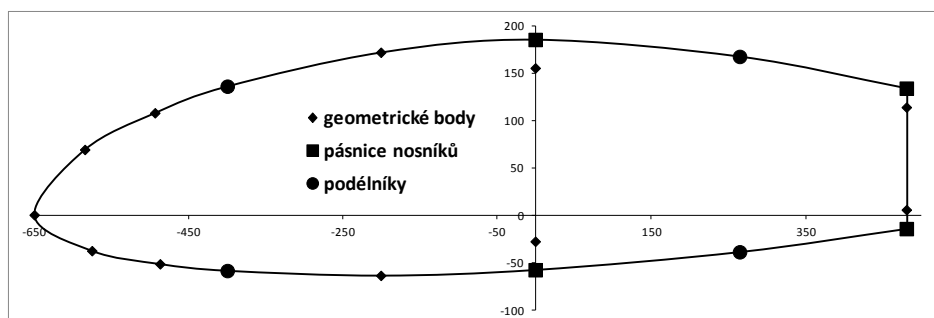
Únosnost konstrukce křídla byla vypočítána pomocí programu STAUNO. Program navazuje na předchozí software pro výpočet dvou dutinové konstrukce autorů Pištěk, Grégr a slouží k výpočtu únosnosti tenkostěnné více dutinové konstrukce. [24]



Obrázek 10-1 Znaménková konvence v programu STAUNO [24]

Únosnost konstrukce křídla byla prověřena ve 14 řezech podél rozpětí křídla (viz Tabulka 10-1). Místa kontrolních řezů byla zvolena do míst vypouštění plechů pásnice nebo jiné výrazné změně na nosníku (viz kapitola 9.2). Statické charakteristiky průřezů a souřadnice bodů po obvodu řezu byly stanoveny pomocí programu Catia V5R21. (viz. Tabulka 10-1, Tabulka 10-2 a Tabulka 10-3)

Počet a umístění obrysových bodů bylo zvoleno tak, aby byl dostatečně přesně popsán tvar dutiny a bylo možné definovat umístění podélných prvků (pásnice nosníků a podélníky). Grafické schéma obrysových bodů je pro názornost uvedeno na Obrázku 10-2, konkrétní hodnoty souřadnic bodů jsou uvedeny v Tabulce 10-1. Jako počátek soustavy byl zvolen průřez roviny hlavního nosníku a tětiny pro filu.



Obrázek 10-2 Schéma rozmístění bodů

Tabulka 10-1 Souřadnice obrysových bodů

Obvodové body	Řez 385		Řez 500		Řez 750		Řez 810		Řez 1539		Řez 1700		Řez 2249	
	x [mm]	y [mm]	x [mm]	y [mm]	x [mm]	y [mm]	x [mm]	y [mm]	x [mm]	y [mm]	x [mm]	y [mm]	x [mm]	y [mm]
b1	0	-58	0	-57.9	0	-56.9	0	-56.1	0	-53.6	0	-50.9	0	-47.7
b2	0	-28	0	-27.9	0	-26.9	0	-26.1	0	-23.6	0	-20.9	0	-17.7
b3	0	155	0	152	0	148.2	0	147.3	0	140.7	0	133.7	0	125.5
b4	0	185	0	182	0	178.2	0	177.3	0	170.7	0	163.7	0	155.5
b5	-200.3	171.5	-198.3	169.9	-194.1	166.6	-193.1	165.7	-186	159.8	-178.3	153.4	-169.3	145.9
b6	-399.4	135.7	-395.5	134.5	-388.4	132.4	-386.4	131.8	-371.9	127.5	-356.4	122.8	-338.2	117.3
b7	-493.3	107.6	-488	107	-478.2	105.1	-476	104.6	-459.2	101.3	-441.2	97.6	-420.3	93.4
b8	-584.2	68.9	-579.8	67.9	-568	67.1	-566.1	66.4	-547	64.3	-526.6	62.1	-502.6	59.4
b9	-649.7	0	-642.3	0	-632	0	-629.2	0	-608.5	0	-586.2	0	-559.3	0
b10	-575	-37.9	-569.8	-37.5	-558.8	-36.7	-556.2	-36.5	-537.3	-35.1	-517	-33.6	-493.3	-31.9
b11	-486.7	-51.8	-482.2	-51.2	-472.5	-50.1	-470.2	-49.8	-453.5	-47.8	-435.7	-45.6	-414.8	-43
b12	-399.4	-58.9	-395.5	-58.3	-388.4	-57.1	-386.4	-56.8	-371.9	-54.4	-356.4	-51.8	-338.2	-48.8
b13	-200.3	-64	-198.3	-63.2	-194.1	-61.7	-193.1	-61.4	-185.9	-58.7	-178.1	-55.9	-169.1	-52.5
b14	0	-58	0	-57.9	0	-56.9	0	-56.1	0	-53.6	0	-50.9	0	-47.7
b15	0	-58	0	-57.9	0	-56.9	0	-56.1	0	-53.6	0	-50.9	0	-47.7
b16	265	-39.1	266.4	-35.8	267.1	-34.5	267.1	-34.2	267	-31.6	267	-28.9	266.9	-25.8
b17	481.3	-14.6	493.4	-12.8	520.5	-9.3	526.9	-8.5	521.7	-7	509.9	-5.9	495.4	-4.6
b18	481.3	5.4	493.4	7.2	520.5	10.7	526.9	11.5	521.7	13	509.9	14.1	495.4	15.4
b19	481.3	113.6	493.4	109.2	520.5	99.6	526.9	97.2	521.7	90.4	509.9	84.2	495.4	76.9
b20	481.3	133.6	493.4	129.2	520.5	119.6	526.9	117.2	521.7	110.4	509.9	104.2	495.4	96.9
b21	265	167.1	266.4	165.3	267.1	161.8	267.1	160.8	267	153.8	267	146.2	266.9	137.4
b22	0	185	0	182	0	178.2	0	177.3	0	170.7	0	163.7	0	155.5

Tabulka 10-1 (pokračování)

obvodové body	Řez 3039		Řez 3321		Řez 4050		Řez 4293		Řez 4780		Řez 5751		Řez 7000	
	x [mm]	y [mm]	x [mm]	y [mm]	x [mm]	y [mm]	x [mm]	y [mm]	x [mm]	y [mm]	x [mm]	y [mm]	x [mm]	y [mm]
b1	0	-42.9	0	-41.5	0	-37.3	0	-35.9	0	-33.1	0	-27.5	0	-20.3
b2	0	-12.9	0	-11.5	0	-7.3	0	-5.9	0	-8.1	0	-2.5	0	-0.3
b3	0	172.7	0	109	0	98	0	94.3	0	92	0	77.7	0	64.2
b4	0	142.7	0	139	0	128	0	124.3	0	117	0	102.7	0	84.2
b5	-155.3	134.2	-151.2	130.9	-139.1	120.8	-135	117.4	-126.9	110.7	-110.5	97.2	-89.6	79.8
b6	-310	108.7	-301.6	106.2	-277.4	98.7	-269.2	96.2	-252.9	91.2	-220.5	80.9	-178.8	67.6
b7	-388.4	86.5	-379	84.6	-350.6	78.9	-341.2	77	-322.2	73	-284.1	65	-235.1	54.5
b8	-464.7	55.7	-453.9	54.5	-421.6	50.9	-410.9	49.7	-389.2	47.2	-345.9	42.2	-290.1	35.7
b9	-519.8	0	-508.1	0	-472.9	0	-461.4	0	-438.1	0	-391.7	0	-332.1	0
b10	-455.6	-29.3	-445	-28.5	-413	-26.1	-402.4	25.3	-381.1	-23.7	-338.5	-20.5	-283.9	-16.4
b11	-383	-39	-373.6	-37.8	-345.4	-34.4	-336	-33.3	-317.2	-31	-279.7	-26.6	-231.5	-20.8
b12	-310	-44.1	-301.6	-42.8	-277.4	-38.8	-269.2	-37.4	-252.9	-34.8	-220.5	-29.6	-178.8	-22.7
b13	-155	-47.4	-150.9	-45.9	-138.7	-41.4	-134.6	-39.9	-126.5	-36.9	-110.3	-30.9	-89.4	-23.2
b14	0	-42.9	0	-41.5	0	-37.3	0	-35.9	0	-33.1	0	-27.5	0	-20.3
b15	0	-42.9	0	-41.5	0	-37.3	0	-35.9	0	-33.1	0	-27.5	0	-20.3
b16	266.7	-20.9	266.7	-19.5	266.6	-15.4	266.4	-14.1	229.9	-14.8	205.5	-11.9	174.1	-8.1
b17	474.8	-2.6	468.6	-2.1	450.1	-0.6	444	-0.2	229.9	-4.8	205.5	-1.9	174.1	1.9
b18	474.8	17.4	468.6	17.9	450.1	19.4	444	9.8	229.9	90.6	205.5	78.4	174.1	62.6
b19	474.8	65.5	468.6	62.2	450.1	52.2	444	58.9	229.9	100.6	205.5	88.4	174.1	72.6
b20	474.8	85.5	468.6	82.2	450.1	72.2	444	68.9	0	117	0	102.7	0	84.2
b21	266.7	123.6	266.7	119.6	266.6	107.5	266.4	103.5	-	-	-	-	-	-
b22	0	142.7	0	139	0	128	0	124.3	-	-	-	-	-	-

Tabulka 10-2 Průřezové charakteristiky hlavního nosníku

ŘEZ	HLAVNÍ NOSNÍK									
	Horní pásnice					Dolní pásnice				
	A [mm ²]	Jx [mm ⁴]	Jy [mm ⁴]	e [mm]	σ _{kr} [MPa]	A [mm ²]	Jx [mm ⁴]	Jy [mm ⁴]	e [mm]	σ _{kr} [MPa]
385	1 534	402 712	460 436	25.9	-250	971	107 897	432 338	16	-250
500	1 181	324 714	371 764	24.6	-260	789	87 950	346 690	15.3	-260
750	1 012	290 460	246 985	24.4	-270	684	73 127	212 768	15.2	-270
810	896	262 026	208 923	24.0	-270	672	71 016	184 963	15.2	-270
1 539	724	198 083	112 563	22.2	-270	520	53 627	97 084	14.2	-270
1 700	656	173 731	109 968	22.5	-270	473	48 278	95 408	13.3	-270
2 249	637	138 007	104 311	19.6	-270	405	38 983	93 407	12.2	-270
3 039	580	103 843	102 541	18.5	-270	328	29 108	92 317	10.7	-270
3 321	470	87 561	99 851	17.1	-270	328	29 108	92 317	10.4	-270
4 050	392	60 089	96 999	14.6	-270	316	24 666	92 057	10.1	-270
4 293	378	54 227	96 697	14.2	-270	277	19 322	91 602	8.6	-270
4 780	305	49 702	95 901	13.8	-260	270	17 896	94 907	8.3	-260
5 751	153	9 513	50 234	9.3	-180	153	9 513	50 234	7.6	-180
7 000	113	5 793	10 570	7.4	-40	113	5 793	10 570	7.0	-40

Pozn. sloupec „e“ v tabulkách značí vzdálenost mezi těžištěm plochy průřezu a obrysem profilu ve svislém směru (směru osy y).

Tabulka 10-3 Průřezové charakteristiky ostatních podélných prvků

	σ _{kr} [MPa]	A [mm ²]	Jx [mm ⁴]	Jy [mm ⁴]	e [mm]
Horní pásnice zadního nosníku	-60	30	1662	1161	5.2
Dolní pásnice zadního nosníku	-60	30	1194	1201	5.3
Podélník 1	-60	45	2277	1817	5.6
Podélník 2	-60	45	2103	1807	5.7
Podélník 3	-60	45	1800	1670	5.8
Podélník 4	-60	45	2200	1442	5.8

Výsledky výpočtu:

Za mez únosnosti byla považována ztráta stability pásnice hlavního nosníku (pro kladné násobky zatížení horní a pro záporné násobky dolní pásnice). Kompletní výstupní zpráva z programu STAUNO pro jednotlivé řezy a případy zatížení je v příloze č.7.

Tabulka 10-4 Výsledky výpočtu STAUNO

	Případ Va (+n)	Případ Vg (-n)
	RF	RF
ŘEZ 348	1.8	2.7
ŘEZ 500	1.5	2.4
ŘEZ 750	1.4	2.3
ŘEZ 810	1.4	2.3
ŘEZ 1593	1.4	2.3
ŘEZ 1700	1.3	2.2
ŘEZ 2249	1.4	2.3
ŘEZ 3079	2.3	2.6
ŘEZ 3321	1.8	2.7
ŘEZ 4050	2.1	3.5
ŘEZ 4293	2.4	3.8
ŘEZ 4780	2.4	4.3
ŘEZ 5751	2.5	4.7
ŘEZ 7000	3.7	6.1

Tabulka 10-5 Napětí v dolní pásnici při případu Va

Dolní pásnice 100% početního zatížení	
řez [mm]	napětí [MPa]
385	107
500	115
750	134
810	112
1539	100
1700	104
2249	95
3079	82
3321	80
4050	65
4293	65
4780	58
5751	35
7000	8

Software STAUNO rovněž umožňuje výpočet napětí v jednotlivých prvcích konstrukce při zadaném procentu zatížení. Bylo tedy analyzováno napětí v dolní („tahové“) pásnici při 100% početního zatížení. Výsledky jsou uvedeny v Tabulce 10-5.

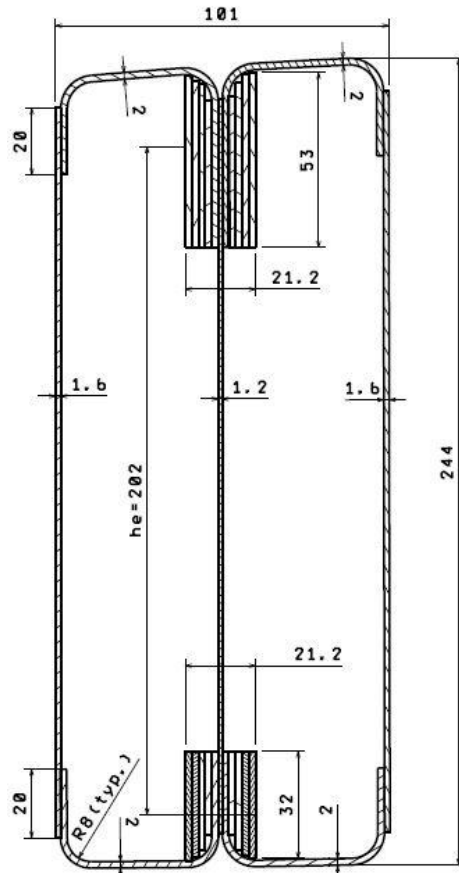
Závěr

Z výsledků výpočtu únosnosti si lze povšimnout:

1. Vysokých součinitelů rezerv při záporných násobcích. Dolní pásnice je pro tyto případy zatížení předimenzovaná, protože bylo třeba volit plochu průřezu dolní pásnice s ohledem na tahové namáhání při kladných násobcích a s tím spojenou únavovou životnost.
2. Zvyšujících se hodnot součinitelů rezerv směrem ke konci křídla. To je dáno konstrukčními a technologickými požadavky, mezi které lze řadit:
 - Vzdálenost nýtové řady od okraje pásnice lemu.
 - Prostor pro nýtovací nástroje.
 - Podélníky jsou v daných místech potřeba pro zmenšení potahového pole.

10.1.1 Pevnostní kontrola nosníku v kořenové části

Jelikož hlavní nosník v kořenové části vystupuje z vnitřní konstrukce je třeba provést dodatečnou pevnostní kontrolu zmíněné části nosníku. V této oblasti hlavní nosník musí přenést celé zatížení od normálního ohybového momentu z křídla až do hlavního závěsu.



Obrázek 10-3 Kritický řez volného nosníku

Nosník je zatížen provozním ohybovým momentem:

- Při kladném násobku zatížení: $M_{N\text{ prov}} = 36\,559\text{ Nm}$ (případ V_A)
- Při záporném násobku zatížení: $M_{N\text{ prov}} = -16\,557\text{ Nm}$ (případ V_G)

Počtení zatížení po aplikaci součinitele bezpečnosti $f = 1.5$

$$M_{N\text{ poč}} = f M_{N\text{ prov}} \quad [Nm] \quad 10.1$$

- Při kladném násobku zatížení: $M_{N\text{ poč}} = 54\,839\text{ Nm}$
- Při záporném násobku zatížení: $M_{N\text{ poč}} = -24\,836\text{ Nm}$

Geometrie:

- Plocha horní pásnice $A_{PH} = 1\,413\text{ mm}^2$
- Plocha dolní pásnice $A_{PD} = 990\text{ mm}^2$
- Efektivní výška nosníku $h_e = 202\text{ mm}$

Osová síla v pásnicích:

$$F_P = \pm \frac{1000 M_{Npoč}}{h_e} \quad [N] \quad 10.2$$

- a) Při kladném násobku zatížení: $F_P = \pm 271\,480\text{ N}$
- b) Při záporném násobku zatížení: $F_P = \pm 122\,951\text{ N}$

Pozn. Znaménko \pm v tomto případě značí, že síla do pásnic je tahová nebo tlaková. Rozhoduje smysl zatěžujícího momentu. Např. při kladném násobku zatížení je v horní pásnici tlaková síla ($-F_P$) a v dolní pásnici tahová síla ($+F_P$).

Napětí v pásnicích:

$$\sigma = \pm \frac{F_P}{A_{P_i}} \quad [MPa] \quad 10.3$$

Kde index i zatupuje index horní (H) nebo dolní (D) pásnice.

Kritické napětí pásnice v tlaku $\sigma_k = 250\text{ MPa}$ bylo určeno ze Souboru podkladů pro pevnostní výpočty leteckých konstrukcí a je shodné pro horní i dolní pásnici. [6]

. Mez pevnosti v tahu materiálu pásnic (dural 2024) je **$R_m = 420\text{ MPa}$**

Součinitel rezervy lze pak stanovit následovně:

Pro pásnici zatíženou tlakem:

$$RF_{tl} = \frac{\sigma_k}{\sigma} \quad [-]$$

Pro pásnici zatíženou tahem:

$$RF_t = \frac{R_m}{\sigma} \quad [-]$$

10.4

- a) Při kladném násobku zatížení:
 - i. Horní (tlaková) pásnice: $RF_{tl} = 1.30 [-]$
 - ii. Dolní (tahová) pásnice: $RF_t = 1.53 [-]$
- b) Při záporném násobku zatížení:
 - i. Horní (tahová) pásnice $RF_t = 4.83 [-]$
 - ii. Dolní (tlaková) pásnice $RF_{tl} = 2.01 [-]$

Volná část nosníku mezi kořenovým žebrem a hlavním závěsem **vyhovuje** z hlediska statické pevnosti.

10.1.2 Únosnost plechové stojiny hlavního nosníku s odlehčovacími otvory

Únosnost stojiny byla vypočítána metodou NACA - ARR 1942, SAAB TN 29 1954, popsanou v Souboru podkladů pro pevnostní výpočty leteckých konstrukcí - str 3.7 [6]

Smykové toky ve stojině jsou součástí výpočtu programu STAUNO (kap. 10.1 a příloha č.7). Početní smykové toky ve stojině jsou dále značeny: q [$N\ mm^{-1}$].

Únosnost duralové stojiny bez otvorů a rozpěrek je dále značena q_p [Nmm^{-1}] a byla stanovena z grafu 3.7. Únosnost q_p je funkcí poměru h_e/t [6].

Únosnost stojiny

$$q_{kr} = q_p \left(1 - \frac{D}{h_e}\right) c \quad [N\ mm^{-1}] \quad 10.5$$

kde:

- D je průměr otvoru v mm
- c je koeficient zohledňující vyztužení stojiny rozpěrkou. Koeficient se stanovuje z empirických grafů a je funkcí redukované plochy průřezu rozpěrky, roztečí rozpěrek a tloušťky stěny stojiny. Pokud daný úsek stojiny nemá rozpěrku, pak $c = 1$.

Stanovení redukované plochy průřezu rozpěrky:

$$S_{red} = \frac{S}{1 + \left(\frac{e}{i}\right)^2} \quad [mm^2] \quad 10.6$$

kde:

- S je plocha průřezu výztuhy v mm^2
- e je vzdálenost těžišť ploch průřezů výztuhy a stojiny v mm
- i je poloměr setrvačnosti průřezu výztuhy v mm (viz. rovnice 10.7)

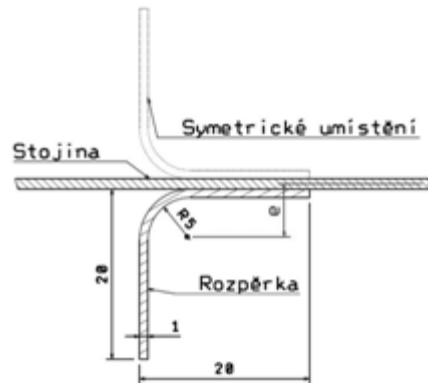
$$i = \sqrt{\frac{J}{S}} \quad [mm] \quad 10.7$$

Kde J je kvadratický moment průřezu v mm^4 .

Pokud jsou na stojině umístěny 2 výztuhy symetricky (z každé strany stěny jedna), excentricita $e = 0$ a pak $S_{red} = S$.

Součinitel rezervy je pak dán jako podíl q_{kr} a q .

$$RF = \frac{q_{kr}}{q} \quad [-] \quad 10.8$$



Obrázek 10-4 Rozpěrka (výztuha)

Rozložení otvorů a výztuh popisuje Obrázek 9-13.

Pro zatížení stojiny jsou rozhodující 2 případy zatížení. Pro koncovou část křídla je rozhodující případ V_D , pro zbytek pak případ V_A . (viz kapitola 8.7.1 a 8.7.7)

Výsledky výpočtu jsou uvedeny v tabulce níže.

Tabulka 10-6 Únosnost stojiny

řez [mm]	případ [-]	D [mm]	he [mm]	he/t [-]	S [mm ²]	Sred [mm ²]	J [mm ⁴]	e [mm]	b [mm]	q [N mm ⁻¹]	qp [N mm ⁻¹]	qkr [N mm ⁻¹]	RF [-]
7 000	Vd	45	89	74.2	0	0	0	0	468	6.9	139.8	69.1	10.05
5 751	Vd	56	113	94.2	0	0	0	0	468	16.0	110	48.6	3.04
4 780	Vd	71	132	110.0	0	0	0	0	468	22.6	94.6	43.7	1.93
4 293	Vd	80	140	116.7	0	0	0	0	468	25.4	89.4	38.3	1.51
4 050	Va	80	144	120.0	0	0	0	0	468	26.4	86.6	38.5	1.46
3 321	Va	90	160	133.3	0	0	0	0	468	29.2	77.5	33.9	1.16
3 079	Va	90	160	133.3	0	0	0	0	468	30.2	77.5	33.9	1.12
2 239	Va	75	175	145.8	0	0	0	0	468	35.0	70.6	40.3	1.15
1 700	Va	75	183	152.5	37	20.7	1486	5.6	234	37.6	67.7	50.7	1.35
1 539	Va	75	186	155.0	37	20.7	1486	5.6	234	37.9	66.3	50.1	1.32
810	Va	75	198	165.0	37	20.7	1486	5.6	234	42.7	62.2	49	1.15
750	Va	75	199	165.8	37	20.7	1486	5.6	234	43.4	61.8	48.9	1.13
500	Va	75	201	167.5	37	20.7	1486	5.6	234	45.0	61.6	48.6	1.08
380	Va	75	200	166.7	37	20.7	1486	5.6	234	46.5	61.5	48.7	1.05

Kontrola přelátování plechů stojiny:

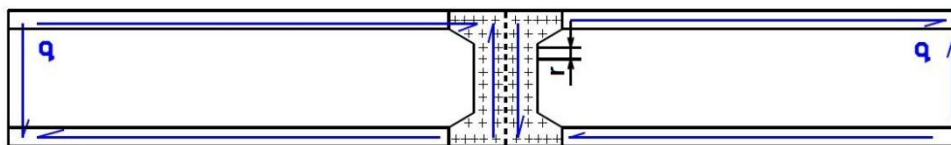
Přelátování stojiny je popsáno v kap. 9.2.

Postup výpočtu:

- Nýtový spoj je namáhaný smykovým tokem ve stojině.
- Nýtový spoj musí přenést dvojnásobek těchto smykových toků, protože na sousedních stojinách v daném místě nabývají opačných smyslů (viz. Obrázek 10-5)
- Síla na nýt je tedy:

$$F_N = \frac{2qr}{\frac{n_N}{2}} \quad [N] \quad 10.9$$

Kde r je svislá rozteč nýtových řad a n_N je počet nýtů v nýtové řadě.



Obrázek 10-5 Schéma zatížení příložky překlátování

Výsledky výpočtu pro všechny příložky jsou uvedeny v tabulce níže.

Tabulka 10-7 Výsledky kontroly překlátování

PŘÍLOŽKA 1						PŘÍLOŽKA 2					
$q =$	37.6	[N mm ⁻¹]				$q =$	26.4	[N mm ⁻¹]			
$d =$	3	[mm]	Rms =	262	[MPa]	$d =$	3	[mm]	Rms =	262	[MPa]
řada	počet nýtů	r	F_N	τ	RF	řada	počet nýtů	r	F_N	τ	RF
[-]	[-]	[mm]	[N]	[MPa]	[-]	[-]	[-]	[mm]	[N]	[MPa]	[-]
1	6	43	1 079	153	1.72	1	6	28	702	99	2.64
2	4	23	865	122	2.14	2	4	25	941	133	1.97
3	4	23	865	122	2.14	3	4	25	941	133	1.97
4	4	23	865	122	2.14	4	6	28	702	99	2.64
5	6	40	1 003	142	1.85						
PŘÍLOŽKA 3						PŘÍLOŽKA 4					
$q =$	16.0	[N mm ⁻¹]				$q =$	6.9	[N mm ⁻¹]			
$d =$	3	[mm]	Rms =	262	[MPa]	$d =$	3	[mm]	Rms =	262	[MPa]
řada	počet nýtů	r	F_N	τ	RF	řada	počet nýtů	r	F_N	τ	RF
[-]	[-]	[mm]	[N]	[MPa]	[-]	[-]	[-]	[mm]	[N]	[MPa]	[-]
1	4	20	753	106	2.46	1	4	17	640	90	2.90
2	2	20	1 505	213	1.23	2	2	15	1 129	160	1.64
3	2	20	1 505	213	1.23	3	4	17	640	90	2.90
4	4	20	753	106	2.46						

Kontrola nýtového a šroubového spojení mezi pásnicí a stojinou

Síla na jeden spojovací člen F_i (nýt nebo šroub) je přímo závislá na smykovém toku ve stojině (q) a rozteči nýtů/potažmo šroubů (r). Smykový tok ve stojině byl získán výpočtem v programu STAUNO.

$$F_i = q r \quad [N] \quad 10.10$$

Výsledky výpočtu jsou uvedeny v následující tabulce.

Tabulka 10-8 Kontrola spojení pásnice a stojiny

řez [mm]	q [N/mm]	druh [-]	r [mm]	d [mm]	S [mm ²]	F [N]	τ [MPa]	Rms [MPa]	RF [-]
7 000	6.9	nýt	40	3.0	7.07	275.1	19.5	262	13.5
5 751	16.0	nýt	40	3.0	7.07	639.8	45.3	262	5.8
4 780	22.6	nýt	40	3.0	7.07	904.7	64.0	262	4.1
4 293	25.4	nýt	30	3.0	7.07	761.8	53.9	262	4.9
4 050	26.4	nýt	30	3.0	7.07	793.4	56.1	262	4.7
3 321	29.2	nýt	30	3.0	7.07	875.8	62.0	262	4.2
3 079	30.2	nýt	30	3.0	7.07	905.8	64.1	262	4.1
2 239	35.0	šroub	30	6.0	28.27	1049.8	18.6	480	25.9
1 700	37.6	šroub	30	6.0	28.27	1128.9	20.0	480	24.0
1 539	37.9	šroub	15	6.0	28.27	569.1	10.1	480	47.7
810	42.7	šroub	15	6.0	28.27	640.7	11.3	480	42.4
750	43.4	šroub	15	6.0	28.27	651.1	11.5	480	41.7
500	45.0	šroub	15	6.0	28.27	675.5	11.9	480	40.2
380	46.5	šroub	15	6.0	28.27	697.2	12.3	480	38.9

Závěr: Stojina hlavního nosníku z hlediska únosnosti vyhovuje.

10.2 Pevnostní kontrola závěsu hlavního nosníku

Materiál závěsu: Ocel 14 331

R_m = 930 MPa

R_e = 735 MPa

Čep: Ocel 14 331

R_{ms} = 735 MPa

Šrouby: Průměr hladkého dřívku

○ d = 6 mm

○ d = 5 mm

Pevnostní třída 10.9

R_m = 1000 MPa

G = 810000 MPa

Nýty: Průměr d = 4 mm

Materiál:

○ slitina 2017 - A T4

○ značka nýtu: D

R_{ms} = 262 MPa

G = 27000 MPa

Kontrola oka

Metoda pevnostní kontroly oka dle [21], NIU 1999, str. 321.

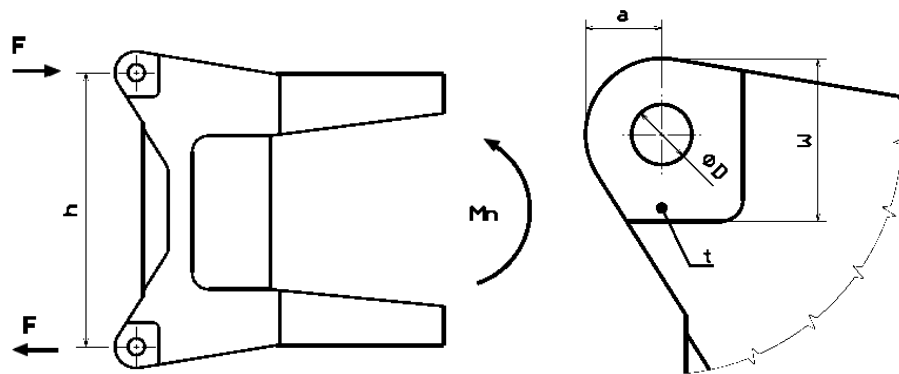
Rozměry: $D = 17 \text{ mm}$

$t = 16.5 \text{ mm}$

$a = 19 \text{ mm}$

$W = 38 \text{ mm}$

$h = 245 \text{ mm}$



Obrázek 10-6 Schéma oka závěsu

Zatížení:

Zatížení ohybovým momentem (případ při rychlosti V_A a násobku $n = 5.3$).

Ohybový moment v ose symetrie kluzáku $M_n = 36\,559 \text{ Nm}$ (provozní zatížení).

Výpočet:

Grafy pro určení koeficientů k_{br} , k_t , c , k_{tru} , k_{try} jsou uvedeny v příloze 6.

1. Početní zatížení redukované o vliv lomení nosníku ($\chi = 6.4^\circ$, $f = 1.5$):

$$M_{n_{po\check{c}}} = M_n f \cos \chi = 54\,496.7 * 10^3 \text{ [Nmm]} \quad 10.11$$

2. Síla na oko:

$$F = \frac{M_{n_{po\check{c}}}}{h} = \frac{54\,496.7 * 10^3}{245} = 222\,435 \text{ [N]} \quad 10.12$$

3. Kontrola čepu (dvojtřížný):

$$A_{\zeta} = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{\pi * 15}{4} = 227 [mm^2]$$
$$\tau = \frac{F}{2A_{\zeta}} = \frac{222\,435}{2 * 227} = 490 [MPa]$$
$$RF = \frac{R_{ms}}{\tau} = \frac{735}{493} = 1.49 [-] \text{ VYHOVUJE}$$
10.13

4. Kontrola vysmyknutí čepu:

$$\frac{a}{D} = \frac{19}{17} = 1.12 [-]$$
$$\frac{D}{t} = \frac{17}{16.5} = 1.03 [-]$$

$$k_{br} = 1.1 [-]$$
10.14

$$A_{bru} = D * t [mm^2]$$

Maximální dovolená síla na oko:

$$P_{bru} = k_{br} A_{bru} R_m = 286\,952 [N]$$

Součinitel rezervy:

$$RF = \frac{P_{bru}}{F} = \frac{286\,952}{222\,435} = 1.29 [-] \text{ VYHOVUJE}$$

5. Kontrola na roztržení oka:

$$\frac{W}{D} = \frac{38}{17} = 2.35 [-]$$

$$A_t = (W - D)t = (38 - 17) * 16.5 = 346.5 [mm^2]$$
$$k_t = 0.95 [-]$$
10.15

Maximální dovolená síla na oko:

$$P_{tu} = k_t * A_t * R_m = 306\,123 [N]$$

Součinitel rezervy:

$$RF = \frac{P_{tu}}{F} = \frac{306\,123}{222\,435} = 1.37 [-] \text{ VYHOVUJE}$$

6. Kontrola na otláčení oka:

Menší hodnota limitních sil z bodu 4 a 5:

$$(P_u)_{MIN} = P_{bru} = 286\,952 [N]$$

$$(P_u)_{MIN} / (A_{bru} R_m) = 1.1 [-]$$
10.16

$$C = 1.1 [-]$$

Maximální dovolená síla na otláčení:

$$P_y = C \left(\frac{R_e}{R_m} \right) (P_u)_{MIN} = 1.1 * \left(\frac{735}{930} \right) * 286\,952 = 249\,463 \text{ [N]}$$

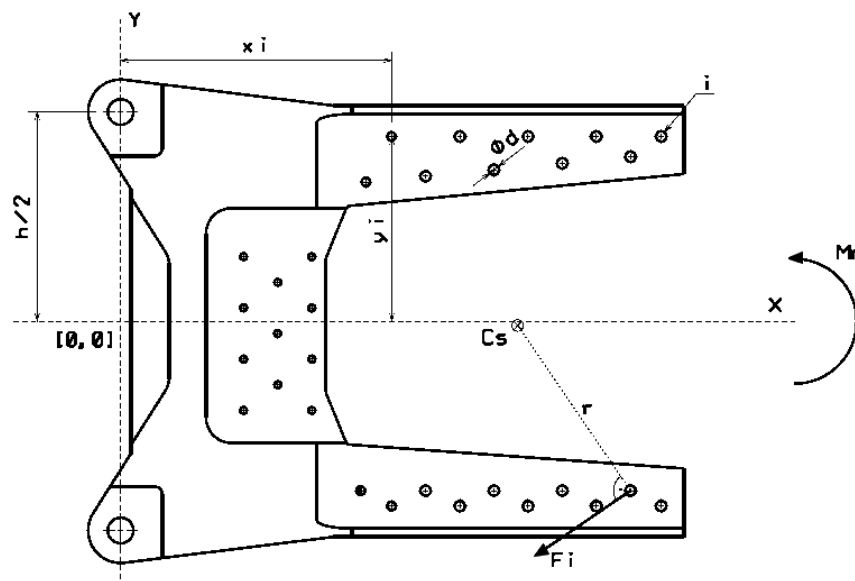
Součinitel rezervy:

$$RF = \frac{P_y}{F} = \frac{286\,952}{222\,435} = 1.12 \text{ [-] VYHOVUJE}$$

Kontrola šroubového spojení s nosníkem.

Metoda pevnostní kontroly šroubového spoje vychází z [21], NIU 1999, str. 292

Značení vychází z Obrázku 10-7.



Obrázek 10-7 Schéma a značení spojení závěsu s nosníkem

Ohybový moment v ose symetrie kluzáku $M_n = 36\,559 \text{ Nm}$ (provozní zatížení).

Počtení zatížení redukované o vliv lomení nosníku ($\chi = 6.4^\circ$, $f = 1.5$):

$$M_{n_{po\check{c}}} = M_n f \cos \chi = 54\,496.7 * 10^3 \text{ [Nmm]} \quad 10.17$$

Postup výpočtu je znázorněn na následujících řádcích. Výsledky výpočtu jsou prezentovány v Tabulce 10-9.

Střed rotace:

$$X_{CS} = \frac{\sum G_i A_i x_i}{\sum G_i A_i} = 232.6 \text{ [mm]} \quad 10.18$$

$$Y_{CS} = \frac{\sum G_i A_i y_i}{\sum G_i A_i} = -2.48 \text{ [mm]}$$

Vzdálenost r_i (nejkratší možná vzdálenost mezi středem rotace Cs a prvkem i) lze určit užitím Pythagorovi věty:

$$r_i = \sqrt{(X_{cs} - x_i)^2 + (Y_{cs} - y_i)^2} \quad [mm] \quad 10.19$$

Síla na jednotlivé prvky (šrouby a nýty):

$$F_i = M_{npoč} \frac{G_i A_i r_i}{\sum G_i A_i r_i^2} \quad [N] \quad 10.20$$

Nositelka síly F_i je kolmá na úsečku $IC_{s,il}$ (tj. rameno r_i). Směr síly F_i je takový, aby moment od síly F_i na rameni r_i působil proti momentu $M_{npoč}$.

Výsledky výpočtu jsou uvedeny níže:

Tabulka 10-9 Výsledky výpočtu spojení pásnice a závěsu

	prvek (i)	d [mm]	A [mm ²]	G [MPa]	x _i [mm]	y _i [mm]	r [mm]	F [N]	τ [MPa]	RF [N]
š r o u b y	1	5	19.63	810 000	143.6	81.5	122.39	18 310	466.3	1.29
	2	5	19.63	810 000	158.6	108.2	133.16	19 921	507.3	1.18
	3	6	28.27	810 000	178.6	84.8	102.65	22 114	391.1	1.53
	4	6	28.27	810 000	198.6	108.2	115.79	24 945	441.1	1.36
	5	6	28.27	810 000	218.6	88.6	92.15	19 852	351.1	1.71
	6	6	28.27	810 000	238.6	108.2	110.84	23 878	422.3	1.42
	7	6	28.27	810 000	258.6	92.5	98.46	21 212	375.1	1.60
	8	6	28.27	810 000	278.6	108.2	119.84	25 818	456.6	1.31
	9	6	28.27	810 000	298.6	96.6	119.03	25 643	453.5	1.32
	10	6	28.27	810 000	316.6	108.2	138.93	29 929	529.3	1.13
	11	5	19.63	810 000	140.6	-99.2	133.51	19 974	508.6	1.18
	12	5	19.63	810 000	158.6	-108.2	129.07	19 309	491.7	1.22
	13	6	28.27	810 000	178.6	-99.2	110.79	23 867	422.1	1.42
	14	6	28.27	810 000	198.6	-108.2	111.06	23 926	423.1	1.42
	15	6	28.27	810 000	218.6	-99.2	97.73	21 055	372.3	1.61
	16	6	28.27	810 000	238.6	-108.2	105.89	22 812	403.4	1.49
	17	6	28.27	810 000	258.6	-99.2	100.15	21 574	381.5	1.57
	18	6	28.27	810 000	278.6	-108.2	115.28	24 835	439.2	1.37
	19	6	28.27	810 000	298.6	-99.2	117.08	25 221	446.0	1.35
	20	6	28.27	810 000	316.6	-108.2	135.01	29 085	514.3	1.17
n ý t y	21	4	12.57	27 000	72	-47.2	166.74	532	42.3	6.19
	22	4	12.57	27 000	72	-17.2	161.31	515	41.0	6.40
	23	4	12.57	27 000	72	12.8	161.36	515	41.0	6.39
	24	4	12.57	27 000	72	42.8	166.89	533	42.4	6.18
	25	4	12.57	27 000	92	-32.2	143.74	459	36.5	7.18
	26	4	12.57	27 000	92	-2.2	140.63	449	35.7	7.34
	27	4	12.57	27 000	92	27.8	143.86	459	36.5	7.17
	28	4	12.57	27 000	112	-47.2	128.66	411	32.7	8.02
	29	4	12.57	27 000	112	-17.2	121.53	388	30.9	8.49
	30	4	12.57	27 000	112	12.8	121.60	388	30.9	8.48
	31	4	12.57	27 000	112	42.8	128.85	411	32.7	8.01

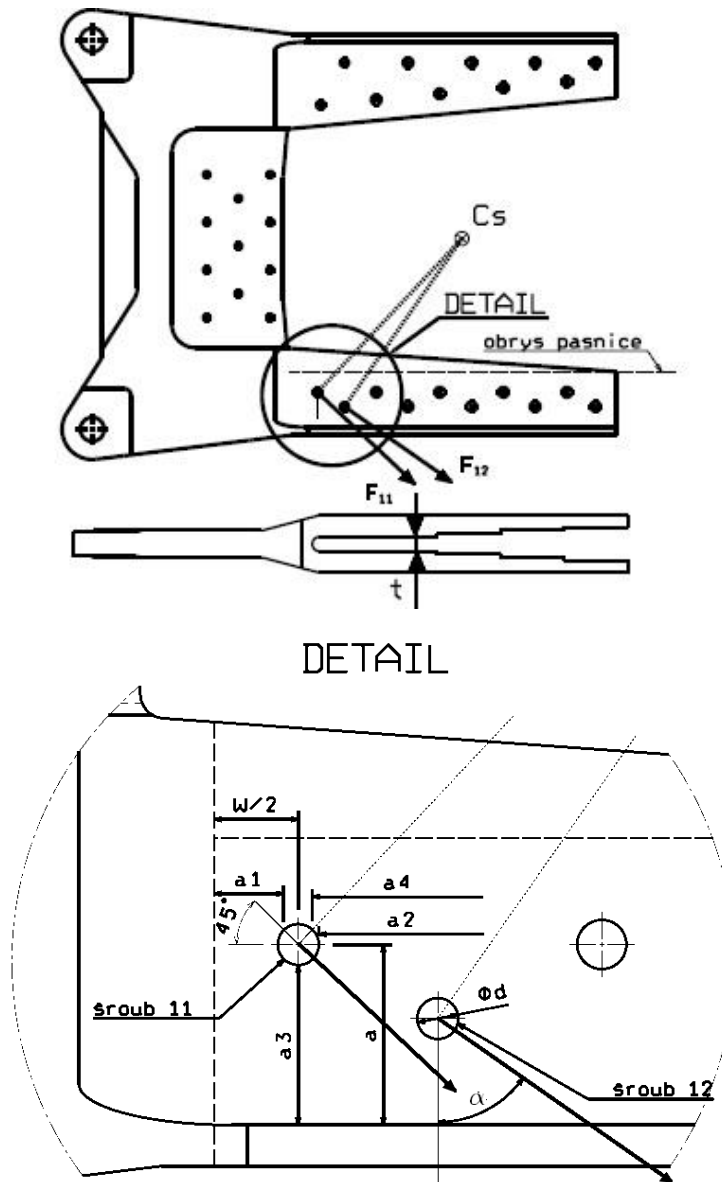
Minimální součinitel rezervy, $RF_{min} = 1.13$, má šroub č. 10.

[28]Metoda pevnostní kontroly oka dle [21], NIU 1999, str 321.

Nejkritičtější místo na otláčení je znázorněno na Obrázku 10-8. Jedná se o nejslabší místo postupně vypouštěného duralového nosníku. V první fázi návrhu bylo navrženo postupné vypouštění plechů pásnice až na tloušťku $t = 5.2$ mm (2 plechy pásnice a stojina mezi nimi). Tato tloušťka se ovšem ukázala z hlediska otláčení jako nedostatečná. Proto poslední vypuštění plechů pásnice nebylo realizováno a konečná tloušťka je tedy $t = 9.2$ mm (4 plechy pásnice a stojina). Dále byl v této oblasti zvolen menší průměr šroubů ($d = 5$ mm, viz.

Tabulka 10-9, prvek 1,2,11 a 12), a to z důvodu příznivějšího přerozdělení sil celého spojení.

Pozn. Síla na otláčení je reakcí na sílu F_i z předchozí kapitoly, jelikož se jedná o otláčení šroubu v duralové pásnici nosníku.



Obrázek 10-8 Kritické místo na otláčení

Z obrázku je patrné, že některé rozměry (a_2, a_4) nemají jasně stanovenou hranici, proto byly uvažovány konzervativní (menší) rozměry, většinou symetrické ke svým protějškům (a_1).

Grafy pro určení koeficientů k_{br} , k_t , c , k_{tru} , k_{try} jsou uvedeny v příloze 6.

Šroub 11

Popis geometrie:

- $d = 5\text{ mm}$
- $t = 9.2\text{ mm}$
- $a = 21\text{ mm}$
- $W = 20\text{ mm}$
- $\alpha = 47^\circ$
- $a_1 = 8.5\text{ mm}$
- $a_2 = 8.5\text{ mm}$
- $a_3 = 18.5\text{ mm}$
- $a_4 = 8.5\text{ mm}$

Materiál pásnice:

- $R_m = 420\text{ MPa}$
- $R_{p0.2} = 320\text{ MPa}$

Zatížení:

- $F_{11} = 19\,974\text{ N}$

Šroub 12

Popis geometrie:

- $d = 5\text{ mm}$
- $t = 9.2\text{ mm}$
- $a = 13\text{ mm}$
- $W = 50\text{ mm}$
- $\alpha = 55^\circ$
- $a_1 = 25\text{ mm}$
- $a_2 = 25\text{ mm}$
- $a_3 = 10.5\text{ mm}$
- $a_4 = 25\text{ mm}$

Materiál pásnice:

- $R_m = 420\text{ MPa}$
- $R_{p0.2} = 320\text{ MPa}$

Zatížení:

- $F_{12} = 19\,309\text{ N}$

Maximální dovolená síla na vysmyknutí šroubu v axiálním směru ($\alpha = 0^\circ$):

$$\frac{a}{d} = 4.2$$

$$\frac{d}{t} = 0.54$$

$$k_{br} = 2.9$$

$$A_{br} = dt = 46\text{ mm}^2$$

$$P_{bru} = k_{br}R_m A_{br} = 56\,028\text{ N}$$

Maximální dovolená síla na vysmyknutí šroubu v axiálním směru ($\alpha = 0^\circ$):

$$\frac{a}{d} = 2.6$$

$$\frac{d}{t} = 0.54$$

$$k_{br} = 2.3$$

$$A_{br} = dt = 46\text{ mm}^2$$

$$P_{bru} = k_{br}R_m A_{br} = 44\,436\text{ N}$$

10.21

Maximální dovolená síla na roztržení okna v axiálním směru ($\alpha = 0^\circ$):

$$\frac{W}{d} = 4$$

$$A_t = (W - d)t = 138\text{ mm}^2$$

$$k_t = 0.9$$

$$P_{tu} = k_t R_m A_t = 52\,162\text{ N}$$

Maximální dovolená síla na roztržení okna v axiálním směru ($\alpha = 0^\circ$):

$$\frac{W}{d} = 10$$

$$A_t = (W - d)t = 414\text{ mm}^2$$

$$k_t = 0.9$$

$$P_{tu} = k_t R_m A_t = 156\,492\text{ N}$$

10.22

Maximální dovolená síla na otláčení otvoru v axiálním směru ($\alpha = 0^\circ$):

$$(P_u)_{MIN} = \min z P_{bru} a P_{tu} = 52\,162\,N$$

$$\frac{(P_u)_{MIN}}{A_{br}R_m} = 2.3$$

$$C = 0.78$$

$$P_y = C \left(\frac{R_{p02}}{R_m} \right) (P_u)_{MIN} = 32\,938\,N$$

Maximální dovolená síla na otláčení otvoru v axiálním směru ($\alpha = 0^\circ$):

$$(P_u)_{MIN} = \min z P_{bru} a P_{tu} = 44\,436\,N$$

$$\frac{(P_u)_{MIN}}{A_{br}R_m} = 2.3$$

$$C = 0.75$$

$$P_y = C \left(\frac{R_{p02}}{R_m} \right) (P_u)_{MIN} = 25\,392\,N$$

10.23

Maximální dovolená síla v příčném směru ($\alpha = 90^\circ$):

$$A_1 = a_1 t = 78.2\,mm^2$$

$$A_2 = a_2 t = 78.2\,mm^2$$

$$A_3 = a_3 t = 170.2\,mm^2$$

$$A_4 = a_4 t = 78.2\,mm^2$$

$$A_v = \frac{6}{\frac{3}{A_1} + \frac{1}{A_2} + \frac{1}{A_3} + \frac{1}{A_4}} = 85\,mm^2$$

$$\frac{A_v}{A_{br}} = 1.86$$

$$k_{try} = 1.3$$

$$P_{ty} = k_{try} A_{br} R_{p02} = 20\,332\,N$$

Maximální dovolená síla v příčném směru ($\alpha = 90^\circ$):

$$A_1 = a_1 t = 230\,mm^2$$

$$A_2 = a_2 t = 230\,mm^2$$

$$A_3 = a_3 t = 96.6\,mm^2$$

$$A_4 = a_4 t = 230\,mm^2$$

$$A_v = \frac{6}{\frac{3}{A_1} + \frac{1}{A_2} + \frac{1}{A_3} + \frac{1}{A_4}} = 187\,mm^2$$

$$\frac{A_v}{A_{br}} =$$

$$k_{try} = 1.3$$

$$P_{ty} = k_{try} A_{br} R_{p02} = 19\,136\,N$$

10.24

Zatížení v obecném směru:

$$F_{axial} = F_{11} \cos \alpha = 12\,848\,N$$

$$F_{transversal} = F_{11} \sin \alpha = 15\,456\,N$$

$$R_{ay} = \frac{F_{axial}}{P_y} = 0.39$$

$$R_{try} = \frac{F_{transversal}}{P_{ty}} = 0.76$$

$$RF = \frac{1}{(R_{ay}^{1.6} + R_{try}^{1.6})^{0.625}} = 1.15$$

Zatížení v obecném směru:

$$F_{axial} = F_{11} \cos \alpha = 12\,420\,N$$

$$F_{transversal} = F_{11} \sin \alpha = 14\,942\,N$$

$$R_{ay} = \frac{F_{axial}}{P_y} = 0.489$$

$$R_{try} = \frac{F_{transversal}}{P_{ty}} = 0.78$$

$$RF = \frac{1}{(R_{ay}^{1.6} + R_{try}^{1.6})^{0.625}} = 1.01$$

10.25

Závěr

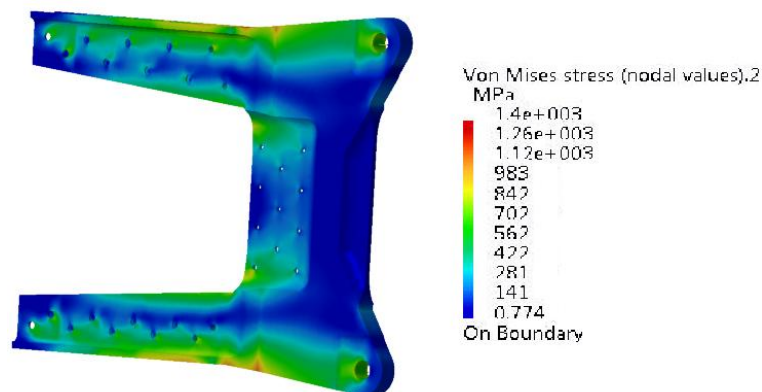
Ustřížení čepu:	RF = 1.42	Vyhovuje
Vysmyknutí čepu:	RF = 1.29	Vyhovuje
Utržení oka:	RF = 1.37	Vyhovuje
Otlačení oka:	RF = 1.12	Vyhovuje
Šroubové spojení	RF _{min} = 1.13	Vyhovuje
Otlačení šroubu v pásnici	RF _{min} = 1.01	Vyhovuje

MKP kontrola hlavního závěsu

Kontrola hlavního závěsu jako celku byla provedena jednoduchou lineární analýzou napětí pomocí metody konečných prvků.

1. Hlavní závěs typu oko:

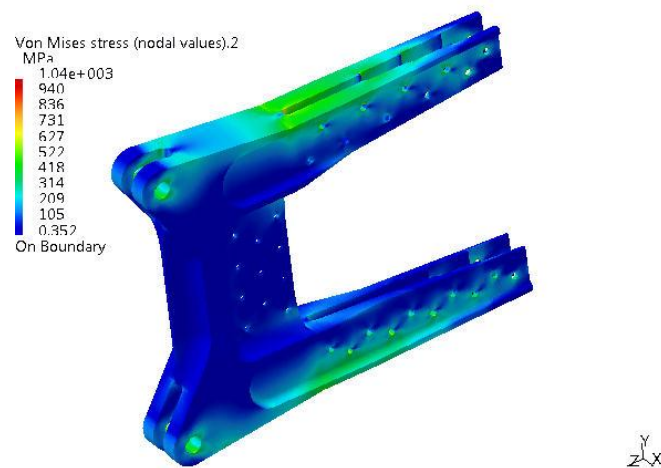
- Počet prvků: 513 561
- Typ prvků: Lineární čtyřstěn (Linear Tetrahedron)
- Velikost prvku: 1 mm
- Počet uzlů: 2 028 565
- Zatížení dvojící sil $F = 222\,435\text{ N}$ (viz. rovnice 10.12 a Obrázek 10-6)



Obrázek 10-9 MKP kontrola závěsu typu oko

2. Hlavní závěs typu vidlice:

- Počet prvků: 534 891
- Typ prvků: Lineární čtyřstěn (Linear Tetrahedron)
- Velikost prvku: 1 mm
- Počet uzlů: 2 428 475
- Zatížení dvojící sil $F = 222\,435\text{ N}$ (viz. rovnice 10.12 a Obrázek 10-6)



Obrázek 10-10 MKP kontrola závěsu typu vidlice

10.3 Pevnostní kontrola trnového závěsu

Materiál závěsů:

- Ocel 11 523
- $R_m = 930$ MPa (minimální)
- $R_{ms} \approx 0.6R_m = 558$ MPa

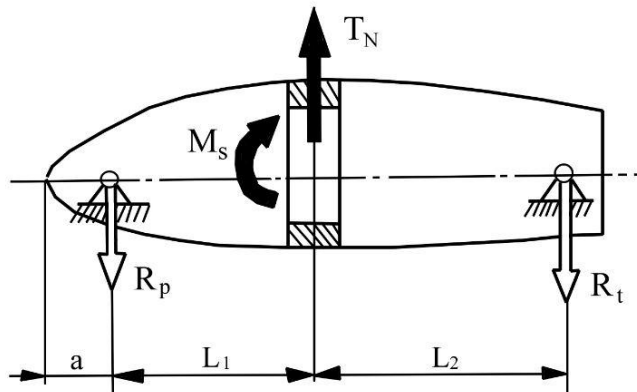
Rozměry:

$$\begin{aligned}
 a &= 247.9 \text{ [mm]} \\
 \chi &= 6.4 \text{ [deg]} \\
 L1 &= 344.5 \text{ [mm]} \\
 L2 &= 506.3 \text{ [mm]} \\
 D &= 15 \text{ [mm]}
 \end{aligned}$$

Zatížení (provozní):

PŘÍPAD =>	Va	$V_D(\text{dk}=4.3^\circ)$.	
Tn	9 969	6 575	[N]
Mn	33 207	28 144	[Nm]
Mk	-1 248	-4 199	[Nm]

10.3.1 Stanovení reakcí v závěsu:



Obrázek 10-11 Schéma závěsu (převzato z Stafiej, 2000 [26])

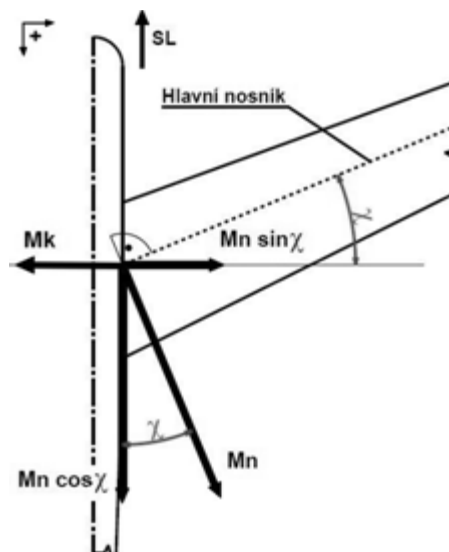
Z momentové rovnováhy:

$$R_{pT} = T_N \frac{L_2}{L_1 + L_2} \quad [N] \quad 10.26$$

$$R_{tT} = T_N \frac{L_1}{L_1 + L_2} \quad [N]$$

$$R_{Ms} = \frac{M_s}{L_1 + L_2} \quad [N] \quad 10.27$$

Kde M_s je moment tvořený součtem momentů kroučícího a sinové složky ohybového momentu (viz. Obrázek 10-12). V případě kladného šípů momenty působí proti sobě.



Obrázek 10-12 Vektory M_k a M_n

$$\vec{M}_s = \vec{M}_k + \vec{M}_n \sin \chi \quad [Nm] \quad 10.28$$

Konečné reakce v závěsech jsou pak dány součtem:

$$R_p = R_{pT} + R_{Ms} \quad [N] \quad 10.29$$

$$R_t = R_{tT} - R_{Ms} \quad [N]$$

Dle výše uvedeného postupu byly vypočítány reakce v závěsech pro dva případy zatížení: V_A a $V_{D(\delta_k=4.3^\circ)}$. Při případě V_A se ukázal být dominující moment $M_N \sin \chi$. Všechna zatížení byla převedena na početní koeficientem bezpečnosti $f = 1.5$. Výsledky výpočtu jsou uvedeny v následující tabulce:

Tabulka 10-10 Výsledné reakce v závěsech

	V_A	$V_{D(\delta_k=4.3^\circ)}$
T_N	14 954	9 863 [N]
M_N	49 810 226	42 216 128 [Nm]
M_k	-1 871 910	-6 299 134 [Nmm]
$M_N \sin(\chi)$	5 552 293	4 705 787 [Nmm]
M_s	3 680 382	-1 593 347 [Nmm]
R_p	-13 225	-3 996 [N]
R_t	-1 729	-5 866 [N]

Maximální reakce bylo dosaženo na předním závěsu při případě V_A .

$$R_{MAX} = 13\,225\,N$$

10.3.2 Pevnostní kontrola čepu

Průřezová plocha čepu:

$$S = \frac{\pi D^2}{4} = 176.7\,mm^2 \quad 10.30$$

Smykové napětí:

$$\tau = \frac{R_{MAX}}{S} = 74.8\,MPa \quad 10.31$$

Součinitel rezervy:

$$RF = \frac{R_{ms}}{\tau} = 7.46 \quad 10.32$$

Závěr (čep):

Čepy trnového závěsu vyhovují. Z pohledu statické pevnosti je zvolený průměr zbytečně velký. Je ovšem brát na zřetel provozní charakteristiky (stykování křídla s trupem), kdy velký průměr usnadňuje navedení a nasazení čepu do pouzdra. Navíc

při stykování čep není namáhaný pouze střižem, ale i ohybovými momenty v různých směrech vzniklých od manipulací s křídlem pozemním personálem při stykování.

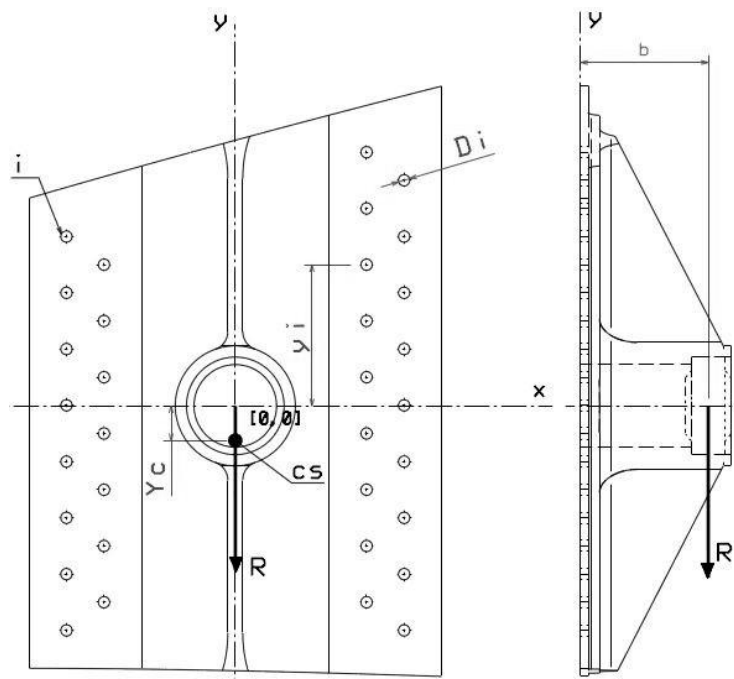
10.3.3 Pevnostní kontrola závěsů v křídle:

Uložení čepu v závěsu křídla je realizováno kloubovým ložiskem tak, aby se vyloučilo zachycení části ohybového momentu křídla.

Zadní závěs je zatížen silou R_t a přední závěs silou R_p (viz. Tabulka 10-10).

Kontrola nýtového spoje.

Reakce R_t a R_p (dále v naznačeném postupu výpočtu pouze R) zatěžují nýtový spoj translací (smykem) a rotací (momentem). Výsledné namáhání nýtů je kombinace tah/tlakového se smykovým napětím. Zatížení, systém kótování a značení je znázorněno na Obrázku 10-13.



Obrázek 10-13 Schéma závěsu

Zatížení nýtů od translace

$$F_{NT} = \frac{R}{i} \quad [N]$$

kde i je počet nýtů.

10.33

$$\tau_i = \frac{F_{NT}}{S_N} \quad [MPa]$$

kde S_N je průřezová plocha dířku nýtu.

Zatížení od rotace:

Střed rotace:

$$y_c = \frac{\sum S_i y_i}{\sum S_i} \quad [mm] \quad 10.34$$

Rameno reakční síly nýtu:

$$r_i = y_i - y_c \quad [mm] \quad 10.35$$

Moment:

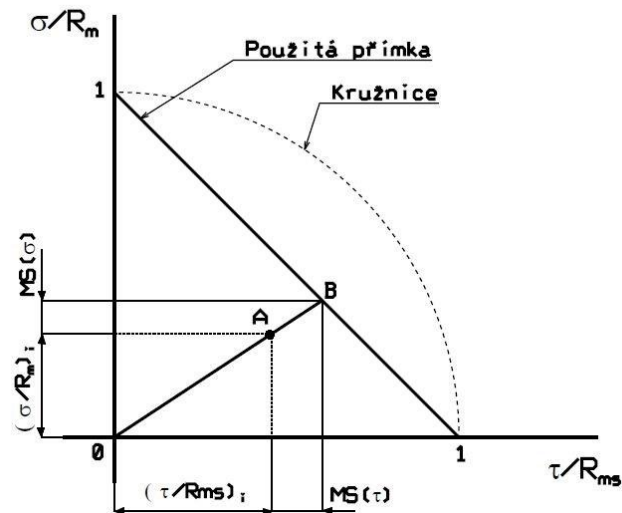
$$M_R = Rb \quad [Nmm] \quad 10.36$$

Tahová / tlaková síla od rotace na nýt a tah / tlakové napětí:

$$F_{NRi} = M_R \left(\frac{S_i r_i}{\sum S_i r_i^2} \right) \quad [N] \quad 10.37$$

$$\sigma_i = \frac{F_{NRi}}{S_i} \quad [MPa]$$

Při kombinovaném namáhání tahem a smykem nelze tyto složky napětí posuzovat odděleně. Je třeba využít adiční rovnice. Jelikož nebyla známá žádná bližší data o kombinovaném namáhání nýtu, byla zvolena jako adiční rovnice přímka. Jedná se o značně konzervativní přístup, jelikož skutečný tvar se blíží kružnici (viz. Obrázek 10-14).



Obrázek 10-14 Princip odečítání z adiční rovnice

S využitím Obrázku 10-14 probíhá stanovení součinitele rezervy následujícím postupem:

1. Nalezení bodu A.
2. Sestrojení přímky procházející počátkem a bodem A.
3. Průsečík B udává maximální dovolené zatížení.
4. Vzdálenosti $MS(\tau)$ a $MS(\sigma)$ jsou tzv. Margin of Safety (zásoba bezpečnosti) pro danou složku zatížení.
5. Součinitel rezervy lze pak definovat jako:

$$RF_{\tau i} = 1 + MS(\tau) \quad [-] \quad 10.38$$

$$RF_{\sigma i} = 1 + MS(\sigma) \quad [-]$$

6. Za konečný součinitel rezervy je pak možno označit menší hodnotu z $RF_{\sigma i}$ a $RF_{\tau i}$.

(Postup převzat z NIU, 1999) [21]

Vstupní data pro výpočet a výsledky výpočtu pro přední i zadní závěs jsou obsaženy v následujících Tabulkách 10-11 a 10-12.

Pozn. V následujících tabulkách značí vynechané buňky tlakové zatížení.

Tabulka 10-11 Výsledky výpočtu pro zadní závěs

Rt = 5 866 [N] DN = 3 [mm]
 b = 36 [mm] SN = 7.07 [mm²]
 MR = 211 187 [Nmm] rozeč = 15 [mm] Yc = -1.36364 [mm]

i	y	r	FN	σ	τ	σ/R_m	τ/R_{ms}	RF σ	RF τ	RF min
[-]	[mm]	[mm]	[N]	[MPa]	[MPa]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]
1	68	68.86	330	46.7	25.1	0.11	0.10	1.43	1.37	1.37
2	60	61.36	294	41.6	25.1	0.10	0.10	1.41	1.40	1.40
3	53	53.86	258	36.5	25.1	0.09	0.10	1.39	1.43	1.39
4	45	46.36	222	31.5	25.1	0.07	0.10	1.36	1.47	1.36
5	38	38.86	186	26.4	25.1	0.06	0.10	1.33	1.51	1.33
6	30	31.36	150	21.3	25.1	0.05	0.10	1.29	1.56	1.29
7	23	23.86	114	16.2	25.1	0.04	0.10	1.25	1.62	1.25
8	15	16.36	78	11.1	25.1	0.03	0.10	1.19	1.69	1.19
9	8	8.86	43	6.0	25.1	0.01	0.10	1.12	1.77	1.12
10	0	1.36	7	0.9	25.1	0.00	0.10	1.02	1.88	1.02
11	-8	-6.14	-29	-4.2	25.1	-	0.10	-	10.42	10.42
12	-15	-13.64	-65	-9.3	25.1	-	0.10	-	10.42	10.42
13	-23	-21.14	-101	-14.3	25.1	-	0.10	-	10.42	10.42
14	-30	-28.64	-137	-19.4	25.1	-	0.10	-	10.42	10.42
15	-38	-36.14	-173	-24.5	25.1	-	0.10	-	10.42	10.42
16	-45	-43.64	-209	-29.6	25.1	-	0.10	-	10.42	10.42
17	-53	-51.14	-245	-34.7	25.1	-	0.10	-	10.42	10.42
18	-60	-58.64	-281	-39.8	25.1	-	0.10	-	10.42	10.42
19	45	46.36	222	31.5	25.1	0.07	0.10	1.36	1.47	1.36
20	38	38.86	186	26.4	25.1	0.06	0.10	1.33	1.51	1.33
21	30	31.36	150	21.3	25.1	0.05	0.10	1.29	1.56	1.29
22	23	23.86	114	16.2	25.1	0.04	0.10	1.25	1.62	1.25
23	15	16.36	78	11.1	25.1	0.03	0.10	1.19	1.69	1.19
24	8	8.86	43	6.0	25.1	0.01	0.10	1.12	1.77	1.12
25	0	1.36	7	0.9	25.1	0.00	0.10	1.02	1.88	1.02
26	-8	-6.14	-29	-4.2	25.1	-	0.10	-	10.42	10.42
27	-15	-13.64	-65	-9.3	25.1	-	0.10	-	10.42	10.42
28	-23	-21.14	-101	-14.3	25.1	-	0.10	-	10.42	10.42
29	-30	-28.64	-137	-19.4	25.1	-	0.10	-	10.42	10.42
30	-38	-36.14	-173	-24.5	25.1	-	0.10	-	10.42	10.42
31	-45	-43.64	-209	-29.6	25.1	-	0.10	-	10.42	10.42
32	-53	-51.14	-245	-34.7	25.1	-	0.10	-	10.42	10.42
33	-60	-58.64	-281	-39.8	25.1	-	0.10	-	10.42	10.42

Tabulka 10-12 Výsledky výpočtu pro přední závěs

$R_p = 13\,225$ [N] $DN = 3$ [mm]
 $b = 36$ [mm] $SN = 7.07$ [mm²]
 $M_R = 476\,083$ [Nmm] rozeč = 16 [mm] $Y_c = 0$ [mm]

i	y	r	FN	σ	τ	σ/R_m	τ/R_{ms}	RF σ	RF τ	RF min
[-]	[mm]	[mm]	[N]	[MPa]	[MPa]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]
1	96	96	308.9	43.7	39.0	0.10	0.15	1.31	1.44	1.31
2	88	88	283.1	40.1	39.0	0.10	0.15	1.30	1.46	1.30
3	80	80	257.4	36.4	39.0	0.09	0.15	1.28	1.48	1.28
4	72	72	231.7	32.8	39.0	0.08	0.15	1.27	1.51	1.27
5	64	64	205.9	29.1	39.0	0.07	0.15	1.25	1.53	1.25
6	56	56	180.2	25.5	39.0	0.06	0.15	1.23	1.56	1.23
7	48	48	154.4	21.8	39.0	0.05	0.15	1.21	1.59	1.21
8	40	40	128.7	18.2	39.0	0.04	0.15	1.18	1.63	1.18
9	32	32	103.0	14.6	39.0	0.03	0.15	1.15	1.66	1.15
10	24	24	77.2	10.9	39.0	0.03	0.15	1.12	1.70	1.12
11	16	16	51.5	7.3	39.0	0.02	0.15	1.09	1.75	1.09
12	8	8	25.7	3.6	39.0	0.01	0.15	1.05	1.80	1.05
13	0	0	0.0	0.0	39.0	-	0.15	-	6.72	6.72
14	-8	-8	-25.7	-3.6	39.0	-	0.15	-	6.72	6.72
15	-16	-16	-51.5	-7.3	39.0	-	0.15	-	6.72	6.72
16	-24	-24	-77.2	-10.9	39.0	-	0.15	-	6.72	6.72
17	-32	-32	-103.0	-14.6	39.0	-	0.15	-	6.72	6.72
18	-40	-40	-128.7	-18.2	39.0	-	0.15	-	6.72	6.72
19	-48	-48	-154.4	-21.8	39.0	-	0.15	-	6.72	6.72
20	-56	-56	-180.2	-25.5	39.0	-	0.15	-	6.72	6.72
21	-64	-64	-205.9	-29.1	39.0	-	0.15	-	6.72	6.72
22	-72	-72	-231.7	-32.8	39.0	-	0.15	-	6.72	6.72
23	-80	-80	-257.4	-36.4	39.0	-	0.15	-	6.72	6.72
24	-88	-88	-283.1	-40.1	39.0	-	0.15	-	6.72	6.72
25	-96	-96	-308.9	-43.7	39.0	-	0.15	-	6.72	6.72
26	88	88	283.1	40.1	39.0	0.10	0.15	1.30	1.46	1.30
27	80	80	257.4	36.4	39.0	0.09	0.15	1.28	1.48	1.28
28	72	72	231.7	32.8	39.0	0.08	0.15	1.27	1.51	1.27
29	64	64	205.9	29.1	39.0	0.07	0.15	1.25	1.53	1.25
30	56	56	180.2	25.5	39.0	0.06	0.15	1.23	1.56	1.23
31	48	48	154.4	21.8	39.0	0.05	0.15	1.21	1.59	1.21
32	40	40	128.7	18.2	39.0	0.04	0.15	1.18	1.63	1.18
33	32	32	103.0	14.6	39.0	0.03	0.15	1.15	1.66	1.15
34	24	24	77.2	10.9	39.0	0.03	0.15	1.12	1.70	1.12
35	16	16	51.5	7.3	39.0	0.02	0.15	1.09	1.75	1.09
36	8	8	25.7	3.6	39.0	0.01	0.15	1.05	1.80	1.05
37	0	0	0.0	0.0	39.0	-	0.15	-	6.72	6.72
38	-8	-8	-25.7	-3.6	39.0	-	0.15	-	6.72	6.72
39	-16	-16	-51.5	-7.3	39.0	-	0.15	-	6.72	6.72
40	-24	-24	-77.2	-10.9	39.0	-	0.15	-	6.72	6.72
41	-32	-32	-103.0	-14.6	39.0	-	0.15	-	6.72	6.72
42	-40	-40	-128.7	-18.2	39.0	-	0.15	-	6.72	6.72
43	-48	-48	-154.4	-21.8	39.0	-	0.15	-	6.72	6.72
44	-56	-56	-180.2	-25.5	39.0	-	0.15	-	6.72	6.72
45	-64	-64	-205.9	-29.1	39.0	-	0.15	-	6.72	6.72
46	-72	-72	-231.7	-32.8	39.0	-	0.15	-	6.72	6.72
47	-80	-80	-257.4	-36.4	39.0	-	0.15	-	6.72	6.72
48	-88	-88	-283.1	-40.1	39.0	-	0.15	-	6.72	6.72

Pevnostní kontrola závěsu

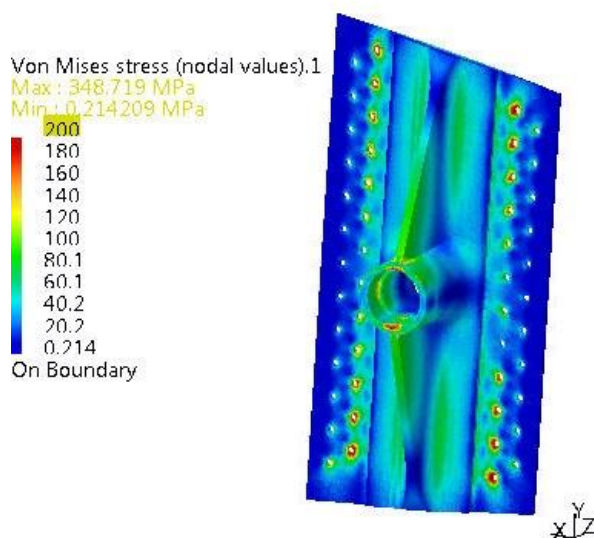
Pro kontrolu závěsu samotných byla zvolena jednoduchá lineární analýza napětí pomocí metody konečných prvků.

3. Přední závěs:

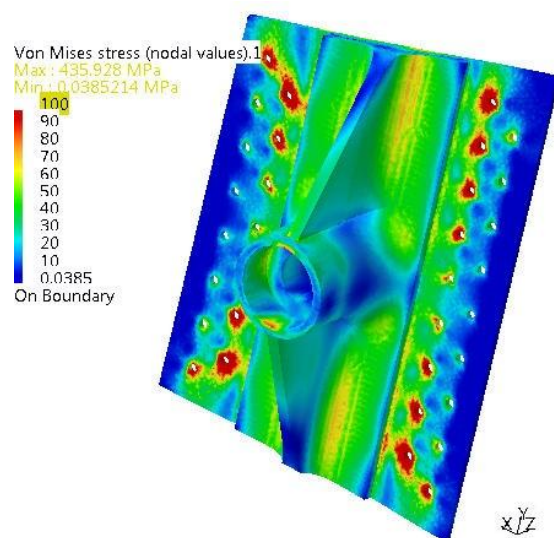
- Počet prvků: 544 591
- Typ prvků: Lineární čtyřstěn (Linear Tetrahedron)
- Velikost prvku: 1 mm
- Počet uzlů: 126 672
- Zatížení silou v místě středu ložiska

4. Zadní závěs:

- Počet prvků: 385 326
- Typ prvků: Lineární čtyřstěn (Linear Tetrahedron)
- Velikost prvku: 1 mm
- Počet uzlů: 90 108
- Zatížení silou v místě středu kloubového ložiska

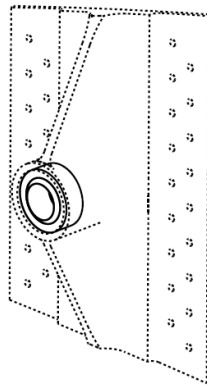


Obrázek 10-15 Napětí v předním závěsu



Obrázek 10-16 Napětí v zadním závěsu

Pevnostní kontrola kloubového ložiska:



Obrázek 10-17 Kloubové ložisko v závěsu

Použité ložisko: GE 15 ES (ocel / ocel)

Únosnost při statickém namáhání: $C_0 = 85\text{kN}$. [12]

Součinitel rezervy:

$$RF = \frac{C_0}{R_{MAX}} = 6.4 \quad 10.39$$

Závěr (závěsy)

Nýtové spojení závěsu s kořenovým žebrem je schopné bezpečně přenést zatížení. Z MKP analýzy je patrné, že napětí v závěsu jsou nízká a nedosahují ani meze kluzu materiálu. Závěsy z pohledu statické pevnosti vyhovují. Ložisko vyhovuje rovněž.

10.4 Pevnostní kontrola kořenového žebra

10.4.1 Výsledné vnitřní účinky (VVÚ)

Postup výpočtu vychází z STAFIEJ, 2000 [26]

Kořenové žebro je zatíženo:

- Normální tečnou posouvající silou T_N
- Reakcemi v závěsech R_p a R_t (viz. kap. 10.3.1)
- Smykovými toky z potahu q_1 a q_2
- Složkou normálního ohybového momentu $M_N \sin \chi$ (viz. Obrázek 10-12)

Tabulka 10-13 Smykové toky v dutinách

	q_1 [N mm ⁻¹]	q_2 [N mm ⁻¹]
Případ Vd ($\delta_k = 4.3^\circ$)	4.45	4.36
Případ Va	7.98	12.8

Pozn. Značení vychází z Obrázku 10-18.

Průběh posouvající síly:

Posouvající síla od smykových toků:

$$T_q(x) = q_i(x) * H_i(x) \quad [N] \quad 10.40$$

Kde H_i je lokální výška žebra a q_i je smykový tok pro dané místo (přední nebo zadní dutina).

Posouvající síla od reakcí v závěsech a T_N :

Při integraci „zleva“ můžeme popsat posouvající sílu následujícími rovnicemi

$$\begin{aligned} \text{interval } (x = 0, x = a) &\rightarrow T_R(x) = 0 \\ \text{interval } (x = a, x = a + L_1) &\rightarrow T_R(x) = -R_p \\ \text{interval } (x = a + L_1, x = a + L_1 + L_2) &\rightarrow T_R(x) = -R_p + T_N \\ \text{místo } x = a + L_1 + L_2 &\rightarrow T_R(x) = -R_p + T_N - R_t \end{aligned} \quad 10.41$$

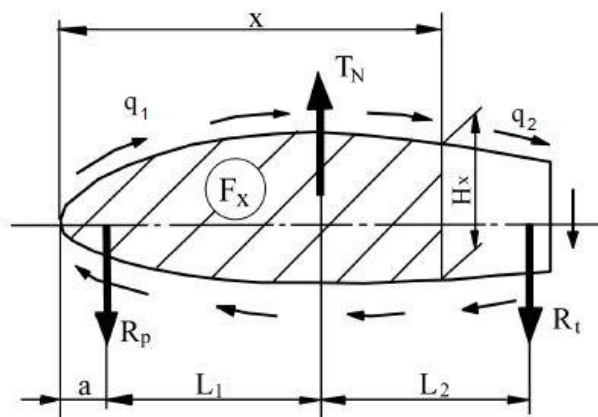
Výsledná posouvající síla je pak získána superpozicí:

$$T(x) = T_R(x) + T_q(x) \quad 10.42$$

Průběh ohybového momentu:

Při integraci „zleva“ můžeme popsat průběh ohybového momentu následujícími rovnicemi:

$$\begin{aligned} \text{interval } (x = 0, x = a) &\rightarrow M(x) = 2F_x(x)q_i(x) \\ \text{interval } (x = a, x = a + L_1) &\rightarrow M(x) = 2F_x(x)q_i(x) - R_p(x - a) \\ \text{interval } (x = a + L_1, x = a + L_1 + L_2) &\rightarrow 2F_x(x)q_i(x) - R_p(x - a) + T_N(x - a - L_1) \end{aligned} \quad 10.43$$



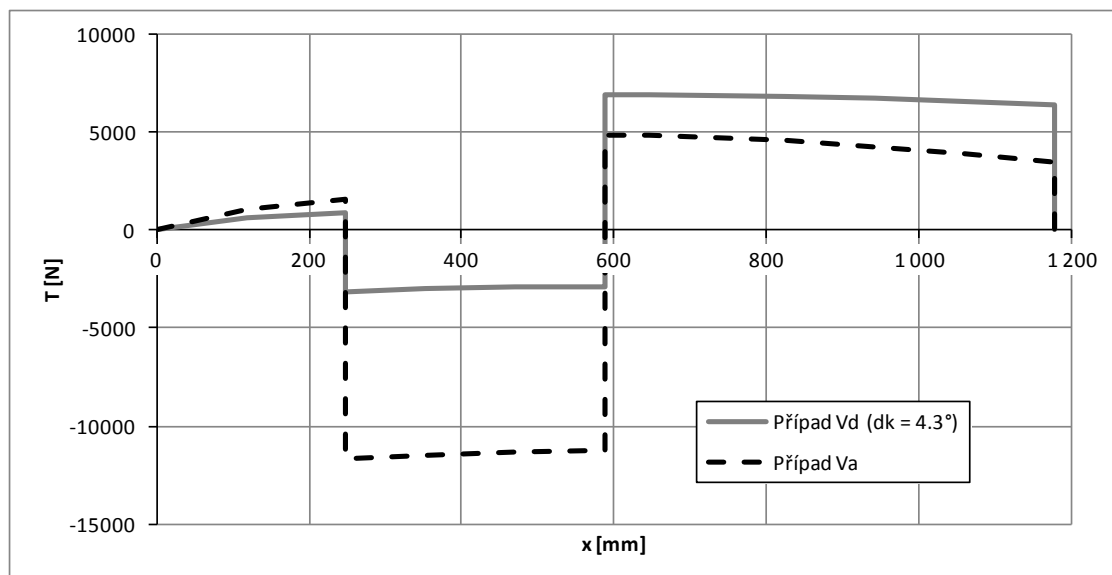
Obrázek 10-18 Zatížení kořenového žebra (převzato z Stafiej, 2000 [26])

Výsledky výpočtu vnitřních účinků jsou uvedeny v následující tabulce a grafech.

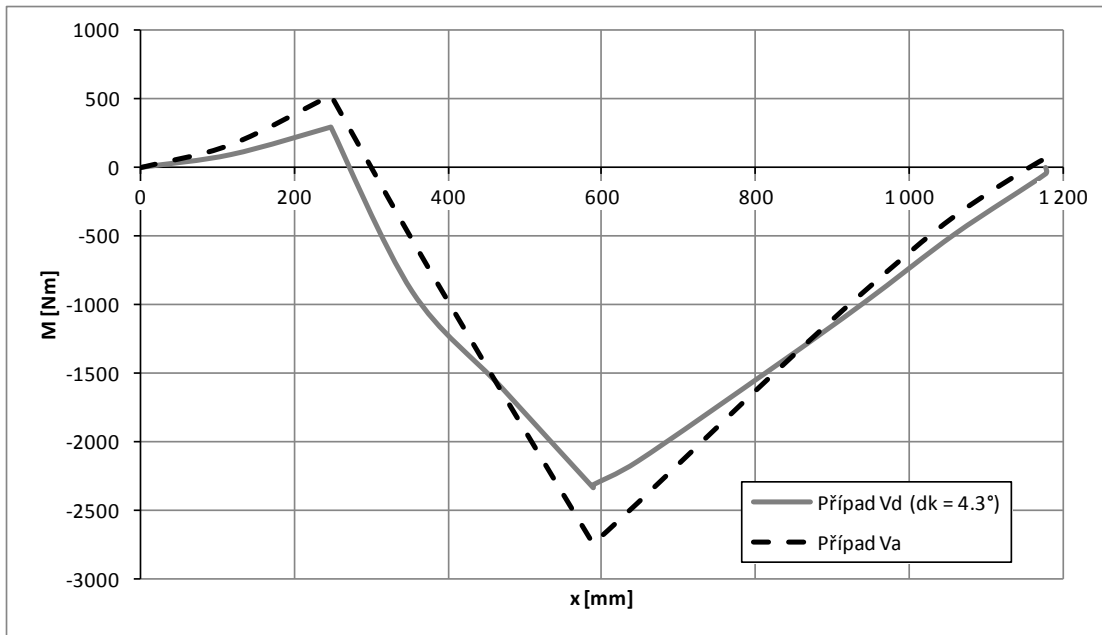
Uvedená zatížení jsou početní.

Tabulka 10-14 Výsledné vnitřní účinky v žebřu

Krok i [-]	Geometrie			Případ Vd ($\delta_k = 4.3^\circ$)		Případ Va	
	x [mm]	Fx [mm ²]	H [mm]	T [N]	M [Nm]	T [N]	M [Nm]
0	0	0	0	0	0	0	0
1	118	10588	138.3	615	94	1 104	169
2	248	33228	195.2	869	296	1 558	530
2.1	248	33228	195.2	-3 128	296	-11 667	530
3	353	54465	220.4	-3 016	-907	-11 466	-527
4	471	81617	238.4	-2 936	-1 619	-11 322	-1 651
5	589	110157	244.1	-2 910	-2 344	-11 277	-2 754
5.1	589	110157	244.1	6 931	-2 324	4 854	-2 754
6	647	125720	242.4	6 923	-2 152	4 832	-2 455
7	825	165953	222.7	6 837	-1 461	4 580	-1 506
8	942	190885	199.3	6 735	-988	4 280	-904
9	1 060	212687	169.8	6 607	-487	3 903	-352
10	1 178	230713	134.1	6 451	-47	3 446	70
10.1	1 178	0	0	0	0	0	0



Obrázek 10-19 Průběh posouvající síly v kořenovém žebřu



Obrázek 10-20 Průběh ohybového momentu v kořenovém žebří

10.4.2 Pevnostní kontrola stěny kořenového žebra

Stěna kořenového žebra je tvořena plechem 2024 o tloušťce 1.6 mm. Stěna přenáší posouvající sílu T (Obrázek 10-19).

Únosnost stěny žebra byla vypočítána metodou NACA - ARR 1942, SAAB TN 29 1954, popsanou v Souboru podkladů pro pevnostní výpočty leteckých konstrukcí - str 3.7 [6]

Postup uvedeného výpočtu je popsán v kapitole 10.1.2 Únosnost plechové stojiny hlavního nosníku s odlehčovými otvory.

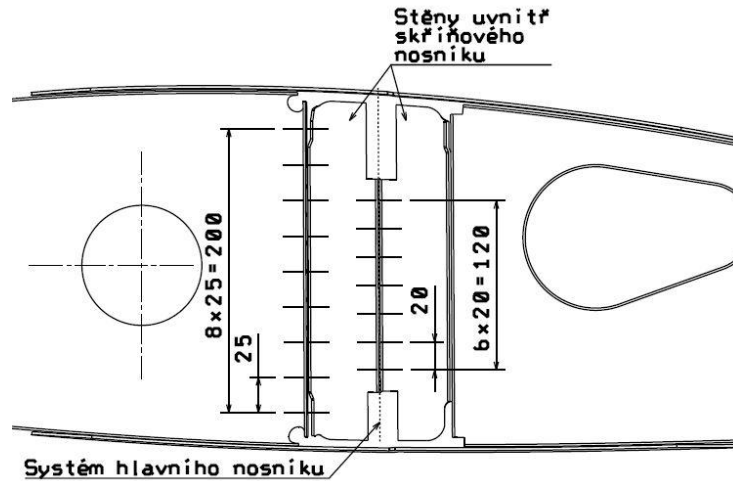
. Výpočet se zaměřil pouze na extrémy funkce průběhu posouvající síly s ohledem na jednotlivé konstrukční prvky žebra.

Tabulka 10-15 Pevnostní kontrola stěny žebra

		Náběžná část	Přední část	Zadní část	Uvnitř boxu
T	[N]	1 558	-11 667	6 931	-11 667
H	[mm]	138.3	195.2	244.1	237
q	[N mm ⁻¹]	11.3	-59.8	28.4	-49.2
D	[mm]	90	80	160	0
qp	[N mm ⁻¹]	152	108	87	88
q_{kr}	[N mm ⁻¹]	53	63.9	30	88
RF	[-]	4.71	1.07	1.06	1.79

10.4.3 Kontrola nýtového spojení mezi lemem žebra a stěnou boxu nosníku a spojení mezi lemem vnitřní stěny a stojiny nosníku.

Jedná se kritické spojení, které přenáší nevyšší posouvající sílu.



Obrázek 10-21 Schéma nýtového spoje žebra

- I. Spojení lemu žebra se stěnou boxu nosníku:
 - a. Početní posouvající síla $T = -11\ 667\ \text{N}$
 - b. Nýty:
 - i. Počet nýtů $n = 9$
 - ii. Průměr nýtů $d = 3\ \text{mm}$
 - iii. Rozteč $r = 25\ \text{mm}$
 - iv. Materiál nýtů 2017 - A T4 ($R_{ms} = 260\ \text{MPa}$)
 - v. Spojení jednostřížné
 - c. Síla na jeden nýt:

$$F_N = \frac{T}{n} = \frac{-11667}{9} = -1296\ [\text{N}] \quad 10.44$$

- d. Smykové napětí nýtu:

$$\tau_N = \frac{F_N}{A_N} = \frac{-1296}{7.01} = -183\ [\text{MPa}] \quad 10.45$$

- e. Součinitel rezervy:

$$RF = \frac{R_{ms}}{\tau_N} = \frac{260}{183} = 1.42\ [-] \quad 10.46$$

- II. Spojení vnitřní stěny v boxu se stojinou nosníku:
 - a. V tomto místě dochází k změně smyslu působení posouvající síly. Výsledná zatěžující síla je tedy rozdíl v posouvajících silách

$$F = T_{i=5} - T_{i=5.1} = -11\ 227 - 4854 = -16\ 520\ [\text{N}] \quad 10.47$$

b. Nýty:

- i. Počet nýtů $n = 7$
- ii. Průměr nýtů $d = 3 \text{ mm}$
- iii. Rozteč $r = 20 \text{ mm}$
- iv. Materiál nýtů 2017 - A T4 ($R_{ms} = 260 \text{ MPa}$)
- v. Spojení dvojstřížné (zadní a přední plech uvnitř boxu rozděluje stojina)

c. Síla na jeden nýt:

$$F_N = \frac{T}{2n} = \frac{-16\,520}{14} = -1180 \text{ [N]} \quad 10.48$$

d. Smykové napětí nýtu:

$$\tau_N = \frac{F_N}{A_N} = \frac{-1180}{7.01} = -167 \text{ [MPa]} \quad 10.49$$

e. Součinitel rezervy:

$$RF = \frac{R_{ms}}{\tau_N} = \frac{260}{167} = 1.56 \text{ [-]} \quad 10.50$$

10.4.4 Pevnostní kontrola lemu žebra

Lem žebra přenáší ohybový moment žebra (Obrázek 10-20). V místě, kde hlavní nosník dělí žebro na náběžnou a odtokovou část slouží k zachycení ohybového momentu výztužný pásek o tloušťce 2 mm (Obrázek 9-35).

Postup výpočtu:

1. Pro každý řez byl vybrán rozhodující ohybový moment M_{krit} (mezi případy V_A a V_D $\delta=4.3$.)
2. Síla (P) do lemu v daném řezu pak odpovídá:

$$P = \frac{M_{krit}}{H} \text{ [N]} \quad 10.51$$

kde H je vzdálenost mezi horním a dolním lemem.

3. Do nosného průřezu byla započítána průřezová plocha lemu, potahu a pásku.
4. Napětí v nosném průřezu je pak:

$$\sigma = \frac{P}{A_{LEM}} \text{ [MPa]} \quad 10.52$$

5. Napětí je pak potřeba porovnat
 - V případě tahového napětí s mezí pevností v tahu
 - V případě tlakového napětí s kritickým napětím v tlaku

$$RF = \frac{R_m}{\sigma} \text{ [-]} \quad 10.53$$

$$RF = \frac{\sigma_k}{\sigma} \quad [-]$$

Pozn. kritické napětí v tlaku bylo určeno dle Souboru podkladů pro pevnostní výpočty leteckých konstrukcí, Čtverák, Mertl, Pištěk. [6].

Výsledky výpočtu jsou uvedeny v následující tabulce.

x [mm]	H [mm]	A_{LEM} [mm ²]	M krit [Nm]	P [N]	σ [MPa]	σ_{kr} [MPa]	RF (tlak) [-]	RF (tah) [-]
0	0	24	0	0	0	176	-	-
118	138.3	56	169	1 222	22	176	8.07	19.25
248	195.2	56	530	2 717	49	176	3.63	8.66
248	195.2	56	530	2 717	49	176	3.63	8.66
353	220.4	48	-907	-4 114	-86	176	2.05	4.90
471	238.4	88	-1 651	-6 927	-79	176	2.24	5.34
589	244.1	86	-2 754	-11 281	-131	176	1.34	3.20
589	244.1	86	-2 754	-11 281	-131	176	1.34	3.20
647	242.4	88	-2 455	-10 126	-115	176	1.53	3.65
825	222.7	48	-1 506	-6 761	-141	176	1.25	2.98
942	199.3	48	-988	-4 955	-103	176	1.70	4.07
1 060	169.8	48	-487	-2 866	-60	176	2.95	7.04
1 178	134.1	48	-70	-519	-11	176	16.29	38.87
1 178	0	16	0	0	0	176	-	-

11 HMOTOVÝ ROZBOR A POROVNÁNÍ S PŮVODNÍ KONSTRUKCÍ

11.1 Hmotnost původní konstrukce

Hmotnost křídla původní konstrukce byla stanovena měřením inerčních charakteristik 3D CAD modelu konstrukce. CAD model byl získán od firmy Blaník Aircraft s.r.o. Na duralové díly byl aplikován virtuální materiál o hustotě 2780 kg m³, na ocelové díly byl aplikován virtuální materiál o hustotě 7850 kg m³. Jelikož nová konstrukce křídla zasahuje až do osy symetrie kluzáku, bylo do stanovení hmotnosti původní konstrukce zahrnuta i hmotnost centroplánového závěsu.

Hmotnost původní konstrukce činí: **89.45 kg**.

11.2 Hmotnost nové konstrukce

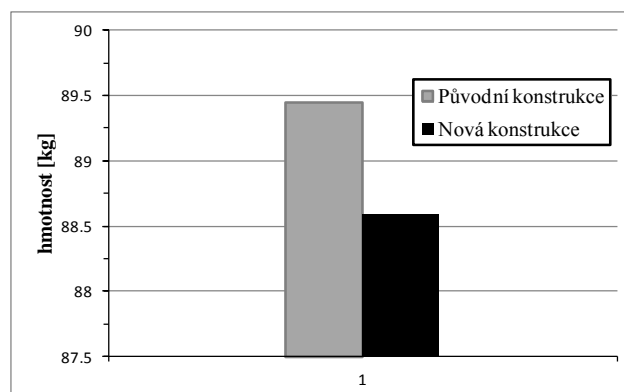
Hmotnost křídla nové konstrukce byla stanovena opět metodou zjištění inerčních charakteristik v CAD modelu. CAD model byl v tomto případě vytvořen v rámci diplomové práce. U dílů ze slitin hliníku byla opět uvažována hustota 2780kg m³

a u ocelových dílů hustota 7850 kg m³. Hmotnosti systémů ovládání křídélka a aerodynamické brzdy a hmotnost křídélka byly zjištěny z CAD modelu stávající konstrukce.

Tabulka 11-1 Rozbor hmotnosti konstrukce

Hlavní nosník:	Horní pásnice:	9.61	[kg]
	Dolní pásnice:	7.31	[kg]
	Stojina:	3.72	[kg]
	Hlavní závěs:	5.35	[kg]
	Stěny skříňového nosníku:	1.46	[kg]
Zadní nosník:	V oblasti křídélka:	0.97	[kg]
	V oblasti mimo křídélko:	1.02	[kg]
Trnový závěs:	Část v křídle:	1.13	[kg]
	Část v trupu:	2.37	[kg]
Podélníky:	Přední horní:	0.95	[kg]
	Přední dolní:	0.93	[kg]
	Zadní horní:	0.52	[kg]
	Zadní dolní:	0.52	[kg]
Potah:		36.89	[kg]
Křídélko:		6.79	[kg]
Žebra:	Kořenové žebro:	1.45	[kg]
	S Ostatní žebra:	2.97	[kg]
Systém řízení:	Ovládání křídélka:	2.63	[kg]
	Ovládání brzdy:	2.00	[kg]
Celková hmotnost křídla:			<u>88.59 [kg]</u>

Z výsledků je patrné, že nová konstrukce má nepatrně nižší hmotnost. Rozdíl činí 0.86 kg. Nutno ovšem podotknout, že se v obou případech nejedná o přesné stanovení hmoty. V obou případech byla zanedbána například hmotnost spojovacího materiálu, nátěrů apod.



Obrázek 11-1 Porovnání hmotností konstrukcí

12 ZÁVĚR

Diplomová práce byla zaměřena na návrh nové konstrukce křídla kluzáku L-23 s využitím moderních technologií při výrobě. Návrh se řídil stavebním předpisem CS-22.

V úvodní části byly popsány stávající i progresivní technologie pro výrobu nové konstrukce. Rovněž se v této části nachází specifikace základních použitých materiálů, které jsou naopak voleny konzervativně.

Pro návrh konstrukce bylo nutné provést výpočet zatížení konstrukce, z čehož byly stanoveny rozhodující případy zatížení V_A , V_G a $V_D \delta=4.3^\circ$.

Konstrukce je celokovová s masivním hlavním nosníkem. Pro jednoduchost výroby je převážná část konstrukce sestavena z plechů. Rozvinuté tvary polotovarů jsou zhotovovány obrysovým frézováním nebo řezáním vodním paprskem. Plechy mohou být v obráběcím stroji navrstveny na sebe tak, že jeden obráběcí program zhotoví několik sad identických dílů. Velká část plechových polotovarů má rovněž předvrtané pozice děr pro nýtování tak, aby bylo v co největší míře možno aplikovat technologii bezpřípravkového nýtování (tzv. díra na díru). U složitěji tvářených dílů bude třeba pozice děr opravit o poznatky z výroby a experimentů. Součástí vyrobených objemovým frézováním je minimum. V maximální míře bylo využito trnových nýtů, které zkracují čas pro zhotovení nýtového spoje, zejména pokud je k závěrné hlavě špatný přístup. Zmíněné technologie dávají předpoklad úspornější výroby.

Závěs křídla k trupu byl kompletně přestruován tak, aby bylo snazší křídlo sundat a opět k trupu připojit dle provozních potřeb.

Koncepce konstrukce má potenciál v dalším rozvoji aplikováním moderních materiálů, například ARALL, GLARE nebo CARE na pásnice hlavního nosníku. [18].

Únosnost navržené konstrukce byla prověřena statickými pevnostními výpočty. Výpočty většinou vycházely z analytických vztahů. Závěsy křídla byly kontrolovány statickou lineární MKP metodou. Všechny hlavní části konstrukce z hlediska statické pevnosti vyhovují.

Závěr práce se zabývá hmotovým rozbohem navržené konstrukce a porovnáním se stávající konstrukcí. Z hlediska hmot jsou obě konstrukce (stará i nová) ekvivalentní.

Cíle diplomové práce byly splněny.

13 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A ZNAČENÍ

Zkratka / značení	Jednotka	Slovní popis
α	deg	Úhel náběhu
χ	deg	Úhel lomení nosníku vlivem šípu křídla
σ	[MPa]	Tahové / tlakové mechanické napětí
δ_K	[deg]	Výchylka křídélka (dolů kladná)
a	rad ⁻¹	Sklon vztlakové čáry
b	m	Rozpětí křídla
C	m	Hloubka profilu (vzdálenost náběžné a odtokové hrany) [m]
CAD	-	Computer-aided design (Počítačová podpora projektování)
CAM	-	Computer-aided manufacturing (Počítačová podpora výroby)
C_D	-	Součinitel aerodynamického odporu
C_L	-	Součinitel vztlaku
C_m	-	Součinitel klopivého momentu
CNC	-	Computer numerical control (Číslicové řízení strojů s využitím počítače)
C_{SAT}	m	Střední aerodynamická těživa
D	mm	Průměr
EAS	km h ⁻¹	Equivalent Air Speed (Ekvivalentní rychlost letu). Pro výpočty převést na m s ⁻¹ .
M_K	Nm	Kroutící moment
MKP	-	Metoda konečných prvků
M_N	Nm	Normální ohybový moment
MSA	-	Mezinárodní standardní atmosféra
M_T	Nm	Tečný ohybový moment
n	-	Násobek zatížení

NC	-	Numerical kontrol (Číslicové (digitální) řízení většinou obráběcích strojů)
P_{VOP}	N	Vyvažovací síla od vodorovných ocasních ploch
q	$N\text{ mm}^{-1}$	Smykový tok
q_{kr}	$N\text{ mm}^{-1}$	Maximální smykový tok (únosnost) stojiny s otvory a rozpěrkami (viz. kap. 10.1.1)
q_p	$N\text{ mm}^{-1}$	Maximální smykový tok (únosnost) stojiny bez otvorů [6]
RF	[-]	Součinitel rezervy (Reserve Factor)
S	m^2	Plocha křídla
S.L.	-	Směr letu
T_D	N	Posouvající síla ve směru odporu
T_L	N	Posouvající síla ve směru vztlaku
T_N	N	Normální posouvající síla
T_T	N	Tečná posouvající síla
typ.	-	Rozměry jsou shodné (typické) pro všechny obdobné nekótované části.
U	$m\text{ s}^{-1}$	Rychlost poryvu kolmo na směr letu
V_∞	$km\text{ h}^{-1}$	Rychlost nabíhajícího nerušeného proudu vzduchu. Pro výpočty převést na $m\text{ s}^{-1}$.
V'_{S1}	$km\text{ h}^{-1}$	Pádová rychlost při záporném násobku (viz kap. 7.1). Pro výpočty převést na $m\text{ s}^{-1}$.
V_A	$km\text{ h}^{-1}$	Návrhová obrátová rychlost (viz kap. 7.1). Pro výpočty převést na $m\text{ s}^{-1}$.
V_B	$km\text{ h}^{-1}$	Návrhová rychlost letu v poryvech (viz kap. 7.1). Pro výpočty převést na $m\text{ s}^{-1}$.
V_D	$km\text{ h}^{-1}$	Maximální návrhová rychlost (viz kap. 7.1). Pro výpočty převést na $m\text{ s}^{-1}$.
V_G	$km\text{ h}^{-1}$	Návrhová obrátová rychlost při záporném násobku (viz kap. 7.1). Pro výpočty převést na $m\text{ s}^{-1}$.
VOP	-	Vodorovné ocasní plochy
V_{S1}	$km\text{ h}^{-1}$	Pádová rychlost (viz kap. 7.1). Pro výpočty převést na $m\text{ s}^{-1}$.

VVÚ	-	Výsledné vnitřní účinky
x_T	-	Poloha těžiště letounu měřená v % střední aerodynamické těživy
ZRK	-	Základní rovina křídla
ZRT	-	Základní rovina trupu
τ	MPa	Smykové mechanické napětí

Ostatní, ojediněle použitá označení a zkratky jsou vysvětleny v textu v místě použití.

14 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] 5M S.R.O. *Letoxid KFL 120: Technický list*. 1. vyd. Kunovice, 2011, 2 s. Dostupné z: <http://www.5m.cz/cz/konstrucni-epoxidova-lepidla/>
- [2] 5M S.R.O. *Letoxid PL 20: Technický list*. 1. vyd. Kunovice, 2013, 2 s. Dostupné z: <http://www.5m.cz/cz/konstrucni-epoxidova-lepidla/>
- [3] ABBOTT, Ira H., Albert E. DOENHOFF a Louis S. STIVERS. *Report No.824: Summary of airfoil data*. Langley Memorial Aeronautical Laboratory Langley Field, Va: National Advisory Committee for Aeronautics, 1945, s. 169. Dostupné z: <http://ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi.ntrs.nasa.gov/19930090976.pdf>
- [4] BROŽ, Václav. *Aerodynamika nízkých rychlostí*. 4. vydání. Praha: Vydavatelství ČVUT, 1995, s. 157-160. PLU 453.
- [5] Computer-aided manufacturing. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001-, 23.1.2015 [cit. 2015-02-24]. Dostupné z: http://en.wikipedia.org/wiki/Computer-aided_manufacturing
- [6] ČTVERÁK, J., V. MERTL a A. PÍŠTĚK. *Soubor podkladů pro pevnostní výpočty leteckých konstrukcí*. Brno: LÚ FSI VUT Brno, 1997.
- [7] ČSN ISO 12281, *Nýty plné se zapuštěnou hlavou*. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2000
- [8] ČSN ISO 8280, *Nýty plné s ploskovypuklou hlavou*. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 1999
- [9] DIN 7337, *Break madreel blind rivets*. Berlin: Deutsches institut für Normung, 1991.
- [10] EUROPEAN ALUMINIUM ASSOCIATION. *Potential Health Effects from Exposure to Aluminium and Aluminium Compounds* [online]. [cit. 2015-02-17]. Dostupné z: http://www.alueurope.eu/wp-content/uploads/2011/11/Al-Fact-Sheet_-_20110728-final.pdf
- [11] European Aviation Safety Agency. *Certification Specifications for Sailplanes and Powered Sailplanes: CS-22*. In: 2009. Dostupné z: <http://easa.europa.eu/system/files/dfu/Consolidated%20version%20CS-22%20Amdt%202.pdf>
- [12] Exvalos: Ložiska a příslušenství. [online]. [cit. 2015-05-01]. Dostupné z: <http://www.exvalos.cz/kruzna-loziska---pouzdra/kroubova-loziska-a-kroubove-hlavice/>
- [13] HUMÁR, Anton. *VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE. Technologie I: Technologie obrábění – 1. část* [online]. Brno, 2003, s. 90-91 [cit. 2015-02-24].

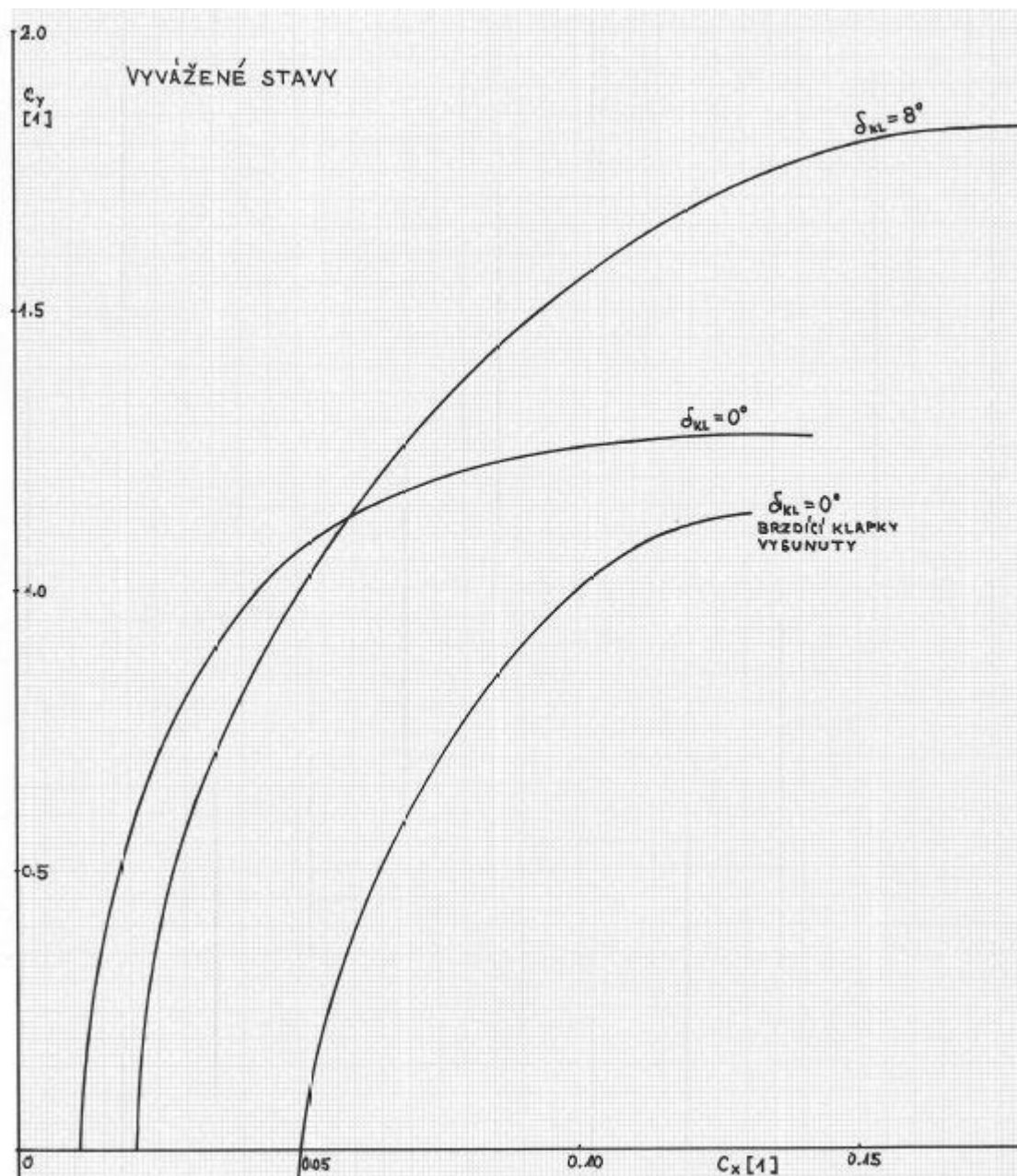
- [14] LDN 1505. *Prosazené otvory kruhové*. 1979. Praha: Výzkumný a zkušební letecký ústav Letňany.
- [15] LEINVEBER, Jan a Pavel VÁVRA. *Strojnické tabulky*. Úvaly: Albra, 2005. ISBN 80-7361-011-6.
- [16] MATĚJČKOVÁ, Renata. *Hygienická problematika pracovního prostředí laminoven v Královéhradeckém kraji*. Praha, 2013. Diplomová. Univerzita Karlova v Praze. Vedoucí práce RNDr. Jaroslav Mráz, CSc.
- [17] MEČIAR, Marián. LET K.P. UHERSKÉ HRADIŠTĚ - KUNOVICE. *Průkaz pevnosti kluzáku L-23 dle požadavků předpisu JAR-22: (Výtah z pevnostního výpočtu)*. 1. vydání. Kunovice, 1989.
- [18] MICHALIČKA, Jan a Josef KLEMENT. Fracture Toughness of Fiber-metal Laminate CARE: Lomová houževnatost laminátu CARE s kovovými vlákny. *Czech Aerospace Proceedings: Letecký zpravodaj*. Praha, 2008(2). ISSN 1211—877X.
- [19] MIL-HDBK-5H. *Metallic Materials and Elements For Aerospace Vehicle Structures*. Department of Defense - United States of America, 1998.
- [20] NARAYAN, K. Lalit, K. Mallikarjuna RAO a M. M. M SARCAR. *Computer Aided Design and Manufacturing* [online]. New Delhi: Prentice Hall of India., 2008, s. 3-4 [cit. 2015-02-23]. ISBN 812033342X.
- [21] NIU, Michael Chung-Yung. *Airframe stress analysis and sizing*. Second Edition. Hong Kong: Hong Kong Conmilit Press ltd., 1999. ISBN 9627128-08-02.
- [22] ONL 1235. *Otvory průchozí kruhové lemované*. 1987. Praha: Výzkumný a zkušební letecký ústav Letňany.
- [23] PÍŠTĚK, Antonín, Oldřich GRÉGR, Václav KAHÁNEK a Rudolf BÖHM. *Pevnost a životnost letadel I*. 1. vydání. Brno: Rektorát Vysokého učení technického v Brně, 1988, 36,41. Číslo publikace 1511.
- [24] PÍŠTĚK, Antonín, Pavel BRANČÍK a Miroslav PEŠÁK. *STAUNO: Výpočet únosnosti tenkostěnných leteckých konstrukcí*. 1. vyd. Brno, 2009.
- [25] Sheet metal design. *Catia servis informacyjny* [online]. 1999 [cit. 2015-05-22]. Dostupné z: http://www.catia.com.pl/tutorial/z2/sheet_metal_design.pdf
- [26] STAFIEJ, WIESŁAW. *Obliczenia stosowane przy projektowaniu szybowców*. 1. vyd. Politechnika Warszawska, 2000. Dostupné z: <http://lewczuk.com.pl/materialy/stafiej.pdf>
- [27] SVINKA, Jiří a Miroslav STUDENÝ. N.P. LET UHERSKÉ HRADIŠTĚ - KUNOVICE. *Základní geometrické a aerodynamické podklady pro pevnostní výpočet letounu L-23: Číslo zprávy: A3/87*. Kunovice, 1987.

- [28] URÍK, Tomáš a Petr ADAMÍK. 2008. Relation Between Stress Concentration Around Rivet Hole and Fatigue Properties of Blind Rivet and Rivet-bonded Joints: Vztah mezi koncentrací napětí v okolí otvoru pro nýt a únavovými vlastnostmi nýtovaných a lepenýtovaných spojů. *Czech Aerospace Proceedings: Letecký zpravodaj*. Praha, 2008(2). ISSN 1211—877X.
- [29] Water jet cutter. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001-, 24.2.2015 [cit. 2015-02-24]. Dostupné z: http://en.wikipedia.org/wiki/Water_jet_cutter

15 PŘÍLOHY

PŘÍLOHA 1: POLÁRA KLUZÁKU

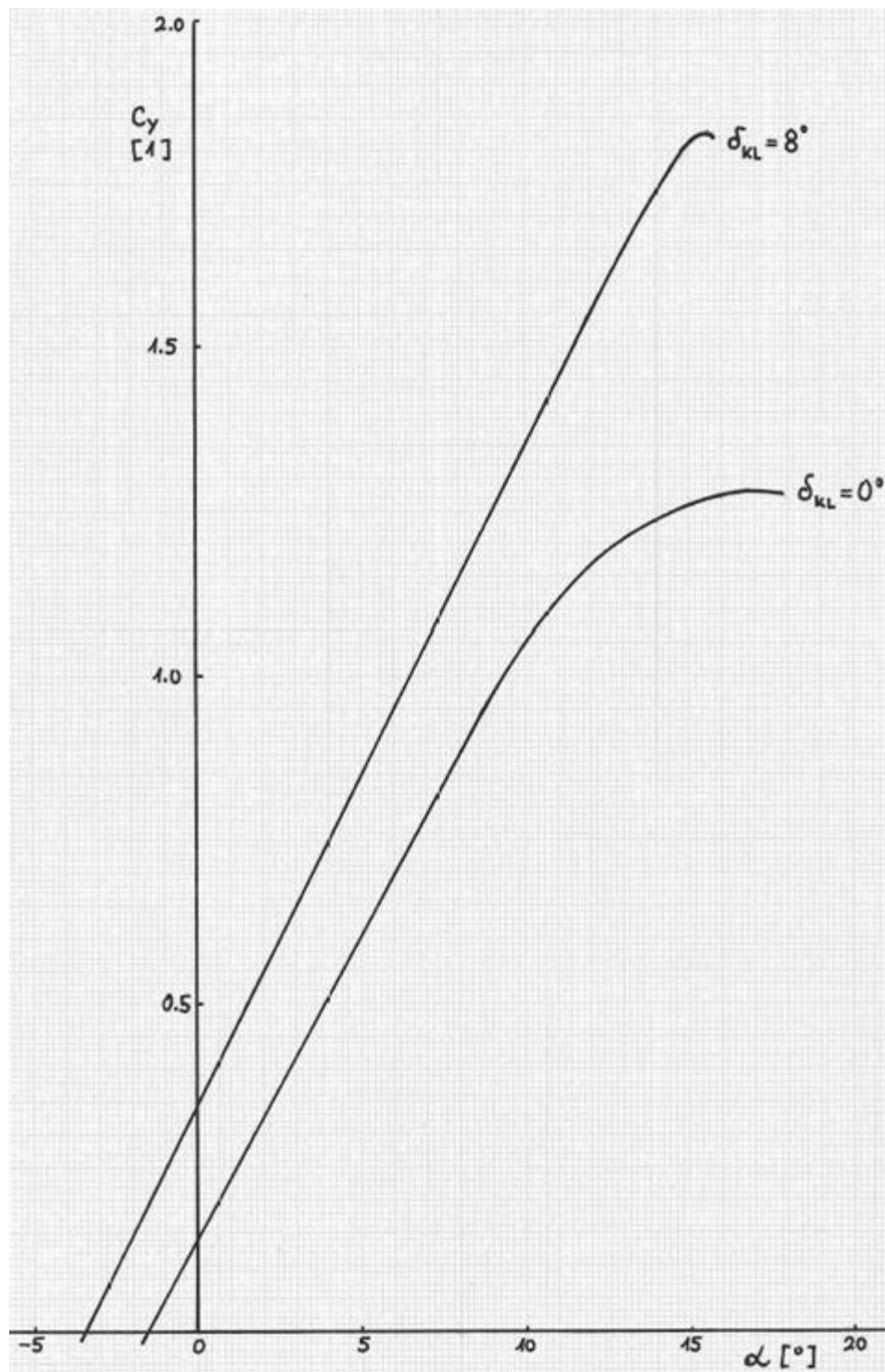
Převzato ze Základních geometrických a aerodynamických podkladů [27].



Pozn. Křivka $\delta_{kl} = 8^\circ$ platí pro L-13 Blaník

PŘÍLOHA 2: VZTLAKOVÁ ČÁRA KLUZÁKU

Převzato ze Základních geometrických a aerodynamických podkladů [27].

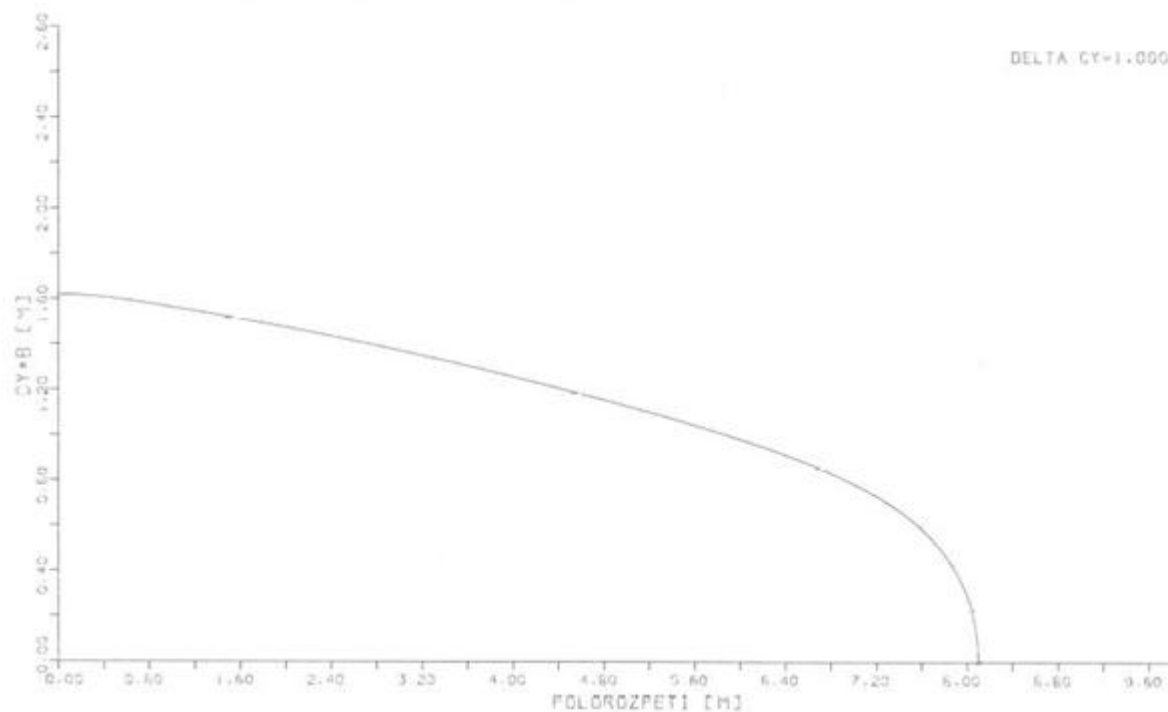


Pozn. Křivka $\delta_{kl} = 8^\circ$ platí pro L-13 Blaník

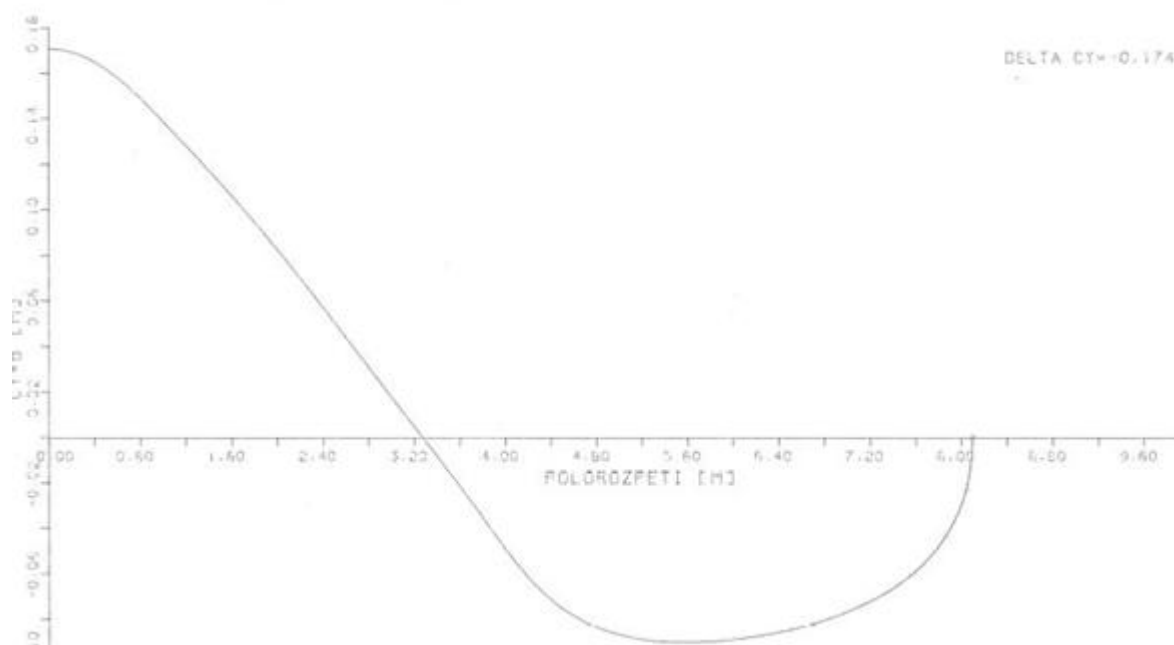
PŘÍLOHA 3: ROZLOŽENÍ SOUČINITELE VZTLAKU

Převzato ze Základních geometrických a aerodynamických podkladů [27].

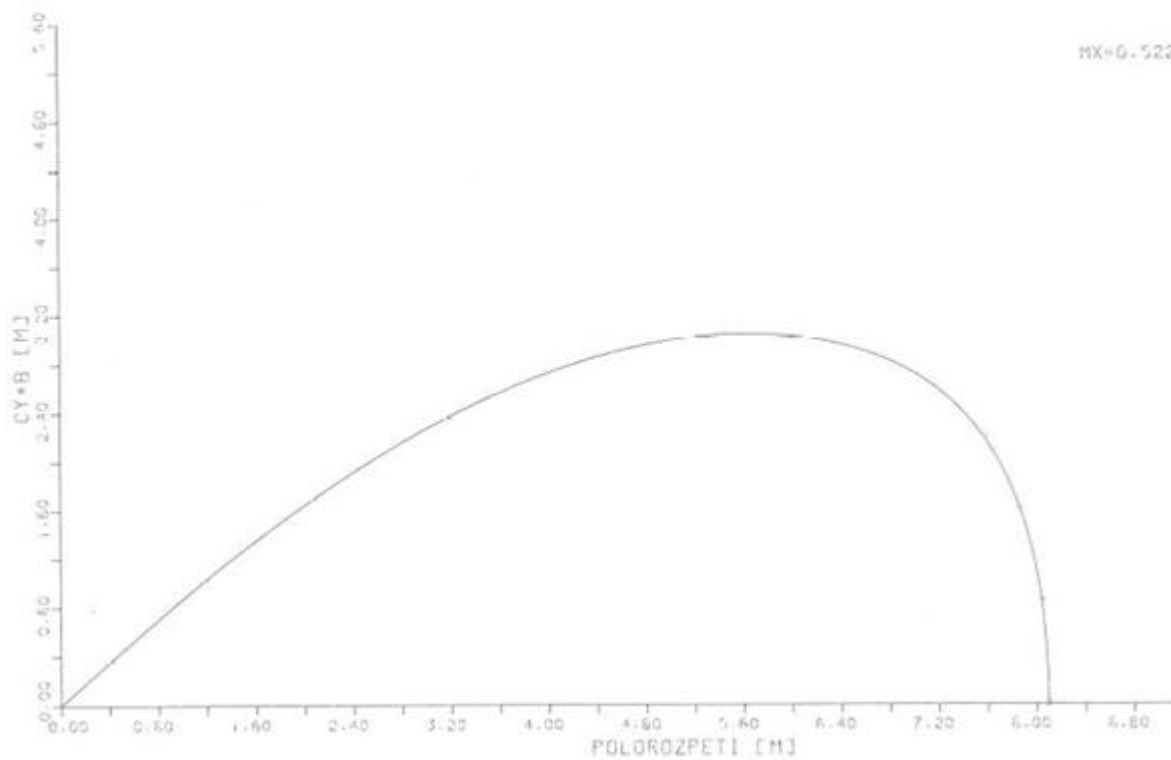
ZAKL. JEDNOTK. ROZLOŽENÍ



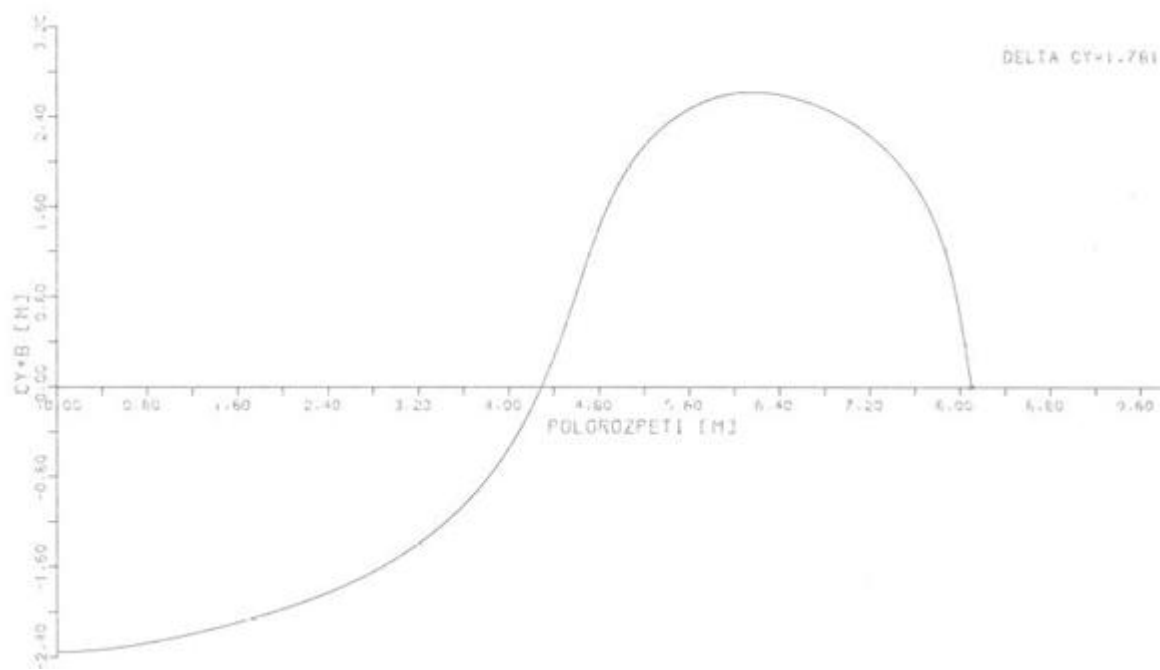
NUL. OD ZKROUCENÍ

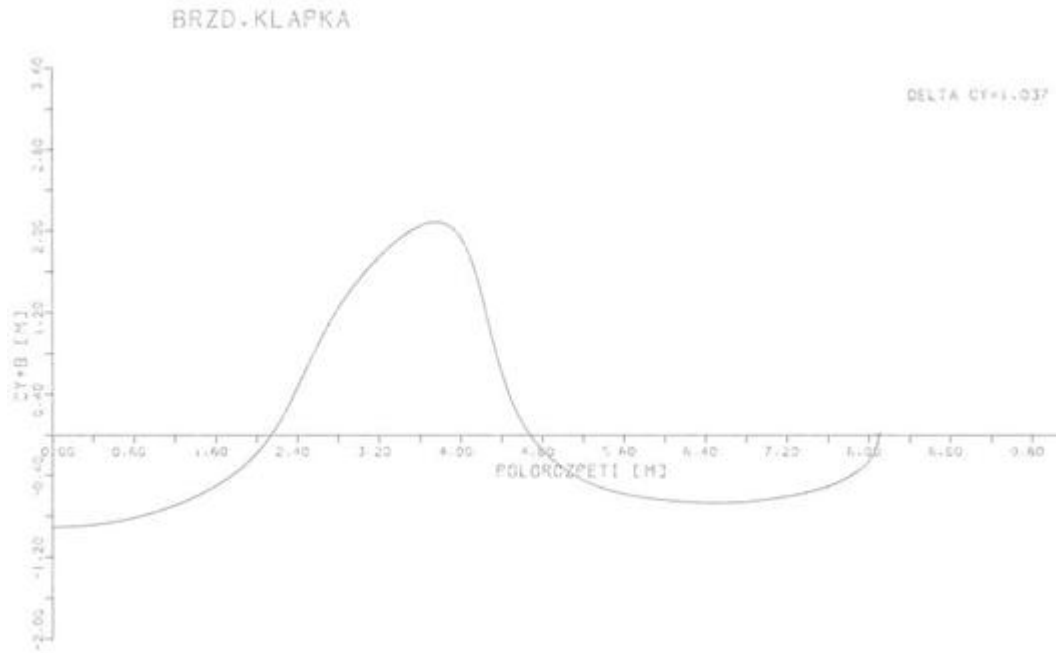


ROZLOZ.00 TLUMENI



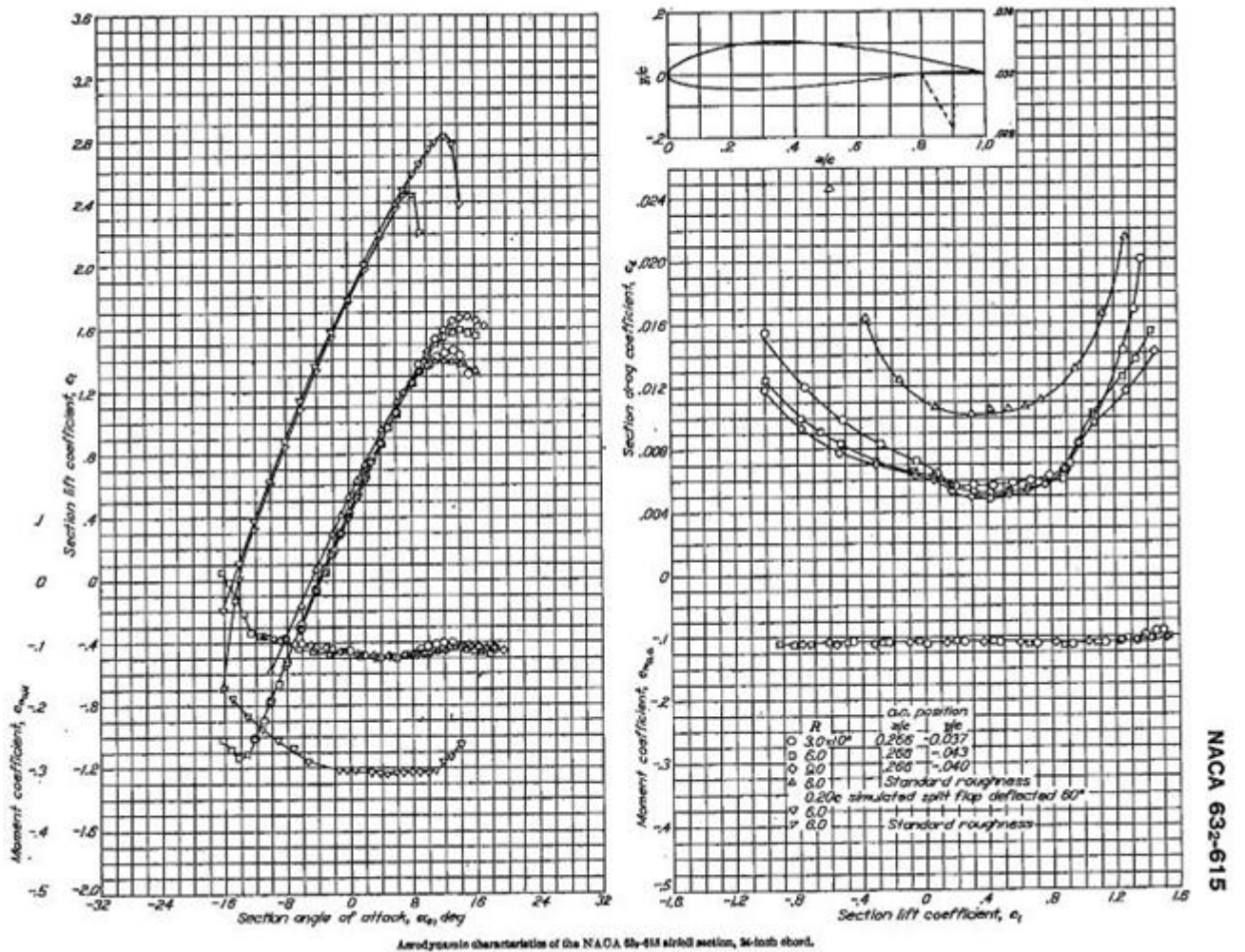
KRIDELKO



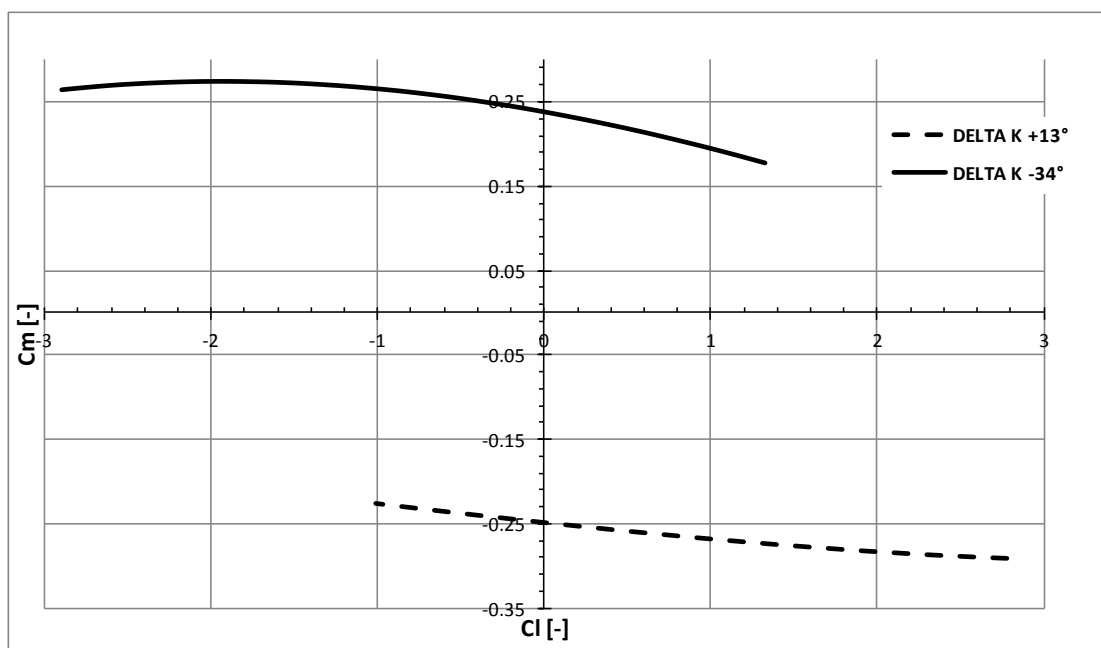
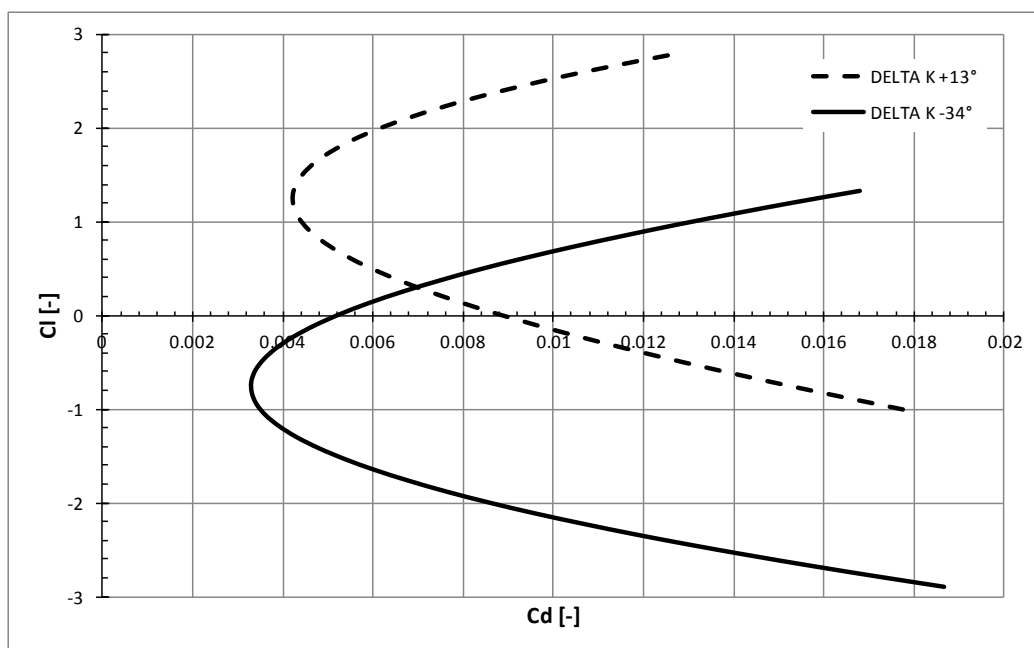


PŘÍLOHA 4: POLÁRA PROFILU

Převzato z Report No.824 [3].

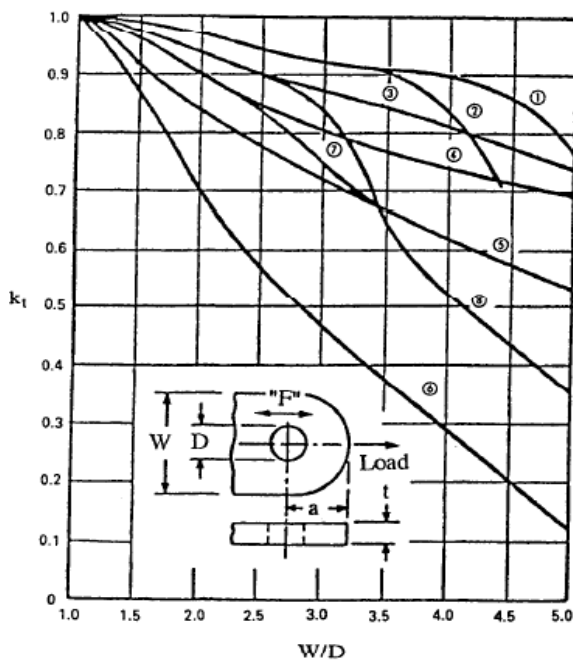
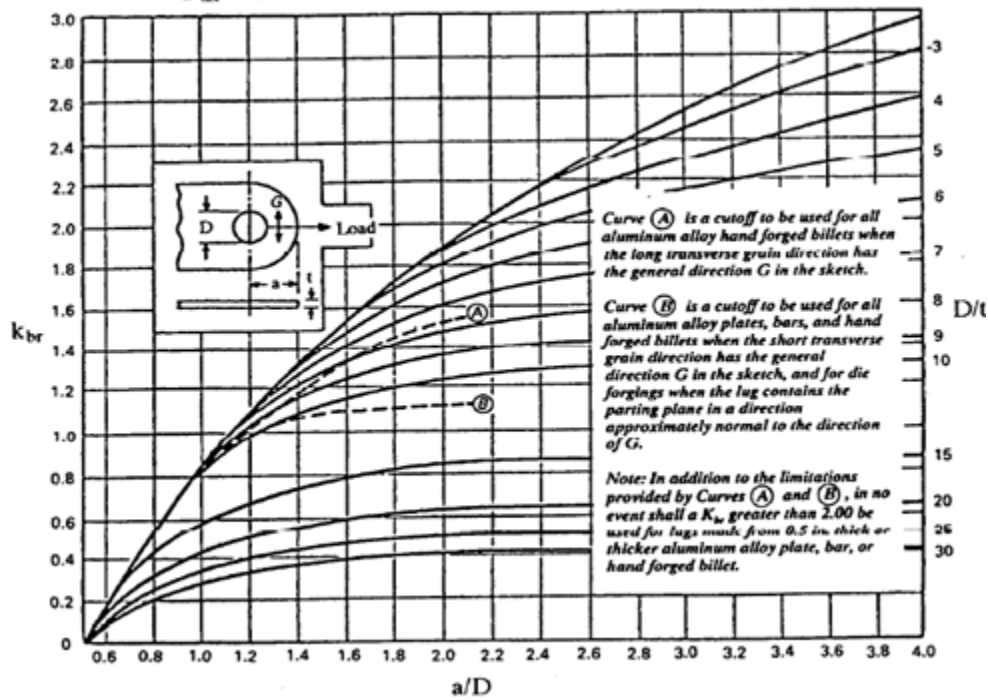


PRÍLOHA 5: POLÁRA PROFILU S VYCHÝLENÝM KŘÍDELKEM



PŘÍLOHA 6: GRAFY PRO PEVNOSTNÍ KONTROLU OKA

Převzato z Niu 1999, [21]



Legend L, LT and ST indicate grain in direction F in sketch:

Aluminum designation:

14S-2014

24S-2024

75S-7075

Curve ①

4130 steel

14S-T6 and 75S-T6 plate ≤ 0.5 in (L, LT)

75S-T6 bar and extrusion (L)

14S-T6 hand forged billet ≤ 144 sq in (L)

14S-T6 and 75S-T6 die forgings (L)

Curve ②

14S-T6 and 75S-T6 plate > 0.5 in, ≤ 1 in

75S-T6 extrusion (LT, ST)

75S-T6 hand forged billet ≤ 36 sq in (L)

14S-T6 hand forged billet > 144 sq in (L)

14S-T6 hand forged billet ≤ 36 sq in (LT)

14S-T6 and 75S-T6 die forgings (LT)

Curve ③

24S-T6 plate (L, LT)

24S-T4 and 24S-T42 extrusion (L, LT)

Curve ④

24S-T4 plate (L, LT)

24S-T3 plate (L, LT)

14S-T6 and 75S-T6 plate > 1 in (L, LT)

24S-T4 bar (L, LT)

75S-T6 hand forged billet > 36 sq in (L)

75S-T6 hand forged billet ≤ 16 sq in (LT)

Curve ⑤

75S-T6 hand forged billet > 16 sq in (LT)

14S-T6 hand forged billet > 36 sq in (LT)

Curve ⑥

Aluminum alloy plate, bar, hand forged billet, and die forging (ST)

75S-T6 bar (LT)

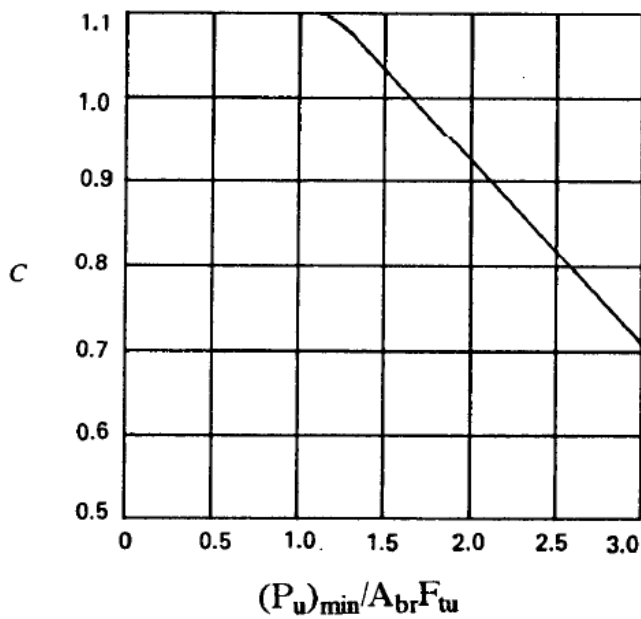
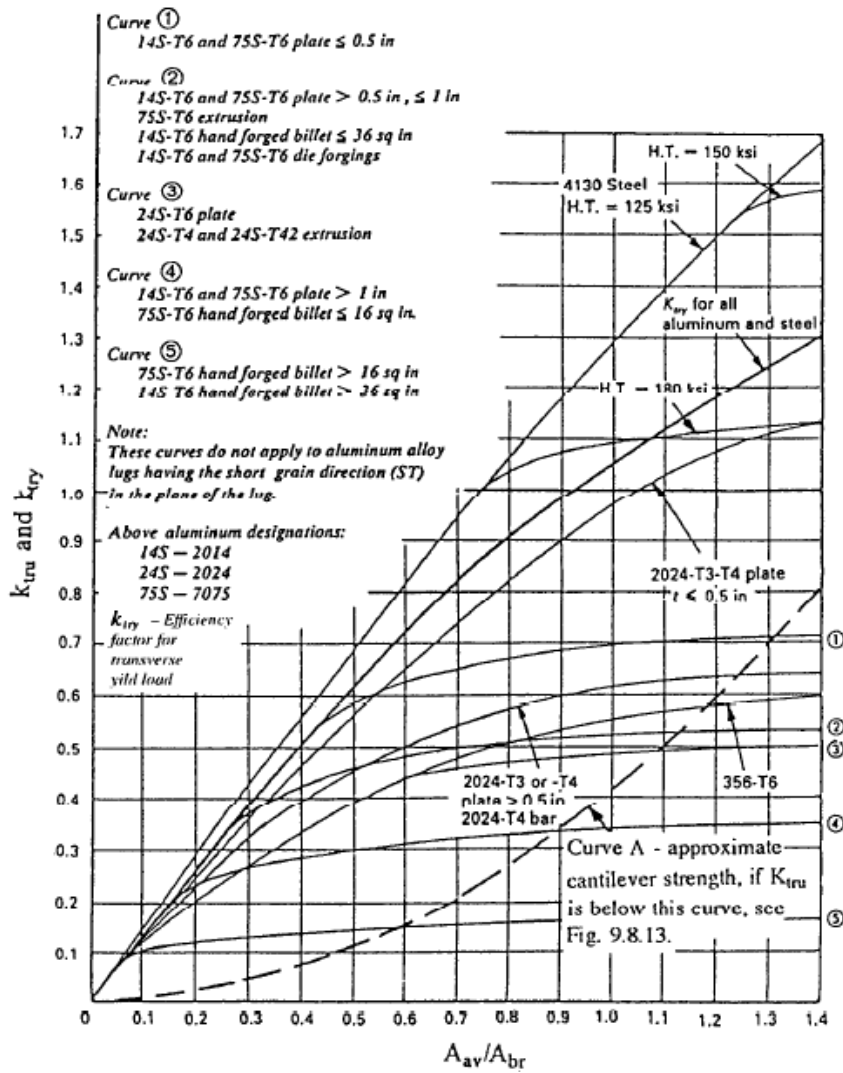
Curve ⑦

18-8 stainless steel, annealed

Curve ⑧

18-8 stainless steel, full hard. Note: for $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$ and $\frac{3}{4}$ hard,

Interpolate between Curves ⑦ and ⑧



PŘÍLOHA 7: VÝSLEDKY VÝPOČTU V PROGRAMU STAUNO
ŘEZ 348 PŘÍPAD Va

U N O S N O S T P R U R E Z U

LETOUN: L-23 TABULKA: 4
 REZ: 385 VARIANTA: 1 LIST: 2

PRIPAD Va

MN= 48606.4 NM MT= 13017.5 NM MK= -1835.8 NM
 TN= 14767.1 N TT= 4003.2 N TO= .0 N
 PRETLAK= .00000 MPA

POCETNI SMYKOVE TOKY V POTAHU A STOJINACH [N/M]

USEK	QPOCTY	QPOCTX	QPOCMKEO	QPOCVYSL
1 2	13014.33	-613.99	1850.85	14251.18
2 3	44169.58	460.73	1850.85	46481.16
3 4	3558.35	881.63	1850.85	6290.83
4 5	65.09	2808.21	6589.92	9463.23
5 6	-7400.45	2292.73	6589.92	1482.21
6 7	-13205.16	1387.38	6589.92	-5227.85
7 8	-15302.94	761.50	6589.92	-7951.51
8 9	-16166.14	46.33	6589.92	-9529.88
9 10	-15304.84	-648.28	6589.92	-9363.19
10 11	-13221.28	-1238.74	6589.92	-7870.10
11 12	-10478.90	-1730.88	6589.92	-5619.85
12 13	-3913.49	-2433.52	6589.92	242.91
13 14	4018.03	-2732.38	6589.92	7875.58
15 16	-905.66	-1853.09	4739.08	1980.33
16 17	6846.45	-924.02	4739.08	10661.51
17 18	9583.37	-414.55	4739.08	13907.90
18 19	11311.44	138.32	4739.08	16188.84
19 20	11111.44	669.30	4739.08	16519.81
20 21	9698.16	1123.96	4739.08	15561.20
21 22	4078.63	1873.33	4739.08	10691.03

STATICKE HODNOTY PRI JEDNOTLIVYCH KROCICH

KROK	PRVEK	JX0T	JY0T	ALFA	XT	YT	TAU	SIGMA	SUMA
		*E-4 [M4]	*E-4 [M4]	ST.	M	M	MPA	MPA	KMIN
1	P 21 22	.5207	3.2609	3.8	-.062	.064	.6	-3.9	.045
2	P 4 6	.5020	3.1875	3.0	-.068	.061	.5	-13.0	.115
3	P 20 21	.4414	3.0627	4.5	-.056	.051	2.4	-5.9	.122
4	S 6	.4343	2.7999	3.6	-.068	.048	.0	-60.0	.451
5	P 6 12	.4194	2.6715	4.7	-.060	.046	-4.2	-16.6	.664
6	S 21	.3878	.9635	10.3	.018	.049	.0	-60.0	.669
7	N 4	.3833	.9117	8.7	.013	.047	.0	-250.0	1.814
8	P 16 17	-.0050	.9064	10.0	.031	-.040	24.4	235.6	1.829
9	P 15 16	-.0085	.7423	11.6	.007	-.041	4.6	149.9	1.871
10	S 12	-.0105	.7113	12.2	-.004	-.041	.0	420.0	1.902
11	N 20	-.0177	.5201	15.6	.023	-.039	.0	420.0	1.913
12	N 17	-.0194	.3674	13.6	.005	-.046	.0	-60.0	1.918
13	P 12 14	-.0251	.2276	18.8	-.014	-.048	6.7	367.3	1.975
14	S 16	.0402	-.0951	.0	.057	-.043	.0	-60.0	1.991
15	N 1	.0000	-.0881	.0	.042	-.043	.0	420.0	1.999

ŘEZ 348 PŘÍPAD Vg

U N O S N O S T P R U R E Z U

LETOUN: L-23

TABULKA:

REZ: 385 VARIANTA: 1

LIST:

PRIPAD Vg

MN= -22344.8 NM MT= 5984.2 NM MK= 1467.3 NM
 TN= -5969.3 N TT= 1618.2 N TO= .0 N
 PRETLAK= .00000 MPA

POCETNI SMYKOVE TOKY V POTAHU A STOJINACH [N/M]

USEK	QPOCTY	QPOCTX	QPOCMKEO	QPOCVYSL
1 2	-5260.75	-248.19	-1427.28	-6936.22
2 3	-17854.57	186.24	-1427.28	-19095.61
3 4	-1438.39	356.38	-1427.28	-2509.29
4 5	-26.31	1135.16	-5081.82	-3972.98
5 6	2991.47	926.78	-5081.82	-1163.57
6 7	5337.89	560.82	-5081.82	816.89
7 8	6185.87	307.82	-5081.82	1411.87
8 9	6534.80	18.73	-5081.82	1471.70
9 10	6186.64	-262.05	-5081.82	842.76
10 11	5344.41	-500.73	-5081.82	-238.15
11 12	4235.86	-699.67	-5081.82	-1545.63
12 13	1581.94	-983.69	-5081.82	-4483.57
13 14	-1624.20	-1104.50	-5081.82	-7810.52
15 16	366.09	-749.07	-3654.54	-4037.52
16 17	-2767.53	-373.51	-3654.54	-6795.58
17 18	-3873.86	-167.57	-3654.54	-7695.98
18 19	-4572.40	55.91	-3654.54	-8171.03
19 20	-4491.55	270.55	-3654.54	-7875.54
20 21	-3920.27	454.33	-3654.54	-7120.47
21 22	-1648.69	757.25	-3654.54	-4545.99

STATICKE HODNOTY PRI JEDNOTLIVYCH KROCICH

KROK	PRVEK	JX0T	JY0T	ALFA	XT	YT	TAU	SIGMA	SUMA
		*E-4 [M4]	*E-4 [M4]	ST.	M	M	MPA	MPA	KMIN
1	P 15 16	.5207	3.2609	3.8	-.062	.064	-.4	-4.0	.082
2	P 16 17	.4916	3.1975	4.6	-.068	.068	-1.2	-6.0	.138
3	P 12 14	.4651	2.9423	6.4	-.080	.071	-.8	-8.6	.159
4	P 6 12	.4007	2.8112	4.7	-.069	.083	.3	-16.6	.764
5	S 12	.3678	1.1494	-.5	.005	.092	.0	-60.0	.818
6	S 16	.3303	.9597	-7.4	.017	.097	.0	-60.0	.943
7	N 17	.3213	.9093	-5.4	.012	.100	.0	-60.0	1.459
8	N 1	.3175	.7685	-2.8	.004	.102	.0	-250.0	2.733
9	S 6	.0044	.7635	-4.2	.011	.160	.0	-60.0	2.758
10	P 20 21	-.0001	.5602	-6.8	.029	.161	-24.6	6.6	2.760
11	P 21 22	-.0018	.3939	-8.8	.010	.162	-15.7	22.7	2.763
12	N 20	-.0039	.3642	-10.0	.001	.160	.0	-60.0	2.787
13	S 21	-.0067	.2187	-14.0	-.014	.161	.0	-60.0	2.788
14	P 4 6	-.0117	.1641	-18.7	-.024	.161	-6.1	341.0	2.852
15	N 4	.0313	-.1034	.0	.024	.160	.0	420.0	20.871

ŘEZ 348 PŘÍPAD Vd

UNOSNOST PRUREZU

LETOUN: L-23

TABULKA:

REZ: 385 VARIANTA: 1

LIST:

PRIPAD Vd

MN= 41420.6 NM MT= 1478.3 NM MK= 1467.3 NM
 TN= 9778.0 N TT= 416.3 N TO= .0 N
 PRETLAK= .00000 MPA

POCETNI SMYKOVE TOKY V POTAHU A STOJINACH [N/M]

USEK	QPOCTY	QPOCTX	QPOCMKEO	QPOCVYSL
1 2	8617.48	-63.84	-621.86	7931.77
2 3	29247.03	47.91	-621.86	28673.07
3 4	2356.18	91.67	-621.86	1825.98
4 5	43.10	292.00	-2214.14	-1879.04
5 6	-4900.23	238.40	-2214.14	-6875.97
6 7	-8743.84	144.26	-2214.14	-10813.72
7 8	-10132.89	79.18	-2214.14	-12267.85
8 9	-10704.46	4.82	-2214.14	-12913.78
9 10	-10134.15	-67.41	-2214.14	-12415.70
10 11	-8754.51	-128.80	-2214.14	-11097.46
11 12	-6938.64	-179.98	-2214.14	-9332.75
12 13	-2591.33	-253.04	-2214.14	-5058.51
13 14	2660.55	-284.11	-2214.14	162.30
15 16	-599.68	-192.68	-1592.28	-2384.64
16 17	4533.40	-96.08	-1592.28	2845.05
17 18	6345.66	-43.10	-1592.28	4710.28
18 19	7489.91	14.38	-1592.28	5912.01
19 20	7357.47	69.59	-1592.28	5834.79
20 21	6421.67	116.87	-1592.28	4946.26
21 22	2700.68	194.79	-1592.28	1303.19

STATICKE HODNOTY PRI JEDNOTLIVYCH KROCICH

KROK	PRVEK	JXOT	JYOT	ALFA	XT	YT	TAU	SIGMA	SUMA
		*E-4 [M4]	*E-4 [M4]	ST.	M	M	MPA	MPA	KMIN
1	P 21 22	.5207	3.2609	3.8	-.062	.064	.1	-4.0	.050
2	P 20 21	.5020	3.1875	3.0	-.068	.061	.7	-5.9	.113
3	P 4 6	.4948	2.9126	2.1	-.081	.058	-.5	-13.0	.142
4	S 6	.4343	2.7999	3.6	-.068	.048	.0	-60.0	.593
5	S 21	.4194	2.6715	4.7	-.060	.046	.0	-60.0	.699
6	N 20	.4122	2.5874	4.0	-.066	.043	.0	-60.0	1.288
7	P 6 12	.4105	2.3947	3.5	-.074	.042	-19.2	-15.3	2.004
8	N 4	.3832	.7690	8.2	.004	.045	.0	-250.0	2.271
9	P 16 17	-.0117	.7643	7.9	.017	-.046	8.6	76.6	2.413
10	S 12	-.0132	.5834	9.3	-.009	-.047	.0	420.0	2.426
11	P 15 16	-.0179	.3950	12.7	.017	-.046	-7.4	104.8	2.488
12	N 17	-.0194	.3674	13.6	.005	-.046	.0	-60.0	2.496
13	P 12 14	-.0251	.2276	18.8	-.014	-.048	-5.1	367.5	2.498
14	S 16	.0402	-.0951	.0	.057	-.043	.0	-60.0	3.257
15	N 1	.0000	-.0881	.0	.042	-.043	.0	420.0	3.264

ŘEZ 500 PŘÍPAD Va

U N O S N O S T P R U R E Z U

LETOUN: L-23 TABULKA: 4
 REZ: 500 VARIANTA: 1 LIST: 12

PRIPAD Va

MN= 47419.2 NM MT= 12695.3 NM MK= -1800.2 NM
 TN= 14546.7 N TT= 3949.9 N TO= .0 N
 PRETLAK= .00000 MPA

POCETNI SMYKOVE TOKY V POTAHU A STOJINACH [N/M]

USEK	QPOCTY	QPOCTX	QPOCMKEO	QPOCVYSL
1 2	14865.71	-464.35	1910.52	16311.88
2 3	42684.99	438.71	1910.52	45034.22
3 4	6574.74	761.98	1910.52	9247.25
4 5	1230.41	2723.65	6668.69	10622.76
5 6	-7121.89	2220.44	6668.69	1767.24
6 7	-13623.02	1338.80	6668.69	-5615.53
7 8	-15991.02	725.73	6668.69	-8596.60
8 9	-16978.19	30.92	6668.69	-10278.58
9 10	-16069.13	-629.67	6668.69	-10030.11
10 11	-13825.09	-1196.90	6668.69	-8353.30
11 12	-10850.39	-1673.60	6668.69	-5855.30
12 13	-3736.76	-2352.14	6668.69	579.79
13 14	4797.83	-2635.10	6668.69	8831.42
15 16	-1366.84	-1901.00	4758.17	1490.33
16 17	6949.46	-948.38	4758.17	10759.25
17 18	9951.79	-409.64	4758.17	14300.31
18 19	11702.40	135.33	4758.17	16595.90
19 20	11425.10	659.12	4758.17	16842.39
20 21	9729.06	1141.22	4758.17	15628.45
21 22	3159.30	1908.56	4758.17	9826.02

STATICKE HODNOTY PRI JEDNOTLIVYCH KROCICH

KROK	PRVEK	JXOT	JYOT	ALFA	XT	YT	TAU	SIGMA	SUMA
		*E-4 [M4]	*E-4 [M4]	ST.	M	M	MPA	MPA	KMIN
1	P 21 22	.4582	3.2428	3.4	-.064	.061	.5	-3.9	.039
2	P 20 21	.4385	3.1676	2.7	-.071	.056	1.8	-5.3	.092
3	P 4 6	.4298	2.8621	1.5	-.086	.053	.6	-13.7	.108
4	S 6	.3681	2.7574	3.0	-.073	.042	.0	-60.0	.398
5	S 21	.3529	2.6339	4.0	-.064	.039	.0	-60.0	.534
6	P 6 12	.3444	2.5477	3.3	-.070	.036	-4.1	-16.5	.606
7	N 4	.3163	.9275	7.5	.018	.039	.0	-260.0	1.537
8	P 16 17	-.0036	.9211	9.7	.037	-.040	20.9	152.2	1.556
9	P 15 16	-.0068	.7448	11.3	.010	-.041	3.0	91.3	1.597
10	S 12	-.0085	.7141	11.9	-.003	-.040	.0	420.0	1.601
11	N 20	-.0152	.5224	15.2	.028	-.039	.0	420.0	1.605
12	N 17	-.0168	.3659	13.2	.007	-.046	.0	-60.0	1.605
13	S 16	-.0223	.2191	18.6	-.016	-.048	.0	-60.0	1.667
14	P 12 14	-.0279	.1632	23.3	-.032	-.049	6.6	367.3	1.674
15	N 1	.0277	-.1199	.0	.050	-.043	.0	420.0	5.906

ŘEZ 500 PŘÍPAD Vg

UNOSNOST PRUREZU

LETOUN: L-23 TABULKA: 4
 REZ: 500 VARIANTA: 1 LIST: 15

PRIPAD Vg

MN= -21863.7 NM MT= 5853.4 NM MK= 1439.0 NM
 TN= -5909.9 N TT= 1604.7 N TO= .0 N
 PRETLAK= .00000 MPA

POCETNI SMYKOVE TOKY V POTAHU A STOJINACH [N/M]

USEK	QPOCTY	QPOCTX	QPOCMKEO	QPOCVYSL
1 2	-6039.45	-188.65	-1464.21	-7692.31
2 3	-17341.52	178.23	-1464.21	-18627.50
3 4	-2671.10	309.57	-1464.21	-3825.74
4 5	-499.88	1106.53	-5110.82	-4504.16
5 6	2893.39	902.10	-5110.82	-1315.33
6 7	5534.59	543.91	-5110.82	967.68
7 8	6496.63	294.84	-5110.82	1680.65
8 9	6897.68	12.56	-5110.82	1799.43
9 10	6528.36	-255.82	-5110.82	1161.73
10 11	5616.68	-486.26	-5110.82	19.60
11 12	4408.16	-679.93	-5110.82	-1382.59
12 13	1518.13	-955.60	-5110.82	-4548.29
13 14	-1949.20	-1070.56	-5110.82	-8130.58
15 16	555.30	-772.31	-3646.61	-3863.63
16 17	-2823.34	-385.30	-3646.61	-6855.25
17 18	-4043.09	-166.42	-3646.61	-7856.12
18 19	-4754.30	54.98	-3646.61	-8345.93
19 20	-4641.65	267.78	-3646.61	-8020.48
20 21	-3952.60	463.64	-3646.61	-7135.57
21 22	-1283.52	775.39	-3646.61	-4154.75

STATICKE HODNOTY PRI JEDNOTLIVYCH KROCICH

KROK	PRVEK	JXOT	JYOT	ALFA	XT	YT	TAU	SIGMA	SUMA
		*E-4 [M4]	*E-4 [M4]	ST.	M	M	MPA	MPA	KMIN
1	P 15 16	.4582	3.2428	3.4	-.064	.061	-.4	-3.9	.076
2	P 16 17	.4316	3.1764	4.2	-.071	.065	-1.0	-5.4	.120
3	P 12 14	.4066	2.8907	6.1	-.086	.068	-.8	-8.4	.143
4	P 6 12	.3446	2.7706	4.5	-.074	.081	.4	-16.4	.713
5	S 12	.3121	1.1671	-.4	.009	.091	.0	-60.0	.747
6	S 16	.2762	.9747	-6.6	.023	.097	.0	-60.0	.848
7	N 17	.2672	.9267	-4.8	.018	.100	.0	-60.0	1.181
8	N 1	.2632	.7823	-2.5	.008	.102	.0	-260.0	2.425
9	S 6	.0020	.7772	-4.3	.016	.158	.0	-60.0	2.439
10	P 20 21	-.0026	.5706	-6.9	.038	.159	-22.5	-12.4	2.517
11	P 21 22	-.0044	.3933	-9.0	.013	.160	-13.1	22.7	2.522
12	N 20	-.0064	.3645	-10.1	.003	.159	.0	-60.0	2.554
13	S 21	-.0092	.2120	-14.3	-.015	.160	.0	-60.0	2.559
14	P 4 6	-.0144	.1564	-19.3	-.028	.160	-6.3	334.1	2.606
15	N 4	.0289	-.1082	.0	.031	.159	.0	420.0	21.995

ŘEZ 500 PŘÍPAD Vd

U N O S N O S T P R U R E Z U

LETOUN: L-23 TABULKA: 4
 REZ: 500 VARIANTA: 1 LIST: 18

PRIPAD Vd

MN= 40632.7 NM MT= 1444.8 NM MK= 1439.0 NM
 TN= 9675.0 N TT= 411.5 N TO= .0 N
 PRETLAK= .00000 MPA

POCETNI SMYKOVE TOKY V POTAHU A STOJINACH [N/M]

USEK	QPOCTY	QPOCTX	QPOCMKEO	QPOCVYSL
1 2	9887.17	-48.37	-611.39	9227.42
2 3	28389.76	45.70	-611.39	27824.07
3 4	4372.85	79.37	-611.39	3840.84
4 5	818.35	283.71	-2134.05	-1031.99
5 6	-4736.76	231.29	-2134.05	-6639.52
6 7	-9060.66	139.46	-2134.05	-11055.25
7 8	-10635.61	75.60	-2134.05	-12694.07
8 9	-11292.18	3.22	-2134.05	-13423.01
9 10	-10687.56	-65.59	-2134.05	-12887.21
10 11	-9195.06	-124.68	-2134.05	-11453.79
11 12	-7216.59	-174.33	-2134.05	-9524.97
12 13	-2485.32	-245.01	-2134.05	-4864.38
13 14	3191.03	-274.49	-2134.05	782.49
15 16	-909.08	-198.02	-1522.66	-2629.77
16 17	4622.08	-98.79	-1522.66	3000.63
17 18	6618.93	-42.67	-1522.66	5053.59
18 19	7783.26	14.10	-1522.66	6274.69
19 20	7598.83	68.66	-1522.66	6144.82
20 21	6470.79	118.88	-1522.66	5067.00
21 22	2101.22	188.81	-1522.66	777.28

STATICKE HODNOTY PRI JEDNOTLIVYCH KROCICH

KROK	PRVEK	JX0T	JY0T	ALFA	XT	YT	TAU	SIGMA	SUMA
		*E-4 [M4]	*E-4 [M4]	ST.	M	M	MPA	MPA	KMIN
1	P 21 22	.4582	3.2428	3.4	-.064	.061	.0	-3.9	.043
2	P 20 21	.4385	3.1676	2.7	-.071	.056	.6	-5.3	.088
3	P 4 6	.4298	2.8621	1.5	-.086	.053	-.4	-13.7	.131
4	S 6	.3681	2.7574	3.0	-.073	.042	.0	-60.0	.511
5	S 21	.3529	2.6339	4.0	-.064	.039	.0	-60.0	.570
6	N 20	.3444	2.5477	3.3	-.070	.036	.0	-60.0	.993
7	P 6 12	.3420	2.3433	2.7	-.080	.035	-15.4	-15.8	1.559
8	N 4	.3157	.7806	6.6	.008	.037	.0	-260.0	1.907
9	S 12	-.0097	.7764	7.7	.021	-.045	.0	420.0	2.051
10	P 16 17	-.0128	.5591	9.9	.049	-.044	7.8	16.3	2.069
11	N 17	-.0156	.3930	12.4	.020	-.046	.0	-60.0	2.104
12	P 12 14	-.0194	.2534	16.4	.000	-.048	-3.6	367.6	2.125
13	S 16	.0393	-.0891	.0	.076	-.043	.0	-60.0	2.623
14	P 15 16	.0013	-.0784	.0	.062	-.044	-8.6	98.6	2.630
15	N 1	.0012	-.0933	.0	.050	-.043	.0	-260.0	4.375

ŘEZ 750 PŘÍPAD Va

U N O S N O S T P R U R E Z U

LETOUN: L-23 TABULKA: 4
 REZ: 750 VARIANTA: 1 LIST: 22

PRIPAD Va

MN= 43963.9 NM MT= 11754.9 NM MK= -1695.9 NM
 TN= 13894.8 N TT= 3789.4 N TO= .0 N
 PRETLAK= .00000 MPA

POCETNI SMYKOVE TOKY V POTAHU A STOJINACH [N/M]

USEK	QPOCTY	QPOCTX	QPOCMKEO	QPOCVYSL
1 2	16278.09	-300.14	1855.30	17833.25
2 3	41150.76	398.64	1855.30	43404.70
3 4	8274.09	598.25	1855.30	10727.64
4 5	1672.57	2536.51	6392.56	10601.63
5 6	-6934.76	2063.83	6392.56	1521.62
6 7	-13640.63	1244.42	6392.56	-6003.65
7 8	-16036.10	683.29	6392.56	-8960.25
8 9	-17025.62	38.04	6392.56	-10595.02
9 10	-16041.02	-584.37	6392.56	-10232.84
10 11	-13692.49	-1113.00	6392.56	-8412.94
11 12	-10648.12	-1550.44	6392.56	-5806.00
12 13	-3352.78	-2180.71	6392.56	859.06
13 14	5309.51	-2449.42	6392.56	9252.65
15 16	-2121.35	-1907.24	4537.25	508.67
16 17	6649.11	-961.11	4537.25	10225.26
17 18	9968.20	-380.11	4537.25	14125.34
18 19	11613.85	122.01	4537.25	16273.11
19 20	11387.45	607.12	4537.25	16531.82
20 21	9499.98	1132.29	4537.25	15169.52
21 22	2282.07	1898.87	4537.25	8718.20

STATICKE HODNOTY PRI JEDNOTLIVYCH KROCICH

KROK	PRVEK	JXOT	JYOT	ALFA	XT	YT	TAU	SIGMA	SUMA
		*E-4 [M4]	*E-4 [M4]	ST.	M	M	MPA	MPA	KMIN
1 P	21 22	.4121	3.3000	3.0	-.058	.058	.4	-3.9	.037
2 P	20 21	.3922	3.2284	2.3	-.066	.054	1.4	-4.2	.073
3 P	4 6	.3823	2.8617	1.0	-.084	.050	.5	-13.8	.106
4 S	6	.3228	2.7618	2.4	-.071	.038	.0	-60.0	.388
5 S	21	.3081	2.6411	3.4	-.061	.035	.0	-60.0	.486
6 P	6 12	.2989	2.5562	2.7	-.068	.032	-4.5	-16.3	.644
7 N	4	.2739	.9923	5.7	.025	.034	.0	-270.0	1.490
8 P	16 17	-.0019	.9823	8.7	.047	-.038	19.3	94.5	1.506
9 N	20	-.0048	.7689	10.4	.013	-.040	.0	420.0	1.532
10 S	12	-.0084	.5896	8.2	-.007	-.046	.0	420.0	1.537
11 N	17	-.0117	.4066	11.1	.022	-.045	.0	-60.0	1.538
12 P	15 16	-.0148	.2495	14.8	.000	-.047	1.0	62.1	1.551
13 S	16	-.0172	.2137	16.9	-.017	-.047	.0	-60.0	1.599
14 P	12 14	-.0219	.1551	21.6	-.036	-.048	6.8	367.2	1.612
15 N	1	.0245	-.1025	.0	.052	-.042	.0	420.0	5.221

ŘEZ 750 PŘÍPAD Vg

U N O S N O S T P R U R E Z U

LETOUN: L-23

TABULKA: 4

REZ: 750 VARIANTA: 1

LIST: 25

PRIPAD Vg

MN= -20449.2 NM MT= 5467.6 NM MK= 1355.6 NM
 TN= -5732.1 N TT= 1563.3 N TO= .0 N
 PRETLAK= .00000 MPA

POCETNI SMYKOVE TOKY V POTAHU A STOJINACH [N/M]

USEK	QPOCTY	QPOCTX	QPOCMKEO	QPOCVYSL
1 2	-6715.29	-123.82	-1431.26	-8270.37
2 3	-16976.15	164.45	-1431.26	-18242.96
3 4	-3413.36	246.80	-1431.26	-4597.82
4 5	-689.99	1046.40	-4931.49	-4575.08
5 6	2860.84	851.40	-4931.49	-1219.25
6 7	5627.25	513.37	-4931.49	1209.12
7 8	6615.46	281.88	-4931.49	1965.85
8 9	7023.68	15.69	-4931.49	2107.88
9 10	6617.49	-241.07	-4931.49	1444.93
10 11	5648.64	-459.15	-4931.49	258.00
11 12	4392.73	-639.61	-4931.49	-1178.37
12 13	1383.14	-899.62	-4931.49	-4447.97
13 14	-2190.36	-1010.47	-4931.49	-8132.32
15 16	875.13	-786.80	-3500.23	-3411.90
16 17	-2743.00	-396.49	-3500.23	-6639.72
17 18	-4112.24	-156.81	-3500.23	-7769.28
18 19	-4791.12	50.33	-3500.23	-8241.02
19 20	-4697.73	250.46	-3500.23	-7947.50
20 21	-3919.08	467.11	-3500.23	-6952.20
21 22	-941.43	783.35	-3500.23	-3658.31

STATICKE HODNOTY PRI JEDNOTLIVYCH KROCICH

KROK	PRVEK	JX0T	JY0T	ALFA	XT	YT	TAU	SIGMA	SUMA
		*E-4 [M4]	*E-4 [M4]	ST.	M	M	MPA	MPA	KMI
1	P 15 16	.4121	3.3000	3.0	-.058	.058	-.3	-3.9	.075
2	P 16 17	.3877	3.2358	3.7	-.066	.063	-.8	-4.3	.099
3	P 12 14	.3619	2.8899	5.7	-.084	.066	-.7	-8.3	.139
4	P 6 12	.3033	2.7768	4.3	-.071	.080	.6	-16.3	.698
5	S 12	.2722	1.2330	-.3	.016	.090	.0	-60.0	.726
6	S 16	.2387	1.0393	-5.5	.031	.096	.0	-60.0	.805
7	N 17	.2293	.9945	-4.0	.025	.099	.0	-60.0	1.082
8	N 1	.2252	.8378	-1.9	.014	.102	.0	-270.0	2.345
9	S 6	.0018	.8323	-4.1	.024	.154	.0	-60.0	2.361
10	P 21 22	-.0022	.6242	-6.4	.047	.155	-11.2	30.5	2.439
11	S 21	-.0033	.6063	-6.7	.040	.154	.0	-60.0	2.478
12	P 4 6	-.0041	.5680	-7.3	.030	.154	-6.0	330.5	2.505
13	N 20	-.0139	.2481	-15.2	.101	.152	.0	-60.0	2.514
14	N 4	-.0199	.1396	-22.4	.080	.153	.0	420.0	3.124

ŘEZ 750 PŘÍPAD Vd

UNOSNOST PRUREZU

LETOUN: L-23 TABULKA: 4
 REZ: 750 VARIANTA: 1 LIST: 28

PRIPAD Vd

MN= 38318.6 NM MT= 1346.6 NM MK= 1355.6 NM
 TN= 9374.9 N TT= 396.9 N TO= .0 N
 PRETLAK= .00000 MPA

POCETNI SMYKOVE TOKY V POTAHU A STOJINACH [N/M]

USEK	QPOCTY	QPOCTX	QPOCMKEO	QPOCVYSL
1 2	10982.86	-31.44	-594.04	10357.39
2 3	27764.50	41.75	-594.04	27212.22
3 4	5582.54	62.66	-594.04	5051.16
4 5	1128.48	265.67	-2046.79	-652.64
5 6	-4678.90	216.16	-2046.79	-6509.53
6 7	-9203.36	130.34	-2046.79	-11119.82
7 8	-10819.59	71.57	-2046.79	-12794.81
8 9	-11487.22	3.98	-2046.79	-13530.03
9 10	-10822.91	-61.21	-2046.79	-12930.91
10 11	-9238.35	-116.57	-2046.79	-11401.72
11 12	-7184.31	-162.39	-2046.79	-9393.49
12 13	-2262.13	-228.40	-2046.79	-4537.33
13 14	3582.34	-256.55	-2046.79	1279.00
15 16	-1431.28	-199.76	-1452.76	-3083.79
16 17	4486.17	-100.67	-1452.76	2932.75
17 18	6725.57	-39.81	-1452.76	5233.00
18 19	7835.89	12.78	-1452.76	6395.91
19 20	7683.13	63.59	-1452.76	6293.97
20 21	6409.66	118.59	-1452.76	5075.50
21 22	1539.72	198.88	-1452.76	285.85

STATICKE HODNOTY PRI JEDNOTLIVYCH KROCICH

KROK	PRVEK	JXOT	JYOT	ALFA	XT	YT	TAU	SIGMA	SUMA
		*E-4 [M4]	*E-4 [M4]	ST.	M	M	MPA	MPA	KMIN
1	P 21 22	.4121	3.3000	3.0	-.058	.058	.0	-3.9	.041
2	P 20 21	.3922	3.2284	2.3	-.066	.054	.4	-4.3	.070
3	P 4 6	.3823	2.8617	1.0	-.084	.050	-.4	-13.8	.127
4	S 6	.3228	2.7618	2.4	-.071	.038	.0	-60.0	.484
5	S 21	.3081	2.6411	3.4	-.061	.035	.0	-60.0	.518
6	N 20	.2989	2.5562	2.7	-.068	.032	.0	-60.0	.945
7	P 6 12	.2966	2.3332	2.1	-.079	.031	-15.6	-15.5	1.570
8	N 4	.2730	.8332	4.6	.014	.032	.0	-270.0	1.815
9	S 12	-.0073	.8278	6.9	.030	-.044	.0	420.0	1.949
10	P 16 17	-.0095	.6084	8.7	.059	-.043	7.3	-24.0	1.991
11	N 17	-.0117	.4066	11.1	.022	-.045	.0	-60.0	2.003
12	P 12 14	-.0148	.2495	14.8	.000	-.047	-2.8	367.7	2.026
13	S 16	.0364	-.0729	.0	.080	-.042	.0	-60.0	2.476
14	P 15 16	.0015	-.0647	.0	.065	-.043	-9.6	87.7	2.497
15	N 1	.0014	-.0794	.0	.052	-.042	.0	-270.0	5.350

ŘEZ 810 PŘÍPAD Va

U N O S N O S T P R U R E Z U

LETOUN: L-23

TABULKA: 4

REZ: 810 VARIANTA: 1

LIST: 32

PRIPAD Va

MN= 42846.4 NM MT= 11450.0 NM MK= -1662.0 NM
 TN= 13696.5 N TT= 3741.4 N TO= .0 N
 PRETLAK= .00000 MPA

POCETNI SMYKOVE TOKY V POTAHU A STOJINACH [N/M]

USEK	QPOCTY	QPOCTX	QPOCMKEO	QPOCVYSL
1 2	16230.28	-267.98	1845.21	17807.51
2 3	40480.00	389.23	1845.21	42714.43
3 4	9725.29	556.59	1845.21	12127.09
4 5	2218.64	2485.17	6321.74	11025.55
5 6	-6660.44	2022.68	6321.74	1683.98
6 7	-13587.06	1220.57	6321.74	-6044.74
7 8	-16074.24	668.83	6321.74	-9083.67
8 9	-17110.36	37.27	6321.74	-10751.35
9 10	-16134.26	-569.62	6321.74	-10382.13
10 11	-13773.96	-1087.70	6321.74	-8539.91
11 12	-10713.27	-1516.67	6321.74	-5908.20
12 13	-3383.44	-2135.91	6321.74	802.38
13 14	5279.27	-2402.31	6321.74	9198.69
15 16	-2137.69	-1901.76	4476.53	437.08
16 17	6738.26	-961.35	4476.53	10253.45
17 18	10087.01	-372.94	4476.53	14190.61
18 19	11661.10	117.21	4476.53	16254.83
19 20	11381.36	591.68	4476.53	16449.56
20 21	9344.84	1125.77	4476.53	14947.14
21 22	1707.29	1891.03	4476.53	8074.85

STATICKE HODNOTY PRI JEDNOTLIVYCH KROCICH

KROK	PRVEK	JX0T	JY0T	ALFA	XT	YT	TAU	SIGMA	SUMA
		*E-4 [M4]	*E-4 [M4]	ST.	M	M	MPA	MPA	KMIN
1	P 21 22	.3959	3.3105	2.8	-.057	.056	.4	-3.9	.036
2	P 20 21	.3751	3.2396	2.1	-.065	.051	1.2	-4.0	.066
3	P 4 6	.3642	2.8565	.7	-.085	.047	.5	-13.8	.104
4	S 6	.3035	2.7587	2.1	-.071	.034	.0	-60.0	.375
5	S 21	.2885	2.6393	3.1	-.061	.031	.0	-60.0	.451
6	P 6 12	.2785	2.5546	2.4	-.068	.028	-4.3	-16.2	.614
7	N 4	.2535	1.0061	5.4	.028	.030	.0	-270.0	1.385
8	P 16 17	.0000	.9956	8.4	.049	-.038	17.8	48.5	1.385
9	N 20	-.0028	.7728	10.0	.013	-.039	.0	420.0	1.396
10	N 17	-.0063	.5901	7.9	-.007	-.046	.0	-60.0	1.401
11	S 12	-.0072	.4069	9.4	-.029	-.047	.0	420.0	1.410
12	P 15 16	-.0119	.2467	14.2	.000	-.046	.8	24.5	1.433
13	S 16	-.0142	.2106	16.3	-.018	-.047	.0	-60.0	1.435
14	P 12 14	-.0190	.1520	21.2	-.037	-.047	6.2	367.3	1.490
15	N 1	.0232	-.0970	.0	.051	-.041	.0	420.0	4.593

ŘEZ 810 PŘÍPAD Vg

U N O S N O S T P R U R E Z U

LETOUN: L-23

TABULKA: 4

REZ: 810 VARIANTA: 1

LIST: 35

PRIPAD Vg

MN= -19987.0 NM MT= 5341.2 NM MK= 1328.4 NM
 TN= -5680.9 N TT= 1551.9 N TO= .0 N
 PRETLAK= .00000 MPA

POCETNI SMYKOVE TOKY V POTAHU A STOJINACH [N/M]

USEK	QPOCTY	QPOCTX	QPOCMKEO	QPOCVYSL
1 2	-6731.90	-111.15	-1424.94	-8267.99
2 3	-16790.04	161.44	-1424.94	-18053.55
3 4	-4033.80	230.86	-1424.94	-5227.88
4 5	-920.23	1030.79	-4881.90	-4771.35
5 6	2762.58	838.96	-4881.90	-1280.37
6 7	5635.56	506.26	-4881.90	1259.92
7 8	6667.17	277.41	-4881.90	2062.69
8 9	7096.93	15.46	-4881.90	2230.49
9 10	6692.07	-236.26	-4881.90	1573.91
10 11	5713.08	-451.15	-4881.90	380.03
11 12	4443.58	-629.08	-4881.90	-1067.39
12 13	1403.36	-885.92	-4881.90	-4364.46
13 14	-2189.70	-996.42	-4881.90	-8068.02
15 16	886.66	-788.80	-3456.96	-3359.10
16 17	-2794.86	-398.74	-3456.96	-6650.56
17 18	-4183.83	-154.69	-3456.96	-7795.47
18 19	-4836.72	48.61	-3456.96	-8245.06
19 20	-4720.69	245.41	-3456.96	-7932.23
20 21	-3875.99	466.94	-3456.96	-6866.01
21 22	-708.14	784.35	-3456.96	-3380.74

STATICKE HODNOTY PRI JEDNOTLIVYCH KROCICH

KROK	PRVEK	JX0T	JY0T	ALFA	XT	YT	TAU	SIGMA	SUMA
		*E-4 [M4]	*E-4 [M4]	ST.	M	M	MPA	MPA	KMIN
1 P	15 16	.3959	3.3105	2.8	-.057	.056	-.3	-3.9	.076
2 P	16 17	.3729	3.2464	3.5	-.065	.060	-.8	-4.1	.097
3 P	12 14	.3482	2.8834	5.5	-.085	.064	-.7	-8.7	.144
4 P	6 12	.2918	2.7738	4.1	-.071	.077	.7	-16.2	.708
5 S	12	.2614	1.2469	-.2	.018	.088	.0	-60.0	.730
6 S	16	.2292	1.0522	-5.3	.034	.094	.0	-60.0	.774
7 N	17	.2193	1.0086	-3.8	.028	.097	.0	-60.0	1.084
8 N	1	.2154	.8496	-1.8	.016	.100	.0	-270.0	2.343
9 S	6	.0003	.8434	-4.2	.027	.154	.0	-60.0	2.346
10 P	21 22	-.0039	.6335	-6.5	.052	.155	-10.5	40.2	2.487
11 P	20 21	-.0048	.6168	-6.8	.045	.153	-21.4	-4.0	2.489
12 S	21	-.0069	.3833	-9.2	.005	.155	.0	-60.0	2.550
13 N	20	-.0086	.3322	-10.7	-.008	.155	.0	-60.0	2.556
14 P	4 6	-.0131	.1486	-17.7	-.033	.157	-6.4	325.7	2.568
15 N	4	.0253	-.0934	.0	.037	.156	.0	420.0	31.504

ŘEZ 810 PŘÍPAD Vd

U N O S N O S T P R U R E Z U

LETOUN: L-23
 REZ: 810 VARIANTA: 1
 TABULKA: 4
 LIST: 38

PRIPAD Vd

MN= 37562.7 NM MT= 1314.5 NM MK= 1328.4 NM
 TN= 9286.8 N TT= 393.0 N TO= .0 N
 PRETLAK= .00000 MPA

POCETNI SMYKOVE TOKY V POTAHU A STOJINACH [N/M]

USEK	QPOCTY	QPOCTX	QPOCMKEO	QPOCVYSL
1 2	11004.81	-28.15	-583.97	10392.69
2 3	27447.13	40.88	-583.97	26904.04
3 4	6594.16	58.46	-583.97	6068.65
4 5	1504.33	261.04	-2000.71	-235.33
5 6	-4516.06	212.46	-2000.71	-6304.30
6 7	-9212.59	128.21	-2000.71	-11085.09
7 8	-10899.01	70.25	-2000.71	-12829.46
8 9	-11601.54	3.91	-2000.71	-13598.33
9 10	-10939.70	-59.83	-2000.71	-13000.24
10 11	-9339.32	-114.25	-2000.71	-11454.28
11 12	-7264.04	-159.31	-2000.71	-9424.06
12 13	-2294.11	-224.36	-2000.71	-4519.18
13 14	3579.57	-252.34	-2000.71	1326.52
15 16	-1449.44	-199.76	-1416.73	-3065.94
16 17	4568.83	-100.98	-1416.73	3051.11
17 18	6839.42	-39.17	-1416.73	5383.51
18 19	7906.71	12.31	-1416.73	6502.29
19 20	7717.04	62.15	-1416.73	6362.45
20 21	6336.19	118.25	-1416.73	5037.71
21 22	1157.61	198.63	-1416.73	-60.49

STATICKE HODNOTY PRI JEDNOTLIVYCH KROCICH

KROK	PRVEK	JX0T	JY0T	ALFA	XT	YT	TAU	SIGMA	SUMA
		*E-4 [M4]	*E-4 [M4]	ST.	M	M	MPA	MPA	KMIN
1	P 21 22	.3959	3.3105	2.8	-.057	.056	.0	-3.9	.040
2	P 20 21	.3751	3.2396	2.1	-.065	.051	.4	-4.0	.064
3	P 4 6	.3642	2.8565	.7	-.085	.047	-.3	-13.8	.122
4	S 6	.3035	2.7587	2.1	-.071	.034	.0	-60.0	.462
5	S 21	.2885	2.6393	3.1	-.061	.031	.0	-60.0	.482
6	N 20	.2785	2.5546	2.4	-.068	.028	.0	-60.0	.850
7	P 6 12	.2758	2.3263	1.7	-.080	.027	-13.8	-15.6	1.385
8	N 4	.2523	.8445	4.2	.016	.028	.0	-270.0	1.672
9	S 12	-.0053	.8389	6.6	.032	-.043	.0	420.0	1.785
10	N 17	-.0072	.6193	8.2	.061	-.042	.0	-60.0	1.820
11	S 16	-.0078	.4809	9.2	.042	-.044	.0	-60.0	1.864
12	P 12 14	-.0084	.4433	9.7	.031	-.044	-2.5	367.7	1.865
13	N 1	-.0229	.1226	25.1	.115	-.039	.0	420.0	2.038

ŘEZ 1539 PŘÍPAD Va

U N O S N O S T P R U R E Z U

LETOUN: L-23 TABULKA: 4
 REZ: 1593 VARIANTA: 1 LIST: 2

PRIPAD Va

MN= 33525.8 NM MT= 8893.4 NM MK= -1375.1 NM
 TN= 11891.9 N TT= 3270.8 N TO= .0 N
 PRETLAK= .00000 MPA

POCETNI SMYKOVE TOKY V POTAHU A STOJINACH [N/M]

USEK	QPOCTY	QPOCTX	QPOCMKEO	QPOCVYSL
1 2	16622.75	-153.06	1676.65	18146.34
2 3	35618.04	335.00	1676.65	37629.69
3 4	10332.96	444.42	1676.65	12454.04
4 5	2616.62	2202.96	5686.53	10506.11
5 6	-5903.57	1793.10	5686.53	1576.06
6 7	-12625.86	1079.46	5686.53	-5859.88
7 8	-15038.93	589.12	5686.53	-8763.28
8 9	-16033.12	28.83	5686.53	-10317.77
9 10	-15066.30	-508.32	5686.53	-9888.09
10 11	-12757.11	-966.13	5686.53	-8036.72
11 12	-9773.15	-1344.06	5686.53	-5430.69
12 13	-2652.29	-1886.92	5686.53	1147.32
13 14	5642.64	-2114.19	5686.53	9214.98
15 16	-2429.79	-1742.61	4009.87	-162.52
16 17	6148.44	-870.83	4009.87	9287.49
17 18	9371.01	-331.82	4009.87	13049.06
18 19	10869.88	105.89	4009.87	14985.64
19 20	10629.94	529.39	4009.87	15169.21
20 21	8707.83	1018.18	4009.87	13735.89
21 22	1244.39	1724.62	4009.87	6978.88

STATICKE HODNOTY PRI JEDNOTLIVYCH KROCICH

KROK	PRVEK	JXOT	JYOT	ALFA	XT	YT	TAU	SIGMA	SUMA
		*E-4 [M4]	*E-4 [M4]	ST.	M	M	MPA	MPA	KMIN
1	P 21 22	.3321	3.0797	2.7	-.055	.054	.3	-3.9	.040
2	P 20 21	.3129	3.0101	1.9	-.064	.049	1.3	-4.2	.076
3	P 4 6	.3031	2.6414	.6	-.085	.045	.6	-14.5	.120
4	S 6	.2484	2.5575	1.9	-.072	.032	.0	-60.0	.412
5	S 21	.2342	2.4483	2.8	-.060	.028	.0	-60.0	.487
6	P 6 12	.2247	2.3638	2.1	-.069	.025	-4.7	-16.5	.706
7	N 20	.2020	.9528	5.0	.033	.026	.0	-60.0	1.338
8	N 4	.2007	.7979	3.8	.020	.023	.0	-270.0	1.450
9	P 16 17	-.0045	.7918	6.4	.037	-.041	18.4	3.8	1.587
10	S 12	-.0053	.5568	7.6	-.005	-.044	.0	420.0	1.595
11	N 17	-.0077	.3845	10.1	.028	-.042	.0	-60.0	1.633
12	P 15 16	-.0100	.2282	13.6	.003	-.045	-.3	-5.7	1.667
13	P 12 14	-.0119	.1924	15.7	-.018	-.045	7.3	367.2	1.688
14	S 16	.0261	-.0667	.0	.081	-.038	.0	-60.0	1.691
15	N 1	.0022	-.0702	.0	.059	-.040	.0	420.0	3.408

ŘEZ 1539 PŘÍPAD Vg

UNOSNOST PRUREZU

LETOUN: L-23 TABULKA: 4
 REZ: 1539 VARIANTA: 1 LIST: 4

PRIPAD Vg

MN= -16030.4 NM MT= 4252.4 NM MK= 1099.1 NM
 TN= -5170.9 N TT= 1422.2 N TO= .0 N
 PRETLAK= .00000 MPA

POCETNI SMYKOVE TOKY V POTAHU A STOJINACH [N/M]

USEK	QPOCTY	QPOCTX	QPOCMKEO	QPOCVYSL
1 2	-7228.10	-66.56	-1306.18	-8600.83
2 3	-15487.84	145.67	-1306.18	-16648.35
3 4	-4493.10	193.25	-1306.18	-5606.03
4 5	-1137.79	957.91	-4430.02	-4609.90
5 6	2567.06	779.69	-4430.02	-1083.27
6 7	5490.12	469.38	-4430.02	1529.48
7 8	6539.40	256.17	-4430.02	2365.54
8 9	6971.71	12.53	-4430.02	2554.22
9 10	6551.30	-221.03	-4430.02	1900.24
10 11	5547.19	-420.10	-4430.02	697.07
11 12	4249.67	-584.44	-4430.02	-764.79
12 13	1153.30	-820.49	-4430.02	-4097.21
13 14	-2453.60	-919.31	-4430.02	-7802.94
15 16	1056.55	-757.74	-3123.85	-2825.04
16 17	-2673.54	-378.66	-3123.85	-6176.05
17 18	-4074.81	-144.29	-3123.85	-7342.94
18 19	-4726.56	46.05	-3123.85	-7804.36
19 20	-4622.23	230.20	-3123.85	-7515.88
20 21	-3786.44	442.74	-3123.85	-6467.55
21 22	-541.10	749.92	-3123.85	-2915.03

STATICKE HODNOTY PRI JEDNOTLIVYCH KROCICH

KROK	PRVEK	JXOT	JYOT	ALFA	XT	YT	TAU	SIGMA	SUMA
		*E-4 [M4]	*E-4 [M4]	ST.	M	M	MPA	MPA	KMIN
1	P 15 16	.3321	3.0797	2.7	-.055	.054	-.3	-3.9	.083
2	P 16 17	.3111	3.0163	3.4	-.064	.058	-.8	-4.3	.109
3	P 12 14	.2891	2.6659	5.3	-.085	.062	-.8	-9.1	.164
4	P 6 12	.2381	2.5723	4.0	-.072	.076	.9	-16.5	.776
5	S 12	.2096	1.1834	-.3	.022	.088	.0	-60.0	.783
6	S 16	.1785	.9972	-5.2	.040	.094	.0	-60.0	.848
7	N 17	.1695	.9559	-3.8	.033	.098	.0	-60.0	1.063
8	N 1	.1656	.8032	-1.8	.021	.101	.0	-270.0	2.332
9	S 6	.0001	.7973	-4.1	.031	.148	.0	-60.0	2.333
10	P 21 22	-.0037	.5960	-6.4	.059	.149	-9.2	10.8	2.537
11	P 4 6	-.0045	.5808	-6.7	.051	.148	-6.1	324.4	2.587
12	S 21	-.0136	.2402	-14.6	.136	.145	.0	-60.0	2.587
13	N 20	-.0147	.2287	-15.4	.127	.145	.0	-60.0	2.650
14	N 4	-.0194	.1305	-21.9	.101	.148	.0	420.0	3.221

ŘEZ 1539 PŘÍPAD Vd

U N O S N O S T P R U R E Z U

LETOUN: L-23 TABULKA: 4
 REZ: 1539 VARIANTA: 1 LIST: 6

PRIPAD Vd

MN= 31080.6 NM MT= 1043.7 NM MK= 1099.1 NM
 TN= 8515.6 N TT= 349.8 N TO= .0 N
 PRETLAK= .00000 MPA

POCETNI SMYKOVE TOKY V POTAHU A STOJINACH [N/M]

USEK	QPOCTY	QPOCTX	QPOCMKEO	QPOCVYSL
1 2	11903.41	-16.37	-478.51	11408.53
2 3	25505.77	35.83	-478.51	25063.08
3 4	7399.34	47.53	-478.51	6968.36
4 5	1873.74	235.60	-1622.92	486.42
5 6	-4227.50	191.77	-1622.92	-5658.65
6 7	-9041.27	115.45	-1622.92	-10548.75
7 8	-10769.24	63.01	-1622.92	-12329.16
8 9	-11481.18	3.08	-1622.92	-13101.02
9 10	-10788.84	-54.36	-1622.92	-12466.13
10 11	-9135.26	-103.33	-1622.92	-10861.50
11 12	-6998.47	-143.74	-1622.92	-8765.13
12 13	-1899.28	-201.80	-1622.92	-3724.00
13 14	4040.65	-226.11	-1622.92	2191.62
15 16	-1739.95	-186.37	-1144.41	-3070.73
16 17	4402.85	-93.13	-1144.41	3165.31
17 18	6710.50	-35.49	-1144.41	5530.60
18 19	7783.82	11.33	-1144.41	6650.74
19 20	7612.01	56.62	-1144.41	6524.22
20 21	6235.60	108.89	-1144.41	5200.08
21 22	891.09	184.44	-1144.41	-68.87

STATICKE HODNOTY PRI JEDNOTLIVYCH KROCICH

KROK	PRVEK	JX0T	JY0T	ALFA	XT	YT	TAU	SIGMA	SUMA
		*E-4 [M4]	*E-4 [M4]	ST.	M	M	MPA	MPA	KMIN
1	P 21 22	.3321	3.0797	2.7	-.055	.054	.0	-3.9	.042
2	P 20 21	.3129	3.0101	1.9	-.064	.049	.5	-4.2	.070
3	P 4 6	.3031	2.6414	.6	-.085	.045	-.3	-14.5	.134
4	S 6	.2484	2.5575	1.9	-.072	.032	.0	-60.0	.475
5	S 21	.2342	2.4483	2.8	-.060	.028	.0	-60.0	.496
6	N 20	.2247	2.3638	2.1	-.069	.025	.0	-60.0	.862
7	P 6 12	.2220	2.1389	1.4	-.082	.023	-13.1	-16.1	1.380
8	N 4	.2007	.7979	3.8	.020	.023	.0	-270.0	1.654
9	S 12	-.0045	.7918	6.4	.037	-.041	.0	420.0	1.784
10	N 17	-.0061	.5803	8.0	.068	-.040	.0	-60.0	1.816
11	P 12 14	-.0066	.4488	8.8	.048	-.042	-1.2	367.7	1.874
12	S 16	-.0187	.1171	23.5	.138	-.036	.0	-60.0	1.944
13	N 1	-.0203	.1066	25.3	.128	-.037	.0	420.0	2.039

ŘEZ 1700 PŘÍPAD Va

UNOSNOST PRUREZU

LETOUN: L-23

TABULKA: 4

REZ: 1700 VARIANTA: 1

LIST: 53

PRIPAD Va

MN= 31630.6 NM MT= 8372.0 NM MK= -1315.7 NM
 TN= 11505.3 N TT= 3166.1 N TO= .0 N
 PRETLAK= .00000 MPA

POCETNI SMYKOVE TOKY V POTAHU A STOJINACH [N/M]

USEK	QPOCTY	QPOCTX	QPOCMKEO	QPOCVYSL
1 2	17364.71	-122.45	1743.59	18985.85
2 3	35866.54	327.06	1743.59	37937.19
3 4	11345.96	418.35	1743.59	13507.90
4 5	3004.28	2189.16	5866.64	11060.08
5 6	-5798.73	1784.78	5866.64	1852.69
6 7	-12841.05	1074.63	5866.64	-5899.78
7 8	-15371.32	586.66	5866.64	-8918.02
8 9	-16414.87	29.51	5866.64	-10518.72
9 10	-15403.74	-504.05	5866.64	-10041.15
10 11	-12996.33	-958.92	5866.64	-8088.61
11 12	-9891.10	-1334.40	5866.64	-5358.85
12 13	-2492.89	-1873.82	5866.64	1499.93
13 14	5988.58	-2097.56	5866.64	9757.66
15 16	-2502.89	-1752.30	4123.05	-132.14
16 17	6368.40	-864.14	4123.05	9627.32
17 18	9601.91	-330.63	4123.05	13394.33
18 19	11126.47	104.35	4123.05	15353.87
19 20	10875.04	525.59	4123.05	15523.67
20 21	8936.37	1010.88	4123.05	14070.30
21 22	1112.55	1733.74	4123.05	6969.34

STATICKE HODNOTY PRI JEDNOTLIVYCH KROCICH

KROK	PRVEK	JX0T	JY0T	ALFA	XT	YT	TAU	SIGMA	SUMA
		*E-4 [M4]	*E-4 [M4]	ST.	M	M	MPA	MPA	KMIN
1	P 21 22	.2872	2.8162	2.5	-.051	.051	.3	-3.9	.038
2	P 20 21	.2695	2.7488	1.8	-.060	.046	1.4	-4.6	.079
3	P 4 6	.2610	2.4146	.5	-.081	.042	.6	-15.2	.120
4	S 6	.2126	2.3415	1.7	-.068	.030	.0	-60.0	.391
5	S 21	.1994	2.2407	2.7	-.057	.026	.0	-60.0	.464
6	P 6 12	.1906	2.1578	1.9	-.065	.023	-4.7	-16.7	.687
7	N 20	.1704	.8871	4.7	.036	.023	.0	-60.0	1.161
8	N 4	.1692	.7405	3.5	.022	.021	.0	-270.0	1.364
9	S 12	-.0032	.7341	6.1	.038	-.039	.0	420.0	1.489
10	N 17	-.0045	.5363	7.6	.070	-.038	.0	-60.0	1.544
11	P 15 16	-.0049	.4120	8.4	.050	-.039	-.3	-17.7	1.575
12	P 12 14	-.0052	.3936	8.7	.038	-.039	7.4	367.2	1.575
13	S 16	-.0141	.1059	22.0	.141	-.032	.0	-60.0	1.638
14	N 1	-.0155	.0953	23.8	.128	-.033	.0	420.0	1.693

ŘEZ 1700 PŘÍPAD Vg

U N O S N O S T P R U R E Z U

LETOUN: L-23 TABULKA: 4
 REZ: 1700 VARIANTA: 1 LIST: 62

PRÍPAD Vg

MN= -15202.0 NM MT= 4252.4 NM MK= 1099.1 NM
 TN= -5055.3 N TT= 1391.1 N TO= .0 N
 PRETLAK= .00000 MPA

POCETNI SMYKOVE TOKY V POTAHU A STOJINACH [N/M]

USEK	QPOCTY	QPOCTK	QPOCMKEO	QPOCVYSL
1 2	-7629.86	-53.81	-1405.30	-9088.96
2 3	-15759.36	143.71	-1405.30	-17020.94
3 4	-4985.29	183.82	-1405.30	-6206.77
4 5	-1320.05	961.90	-4728.38	-5086.53
5 6	2547.90	784.21	-4728.38	-1396.27
6 7	5642.21	472.18	-4728.38	1386.01
7 8	6753.99	257.77	-4728.38	2283.38
8 9	7212.51	12.97	-4728.38	2497.10
9 10	6768.23	-221.48	-4728.38	1818.37
10 11	5710.44	-421.34	-4728.38	560.72
11 12	4346.04	-586.32	-4728.38	-968.67
12 13	1095.35	-823.34	-4728.38	-4456.37
13 14	-2631.32	-921.65	-4728.38	-8281.35
15 16	1099.74	-769.94	-3323.09	-2993.29
16 17	-2798.21	-379.69	-3323.09	-6500.99
17 18	-4218.97	-145.27	-3323.09	-7687.33
18 19	-4888.85	45.85	-3323.09	-8166.08
19 20	-4778.37	230.94	-3323.09	-7870.52
20 21	-3926.54	444.17	-3323.09	-6805.46
21 22	-488.84	761.79	-3323.09	-3050.14

STATICKE HODNOTY PRI JEDNOTLIVYCH KROCICH

KROK	PRVEK	JX0T	JY0T	ALFA	XT	YT	TAU	SIGMA	SUMA
		*E-4 [M4]	*E-4 [M4]	ST.	M	M	MPA	MPA	KMIN
1	P 15 16	.2872	2.8162	2.5	-.051	.051	-.3	-3.9	.080
2	P 16 17	.2684	2.7543	3.2	-.060	.056	-.9	-4.7	.116
3	P 12 14	.2499	2.4360	5.1	-.081	.059	-.9	-9.7	.167
4	P 6 12	.2056	2.3548	3.9	-.068	.073	.8	-16.7	.749
5	S 12	.1803	1.1048	-.3	.025	.084	.0	-60.0	.751
6	S 16	.1520	.9307	-5.0	.043	.090	.0	-60.0	.823
7	N 17	.1439	.8902	-3.6	.036	.094	.0	-60.0	1.033
8	N 1	.1404	.7457	-1.7	.022	.097	.0	-270.0	2.194
9	S 6	.0001	.7397	-4.0	.033	.141	.0	-60.0	2.196
10	P 21 22	-.0031	.5514	-6.2	.061	.142	-9.1	15.8	2.383
11	S 21	-.0039	.5365	-6.4	.053	.141	.0	-60.0	2.440
12	P 4 6	-.0044	.5019	-6.9	.041	.141	-6.6	326.5	2.453
13	N 20	-.0116	.2165	-14.3	.127	.138	.0	-60.0	2.525
14	N 4	-.0151	.1227	-20.0	.101	.141	.0	420.0	3.009

ŘEZ 1700 PŘÍPAD Vd

U N O S N O S T P R U R E Z U

LETOUN: L-23

TABULKA: 4

REZ: 1700

VARIANTA: 1

LIST: 65

PRIPAD Vd

MN= 29713.7 NM MT= 987.8 NM MK= 1099.1 NM
 TN= 8360.5 N TT= 340.2 N TO= .0 N
 PRETLAK= .00000 MPA

POCETNI SMYKOVE TOKY V POTAHU A STOJINACH [N/M]

USEK	QPOCTY	QPOCTX	QPOCMKEO	QPOCVYSL
1 2	12618.41	-13.16	-544.37	12060.88
2 3	26063.12	35.14	-544.37	25553.90
3 4	8244.76	44.95	-544.37	7745.35
4 5	2183.12	235.23	-1831.62	586.73
5 6	-4213.76	191.78	-1831.62	-5853.60
6 7	-9331.20	115.47	-1831.62	-11047.35
7 8	-11169.87	63.04	-1831.62	-12938.45
8 9	-11928.19	3.17	-1831.62	-13756.64
9 10	-11193.42	-54.16	-1831.62	-13079.21
10 11	-9444.04	-103.04	-1831.62	-11378.70
11 12	-7187.56	-143.38	-1831.62	-9162.56
12 13	-1811.51	-201.35	-1831.62	-3844.47
13 14	4351.72	-225.39	-1831.62	2294.71
15 16	-1818.77	-188.29	-1287.25	-3294.32
16 17	4627.72	-92.85	-1287.25	3247.62
17 18	6977.42	-35.53	-1287.25	5654.63
18 19	8085.27	11.21	-1287.25	6809.22
19 20	7902.56	56.48	-1287.25	6671.78
20 21	6493.79	108.62	-1287.25	5315.15
21 22	808.46	186.30	-1287.25	-292.50

STATICKE HODNOTY PRI JEDNOTLIVYCH KROCICH

KROK	PRVEK	JX0T	JY0T	ALFA	XT	YT	TAU	SIGMA	SUMA
		*E-4 [M4]	*E-4 [M4]	ST.	M	M	MPA	MPA	KMIN
1	P 21 22	.2872	2.8162	2.5	-.051	.051	.0	-3.9	.039
2	P 20 21	.2695	2.7488	1.8	-.060	.046	.5	-4.6	.072
3	P 4 6	.2610	2.4146	.5	-.081	.042	-.3	-15.2	.131
4	S 6	.2126	2.3415	1.7	-.068	.030	.0	-60.0	.443
5	S 21	.1994	2.2407	2.7	-.057	.026	.0	-60.0	.467
6	N 20	.1906	2.1578	1.9	-.065	.023	.0	-60.0	.805
7	P 6 12	.1881	1.9439	1.2	-.079	.021	-12.7	-16.3	1.281
8	N 4	.1692	.7405	3.5	.022	.021	.0	-270.0	1.534
9	S 12	-.0032	.7341	6.1	.038	-.039	.0	420.0	1.646
10	N 17	-.0045	.5363	7.6	.070	-.038	.0	-60.0	1.676
11	P 12 14	-.0049	.4120	8.4	.050	-.039	-1.1	367.7	1.729
12	S 16	-.0135	.1133	21.0	.137	-.034	.0	-60.0	1.784
13	P 16 17	-.0147	.1021	22.7	.127	-.034	7.2	-249.8	1.785
14	P 15 16	.0192	-.0610	.0	.072	-.038	-12.1	24.0	2.940
15	N 1	.0021	-.0576	.0	.056	-.038	.0	420.0	4.392

ŘEZ 2249 PŘÍPAD Va

U N O S N O S T P R U R E Z U

LETOUN: L-23 TABULKA: 4
 REZ: 2249 VARIANTA: 1 LIST: 9

PRIPAD Va

MN= 25483.5 NM MT= 6680.6 NM MK= -1119.9 NM
 TN= 10184.1 N TT= 2799.6 N TO= .0 N
 PRETLAK= .00000 MPA

POCETNI SMYKOVE TOKY V POTAHU A STOJINACH [N/M]

USEK	QPOCTY	QPOCTX	QPOCMKEO	QPOCVYSL
1 2	17071.51	-72.18	1659.61	18658.94
2 3	33042.03	292.07	1659.61	34993.71
3 4	10938.82	351.56	1659.61	12949.98
4 5	2950.19	1998.13	5524.56	10472.88
5 6	-5355.50	1631.91	5524.56	1800.98
6 7	-12117.81	980.92	5524.56	-5612.33
7 8	-14544.88	533.54	5524.56	-8486.78
8 9	-15523.84	25.76	5524.56	-9973.52
9 10	-14527.87	-457.59	5524.56	-9460.91
10 11	-12190.03	-871.65	5524.56	-7537.12
11 12	-9176.63	-1215.21	5524.56	-4867.29
12 13	-2025.09	-1707.98	5524.56	1791.49
13 14	6006.20	-1909.72	5524.56	9621.03
15 16	-2492.77	-1626.25	3864.95	-254.08
16 17	6054.09	-788.04	3864.95	9130.99
17 18	9054.62	-303.54	3864.95	12616.03
18 19	10508.36	94.29	3864.95	14467.60
19 20	10300.80	479.99	3864.95	14645.73
20 21	8561.28	922.41	3864.95	13348.64
21 22	1088.12	1608.16	3864.95	6561.23

STATICKE HODNOTY PRI JEDNOTLIVYCH KROCICH

KROK	PRVEK	JXOT	JYOT	ALFA	XT	YT	TAU	SIGMA	SUMA
		*E-4 [M4]	*E-4 [M4]	ST.	M	M	MPA	MPA	KMIN
1	P 21 22	.2422	2.5202	2.4	-.047	.049	.3	-3.9	.043
2	P 20 21	.2265	2.4553	1.7	-.056	.044	1.7	-5.2	.099
3	P 4 6	.2197	2.1604	.5	-.076	.040	.7	-16.2	.141
4	S 6	.1788	2.0988	1.6	-.064	.028	.0	-60.0	.434
5	S 21	.1669	2.0074	2.6	-.052	.025	.0	-60.0	.522
6	P 6 12	.1592	1.9265	1.8	-.062	.021	-5.0	-16.5	.783
7	N 20	.1419	.8118	4.3	.038	.022	.0	-60.0	1.261
8	N 4	.1407	.6753	3.1	.024	.019	.0	-270.0	1.475
9	S 12	-.0024	.6685	5.8	.040	-.036	.0	420.0	1.610
10	N 17	-.0035	.4859	7.2	.073	-.035	.0	-60.0	1.680
11	P 15 16	-.0037	.3706	7.9	.052	-.037	-.5	-17.6	1.689
12	P 12 14	-.0040	.3523	8.2	.040	-.037	8.1	367.1	1.707
13	S 16	-.0101	.0989	19.7	.142	-.030	.0	-60.0	1.779
14	N 1	-.0112	.0879	21.5	.128	-.031	.0	420.0	1.825

ŘEZ 2249 PŘÍPAD Vg

U N O S N O S T P R U R E Z U

LETOUN: L-23

TABULKA:

REZ: 2249

VARIANTA: 1

LIST:

PRIPAD Vg

MN= -12453.3 NM MT= 3264.7 NM MK= 895.2 NM
 TN= -4635.6 N TT= 1274.3 N TO= .0 N
 PRETLAK= .00000 MPA

POCETNI SMYKOVE TOKY V POTAHU A STOJINACH [N/M]

USEK	QPOCTY	QPOCTX	QPOCMKEO	QPOCVYSL
1 2	-7770.61	-32.85	-1306.11	-9109.57
2 3	-15040.08	132.94	-1306.11	-16213.24
3 4	-4979.13	160.02	-1306.11	-6125.22
4 5	-1342.87	909.51	-4347.82	-4781.18
5 6	2437.72	742.81	-4347.82	-1167.29
6 7	5515.79	446.49	-4347.82	1614.46
7 8	6620.54	242.86	-4347.82	2515.58
8 9	7066.14	11.73	-4347.82	2730.05
9 10	6612.80	-208.29	-4347.82	2056.70
10 11	5548.66	-396.76	-4347.82	804.08
11 12	4177.02	-553.14	-4347.82	-723.94
12 13	921.78	-777.44	-4347.82	-4203.47
13 14	-2733.90	-869.27	-4347.82	-7950.98
15 16	1134.66	-740.24	-3041.71	-2647.29
16 17	-2755.70	-358.70	-3041.71	-6156.11
17 18	-4121.48	-138.16	-3041.71	-7301.36
18 19	-4783.19	42.92	-3041.71	-7781.98
19 20	-4688.72	218.48	-3041.71	-7511.95
20 21	-3896.92	419.86	-3041.71	-6518.77
21 22	-495.29	732.00	-3041.71	-2805.00

STATICKE HODNOTY PRI JEDNOTLIVYCH KROCICH

KROK	PRVEK	JX0T	JY0T	ALFA	XT	YT	TAU	SIGMA	SUMA
		*E-4 [M4]	*E-4 [M4]	ST.	M	M	MPA	MPA	KMIN
1	P 15 16	.2422	2.5202	2.4	-.047	.049	-.3	-3.9	.087
2	P 16 17	.2254	2.4601	3.2	-.056	.054	-1.1	-5.4	.139
3	P 12 14	.2103	2.1789	4.9	-.076	.057	-1.0	-10.4	.194
4	S 12	.1724	2.1107	3.8	-.064	.070	.0	-60.0	.812
5	P 6 12	.1596	2.0122	2.7	-.052	.075	1.0	-16.5	.813
6	S 16	.1240	.8547	-4.9	.046	.087	.0	-60.0	.891
7	N 17	.1168	.8152	-3.6	.038	.091	.0	-60.0	1.084
8	N 1	.1135	.6804	-1.7	.024	.094	.0	-270.0	2.292
9	S 6	.0004	.6746	-3.8	.035	.134	.0	-60.0	2.300
10	P 21 22	-.0024	.5011	-6.0	.064	.136	-8.8	1.1	2.505
11	P 4 6	-.0030	.4866	-6.3	.055	.134	-6.3	324.9	2.550
12	S 21	-.0084	.2147	-12.6	.139	.132	.0	-60.0	2.551
13	N 20	-.0092	.2030	-13.4	.128	.131	.0	-60.0	2.668
14	N 4	-.0115	.1146	-18.4	.099	.134	.0	420.0	3.166

ŘEZ 2249 PŘÍPAD Vd

U N O S N O S T P R U R E Z U

LETOUN: L-23

TABULKA:

REZ: 2249 VARIANTA: 1

LIST:

PRIPAD Vd

MN= 25117.7 NM MT= 804.2 NM MK= 895.2 NM
 TN= 7859.7 N TT= 307.5 N TO= .0 N
 PRETLAK= .00000 MPA

POCETNI SMYKOVE TOKY V POTAHU A STOJINACH [N/M]

USEK	QPOCTY	QPOCTX	QPOCMKEO	QPOCVYSL
1 2	13175.14	-7.93	-442.38	12724.83
2 3	25500.58	32.08	-442.38	25090.28
3 4	8442.16	38.61	-442.38	8038.39
4 5	2276.84	219.47	-1472.62	1023.69
5 6	-4133.17	179.24	-1472.62	-5426.54
6 7	-9352.06	107.74	-1472.62	-10716.94
7 8	-11225.18	58.60	-1472.62	-12639.20
8 9	-11980.70	2.83	-1472.62	-13450.49
9 10	-11212.06	-50.26	-1472.62	-12734.94
10 11	-9407.80	-95.74	-1472.62	-10976.15
11 12	-7082.17	-133.48	-1472.62	-8688.27
12 13	-1562.89	-187.60	-1472.62	-3223.10
13 14	4635.35	-209.76	-1472.62	2952.98
15 16	-1923.83	-178.62	-1030.23	-3132.69
16 17	4672.31	-86.56	-1030.23	3555.52
17 18	6988.01	-33.34	-1030.23	5924.43
18 19	8109.95	10.36	-1030.23	7090.07
19 20	7949.76	52.72	-1030.23	6972.25
20 21	6607.27	101.32	-1030.23	5678.35
21 22	839.77	176.64	-1030.23	-13.83

STATICKE HODNOTY PRI JEDNOTLIVYCH KROCICH

KROK	PRVEK	JX0T	JY0T	ALFA	XT	YT	TAU	SIGMA	SUMA
		*E-4 [M4]	*E-4 [M4]	ST.	M	M	MPA	MPA	KMIN
1	P 21 22	.2422	2.5202	2.4	-.047	.049	.0	-3.9	.042
2	P 20 21	.2265	2.4553	1.7	-.056	.044	.6	-5.2	.087
3	P 4 6	.2197	2.1604	.5	-.076	.040	-.3	-16.2	.147
4	S 6	.1788	2.0988	1.6	-.064	.028	.0	-60.0	.467
5	S 21	.1669	2.0074	2.6	-.052	.025	.0	-60.0	.501
6	N 20	.1592	1.9265	1.8	-.062	.021	.0	-60.0	.870
7	P 6 12	.1570	1.7254	1.1	-.075	.020	-13.1	-16.2	1.363
8	N 4	.1407	.6753	3.1	.024	.019	.0	-270.0	1.581
9	S 12	-.0024	.6685	5.8	.040	-.036	.0	420.0	1.698
10	N 17	-.0035	.4859	7.2	.073	-.035	.0	-60.0	1.737
11	P 12 14	-.0037	.3706	7.9	.052	-.037	-.2	367.7	1.787
12	S 16	-.0097	.1064	18.7	.139	-.031	.0	-60.0	1.848
13	P 16 17	-.0106	.0948	20.4	.127	-.032	8.3	-285.7	1.861
14	P 15 16	.0166	-.0459	.0	.073	-.036	-8.4	-13.3	2.145
15	N 1	.0016	-.0449	.0	.054	-.035	.0	420.0	3.484

ŘEZ 3079 PŘÍPAD Va

U N O S N O S T P R U R E Z U

LETOUN: L-23 TABULKA: 4
 REZ: 3079 VARIANTA: 1 LIST: 16

PRIPAD Va

MN= 17979.9 NM MT= 4625.1 NM MK= -871.5 NM
 TN= 8373.2 N TT= 2283.3 N TO= .0 N
 PRETLAK= .00000 MPA

POCETNI SMYKOVE TOKY V POTAHU A STOJINACH [N/M]

USEK	QPOCTY	QPOCTX	QPOCMKEO	QPOCVYSL
1 2	14528.50	-23.08	1519.65	16025.08
2 3	27440.29	234.77	1519.65	29194.72
3 4	7201.16	262.51	1519.65	8983.32
4 5	1608.51	1712.07	4964.50	8285.07
5 6	-4996.83	1404.80	4964.50	1372.48
6 7	-10521.26	845.83	4964.50	-4710.93
7 8	-12441.08	464.60	4964.50	-7011.99
8 9	-13106.36	30.78	4964.50	-8111.08
9 10	-12045.17	-391.10	4964.50	-7471.77
10 11	-9842.50	-745.93	4964.50	-5623.92
11 12	-7067.58	-1037.94	4964.50	-3141.02
12 13	-498.33	-1460.44	4964.50	3005.73
13 14	6617.60	-1630.39	4964.50	9951.72
15 16	-3172.65	-1427.26	3444.85	-1155.06
16 17	4770.86	-673.08	3444.85	7542.63
17 18	7432.41	-261.88	3444.85	10615.38
18 19	8823.09	77.50	3444.85	12345.43
19 20	8855.21	407.47	3444.85	12707.54
20 21	7729.31	786.00	3444.85	11960.16
21 22	1872.27	1410.24	3444.85	6727.36

STATICKE HODNOTY PRI JEDNOTLIVYCH KROCICH

KROK	PRVEK	JX0T	JY0T	ALFA	XT	YT	TAU	SIGMA	SUMA
		*E-4 [M4]	*E-4 [M4]	ST.	M	M	MPA	MPA	KMIN
1	P 21 22	.1993	2.1303	2.4	-.036	.051	.5	-3.9	.059
2	P 20 21	.1882	2.0711	1.7	-.045	.046	2.8	-6.1	.186
3	P 4 6	.1848	1.8324	.8	-.063	.044	.9	-17.9	.213
4	S 6	.1575	1.7834	1.8	-.052	.034	.0	-60.0	.617
5	S 21	.1486	1.7036	2.8	-.041	.031	.0	-60.0	.834
6	P 6 12	.1439	1.6276	2.1	-.050	.029	-7.9	-17.1	1.566
7	N 4	.1316	.7148	2.9	.038	.031	.0	-270.0	2.340
8	N 20	.0248	.6991	6.5	.060	-.018	.0	-60.0	2.373
9	P 16 17	.0225	.5819	5.0	.041	-.022	31.5	361.8	3.345
10	P 15 16	.0219	.4266	6.2	.006	-.023	-4.9	367.6	3.414
11	N 17	.0209	.3895	7.0	-.015	-.022	.0	420.0	3.720
12	S 16	.0195	.2314	10.1	-.046	-.024	.0	420.0	3.795
13	S 12	.0164	.1538	15.2	-.073	-.024	.0	-60.0	4.085
14	N 1	.0114	.0818	26.4	-.038	-.021	.0	420.0	4.258

ŘEZ 3079 PŘÍPAD Vg

UNOSNOST PRUREZU										
=====										
LETOUN: L-23							TABULKA: 4			
REZ: 3079 VARIANTA: 1							LIST: 18			

PRIPAD Vg										
MN= -8959.4 NM			MT= 2304.7 NM			MK= 696.6 NM				
TN= -3989.6 N			TT= 1087.9 N			TO= .0 N				
PRETLAK= .00000 MPA										

POCETNI SMYKOVE TOKY V POTAHU A STOJINACH [N/M]										

USEK		QPOCTY	QPOCTX	QPOCMKEO	QPOCVYSL					

1	2	-6922.39	-11.00	-1216.91	-8150.29					
2	3	-13074.46	111.86	-1216.91	-14179.51					
3	4	-3431.13	125.08	-1216.91	-4522.97					
4	5	-766.40	815.75	-3975.49	-3926.14					
5	6	2380.83	669.34	-3975.49	-925.31					
6	7	5013.06	403.01	-3975.49	1440.59					
7	8	5927.80	221.37	-3975.49	2173.68					
8	9	6244.78	14.67	-3975.49	2283.96					
9	10	5739.16	-186.35	-3975.49	1577.32					
10	11	4689.65	-355.41	-3975.49	358.75					
11	12	3367.49	-494.54	-3975.49	-1102.54					
12	13	237.44	-695.85	-3975.49	-4433.90					
13	14	-3153.09	-776.83	-3975.49	-7905.40					
15	16	1511.67	-680.04	-2758.57	-1926.95					
16	17	-2273.17	-320.70	-2758.57	-5352.44					
17	18	-3541.32	-124.78	-2758.57	-6424.67					
18	19	-4203.93	36.92	-2758.57	-6925.58					
19	20	-4219.24	194.15	-2758.57	-6783.67					
20	21	-3682.78	374.51	-2758.57	-6066.85					
21	22	-892.08	671.93	-2758.57	-2978.72					

STATICKE HODNOTY PRI JEDNOTLIVYCH KROCICH										

KROK	PRVEK	JXOT	JYOT	ALFA	XT	YT	TAU	SIGMA	SUMA	
		*E-4 [M4]	*E-4 [M4]	ST.	M	M	MPA	MPA	KMIN	

1	P 15 16	.1993	2.1303	2.4	-.036	.051	-.2	-3.9	.104	
2	P 16 17	.1838	2.0753	3.2	-.045	.055	-1.3	-6.5	.193	
3	P 12 14	.1712	1.8484	4.9	-.062	.058	-1.3	-11.9	.261	
4	P 6 12	.1399	1.7936	3.8	-.052	.069	.9	-17.3	.946	
5	S 12	.1202	.8956	-.5	.028	.080	.0	-60.0	.961	
6	S 16	.0964	.7599	-5.0	.046	.086	.0	-60.0	1.064	
7	N 17	.0902	.7197	-3.6	.038	.090	.0	-60.0	1.259	
8	N 1	.0871	.5955	-1.7	.025	.093	.0	-270.0	2.607	
9	S 6	.0033	.5910	-3.5	.033	.124	.0	-60.0	2.714	
10	N 20	.0014	.4463	-5.3	.058	.125	.0	-60.0	2.818	
11	P 4 6	.0013	.3311	-5.0	.040	.127	-5.7	-65.6	2.841	
12	P 21 22	-.0013	.1592	-10.0	.092	.126	-10.9	203.0	2.926	
13	S 21	-.0018	.1495	-10.7	.086	.124	.0	-60.0	3.035	
14	N 4	-.0026	.1241	-12.6	.071	.125	.0	420.0	3.349	

ŘEZ 3079 PŘÍPAD Vd

U N O S N O S T P R U R E Z U

LETOUN: L-23 TABULKA: 4
 REZ: 3079 VARIANTA: 1 LIST: 20

PRIPAD Vd

MN= 19013.8 NM MT= 573.5 NM MK= 696.6 NM
 TN= 7231.6 N TT= 262.9 N TO= .0 N
 PRETLAK= .00000 MPA

POCETNI SMYKOVE TOKY V POTAHU A STOJINACH [N/M]

USEK	QPOCTY	QPOCTX	QPOCMKEO	QPOCVYSL
1 2	12547.85	-2.66	-382.48	12162.71
2 3	23699.40	27.04	-382.48	23343.95
3 4	6219.44	30.23	-382.48	5867.19
4 5	1389.22	197.17	-1249.51	336.87
5 6	-4315.62	161.78	-1249.51	-5403.35
6 7	-9086.91	97.41	-1249.51	-10239.02
7 8	-10745.01	53.50	-1249.51	-11941.02
8 9	-11319.59	3.54	-1249.51	-12565.56
9 10	-10403.07	-45.04	-1249.51	-11697.63
10 11	-8500.68	-85.90	-1249.51	-9836.10
11 12	-6104.07	-119.53	-1249.51	-7473.11
12 13	-430.39	-168.19	-1249.51	-1848.09
13 14	5715.44	-187.76	-1249.51	4278.16
15 16	-2740.12	-164.37	-867.03	-3771.52
16 17	4120.45	-77.51	-867.03	3175.91
17 18	6419.16	-30.16	-867.03	5521.97
18 19	7620.25	8.92	-867.03	6762.14
19 20	7647.99	46.93	-867.03	6827.89
20 21	6675.58	90.52	-867.03	5899.07
21 22	1617.03	162.41	-867.03	912.40

STATICKE HODNOTY PRI JEDNOTLIVYCH KROCICH

KROK	PRVEK	JX0T	JY0T	ALFA	XT	YT	TAU	SIGMA	SUMA
		*E-4 [M4]	*E-4 [M4]	ST.	M	M	MPA	MPA	KMIN
1	P 21 22	.1993	2.1303	2.4	-.036	.051	.1	-3.9	.054
2	P 20 21	.1882	2.0711	1.7	-.045	.046	1.1	-6.3	.149
3	P 4 6	.1848	1.8324	.8	-.063	.044	-.4	-17.9	.207
4	S 6	.1575	1.7834	1.8	-.052	.034	.0	-60.0	.622
5	S 21	.1486	1.7036	2.8	-.041	.031	.0	-60.0	.732
6	N 20	.1439	1.6276	2.1	-.050	.029	.0	-60.0	1.585
7	N 4	.1430	1.4479	1.5	-.063	.027	.0	-270.0	2.299
8	P 6 12	.0447	1.4143	-.9	-.085	-.011	-21.3	-17.2	2.394
9	P 15 16	.0225	.5819	5.0	.041	-.022	-16.6	366.2	3.531
10	P 16 17	.0219	.5597	5.3	.028	-.021	14.9	361.6	3.754
11	S 16	.0209	.3895	7.0	-.015	-.022	.0	420.0	4.285
12	N 17	.0200	.3259	8.3	-.037	-.022	.0	420.0	4.302
13	N 1	.0164	.1538	15.2	-.073	-.024	.0	420.0	4.682

ŘEZ 3321 PŘÍPAD Va

U N O S N O S T P R U R E Z U

LETOUN: L-23

TABULKA: 4

REZ:3321 VARIANTA: 1

LIST: 23

PRIPAD Va

MN= 16005.0 NM MT= 4087.2 NM MK= -803.9 NM
 TN= 7865.1 N TT= 2137.9 N TO= .0 N
 PRETLAK= .00000 MPA

POCETNI SMYKOVE TOKY V POTAHU A STOJINACH [N/M]

USEK	QPOCTY	QPOCTX	QPOCMKEO	QPOCVYSL
1 2	15757.21	-10.14	1505.27	17252.35
2 3	28458.28	229.99	1505.27	30193.55
3 4	10465.72	242.35	1505.27	12213.34
4 5	2965.85	1628.85	4884.97	9479.67
5 6	-4368.12	1337.88	4884.97	1854.73
6 7	-10606.84	805.46	4884.97	-4916.40
7 8	-12836.81	442.04	4884.97	-7509.80
8 9	-13719.68	29.34	4884.97	-8805.37
9 10	-12757.55	-372.09	4884.97	-8244.66
10 11	-10590.23	-710.01	4884.97	-6415.27
11 12	-7827.39	-988.68	4884.97	-3931.09
12 13	-1272.87	-1391.33	4884.97	2220.78
13 14	5732.74	-1553.21	4884.97	9064.51
15 16	-2205.48	-1362.36	3379.70	-188.13
16 17	5507.80	-636.51	3379.70	8251.00
17 18	8007.54	-248.10	3379.70	11139.14
18 19	9272.42	73.67	3379.70	12725.80
19 20	9126.94	386.83	3379.70	12893.47
20 21	7732.66	745.32	3379.70	11857.68
21 22	910.11	1348.30	3379.70	5638.11

STATICKE HODNOTY PRI JEDNOTLIVYCH KROCICH

KROK	PRVEK	JXOT	JYOT	ALFA	XT	YT	TAU	SIGMA	SUMA
		*E-4 [M4]	*E-4 [M4]	ST.	M	M	MPA	MPA	KMIN
1	P 21 22	.1698	2.0194	2.1	-.036	.044	.4	-3.9	.054
2	P 20 21	.1575	1.9602	1.4	-.046	.039	2.4	-6.6	.159
3	P 4 6	.1532	1.7333	.3	-.064	.036	1.0	-18.7	.202
4	S 6	.1245	1.6899	1.3	-.053	.025	.0	-60.0	.546
5	S 21	.1149	1.6153	2.3	-.041	.022	.0	-60.0	.677
6	P 6 12	.1090	1.5389	1.5	-.052	.018	-5.9	-16.9	1.074
7	N 20	.0965	.6813	3.5	.043	.018	.0	-60.0	1.536
8	N 4	.0955	.5622	2.4	.028	.016	.0	-270.0	1.812
9	S 12	-.0008	.5548	5.1	.044	-.031	.0	420.0	1.921
10	P 15 16	-.0014	.4023	6.2	.078	-.029	-.5	-3.9	1.924
11	N 17	-.0015	.3898	6.3	.069	-.029	.0	-60.0	2.006
12	P 12 14	-.0016	.2834	6.9	.041	-.031	9.6	366.7	2.038
13	S 16	-.0035	.0986	13.1	.135	-.025	.0	-60.0	2.106
14	N 1	-.0039	.0848	14.5	.117	-.026	.0	420.0	2.144

ŘEZ 3321 PŘÍPAD Vg

U N O S N O S T P R U R E Z U

LETOUN: L-23 TABULKA: 4
 REZ: 3321 VARIANTA: 1 LIST: 25

PRIPAD Vg

MN= -8012.4 NM MT= 2046.1 NM MK= 642.5 NM
 TN= -3794.0 N TT= 1031.3 N TO= .0 N
 PRETLAK= .00000 MPA

POCETNI SMYKOVE TOKY V POTAHU A STOJINACH [N/M]

USEK	QPOCTY	QPOCTX	QPOCMKEO	QPOCVYSL
1 2	-7600.93	-4.89	-1201.40	-8807.22
2 3	-13727.65	110.94	-1201.40	-14818.10
3 4	-5048.43	116.90	-1201.40	-6132.93
4 5	-1430.66	785.72	-3898.85	-4543.78
5 6	2107.09	645.36	-3898.85	-1146.40
6 7	5116.50	388.54	-3898.85	1606.19
7 8	6192.20	213.23	-3898.85	2506.58
8 9	6618.07	14.15	-3898.85	2733.38
9 10	6153.96	-179.49	-3898.85	2075.62
10 11	5108.49	-342.49	-3898.85	867.15
11 12	3775.76	-476.92	-3898.85	-600.01
12 13	614.00	-671.15	-3898.85	-3955.99
13 14	-2765.35	-749.23	-3898.85	-7413.43
15 16	1063.87	-657.17	-2697.45	-2290.74
16 17	-2656.84	-307.04	-2697.45	-5661.32
17 18	-3862.66	-119.68	-2697.45	-6679.78
18 19	-4472.81	35.54	-2697.45	-7134.72
19 20	-4402.63	186.60	-2697.45	-6913.48
20 21	-3730.06	359.53	-2697.45	-6067.98
21 22	-439.02	650.39	-2697.45	-2486.07

STATICKE HODNOTY PRI JEDNOTLIVYCH KROCICH

KROK	PRVEK	JX0T	JY0T	ALFA	XT	YT	TAU	SIGMA	SUMA
		*E-4 [M4]	*E-4 [M4]	ST.	M	M	MPA	MPA	KMIN
1	P 15 16	.1698	2.0194	2.1	-.036	.044	-.3	-3.9	.109
2	P 16 17	.1572	1.9638	2.9	-.046	.048	-1.6	-6.9	.220
3	P 12 14	.1476	1.7466	4.4	-.064	.051	-1.3	-12.4	.282
4	S 12	.1216	1.6991	3.4	-.053	.062	.0	-60.0	1.008
5	P 6 12	.1111	1.6193	2.3	-.041	.067	1.4	-17.0	1.042
6	S 16	.0845	.7225	-4.6	.052	.078	.0	-60.0	1.147
7	N 17	.0792	.6847	-3.3	.043	.082	.0	-60.0	1.364
8	N 1	.0766	.5670	-1.5	.029	.085	.0	-270.0	2.761
9	S 6	.0006	.5610	-3.6	.039	.119	.0	-60.0	2.789
10	P 21 22	-.0013	.4161	-5.5	.069	.120	-9.3	7.9	2.986
11	S 21	-.0017	.4019	-5.8	.060	.119	.0	-60.0	3.057
12	P 4 6	-.0020	.3677	-6.2	.044	.119	-7.2	327.3	3.057
13	N 20	-.0047	.1853	-10.8	.125	.116	.0	-60.0	3.333
14	N 4	-.0055	.1043	-13.8	.092	.120	.0	420.0	3.759

ŘEZ 3321 PŘÍPAD Vd

U N O S N O S T P R U R E Z U

LETOUN: L-23 TABULKA: 4
 REZ: 3321 VARIANTA: 1 LIST: 27

PRIPAD Vd

MN= 17276.3 NM MT= 510.9 NM MK= 642.5 NM
 TN= 7059.8 N TT= 250.8 N TO= .0 N
 PRETLAK= .00000 MPA

POCETNI SMYKOVE TOKY V POTAHU A STOJINACH [N/M]

USEK	QPOCTY	QPOCTX	QPOCMKEO	QPOCVYSL
1 2	14143.75	-1.19	-334.73	13807.83
2 3	25544.29	26.98	-334.73	25236.54
3 4	9394.08	28.43	-334.73	9087.79
4 5	2662.16	191.08	-1086.27	1766.97
5 6	-3920.85	156.95	-1086.27	-4850.17
6 7	-9520.75	94.49	-1086.27	-10512.52
7 8	-11522.38	51.85	-1086.27	-12556.80
8 9	-12314.85	3.44	-1086.27	-13397.67
9 10	-11451.23	-43.65	-1086.27	-12581.15
10 11	-9505.84	-83.29	-1086.27	-10675.40
11 12	-7025.90	-115.98	-1086.27	-8228.14
12 13	-1142.53	-163.21	-1086.27	-2392.01
13 14	5145.73	-182.20	-1086.27	3877.26
15 16	-1979.65	-159.82	-751.54	-2891.01
16 17	4943.83	-74.67	-751.54	4117.62
17 18	7187.60	-29.10	-751.54	6406.96
18 19	8322.97	8.64	-751.54	7580.07
19 20	8192.38	45.38	-751.54	7486.22
20 21	6940.87	87.43	-751.54	6276.76
21 22	816.92	158.17	-751.54	223.54

STATICKE HODNOTY PRI JEDNOTLIVYCH KROCICH

KROK	PRVEK	JX0T	JY0T	ALFA	XT	YT	TAU	SIGMA	SUMA
		*E-4 [M4]	*E-4 [M4]	ST.	M	M	MPA	MPA	KMIN
1	P 21 22	.1698	2.0194	2.1	-.036	.044	.0	-3.9	.049
2	P 20 21	.1575	1.9602	1.4	-.046	.039	1.0	-6.7	.130
3	P 4 6	.1532	1.7333	.3	-.064	.036	-.2	-18.7	.191
4	S 6	.1245	1.6899	1.3	-.053	.025	.0	-60.0	.532
5	S 21	.1149	1.6153	2.3	-.041	.022	.0	-60.0	.595
6	N 20	.1090	1.5389	1.5	-.052	.018	.0	-60.0	1.051
7	P 6 12	.1074	1.3621	.8	-.066	.017	-15.4	-16.5	1.625
8	N 4	.0955	.5622	2.4	.028	.016	.0	-270.0	1.772
9	S 12	-.0008	.5548	5.1	.044	-.031	.0	420.0	1.861
10	N 17	-.0014	.4023	6.2	.078	-.029	.0	-60.0	1.919
11	P 12 14	-.0015	.3018	6.6	.055	-.031	1.2	367.7	1.950
12	S 16	-.0033	.1060	12.5	.134	-.026	.0	-60.0	2.031
13	P 16 17	-.0037	.0921	13.7	.120	-.027	10.5	-352.5	2.033
14	P 15 16	.0139	-.0184	.0	.068	-.031	-8.7	-87.0	2.404
15	N 1	.0013	-.0222	.0	.042	-.031	.0	420.0	2.516

ŘEZ 4050 PŘÍPAD Va

UNOSNOST PRUREZU

LETOUN: L-23 TABULKA: 4
 REZ: 4050 VARIANTA: 1 LIST: 30

PRIPAD Va

MN= 10848.2 NM MT= 2697.5 NM MK= -618.6 NM
 TN= 6310.2 N TT= 1683.5 N TO= .0 N
 PRETLAK= .00000 MPA

POCETNI SMYKOVE TOKY V POTAHU A STOJINACH [N/M]

USEK	QPOCTY	QPOCTX	QPOCMKEO	QPOCVYSL
1 2	13748.97	9.42	1381.04	15139.42
2 3	24881.71	185.97	1381.04	26448.72
3 4	9992.80	175.28	1381.04	11549.12
4 5	2959.22	1345.38	4378.77	8683.36
5 6	-3536.29	1109.54	4378.77	1952.02
6 7	-9245.76	669.62	4378.77	-4197.37
7 8	-11291.92	369.66	4378.77	-6543.48
8 9	-12106.99	28.89	4378.77	-7699.33
9 10	-11239.18	-302.73	4378.77	-7163.13
10 11	-9288.69	-582.77	4378.77	-5492.69
11 12	-6816.57	-813.69	4378.77	-3251.49
12 13	-962.48	-1149.39	4378.77	2266.90
13 14	5065.11	-1284.97	4378.77	8158.90
15 16	-1720.61	-1142.90	2997.73	134.22
16 17	5036.43	-519.90	2997.73	7514.26
17 18	7086.36	-205.99	2997.73	9878.10
18 19	8154.10	57.06	2997.73	11208.88
19 20	8034.98	314.19	2997.73	11346.91
20 21	6884.04	607.12	2997.73	10488.89
21 22	678.54	1133.53	2997.73	4809.80

STATICKE HODNOTY PRI JEDNOTLIVYCH KROCICH

KROK	PRVEK	JX0T	JY0T	ALFA	XT	YT	TAU	SIGMA	SUMA
		*E-4 [M4]	*E-4 [M4]	ST.	M	M	MPA	MPA	KMIN
1	P 21 22	.1319	1.7204	1.9	-.028	.040	.4	-3.9	.067
2	P 20 21	.1215	1.6654	1.1	-.038	.034	3.1	-8.0	.237
3	P 4 6	.1183	1.4803	.2	-.055	.032	1.2	-20.7	.274
4	S 6	.0960	1.4460	1.1	-.045	.023	.0	-60.0	.677
5	S 21	.0875	1.3809	2.1	-.033	.019	.0	-60.0	.858
6	P 6 12	.0827	1.3081	1.3	-.044	.016	-6.6	-17.4	1.376
7	N 20	.0727	.6025	3.1	.046	.015	.0	-60.0	1.893
8	N 4	.0719	.4941	2.0	.030	.013	.0	-270.0	2.180
9	S 12	.0001	.4872	4.6	.044	-.027	.0	-60.0	2.205
10	P 16 17	-.0002	.3548	5.4	.078	-.025	20.8	187.2	2.219
11	P 15 16	-.0003	.2578	6.0	.046	-.027	.4	229.3	2.222
12	N 17	-.0004	.2358	6.4	.028	-.027	.0	-60.0	2.256
13	S 16	-.0008	.1146	8.6	-.008	-.030	.0	-60.0	2.289
14	P 12 14	-.0019	.0512	14.5	-.040	-.032	10.0	280.1	2.298
15	N 1	.0061	-.0156	.0	.029	-.027	.0	420.0	6.119

ŘEZ 4050 PŘÍPAD Vg

U N O S N O S T P R U R E Z U

LETOUN: L-23

TABULKA: 4

REZ: 4050 VARIANTA: 1

LIST: 32

PRIPAD Vg

MN= -5486.6 NM MT= 1364.3 NM MK= 494.4 NM
 TN= -3135.5 N TT= 836.5 N TO= .0 N
 PRETLAK= .00000 MPA

POCETNI SMYKOVE TOKY V POTAHU A STOJINACH [N/M]

USEK	QPOCTY	QPOCTX	QPOCMKEO	QPOCVYSL
1 2	-6831.67	4.68	-1108.28	-7935.27
2 3	-12363.37	92.41	-1108.28	-13379.24
3 4	-4965.28	87.09	-1108.28	-5986.47
4 5	-1470.40	668.50	-3513.94	-4315.84
5 6	1757.13	551.31	-3513.94	-1205.49
6 7	4594.09	332.72	-3513.94	1412.87
7 8	5610.79	183.68	-3513.94	2280.54
8 9	6015.79	14.35	-3513.94	2516.21
9 10	5584.59	-150.42	-3513.94	1920.23
10 11	4615.42	-289.57	-3513.94	811.91
11 12	3387.06	-404.31	-3513.94	-531.19
12 13	478.24	-571.11	-3513.94	-3606.81
13 14	-2516.78	-638.48	-3513.94	-6669.20
15 16	854.95	-567.89	-2405.66	-2118.60
16 17	-2502.53	-258.33	-2405.66	-5166.53
17 18	-3521.11	-102.35	-2405.66	-6029.13
18 19	-4051.66	28.35	-2405.66	-6428.97
19 20	-3992.47	156.12	-2405.66	-6242.02
20 21	-3420.58	301.67	-2405.66	-5524.58
21 22	-337.16	563.23	-2405.66	-2179.59

STATICKE HODNOTY PRI JEDNOTLIVYCH KROCICH

KROK	PRVEK	JXOT	JYOT	ALFA	XT	YT	TAU	SIGMA	SUMA
		*E-4 [M4]	*E-4 [M4]	ST.	M	M	MPA	MPA	KMIN
1	P 15 16	.1319	1.7204	1.9	-.028	.040	-.4	-3.9	.140
2	P 16 17	.1220	1.6681	2.7	-.038	.044	-2.2	-8.4	.339
3	P 12 14	.1155	1.4906	4.0	-.054	.046	-1.7	-13.9	.398
4	S 12	.0963	1.4535	3.1	-.044	.056	.0	-60.0	1.283
5	P 6 12	.0876	1.3844	2.0	-.033	.060	1.6	-17.5	1.378
6	S 16	.0669	.6425	-4.2	.055	.071	.0	-60.0	1.530
7	N 17	.0628	.6056	-3.0	.046	.074	.0	-60.0	1.820
8	N 1	.0608	.4986	-1.3	.031	.077	.0	-270.0	3.592
9	N 20	.0005	.4922	-3.5	.042	.110	.0	-60.0	3.634
10	S 6	.0002	.3805	-2.7	.021	.112	.0	-60.0	3.635
11	P 21 22	-.0011	.2684	-4.8	.051	.113	-10.7	32.9	3.925
12	P 4 6	-.0013	.2484	-5.2	.036	.112	-9.2	326.1	4.018
13	S 21	-.0030	.1170	-9.8	.108	.110	.0	-60.0	4.201
14	N 4	-.0034	.0961	-11.4	.088	.111	.0	420.0	4.848

ŘEZ 4050 PŘÍPAD Vd

U N O S N O S T P R U R E Z U

LETOUN: L-23

TABULKA: 4

REZ: 4050 VARIANTA: 1

LIST: 34

PRIPAD Vd

MN= 12345.2 NM MT= 343.4 NM MK= 494.4 NM
 TN= 6457.1 N TT= 209.1 N TO= .0 N
 PRETLAK= .00000 MPA

POCETNI SMYKOVE TOKY V POTAHU A STOJINACH [N/M]

USEK	QPOCTY	QPOCTX	QPOCMKEO	QPOCVYSL
1 2	14068.93	1.17	-253.29	13816.81
2 3	25460.75	23.10	-253.29	25230.56
3 4	10225.35	21.77	-253.29	9993.83
4 5	3028.09	167.11	-803.08	2392.11
5 6	-3618.58	137.82	-803.08	-4283.85
6 7	-9460.92	83.17	-803.08	-10180.83
7 8	-11554.70	45.92	-803.08	-12311.87
8 9	-12388.74	3.59	-803.08	-13188.24
9 10	-11500.73	-37.60	-803.08	-12341.42
10 11	-9504.85	-72.39	-803.08	-10380.32
11 12	-6975.20	-101.07	-803.08	-7879.35
12 13	-984.88	-142.76	-803.08	-1930.73
13 14	5182.98	-159.61	-803.08	4220.29
15 16	-1760.65	-141.96	-549.79	-2452.40
16 17	5153.64	-64.58	-549.79	4539.27
17 18	7251.27	-25.59	-549.79	6675.89
18 19	8343.86	7.09	-549.79	7801.15
19 20	8221.97	39.03	-549.79	7711.20
20 21	7044.25	75.41	-549.79	6569.86
21 22	694.34	140.79	-549.79	285.34

STATICKE HODNOTY PRI JEDNOTLIVYCH KROCICH

KROK	PRVEK	JXOT	JYOT	ALFA	XT	YT	TAU	SIGMA	SUMA
		*E-4 [M4]	*E-4 [M4]	ST.	M	M	MPA	MPA	KMIN
1	P 21 22	.1319	1.7204	1.9	-.028	.040	.0	-3.9	.058
2	P 20 21	.1215	1.6654	1.1	-.038	.034	1.5	-8.2	.186
3	P 4 6	.1183	1.4803	.2	-.055	.032	-.2	-20.7	.245
4	S 6	.0960	1.4460	1.1	-.045	.023	.0	-60.0	.622
5	S 21	.0875	1.3809	2.1	-.033	.019	.0	-60.0	.717
6	N 20	.0827	1.3081	1.3	-.044	.016	.0	-60.0	1.276
7	P 6 12	.0814	1.1477	.5	-.059	.014	-17.1	-17.1	1.852
8	N 4	.0719	.4941	2.0	.030	.013	.0	-270.0	2.013
9	S 12	.0001	.4872	4.6	.044	-.027	.0	-60.0	2.039
10	P 15 16	-.0002	.3548	5.4	.078	-.025	-6.3	261.4	2.050
11	P 16 17	-.0002	.3419	5.5	.068	-.025	11.7	169.0	2.054
12	N 17	-.0004	.2358	6.4	.028	-.027	.0	-60.0	2.077
13	S 16	-.0008	.1146	8.6	-.008	-.030	.0	-60.0	2.106
14	P 12 14	-.0019	.0512	14.5	-.040	-.032	2.0	268.2	2.110
15	N 1	.0061	-.0156	.0	.029	-.027	.0	420.0	15.967

ŘEZ 4293 PŘÍPAD Va

U N O S N O S T P R U R E Z U

LETOUN: L-23 TABULKA: 4
 REZ: 4293 VARIANTA: 1 LIST: 8

PRIPAD Va

MN= 9371.9 NM MT= 2304.8 NM MK= -562.6 NM
 TN= 5839.6 N TT= 1548.2 N TO= .0 N
 PRETLAK= .00000 MPA

POCETNI SMYKOVE TOKY V POTAHU A STOJINACH [N/M]

USEK	QPOCTY	QPOCTX	QPOCMKEO	QPOCVYSL
1 2	13846.31	-11.31	1004.17	14839.17
2 3	24157.26	127.48	1004.17	25288.91
3 4	9981.19	148.94	1004.17	11134.30
4 5	2982.32	1256.66	3650.05	7889.03
5 6	-3194.44	1057.39	3650.05	1513.00
6 7	-8594.67	668.86	3650.05	-4275.76
7 8	-10461.20	400.15	3650.05	-6411.00
8 9	-11084.65	92.21	3650.05	-7342.39
9 10	-10355.47	-212.28	3650.05	-6917.70
10 11	-9384.42	-518.05	3650.05	-6252.41
11 12	-6816.78	-770.37	3650.05	-3937.10
12 13	-763.83	-1081.23	3650.05	1804.99
13 14	5307.33	-1208.76	3650.05	7748.62
15 16	-1566.33	-1062.00	2645.88	17.55
16 17	5059.76	-486.30	2645.88	7219.34
17 18	6991.04	-201.45	2645.88	9435.48
18 19	7989.31	38.91	2645.88	10674.10
19 20	7841.02	275.94	2645.88	10762.85
20 21	6702.67	547.22	2645.88	9895.77
21 22	543.42	1054.81	2645.88	4244.11

STATICKE HODNOTY PRI JEDNOTLIVYCH KROCICH

KROK	PRVEK	JXOT	JYOT	ALFA	XT	YT	TAU	SIGMA	SUMA
		*E-4 [M4]	*E-4 [M4]	ST.	M	M	MPA	MPA	KMIN
1	P 21 22	.1176	1.6591	1.4	-.028	.040	.4	-3.9	.072
2	P 20 21	.1079	1.6039	.6	-.039	.035	3.3	-8.6	.263
3	P 4 6	.1050	1.4288	-.3	-.055	.033	1.2	-21.4	.310
4	S 6	.0858	1.3988	.5	-.046	.024	.0	-60.0	.758
5	S 21	.0786	1.3384	1.4	-.034	.020	.0	-60.0	.925
6	N 20	.0741	1.2652	.6	-.045	.017	.0	-60.0	1.771
7	P 6 12	.0727	1.1077	-.2	-.061	.016	-9.8	-28.2	2.007
8	N 4	.0653	.4708	1.9	.032	.013	.0	-270.0	2.457
9	S 12	-.0002	.4635	4.5	.046	-.026	.0	420.0	2.511
10	P 15 16	-.0004	.3357	5.3	.081	-.024	.1	-76.1	2.542
11	P 12 14	-.0005	.3234	5.4	.071	-.024	10.5	366.5	2.625
12	N 17	-.0008	.1535	7.3	.159	-.018	.0	-60.0	2.631
13	N 1	-.0010	.0972	8.8	.126	-.021	.0	420.0	2.710

ŘEZ 4293 PŘÍPAD Vg

UNOSNOST PRUREZU

LETOUN: L-23 TABULKA: 4
 REZ: 4293 VARIANTA: 1 LIST: 10

PRIPAD Vg

MN= -4750.5 NM MT= 1168.3 NM MK= 449.7 NM
 TN= -2921.4 N TT= 774.5 N TO= .0 N
 PRETLAK= .00000 MPA

POCETNI SMYKOVE TOKY V POTAHU A STOJINACH [N/M]

USEK	QPOCTY	QPOCTX	QPOCMKEO	QPOCVYSL
1 2	-6926.89	-5.66	-854.49	-7787.04
2 3	-12085.14	63.78	-854.49	-12875.86
3 4	-4993.29	74.51	-854.49	-5773.27
4 5	-1491.96	628.67	-3105.99	-3969.29
5 6	1598.08	528.98	-3105.99	-978.93
6 7	4299.65	334.61	-3105.99	1528.27
7 8	5233.42	200.18	-3105.99	2327.61
8 9	5545.32	46.13	-3105.99	2485.45
9 10	5180.53	-106.20	-3105.99	1968.34
10 11	4694.74	-259.16	-3105.99	1329.59
11 12	3410.23	-385.39	-3105.99	-81.16
12 13	382.12	-540.91	-3105.99	-3264.78
13 14	-2655.10	-604.70	-3105.99	-6365.79
15 16	783.59	-531.29	-2251.50	-1999.20
16 17	-2531.24	-243.28	-2251.50	-5026.03
17 18	-3497.41	-100.78	-2251.50	-5849.68
18 19	-3996.81	19.47	-2251.50	-6228.84
19 20	-3922.63	138.05	-2251.50	-6036.08
20 21	-3353.14	273.76	-2251.50	-5330.89
21 22	-271.86	527.69	-2251.50	-1995.67

STATICKE HODNOTY PRI JEDNOTLIVYCH KROCICH

KROK	PRVEK	JXOT *E-4 [M4]	JYOT *E-4 [M4]	ALFA ST.	XT M	YT M	TAU MPA	SIGMA MPA	SUMA KMIN
1	P 15 16	.1176	1.6591	1.4	-.028	.040	-.4	-3.9	.148
2	P 16 17	.1083	1.6059	2.1	-.039	.044	-2.4	-9.0	.389
3	P 12 14	.1028	1.4371	3.4	-.055	.046	-1.7	-14.6	.430
4	S 12	.0843	1.4053	2.5	-.046	.056	.0	-60.0	1.300
5	S 16	.0753	1.3420	1.5	-.034	.060	.0	-60.0	1.627
6	N 17	.0698	1.2714	2.4	-.045	.063	.0	-60.0	1.807
7	P 20 21	.0652	1.1187	3.7	-.060	.065	-13.1	22.6	1.973
8	P 6 12	.0650	.9215	3.9	-.083	.064	2.8	-28.2	2.086
9	N 1	.0528	.3547	-2.5	.009	.076	.0	-270.0	3.869
10	N 20	.0008	.3533	-3.3	.014	.108	.0	-60.0	3.946
11	S 6	.0004	.2279	-1.9	-.012	.111	.0	-60.0	3.958
12	P 21 22	-.0006	.1429	-4.7	.018	.112	-10.3	44.6	4.135
13	P 4 6	-.0009	.1091	-6.0	-.006	.112	-8.7	333.6	4.233
14	S 21	-.0035	.0343	-18.2	.057	.111	.0	-60.0	4.263

ŘEZ 4780 PŘÍPAD Va

U N O S N O S T P R U R E Z U

LETOUN: L-23 TABULKA: 4
 REZ: 4780 VARIANTA: 1 LIST: 15

PRIPAD Va

MN= 6763.6 NM MT= 1618.7 NM MK= -458.7 NM
 TN= 4880.3 N TT= 1270.6 N TO= .0 N
 PRETLAK= .00000 MPA

POCETNI SMYKOVE TOKY V POTAHU A STOJINACH [N/M]

USEK	QPOCTY	QPOCTX	QPOCMKEO	QPOCVYSL
1 2	9490.07	-340.15	1536.59	10686.51
2 3	19812.30	237.78	1536.59	21586.67
3 4	8368.96	572.53	1536.59	10478.09
4 5	4457.13	1522.40	5199.05	11178.58
5 6	-1655.58	1319.80	5199.05	4863.28
6 7	-7487.17	814.11	5199.05	-1474.01
7 8	-9708.29	446.09	5199.05	-4063.14
8 9	-10781.40	15.98	5199.05	-5566.37
9 10	-10218.59	-405.99	5199.05	-5425.53
10 11	-8559.91	-751.34	5199.05	-4112.19
11 12	-6350.77	-1019.52	5199.05	-2171.24
12 13	-926.40	-1359.65	5199.05	2913.01
13 14	4648.32	-1404.30	5199.05	8443.07
15 16	1707.06	-697.77	3662.46	4671.75
16 17	5136.11	-298.44	3662.46	8500.13
17 18	6746.86	87.94	3662.46	10497.26
18 19	5788.08	443.71	3662.46	9894.25
19 20	2869.60	757.75	3662.46	7289.81

STATICKE HODNOTY PRI JEDNOTLIVYCH KROCICH

KROK	PRVEK	JX0T *E-4 [M4]	JY0T *E-4 [M4]	ALFA ST.	XT M	YT M	TAU MPA	SIGMA MPA	SUMA KMIN
1	P 19 20	.0904	.7277	3.5	-.089	.035	1.1	-5.2	.121
2	P 4 6	.0837	.6623	1.6	-.103	.030	2.5	-23.1	.374
3	S 6	.0671	.6516	2.3	-.098	.020	.0	-60.0	.805
4	N 19	.0593	.6202	3.8	-.088	.016	.0	-60.0	1.176
5	P 6 12	.0566	.5559	2.4	-.099	.013	-3.9	-18.0	1.229
6	N 4	.0438	.1398	15.2	-.012	.012	.0	-260.0	2.427
7	P 15 16	-.0022	.1366	10.3	-.012	-.027	16.0	24.7	2.735
8	N 16	-.0030	.1092	12.4	-.034	-.028	.0	-60.0	2.787
9	S 12	-.0045	.0663	17.5	-.057	-.030	.0	420.0	2.825
10	P 12 14	-.0161	.0202	44.6	-.018	-.028	14.5	364.4	3.059
11	N 1	.0046	-.0651	.0	.062	-.023	.0	420.0	8.220

ŘEZ 4780 PŘÍPAD Vg

UNOSNOST PRUREZU

LETOUN: L-23

TABULKA: 4

REZ: 4780 VARIANTA: 1

LIST: 17

PRIPAD Vg

MN= -3439.4 NM MT= 823.1 NM MK= 366.6 NM
 TN= -2464.1 N TT= 641.5 N TO= .0 N
 PRETLAK= .00000 MPA

POCETNI SMYKOVE TOKY V POTAHU A STOJINACH [N/M]

USEK	QPOCTY	QPOCTX	QPOCMKEO	QPOCVYSL
1 2	-4791.56	-171.74	-1158.34	-6121.64
2 3	-10003.28	120.05	-1158.34	-11041.56
3 4	-4225.51	289.07	-1158.34	-5094.78
4 5	-2250.42	768.66	-3919.23	-5400.99
5 6	835.90	666.37	-3919.23	-2416.96
6 7	3780.29	411.04	-3919.23	272.10
7 8	4901.74	225.23	-3919.23	1207.74
8 9	5443.56	8.07	-3919.23	1532.39
9 10	5159.39	-204.99	-3919.23	1035.18
10 11	4321.92	-379.35	-3919.23	23.34
11 12	3206.52	-514.76	-3919.23	-1227.47
12 13	467.74	-686.48	-3919.23	-4137.97
13 14	-2346.95	-709.03	-3919.23	-6975.21
15 16	-861.90	-352.30	-2760.89	-3975.09
16 17	-2593.23	-150.68	-2760.89	-5504.81
17 18	-3406.51	44.40	-2760.89	-6123.00
18 19	-2922.41	224.03	-2760.89	-5459.28
19 20	-1448.87	382.59	-2760.89	-3827.17

STATICKE HODNOTY PRI JEDNOTLIVYCH KROCICH

KROK	PRVEK	JX0T	JY0T	ALFA	XT	YT	TAU	SIGMA	SUMA
		*E-4 [M4]	*E-4 [M4]	ST.	M	M	MPA	MPA	KMIN
1	P 15 16	.0904	.7277	3.5	-.089	.035	-1.1	-5.2	.217
2	P 12 14	.0815	.6673	5.6	-.103	.039	-2.6	-15.9	.556
3	S 12	.0677	.6551	4.8	-.098	.049	.0	-60.0	1.654
4	N 16	.0611	.6195	3.3	-.088	.054	.0	-60.0	1.796
5	P 6 12	.0560	.5600	5.2	-.099	.057	.8	-18.0	2.059
6	N 1	.0410	.1370	-10.3	-.012	.069	.0	-260.0	4.338
7	N 19	-.0027	.1350	.0	-.012	.105	.0	420.0	6.087
8	S 6	-.0006	.0964	.0	-.029	.106	.0	420.0	6.599
9	P 4 6	-.0015	.0256	.0	.005	.108	-21.7	-12.9	6.669
10	N 4	-.0010	-.0535	.0	.069	.108	.0	420.0	7.549

ŘEZ 4780 PŘÍPAD Vd

U N O S N O S T P R U R E Z U

LETOUN: L-23 TABULKA: 4
 REZ: 4780 VARIANTA: 1 LIST: 19

PRIPAD Vd

MN= 7928.1 NM MT= 206.1 NM MK= 366.6 NM
 TN= 5549.3 N TT= 164.4 N TO= .0 N
 PRETLAK= .00000 MPA

POCETNI SMYKOVE TOKY V POTAHU A STOJINACH [N/M]

USEK	QPOCTY	QPOCTX	QPOCMKEO	QPOCVYSL
1 2	10791.00	-44.01	59.23	10806.22
2 3	22528.23	30.76	59.23	22618.23
3 4	9516.20	74.08	59.23	9649.51
4 5	5068.13	196.97	200.40	5465.50
5 6	-1882.53	170.76	200.40	-1511.37
6 7	-8513.53	105.33	200.40	-8207.80
7 8	-11039.13	57.72	200.40	-10781.02
8 9	-12259.35	2.07	200.40	-12056.89
9 10	-11619.39	-52.53	200.40	-11471.52
10 11	-9733.33	-97.21	200.40	-9630.14
11 12	-7221.36	-131.91	200.40	-7152.87
12 13	-1053.40	-175.91	200.40	-1028.91
13 14	5285.53	-181.69	200.40	5304.23
15 16	1941.07	-90.28	141.17	1991.96
16 17	5840.18	-38.61	141.17	5942.74
17 18	7671.74	11.38	141.17	7824.29
18 19	6581.53	57.41	141.17	6780.10
19 20	3262.97	98.04	141.17	3502.18

STATICKE HODNOTY PRI JEDNOTLIVYCH KROCICH

KROK	PRVEK	JX0T	JY0T	ALFA	XT	YT	TAU	SIGMA	SUMA
		*E-4 [M4]	*E-4 [M4]	ST.	M	M	MPA	MPA	KMIN
1	P 19 20	.0904	.7277	3.5	-.089	.035	.4	-5.3	.097
2	P 4 6	.0837	.6623	1.6	-.103	.030	.5	-23.2	.326
3	S 6	.0671	.6516	2.3	-.098	.020	.0	-60.0	.723
4	N 19	.0593	.6202	3.8	-.088	.016	.0	-60.0	.912
5	P 6 12	.0566	.5559	2.4	-.099	.013	-11.8	-17.8	1.438
6	N 4	.0438	.1398	15.2	-.012	.012	.0	-260.0	2.189
7	N 16	-.0022	.1366	10.3	-.012	-.027	.0	-60.0	2.440
8	S 12	-.0028	.1008	12.4	-.029	-.029	.0	420.0	2.469
9	P 12 14	-.0091	.0351	29.8	.007	-.027	4.7	367.5	2.628
10	P 15 16	.0051	-.0594	.0	.074	-.023	8.0	-74.9	3.205
11	N 1	.0016	-.0620	.0	.062	-.023	.0	420.0	5.040

ŘEZ 5751 PŘÍPAD Vd

U N O S N O S T P R U R E Z U

LETOUN: L-23 TABULKA: 4
 REZ: 5751 VARIANTA: 1 LIST: 13

PRIPAD Vd

MN= 3447.0 NM MT= 80.1 NM MK= 225.3 NM
 TN= 3622.7 N TT= 95.6 N TO= .0 N
 PRETLAK= .00000 MPA

POCETNI SMYKOVE TOKY V POTAHU A STOJINACH [N/M]

USEK	QPOCTY	QPOCTX	QPOCMKEO	QPOCVYSL
1 2	10091.20	-20.15	76.14	10147.19
2 3	15897.73	21.13	76.14	15995.00
3 4	9580.66	46.11	76.14	9702.91
4 5	5274.85	129.53	258.98	5663.37
5 6	-676.16	115.55	258.98	-301.63
6 7	-6739.61	72.25	258.98	-6408.38
7 8	-9056.47	39.72	258.98	-8757.77
8 9	-10194.41	.94	258.98	-9934.49
9 10	-9629.36	-37.36	258.98	-9407.73
10 11	-7937.03	-68.07	258.98	-7746.12
11 12	-5689.03	-90.93	258.98	-5520.98
12 13	-157.86	-117.31	258.98	-16.18
13 14	5171.53	-115.90	258.98	5314.62
15 16	1431.64	-55.79	182.84	1558.68
16 17	4814.69	-15.06	182.84	4982.48
17 18	5469.10	7.46	182.84	5659.40
18 19	5201.91	28.70	182.84	5413.46
19 20	2294.19	60.87	182.84	2537.90

STATICKE HODNOTY PRI JEDNOTLIVYCH KROCICH

KROK	PRVEK	JX0T	JY0T	ALFA	XT	YT	TAU	SIGMA	SUMA
		*E-4 [M4]	*E-4 [M4]	ST.	M	M	MPA	MPA	KMIN
1	P 19 20	.0528	.4582	3.4	-.099	.030	.6	-6.7	.188
2	P 4 6	.0482	.4037	1.2	-.114	.025	1.3	-27.4	.579
3	S 6	.0370	.3991	1.3	-.113	.015	.0	-60.0	1.081
4	N 19	.0308	.3823	2.9	-.103	.009	.0	-60.0	1.276
5	P 6 12	.0294	.3501	1.8	-.111	.007	-14.0	-18.9	2.114
6	N 4	.0195	.0823	16.5	-.018	.004	.0	-180.0	2.258
7	N 16	-.0016	.0793	11.5	-.020	-.023	.0	-60.0	2.490
8	P 15 16	-.0019	.0630	13.3	-.031	-.024	4.9	-6.7	2.501
9	S 12	-.0036	.0377	20.5	-.061	-.025	.0	420.0	2.837
10	P 12 14	.0090	-.0171	.0	-.015	-.023	16.4	365.7	7.434
11	N 1	.0013	-.0579	.0	.084	-.017	.0	420.0	11.739

ŘEZ 7000 PŘÍPAD Va

UNOSNOST PRUREZU

LETOUN: L-23 TABULKA: 4
 REZ: 7000 VARIANTA: 1 LIST: 16

PRIPAD Va

MN= 503.7 NM MT= 87.8 NM MK= -112.8 NM
 TN= 1080.2 N TT= 216.0 N TO= .0 N
 PRETLAK= .00000 MPA

POCETNI SMYKOVE TOKY V POTAHU A STOJINACH [N/M]

USEK	QPOCTY	QPOCTX	QPOCMKEO	QPOCVYSL
1 2	3806.65	-199.76	563.76	4170.65
2 3	6085.34	-89.29	563.76	6559.81
3 4	3540.81	-29.45	563.76	4075.12
4 5	1884.15	366.36	1933.30	4183.81
5 6	-388.31	325.67	1933.30	1870.66
6 7	-2068.03	242.04	1933.30	107.31
7 8	-3058.15	146.21	1933.30	-978.63
8 9	-3552.14	31.22	1933.30	-1587.62
9 10	-3311.56	-82.96	1933.30	-1461.22
10 11	-2591.31	-173.66	1933.30	-831.67
11 12	-1643.14	-239.68	1933.30	50.48
12 13	-175.41	-286.01	1933.30	1471.88
13 14	1845.70	-281.39	1933.30	3497.61
15 16	-69.39	-380.68	1369.54	919.47
16 17	1292.16	-267.59	1369.54	2394.11
17 18	3395.82	11.03	1369.54	4776.39
18 19	2043.52	253.30	1369.54	3666.36
19 20	899.83	340.00	1369.54	2609.36

STATICKE HODNOTY PRI JEDNOTLIVYCH KROCICH

KROK	PRVEK	JX0T	JY0T	ALFA	XT	YT	TAU	SIGMA	SUMA
		*E-4 [M4]	*E-4 [M4]	ST.	M	M	MPA	MPA	KMIN
1	P 19 20	.0271	.2729	3.4	-.076	.026	3.8	-8.9	1.154
2	P 4 6	.0248	.2434	1.5	-.088	.022	8.2	-35.5	3.255
3	N 4	.0194	.2415	1.6	-.087	.015	.0	-40.0	3.787
4	S 6	.0101	.2267	-1.4	-.103	.002	.0	-60.0	4.246
5	N 20	.0071	.2213	-.4	-.097	-.003	.0	-60.0	4.491
6	N 17	.0049	.1966	-2.4	-.107	-.006	.0	-60.0	4.564
7	P 15 16	.0048	.1694	-2.9	-.119	-.006	14.2	40.6	12.376
8	N 1	.0048	.1210	-3.1	-.147	-.004	.0	420.0	131.539

ŘEZ 7000 PŘÍPAD Vg

U N O S N O S T P R U R E Z U

LETOUN: L-23 TABULKA: 4
 REZ: 7000 VARIANTA: 1 LIST: 18

PRIPAD Vg

MN= -255.6 NM MT= 44.5 NM MK= 90.2 NM
 TN= -550.6 N TT= 110.1 N TO= .0 N
 PRETLAK= .00000 MPA

POCETNI SMYKOVE TOKY V POTAHU A STOJINACH [N/M]

USEK	QPOCTY	QPOCTX	QPOCMKEO	QPOCVYSL
1 2	-1940.59	-101.83	-436.37	-2478.79
2 3	-3102.25	-45.52	-436.37	-3584.14
3 4	-1805.07	-15.01	-436.37	-2256.45
4 5	-960.52	186.76	-1496.44	-2270.20
5 6	197.96	166.01	-1496.44	-1132.47
6 7	1054.26	123.39	-1496.44	-318.79
7 8	1559.01	74.54	-1496.44	137.11
8 9	1810.84	15.92	-1496.44	330.32
9 10	1688.20	-42.29	-1496.44	149.48
10 11	1321.03	-88.52	-1496.44	-263.93
11 12	837.66	-122.18	-1496.44	-780.96
12 13	89.42	-145.80	-1496.44	-1552.82
13 14	-940.92	-143.44	-1496.44	-2580.80
15 16	35.37	-194.06	-1060.07	-1218.75
16 17	-658.73	-136.41	-1060.07	-1855.21
17 18	-1731.16	5.62	-1060.07	-2785.60
18 19	-1041.77	129.13	-1060.07	-1972.71
19 20	-458.72	173.32	-1060.07	-1345.47

STATICKE HODNOTY PRI JEDNOTLIVYCH KROCICH

KROK	PRVEK	JX0T	JY0T	ALFA	XT	YT	TAU	SIGMA	SUMA
		*E-4 [M4]	*E-4 [M4]	ST.	M	M	MPA	MPA	KMIN
1	P 15 16	.0271	.2729	3.4	-.076	.026	-3.2	-9.0	2.111
2	P 6 14	.0240	.2454	5.6	-.088	.029	-3.3	-9.7	4.892
3	N 1	.0113	.0515	-12.2	.000	.050	.0	-40.0	6.105
4	S 6	.0000	.0512	-11.4	.003	.072	.0	-60.0	6.122
5	N 17	-.0028	.0260	-24.0	.028	.072	.0	-60.0	9.089
6	P 4 6	-.0029	.0170	.0	.018	.078	-75.1	10.7	53.014

ŘEZ 7000 PŘÍPAD Vd

U N O S N O S T P R U R E Z U

LETOUN: L-23 TABULKA: 4
 REZ: 7000 VARIANTA: 1 LIST: 20

PRIPAD Vd

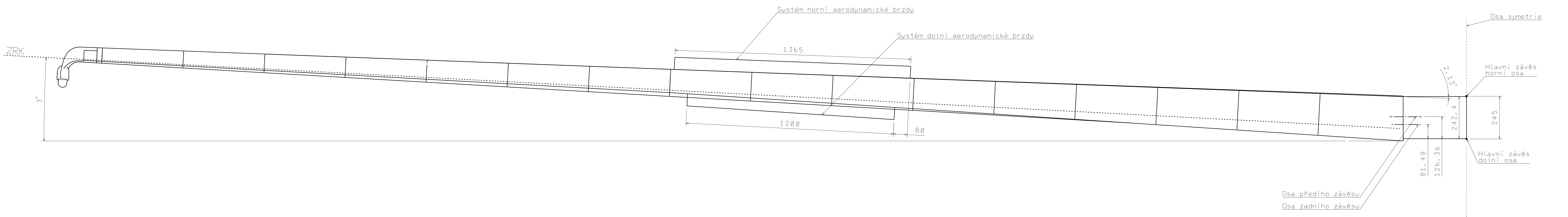
MN= 532.4 NM MT= 9.4 NM MK= 90.2 NM
 TN= 1250.4 N TT= 25.5 N TO= .0 N
 PRETLAK= .00000 MPA

POCETNI SMYKOVE TOKY V POTAHU A STOJINACH [N/M]

USEK	QPOCTY	QPOCTX	QPOCMKEO	QPOCVYSL
1 2	4406.64	-23.58	-156.93	4226.12
2 3	7044.50	-10.54	-156.93	6877.02
3 4	4098.90	-3.48	-156.93	3938.49
4 5	2181.13	43.25	-538.17	1686.21
5 6	-449.51	38.45	-538.17	-949.24
6 7	-2393.99	28.57	-538.17	-2903.58
7 8	-3540.17	17.26	-538.17	-4061.08
8 9	-4112.01	3.69	-538.17	-4646.50
9 10	-3833.52	-9.79	-538.17	-4381.49
10 11	-2999.75	-20.50	-538.17	-3558.42
11 12	-1902.13	-28.30	-538.17	-2468.60
12 13	-203.06	-33.77	-538.17	-774.99
13 14	2136.61	-33.22	-538.17	1565.22
15 16	-80.32	-44.94	-381.24	-506.50
16 17	1495.83	-31.59	-381.24	1083.00
17 18	3931.06	1.30	-381.24	3551.12
18 19	2365.62	29.90	-381.24	2014.28
19 20	1041.66	40.14	-381.24	700.56

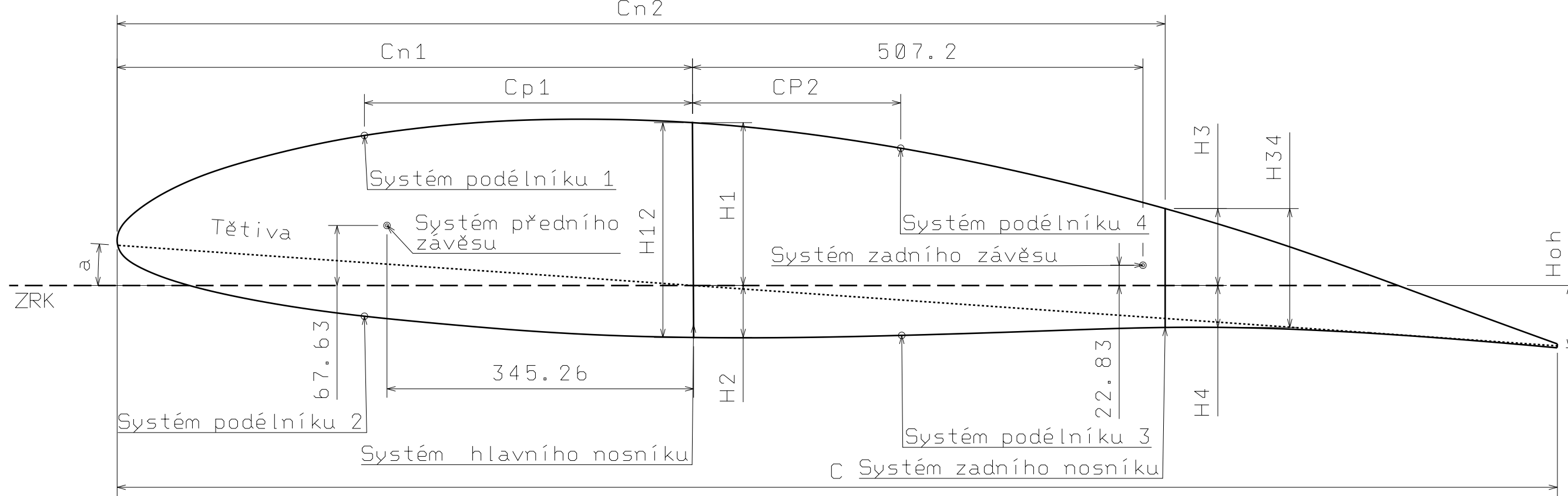
STATICKE HODNOTY PRI JEDNOTLIVYCH KROCICH

KROK	PRVEK	JX0T	JY0T	ALFA	XT	YT	TAU	SIGMA	SUMA
		*E-4 [M4]	*E-4 [M4]	ST.	M	M	MPA	MPA	KMIN
1 P	19 20	.0271	.2729	3.4	-.076	.026	1.0	-9.5	1.114
2 P	4 6	.0248	.2434	1.5	-.088	.022	1.0	-36.1	3.155
3 N	4	.0194	.2415	1.6	-.087	.015	.0	-40.0	3.566
4 S	6	.0101	.2267	-1.4	-.103	.002	.0	-60.0	4.060
5 N	20	.0071	.2213	-.4	-.097	-.003	.0	-60.0	4.199
6 N	17	.0049	.1966	-2.4	-.107	-.006	.0	-60.0	4.263
7 P	6 14	.0048	.1694	-2.9	-.119	-.006	-152.1	-178.3	81.766

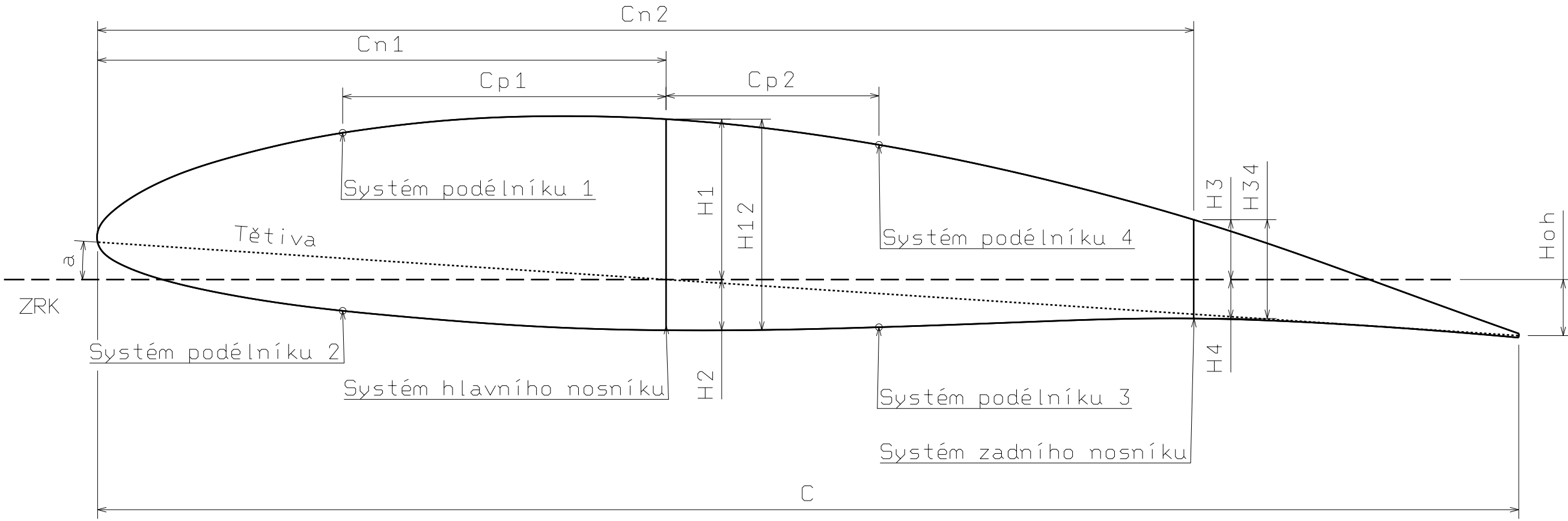


PROJEKTOVAL	David Bilík	Systemový výkres křídla	
Datum	26.5.2015	L-23	
PROJEKTOVAL	-	1:8	
PROJEKTOVAL	-	Výkres č. 1	
PROJEKTOVAL	-	1/2	

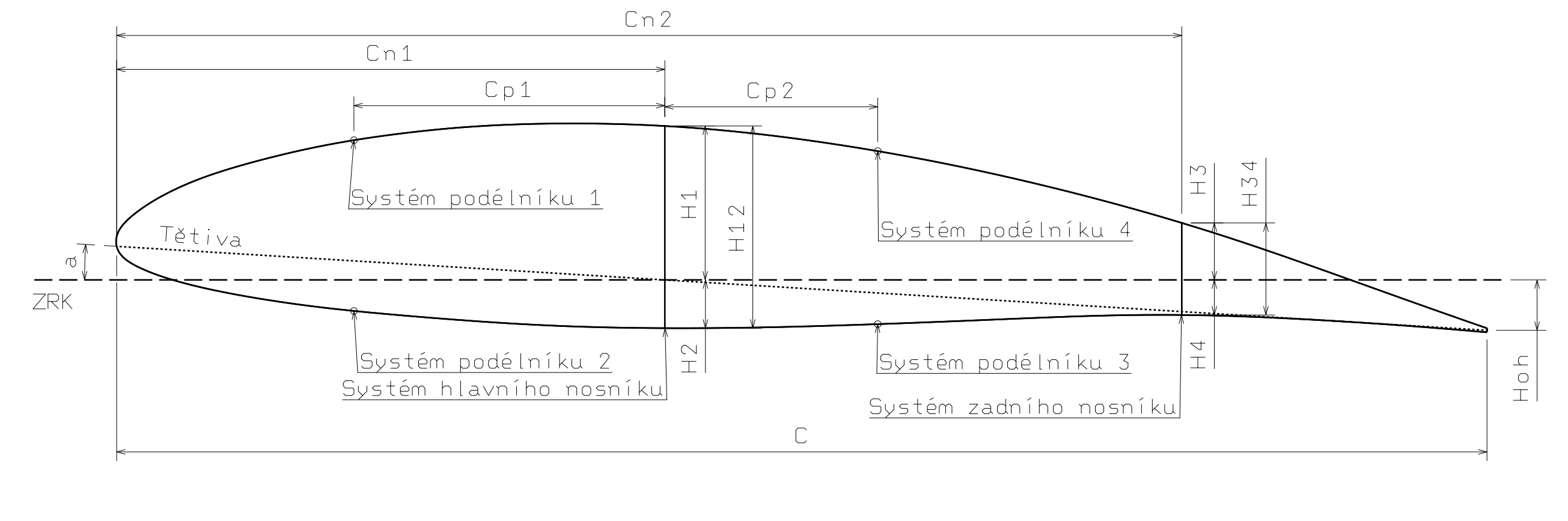
ŽEBRO 1



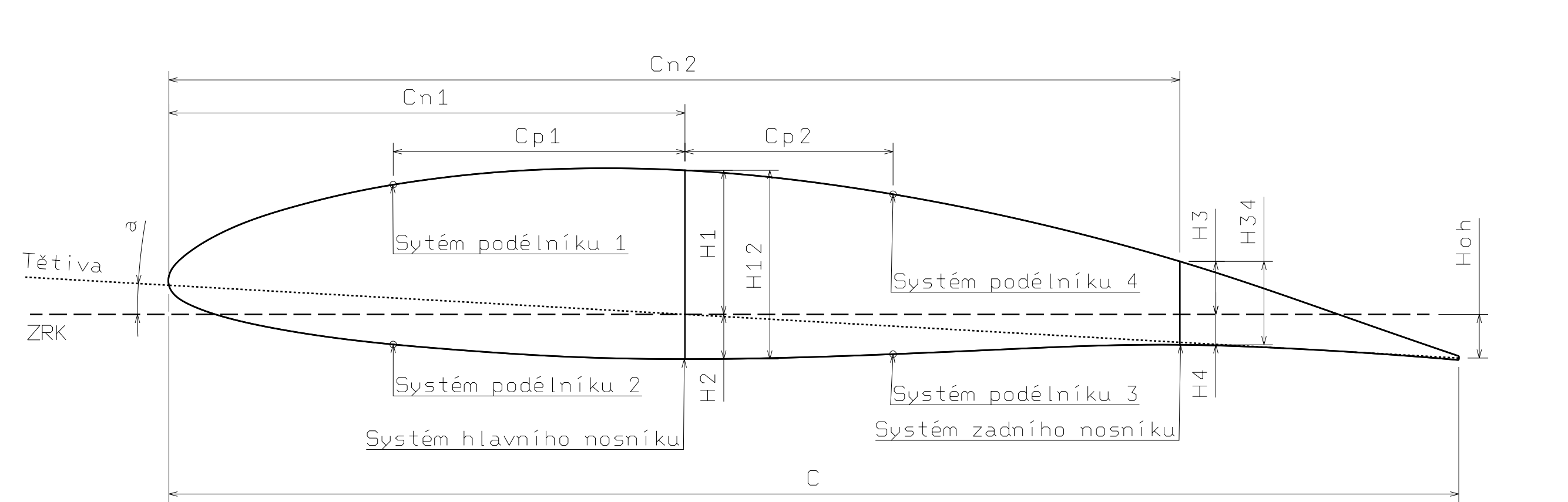
ŽEBRO 2



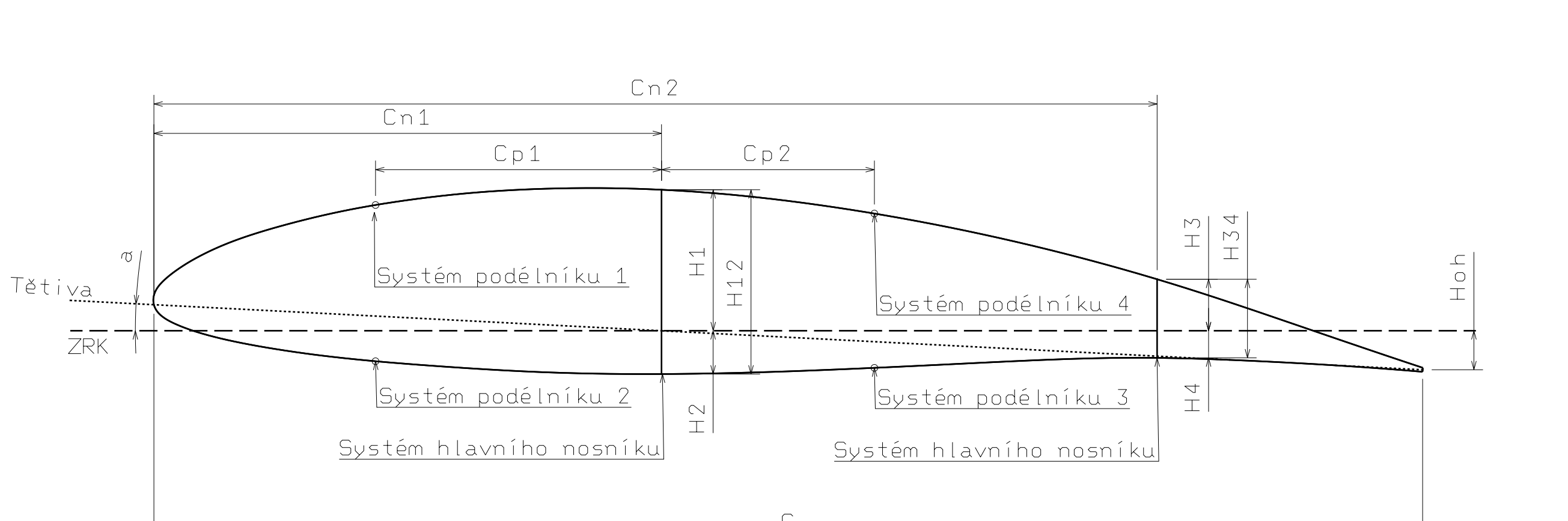
ŽEBRO 3



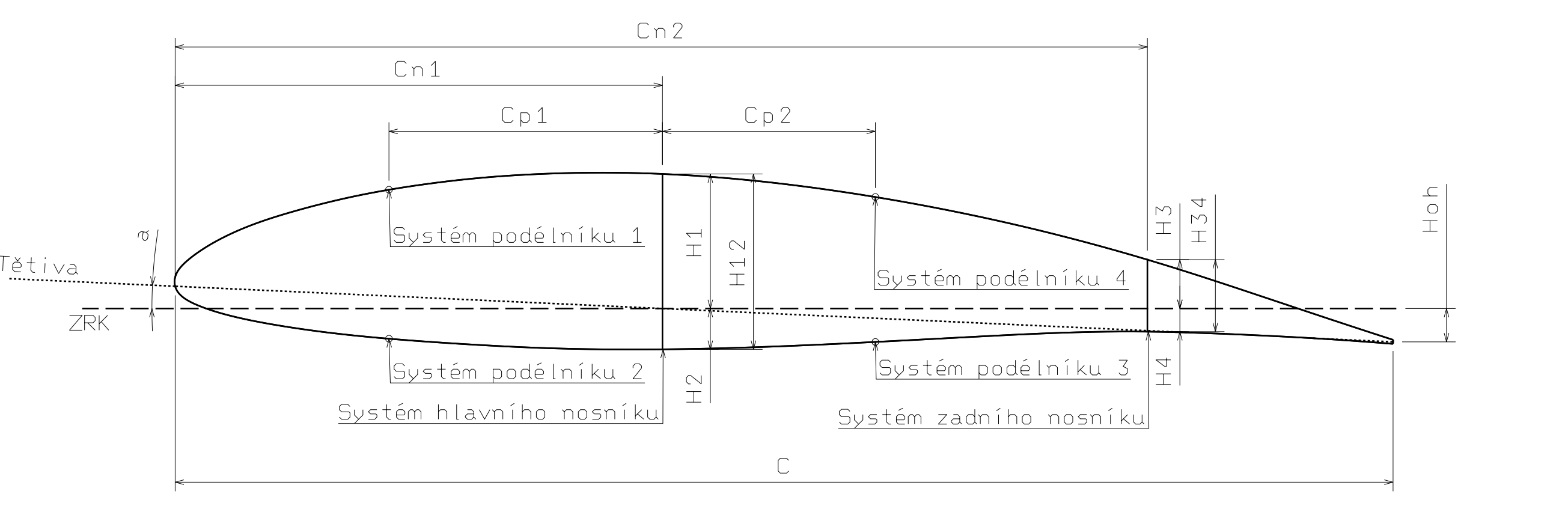
ŽEBRO 4



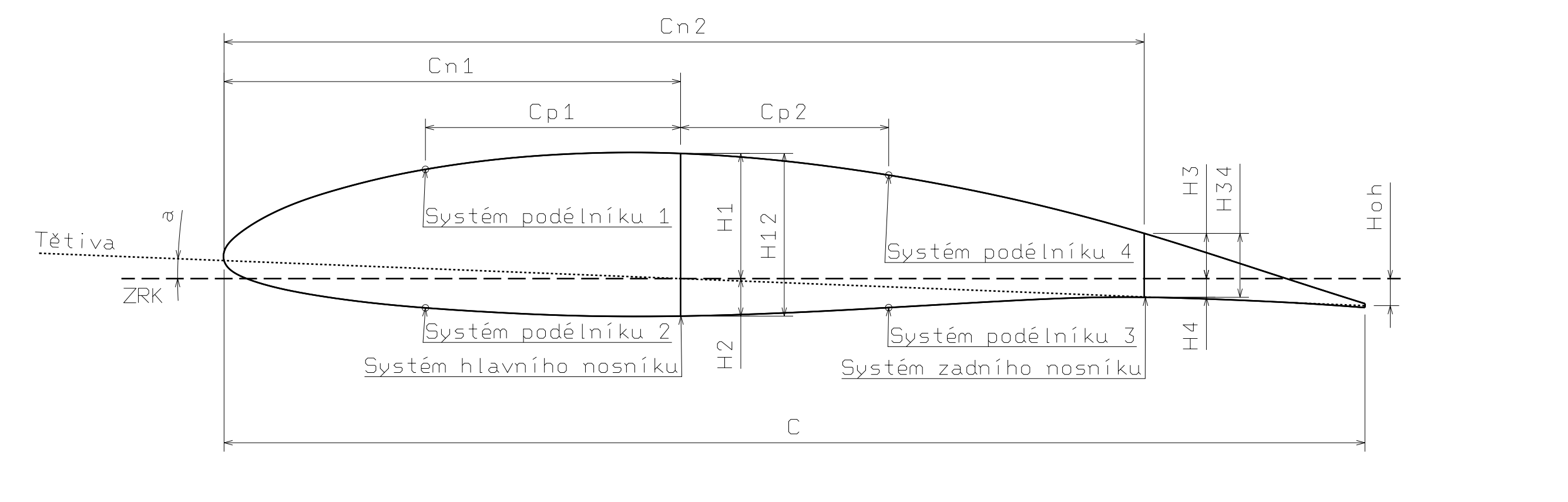
ŽEBRO 5



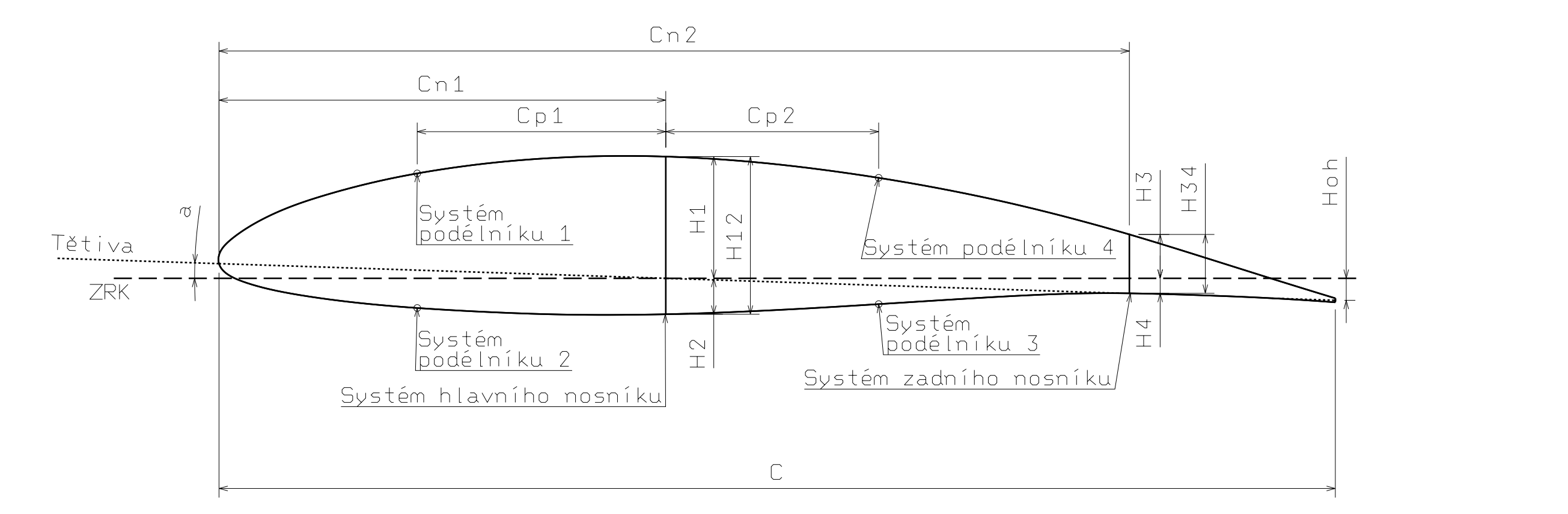
ŽEBRO 6



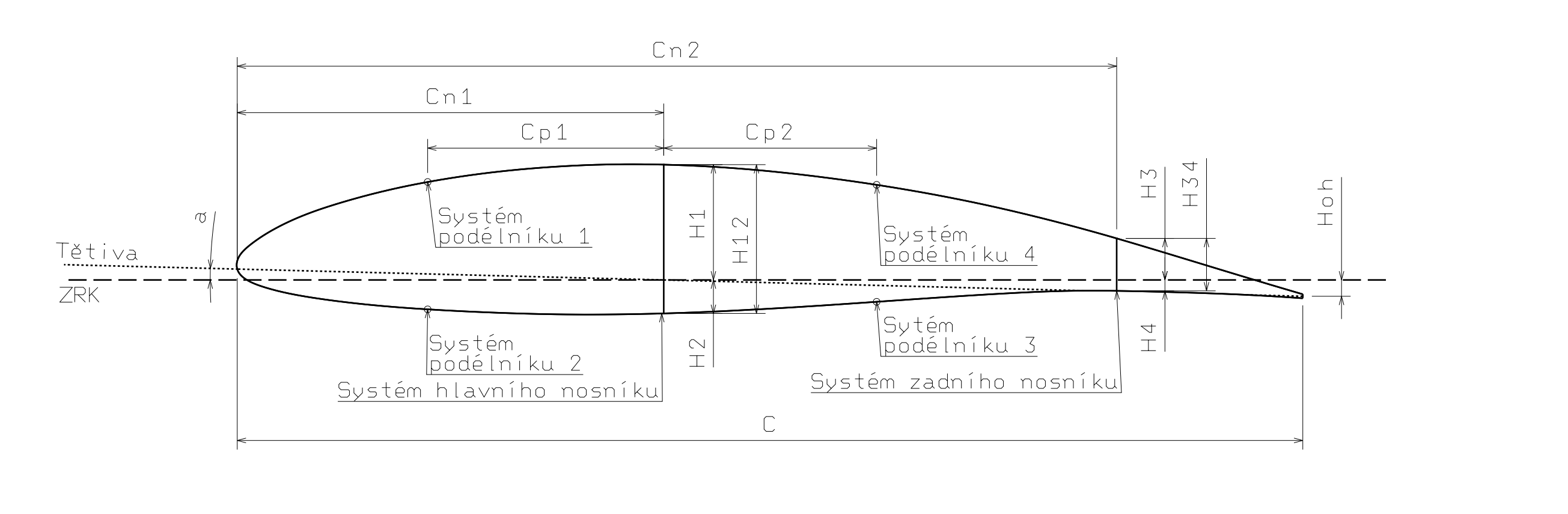
ŽEBRO 7



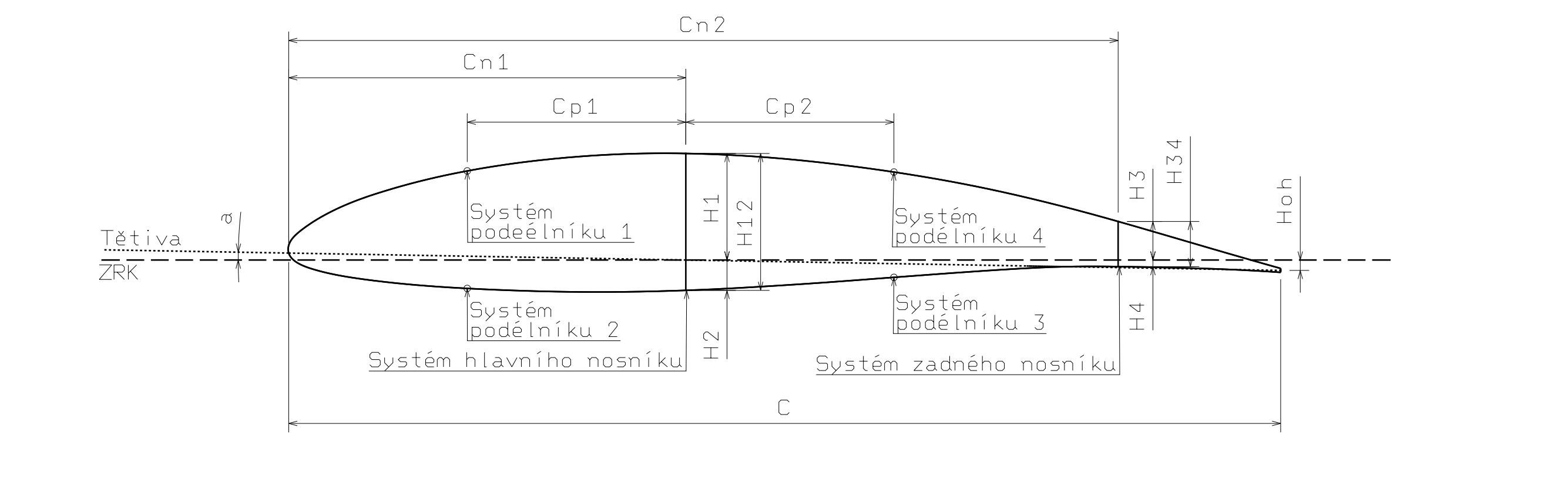
ŽEBRO 8



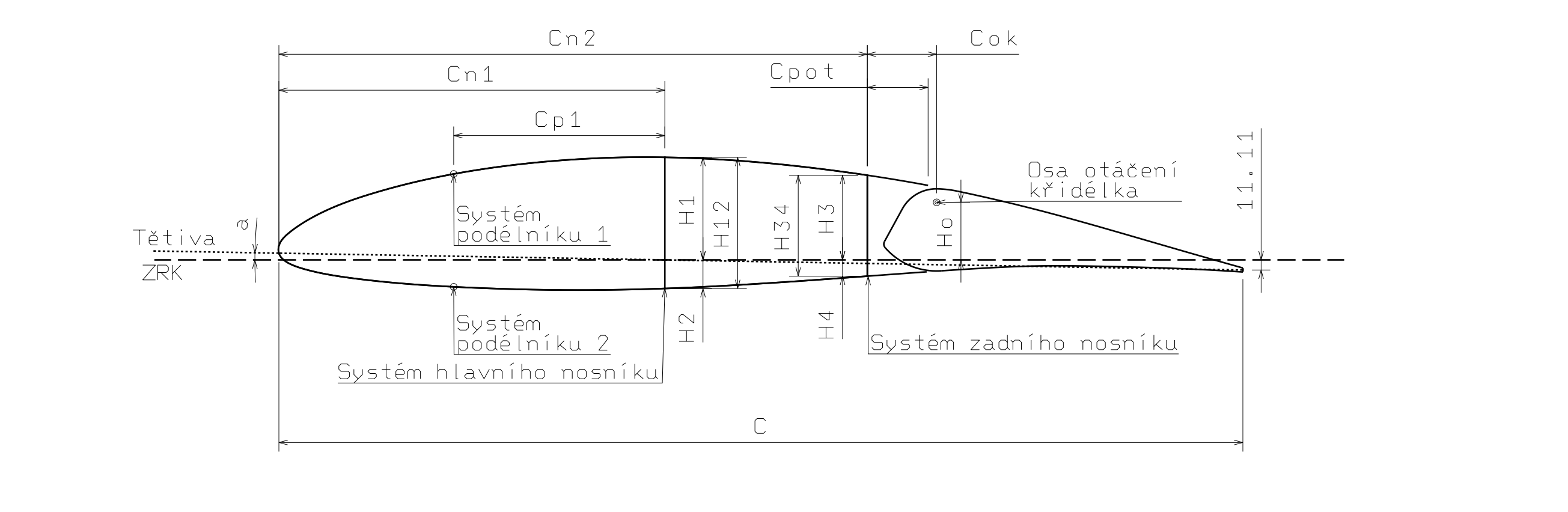
ŽEBRO 9



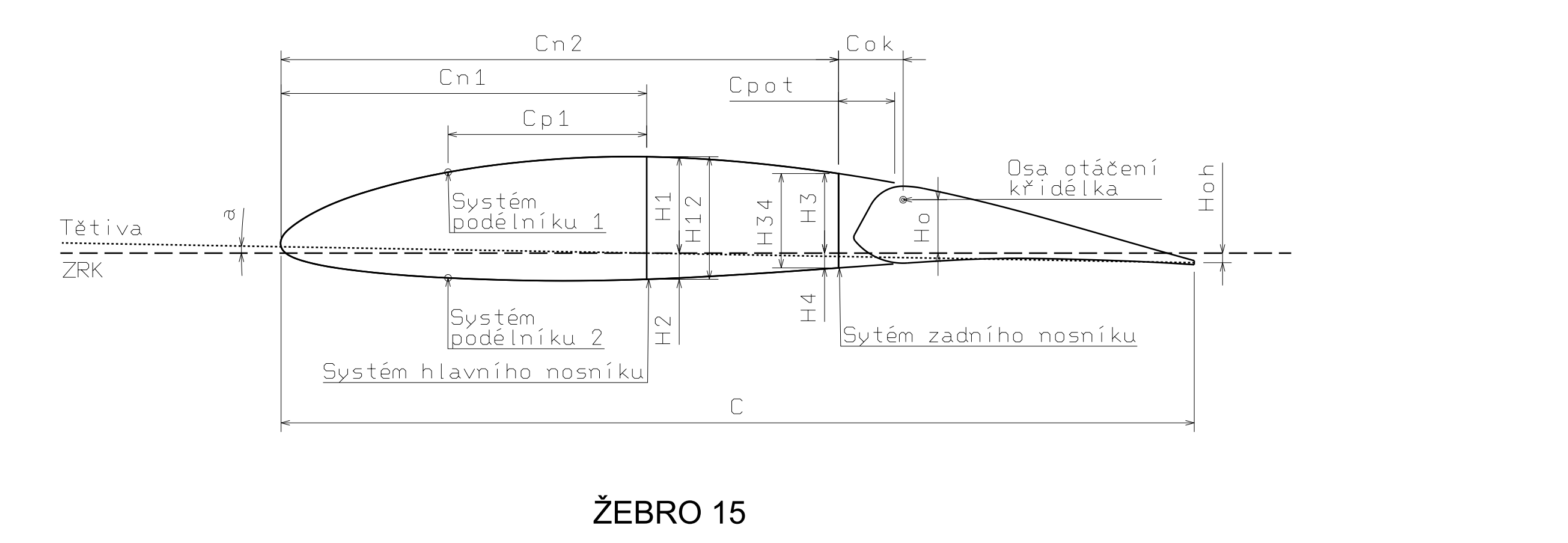
ŽEBRO 10



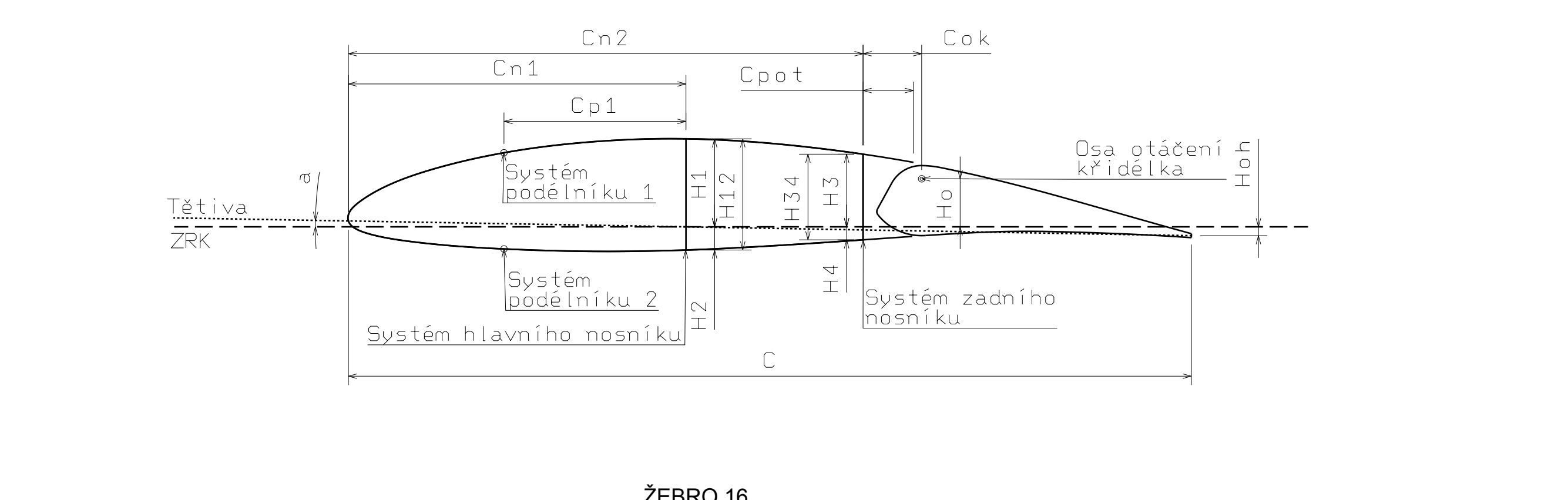
ŽEBRO 11



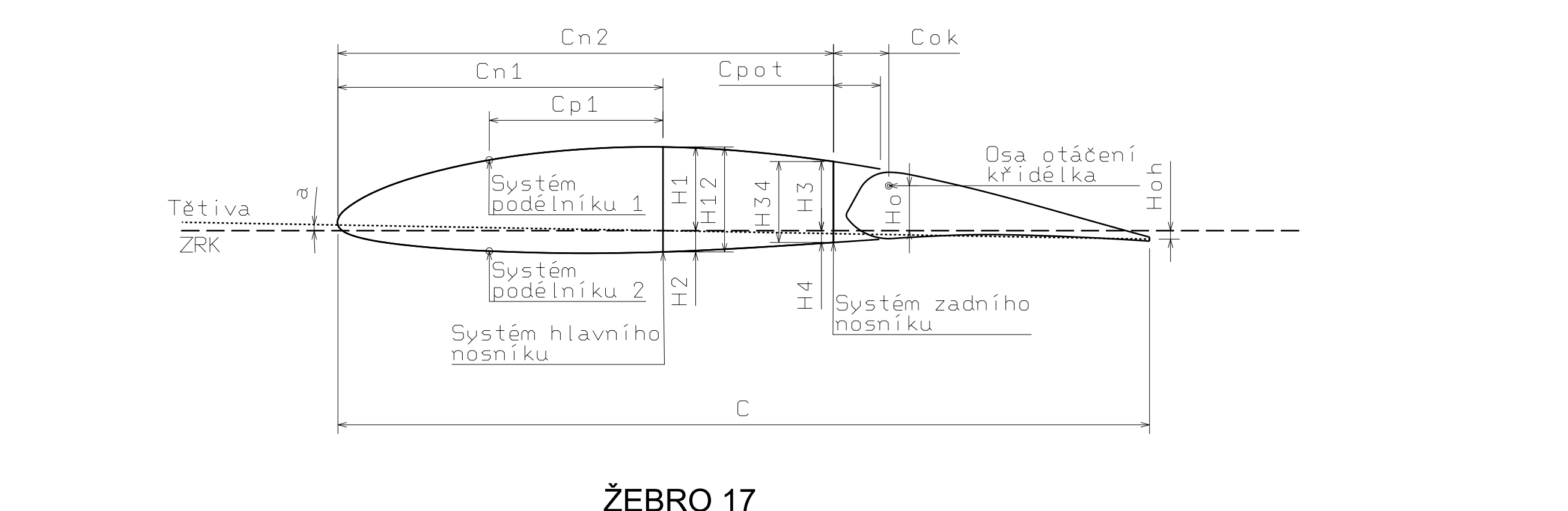
ŽEBRO 12



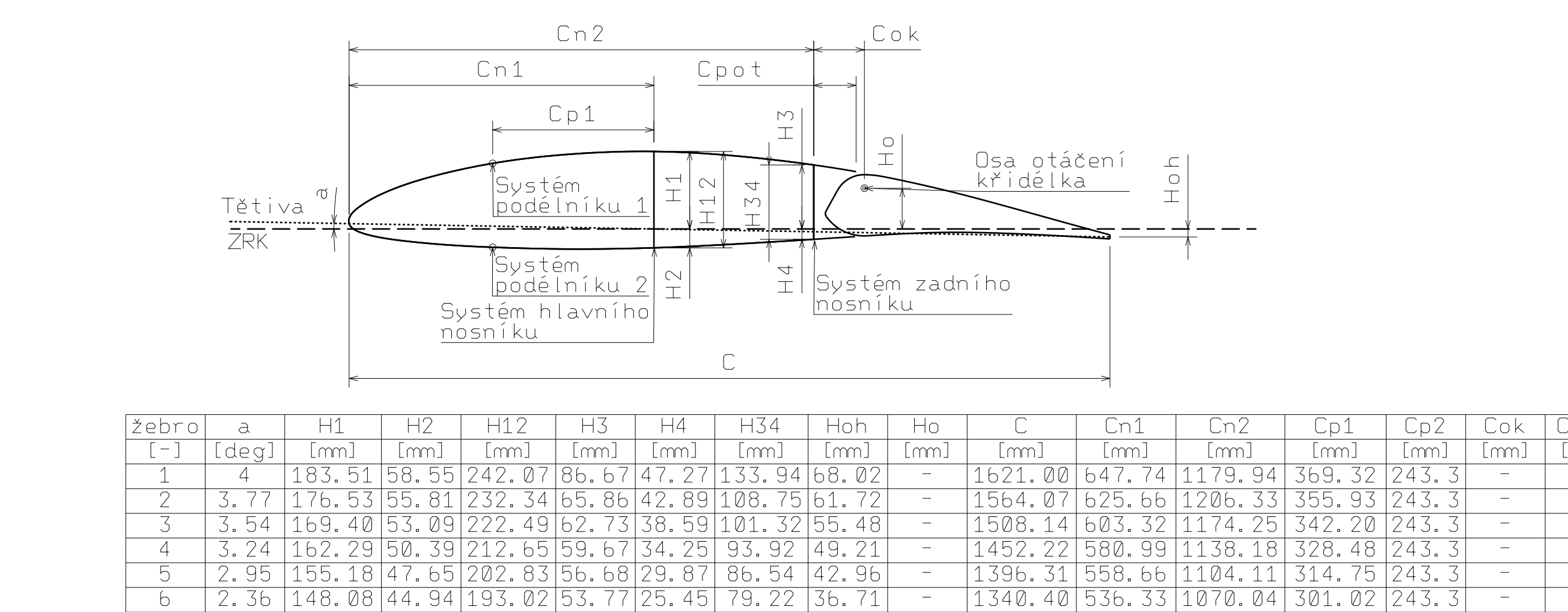
ŽEBRO 13



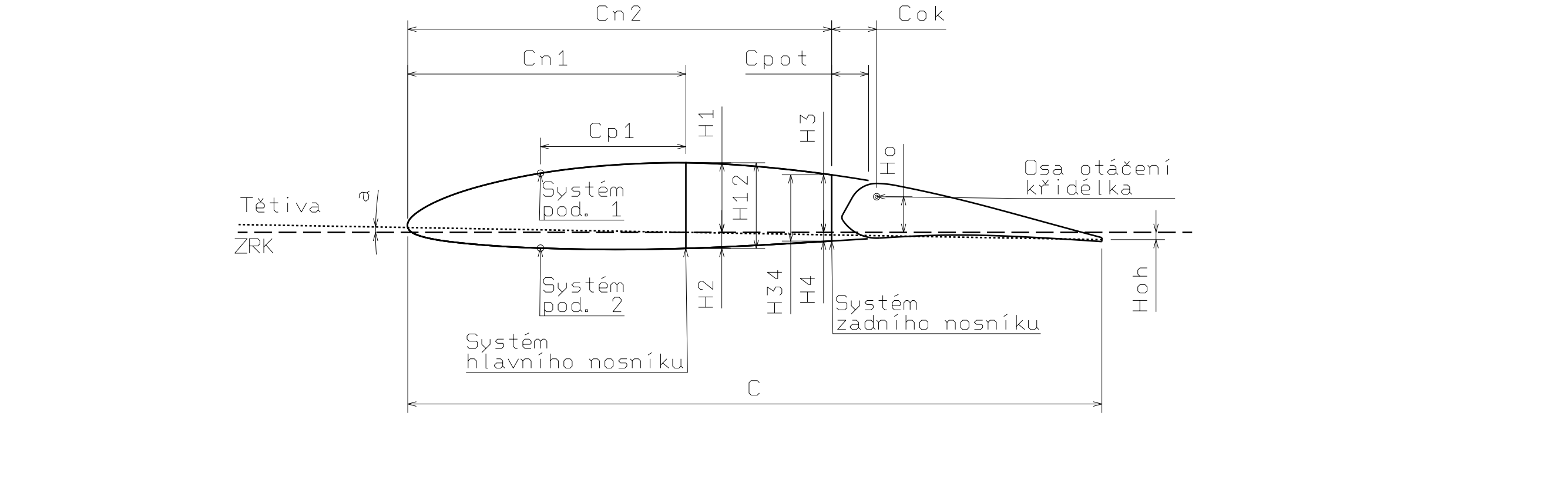
ŽEBRO 14



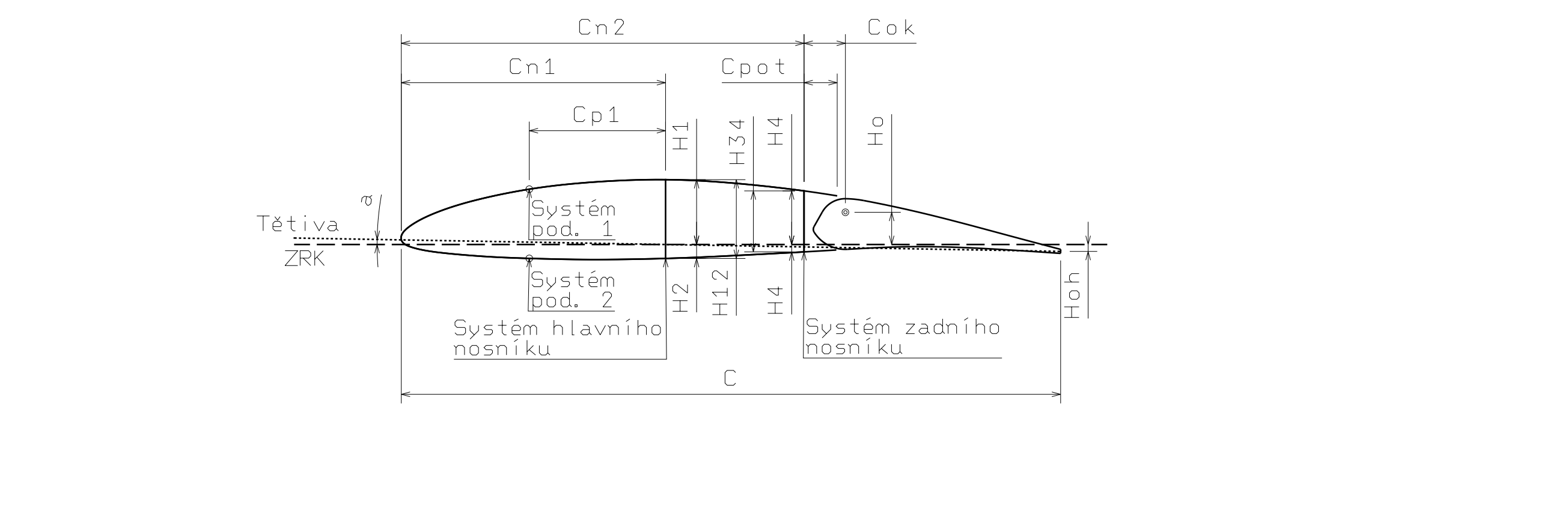
ŽEBRO 15



ŽEBRO 16



ŽEBRO 17



Žebro	a	H1	H2	H12	H3	H4	H34	Hoh	Ho	C	Cn1	Cn2	Cp1	Cp2	Cok	Cpot
[-]	[deg]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
1	4	183.51	58.55	242.07	86.67	47.27	133.94	68.02	-	1621.00	647.74	1179.94	369.32	243.3	-	-
2	3.77	176.53	55.81	232.34	85.86	42.89	108.79	61.72	-	1564.07	625.66	1206.33	355.93	243.3	-	-
3	3.54	169.40	53.09	222.49	82.73	38.59	101.32	55.48	-	1508.14	603.32	1174.25	342.20	243.3	-	-
4	3.24	162.29	50.39	212.65	79.67	34.25	93.92	49.21	-	1452.22	580.99	1138.18	328.48	243.3	-	-
5	2.95	155.18	47.65	202.83	76.68	29.87	86.54	42.96	-	1396.31	558.66	1104.11	314.75	243.3	-	-
b	2.36	140.08	44.94	193.02	73.77	25.45	79.22	36.71	-	1340.40	536.33	1070.04	301.02	243.3	-	-
7	2.28	140.99	42.23	183.23	70.95	21.00	71.95	30.45	-	1284.50	514.02	1035.98	287.29	243.3	-	-
8	1.88	133.92	39.53	173.45	68.29	16.52	64.76	24.20	-	1228.60	491.71	1001.9	273.65	243.3	-	-
9	1.46	126.86	36.84	163.70	65.71	12.00	57.71	17.95	-	1172.71	469.40	967.88	260.04	243.3	-	-
10	1	119.81	34.18	153.97	63.35	7.42	50.77	11.70	-	1116.83	447.11	933.84	246.10	243.3	-	-
11	1	112.90	34.48	144.37	61.20	17.87	111.07	11.11	63.35	1060.92	424.76	901.62	232.37	-	76.24	66.87
12	1	105.98	28.80	134.78	51.16	25.10	103.76	10.53	58.70	1005.02	402.42	870.42	218.64	-	71.12	61.80
13	1	99.07	26.12	125.18	41.82	14.64	96.45	9.94	54.06	949.13	380.09	838.47	204.92	-	66.00	56.74
14	1	92.15	23.44	115.59	31.12	13.02	86.14	9.36	49.42	893.24	357.77	806.54	191.19	-	60.88	51.68
15	1	85.24	20.76	106.00	21.40	11.40	81.43	8.77	44.70	837.36	335.45	774.74	177.36	-	55.75	43.61
16	1	78.33	18.07	96.4	11.79	74.51	74.51	8.18	40.13	781.50	313.15	747.29	163.73	-	50.6	44.95
17	1	71.41	15.39	86.8	8.16	67.20	67.20	7.60	35.49	725.60	286.85	715.00	150.00	-	45.51	36.49

David Bilik
 26.5.2015
 Systémový výkres
 křídla
 L-23
 1:5
 Výkres č. 1
 2/2