



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

## ÚSTAV KONSTRUOVÁNÍ

INSTITUTE OF MACHINE AND INDUSTRIAL DESIGN

# DESIGN LETECKÉ PŘILBY PRO OTEVŘENÉ LÉTÁNÍ

DESIGN OF FREEFLIGHT HELMET

## DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

## AUTOR PRÁCE

AUTHOR

MgA. František Dvořák

## VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

akad. soch. Josef Sládek, ArtD.

BRNO 2020

## Zadání diplomové práce

Ústav:	Ústav konstruování
Student:	<b>MgA. František Dvořák</b>
Studijní program:	Aplikované vědy v inženýrství
Studijní obor:	Průmyslový design ve strojírenství
Vedoucí práce:	<b>akad. soch. Josef Sládek, ArtD.</b>
Akademický rok:	2019/20

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:

### **Design letecké přilby pro otevřené létání**

#### **Stručná charakteristika problematiky úkolu:**

Letecká přilba pro volné létání je univerzální helma pro vírníky, paramotory a jiné druhy ultralightového létání. Jedná se o sofistikované vybavení, které v sobě kombinuje bezpečnost, nízkou váhu, ergonomii, odhlučnění, komunikaci s okolním provozem, konektivitu s mobilním telefonem a reprezentativní vzhled. Práce bude řešena ve spolupráci s firmou Nirvana systems s. r. o.

Typ práce: vývojová – designéřská

Výstup práce: aplikovaný výsledek (Fužit, Fprum, Gprot, Gfunk, R)

Projekt: Vývojová zakázka (HS)

#### **Cíle diplomové práce:**

Hlavním cílem je prototyp nového konceptu přilby pro otevřené létání. Přilba bude vyráběna malosériově z kompozitních materiálů (epoxidová letecká pryskyřice a kombinace uhlíkového, skelného a aramidového vlákna), vnitřní polstrování bude šité. Přilba bude využívat současné technologie konektivity.

Dílčí cíle diplomové práce:

- identifikovat hlavní designérské trendy a charakteristické prvky současných přileb pro volné létání,
- dotazník zkoumající zkušenosti a potřeby stávajících uživatelů,
- prokázat funkčnost, ergonomičnost a vyrobiteľnosť návrhu, realizovat prototyp v měřítku 1:1.

Požadované výstupy: průvodní zpráva, sumarizační poster, technický poster, ergonomický poster, designérský poster, fotografie modelu, fyzický model.

Rozsah práce: cca 72 000 znaků (40 – 50 stran textu bez obrázků). Časový plán, struktura práce a šablona průvodní zprávy jsou závazné:

<http://ustavkonstruovani.cz/texty/magisterske–studium-ukonceni/>

### **Seznam doporučené literatury:**

DREYFUSS, Henry. Designing for people. New York: Allworth Press, 2003. ISBN 1581153120.

FIELD, Charlotte a Peter FIELD (eds.). Designing the 21st century: design des 21. Jahrhunderts Le design du 21 siècle. Köln: Taschen, c2001. ISBN 3-8228-5883-8.

LIDWELL, William. a Gerry. MANACSA. Deconstructing product design: exploring the form, function, usability, sustainability, and commercial success of 100 amazing products. Beverly, Mass.: Rockport Publishers, c2009. ISBN 1592533450.

NORMAN, Donald A. Emotional design: why we love (or hate) everyday things. New York: Basic Books, 2005. ISBN 0-465-05136-7.

PELCL, Jiří. Design: od myšlenky k realizaci = from idea to realization. V Praze: Vysoká škola uměleckoprůmyslová v Praze, c2012. ISBN 978-80-86863-45-0.

THOMPSON, Rob. a Young Yun. KIM. Product and furniture design. New York: Thames & Hudson, 2011. Manufacturing guides. ISBN 0500289190.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku  
2019/20

V Brně, dne

L. S.

prof. Ing. Martin Hartl, Ph.D.

ředitel ústavu

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.

děkan fakulty



## ABSTRAKT

Tématem této diplomové práce je návrh re-designu letecké přilby pro volné létání. Jedná se o sofistikované vybavení, jehož návrh se musí zaměřovat především na bezpečnost, nízkou celkovou hmotnost, univerzální ergonomii a nejlepší možné odhlučnění. Důležitými aspekty při designérské tvorbě jsou v tomto případě i oboustranná komunikace prostřednictvím vysílačky a konektivita s mobilním telefonem.

Řešení vychází z reálných požadavků českého výrobce paramotorů a leteckého vybavení, firmy Nirvana Systems s.r.o. Tato práce se tedy zabývá nejenom estetickým zpracováním nového modelu letecké přilby, ale také zcela reflektuje veškerá technická, výrobní a ekonomická hlediska.

## KLÍČOVÁ SLOVA

Letecká přilba, vírník, paragliding, paramotor

## ABSTRACT

This diploma thesis describes a redesign process of a flight helmet designated to open air flying. The design solution of this sophisticated equipment focuses primarily on safety, low total weight, universal ergonomics and the best possible sound insulation. In this case, two-way radio communication and mobile phone connectivity are also very important aspects of the final product.

The task is based on real demands of the Czech paramotors and aircraft equipment producer - Nirvana Systems s.r.o. Therefore this thesis doesn't deal only with the aesthetic appearance of the new flight helmet, but it also fully reflects all technical, production and economic aspects.

## KEYWORDS

flying helmet, gyrocopter, paragliding, paramotor

## BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

DVOŘÁK, František. *Design letecké přilby pro otevřené létání*. Brno, 2020, 99 s. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav konstruování. Vedoucí diplomové práce akad. soch. Josef Sládek, ArtD.





## PODĚKOVÁNÍ

Na tomto místě bych rád poděkoval vedoucímu své diplomové práce akad. soch. Josefu Sládkovi, ArtD. za jeho odborný názor a komentář po celou dobu tvorby tohoto designu. Zároveň bych velmi rád poděkoval společnosti Nirvana Systems s.r.o. zastoupena panem ing. Pavlem Březinou a MgA. Janem Kovalovským, kteří důvěřovali mému designérskému úsudku a svěřili mi do rukou veškerý vývoj takto sofistikovaného zařízení.

## PROHLÁŠENÍ AUTORA O PŮVODNOSTI PRÁCE

Prohlašuji, že diplomovou práci jsem vypracoval samostatně, pod odborným vedením akad. soch. Josefa Sládka ArtD. Současně prohlašuji, že všechny zdroje obrazových a textových informací, ze kterých jsem čerpal, jsou řádně citovány v seznamu použitých zdrojů.

.....

Podpis autora



# OBSAH

<b>ABSTRAKT</b>	<b>6</b>
<b>KLÍČOVÁ SLOVA</b>	<b>6</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>6</b>
<b>KEYWORDS</b>	<b>6</b>
<b>BIBLIOGRAFICKÁ CITACE</b>	<b>7</b>
<b>PODĚKOVÁNÍ</b>	<b>9</b>
<b>PROHLÁŠENÍ AUTORA O PŮVODNOSTI PRÁCE</b>	<b>9</b>
<b>OBSAH11</b>	
<b>1 ÚVOD</b>	<b>14</b>
<b>2 PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU POZNÁNÍ</b>	<b>15</b>
2.1 Specifikace strojů vírník a paramotor	15
2.2 Designérská analýza	18
2.3 Technická analýza	24
2.3.1 Konkurenční řešení	27
<b>3 ANALÝZA PROBLÉMU A CÍL PRÁCE</b>	<b>30</b>
3.1 Analýza problému	30
3.1.1 Výčnělky přilby	30
3.1.2 Různé velikosti	30
3.1.3 Výhled	31
3.1.4 Vzhled	31
3.2 Cíle práce	32
3.3 Cílová skupina	32
3.4 Základní parametry a legislativní omezení	33
3.5 Použité výrobní technologie, možný trh a cena	34
<b>4 VARIANTNÍ STUDIE DESIGNU</b>	<b>35</b>

<b>5</b>	<b>TVAROVÉ ŘEŠENÍ</b>	<b>39</b>
<b>6</b>	<b>KONSTRUKČNĚ TECHNOLOGICKÉ A ERGONOMICKÉ ŘEŠENÍ</b>	<b>42</b>
6.1	Popis	42
6.2	Rozměrové řešení	43
6.3	Vnitřní mechanismy a komponenty	44
6.4	Materiálové řešení	46
6.5	Technologie	47
6.5.1	Prototypování	47
6.5.2	Technologie výroby	51
6.6	Ergonomie	57
6.6.1	Rozmístění ovládacích prvků	60
6.6.2	Výhled	61
6.6.3	Nasazování přilby – šířka hlavy	61
6.7	Bezpečnost a hygiena	62
6.8	Udržitelnost	62
<b>7</b>	<b>BAREVNÉ A GRAFICKÉ ŘEŠENÍ</b>	<b>63</b>
7.1	Barevné řešení	63
7.2	Logotyp a jeho umístění	65
<b>8</b>	<b>DISKUZE</b>	<b>67</b>
8.1	Psychologická funkce	67
8.2	Sociální funkce	67
8.3	Ekonomická funkce	68
8.3.1	Marketing	68
8.3.2	SWOT analýza	69
<b>9</b>	<b>ZÁVĚR</b>	<b>70</b>
<b>10</b>	<b>SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ</b>	<b>71</b>
<b>11</b>	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ A GRAFŮ</b>	<b>74</b>
<b>12</b>	<b>SEZNAM TABULEK</b>	<b>77</b>
<b>13</b>	<b>SEZNAM PŘÍLOH</b>	<b>78</b>



# 1 ÚVOD

Tato diplomová práce se zabývá re-designem letecké přilby se specifickými požadavky na volně zabudovaný komunikační systém, která je určena jak pro paragliding, tak pro létání v otevřeném vírníku (vírník je podobný malému vrtulníku, ovšem nemá po dobu letu poháněný horní rotor). Zadání vychází z reálné poptávky velmi úspěšné české firmy **Nirvana Systems s.r.o.** (dále jen Nirvana) se sídlem na původním vojenském letišti Přerov – Bochoř, která se zabývá výrobou a servisem paramotorů, vírníků a leteckého vybavení. Cílem nového designu je zvýšit úroveň řešení zmíněné letecké přilby jak z vizuálního, tak i technického pohledu. Produkty společnosti Nirvana našly odbyt po celém světě a milovníci létání je vyhledávají pro jejich inovativnost, kvalitu zpracování a dostupnou cenu.

Jelikož většina smyslových orgánů včetně centra nervové soustavy – mozku je uložena v hlavě, je tudíž naprosto nezbytné ji účinně chránit a snižovat riziko jejího možného poranění. Ačkoliv jsou havárie vírníků a paraglidistů spíše výjimkou, vždy mohou nastat extrémní situace, kdy hrozí poranění hlavy. Díky zmenšení výřezů pro sluchátka a celkové optimalizaci tvaru bude vytvořen maximálně bezpečný produkt, který v mnoha ohledech předčí svoji konkurenci.

Při tvorbě nového modelu přilby by mělo být dosaženo dynamičtějšího vzhledu, který bude lépe vyjadřovat vizuální styl firmy Nirvana. Zároveň je v dnešní době nezbytné aktualizovat její celkový vzhled, promyslet rozmístění jednotlivých komponentů a také technicky modernizovat elektronické komponenty.

Pro mne jako studenta je komerční zadání výborným nástrojem k získání zkušeností pro budoucí zaměstnání. Vytvořit totiž produkt, který bude dlouhodobě dobře sloužit svému účelu, není vůbec jednoduchý úkol. Mimo designerská úskalí je také důležitým cílem dosažení spokojenosti jak na straně zadavatele, tak výrobce a samozřejmě samotného uživatele. Jedním z hlavních aspektů nového designu je co možná nejlepší zvukový komfort ve formě kvalitního odhlučnění motoru, který se nachází hned za zády uživatele. Přes jeho hluk je mnohdy těžké slyšet zvuk vysílačky vycházející ze sluchátek a celkově je tento hluk při delších letech iritující. Jelikož je v letectví radiové spojení s letišti či okolními piloty zcela klíčové, je nezbytné se z hlediska odhlučnění vyvarovat veškerých kompromisů.

## 2 PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU POZNÁNÍ

### 2.1 Specifikace strojů vírník a paramotor

Vírník je tzv. rotorové letadlo – stejně jako vrtulník. Ve vzduchu se tedy udrží díky rotujícím rotorovým listům. Ty ale nejsou roztáčeny aktivně pohonnou jednotkou, ale roztácejí se samy díky vzduchu proudícímu mezi rotorovými listy. Proto, aby mezi listy vzduch nabíhal, je třeba, aby se vírník pohyboval směrem dopředu. O to se postará klasický tlačný motor s vrtulí.

Vírníkové létání je specifické a nedá se s žádným jiným srovnat. Laicky by se dalo říct, že je to něco mezi létáním s klasickým letadlem a vrtulníkem - blíže má ale díky rotujícímu křídlu k vrtulníku.

Pro prvotní roztočení rotoru vírníku do otáček potřebných k odstartování je potřeba v závislosti na síle větru rozjezd o délce cca 100 metrů. Ve chvíli, kdy jsou otáčky rotoru dostatečné, vznese se vírník do vzduchu.

Protože je nutné neustále udržovat dopředný pohyb, nemůže vírník viset ve vzduchu na jednom místě jako vrtulník, může se však pohybovat velice pomalu – minimální rychlost se pohybuje kolem 30 km/h. S vírníkem se je možné letět i velice rychle – až 180 km/h.

Pro přistání potřebuje vírník velice málo prostoru – 5 až 20 metrů. Princip autorotace totiž poté, co pilot přilétne nad místo přistání a zpomalí nad ním let, přivede vírník bezpečně a lehce na zem.

Vírník nepotřebuje složité poháněcí a řídicí mechanismy jako vrtulník. Proto je jednodušší i jeho provoz a údržba. V důsledku toho není poruchový a není příliš náročný na pilotáž. Případné technické závady nebo pilotní chyby nemají zpravidla tak vážné následky, jako při nehodách vrtulníků. Vírník je díky hornímu rotoru velice stabilní i v nepříznivých meteorologických podmínkách.

**S vírníkem je možné bez problémů přistát i v případě vysazení motoru.** Vírník totiž pokračuje v dopředném letu, pomalu sestupuje a bezpečně přistane. Díky malému prostoru nutnému pro přistání, je možné dosednout i na velmi malé plochy. [1]

Novinkou v nabídce společnosti Nirvana je vírník nesoucí označení GyroMotion a představuje něco jako „létající auto“. Je totiž homologován pro provoz na pozemních komunikacích. Mimo klasické bezpečnostní prvky jako jsou světla, zrcátka apod. je tento speciál opatřen například i upevňovacími kapsami na listy horního rotoru. Na silnici tento stroj pohání elektromotor umístěný přímo v kole.

Hlavními výhodami vírníku jsou:

- lehká ovladatelnost
- krátký start a přistání – odstartujete z posekané louky (není nutné letiště)
- velký rozsah rychlostí
- obratnost
- snese i horší počasí
- cenově nenáročný provoz
- nenáročnost na prostor při hangárování
- jednoduchá údržba
- příznivá cena



obr. 2-1 Obrázek vírníku GyroMotion [2]

Při **motorovém paraglidingu** se na rozdíl od běžného paraglidingu k získání výšky používá dvoutaktní motor s vrtulí. Nejčastěji o zdvihovém objemu 160 -250 ccm.

Pohonná jednotka může být spojena s postrojem, tehdy mluvíme o motorové krosně, nebo umístěna na tříkolce (podvozku). V případě motorové krosny slouží za podvozek nohy a startuje se tudíž rozběhem. Motorová tříkolka se k získání rychlosti potřebné k odpoutání od země (startu) rozjíždí.

Hmotnost takové motorové krosny je kolem 23-28 kg, v zásadě se používají jednoválcové dvoutaktní spalovací motory o výkonu 17-27 koňských sil chlazené vzduchem nebo vodou. Vrtule o průměru 90-125 cm je krytá ochranným, většinou duralovým trubkovým rámem (košem) s výpletem pro zabránění zranění pilota a namotání šňůr PK (padákového kluzáku) do vrtule.



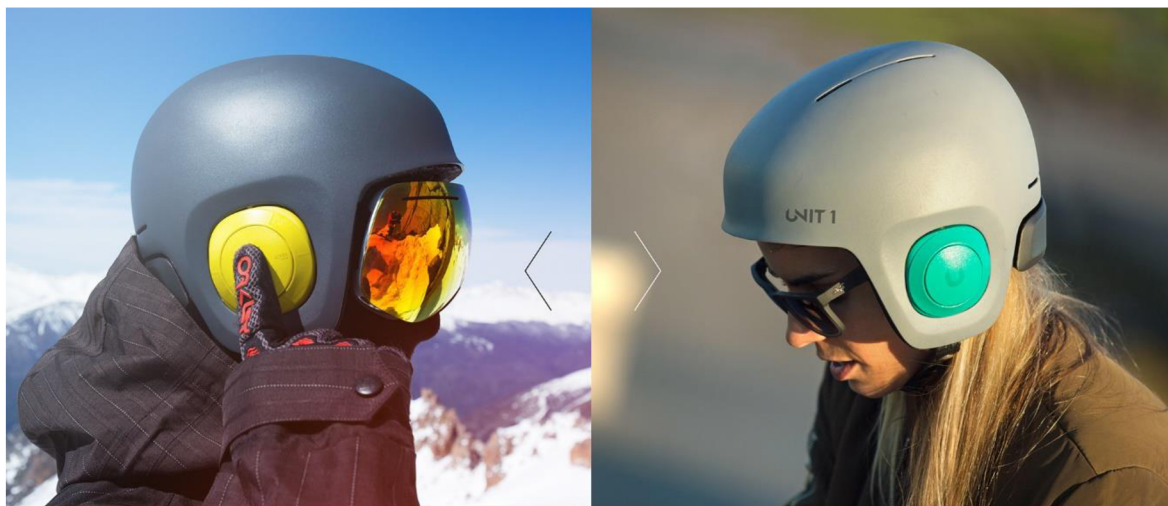
Létání s motorem - motorový paragliding je varianta, kde pro létání nepotřebujete kopec ani termické stoupavé proudy. Při vhodných meteorologických podmínkách odstartujete z jakékoliv rovné louky a prostě létáte, dokud vám nedojde benzín. Tuto formu létání je nejlépe přirovnat k procházkám vzduchem, kde jste schopni, samozřejmě za dodržení určitých pravidel, letět v menší výšce a navštívit tak místa, kam se po zemi stěží dostanete. Nevýhodou je vyšší hlučnost motoru. [3]



**obr. 2-2** Obrázek paramotoru Nirvana [4]

## 2.2 Designérská analýza

Design vychází z funkce a stejně je tomu v případě této diplomové práce. Jelikož většina konkurenčních produktů ve stejném segmentu trhu, kde operuje firma Nirvana Systems s.r.o., jsou na výrazně nižší úrovni, musíme rozšířit zaměření designérské rešerše také na další sportovní helmy určené např. pro jezdce rallye či na motorkářské přilby. V České republice přímého konkurenta ani nenalezneme.



obr. 2-3 Obrázek freestylové přilby UNIT 1 s integrovanými sluchátky.[5]

Na základě požadavku na sluchátka vystupující z přilby v mé mysli ihned vytanula vzpomínka na přilbu UNIT 1 z designérského portálu Behance.net. Velmi elegantním způsobem spojuje tvar sluchátek se siluetou helmy samotné. Je také důležité ocenit prolis, který se nachází po obvodu sluchátka. Decentním způsobem prolamuje jinak homogenní plochu přilby a předznamenává změnu tvaru. Z uživatelského a ergonomického hlediska je také důležitá velká ovládací plocha sluchátek. Barevnost přilby je spíše klidná – drží se zemitých, šedivých tónů, přičemž samotné sluchátko je akcentováno zářivým odstínem pastelové barvy. Zajímavostí této přilby je možnost vyjmutí sluchátek z přilby ven a jejich použití jednotlivě. Toto opravdu důmyslné technické řešení, se dočkalo realizace a dnes je možné si tuto přilbu běžně koupit. Z hlediska celkového tvaru přilby je pro letecký segment nevhodná, postrádá dynamiku a také není osazena velmi důležitým slunečním štítkem.



obr. 2-4 Obrázek přilby poc CORON [6]

Z hlediska designu přileb se tvarově zcela vymyká tvorba společnosti poc. Její práce s barvou, materiály a plochami je velmi moderní a nadčasová. Estetický dojem z této přilby není nesourodý, jako je tomu u mnoha ostatních, naopak jsou všechny hrany a členění zcela logicky umístěny a vytváří tak harmonický průběh tvaru. Bohužel se jedná o zcela jiný typ přilby a není možné si z něj vzít mnoho inspirace. Nicméně finální design přilby Nirvana Full Control 6 (dále jen FC6) by mohl dosáhnout stejné nebo alespoň podobné čistoty tvarování. Světlé provedení přilby je v segmentu horských kol poměrně neobvyklé. Helma postrádá veškeré grafické zdobení, samotný tvar mluví za vše. Prodává se více barevných variantách, jedná se však pouze o velké diagonální předěly dvou odstínů. Jemné grafické proužky, na které jsme u sportovních helem zvyklí, by byly v tomto případě opravdu zbytečné. Moderním trendem ve sportovním průmyslu je práce s velkými barevnými plochami. Ergonomickou nedokonalostí se zdá být nepohyblivý kšilt proti slunci. Pro piloty paramotorů je příliš dlouhý a ve vyšších rychlostech by kladl odpor. Při jízdě na krosové motorce tak vysoké rychlosti samozřejmě nenastávají.



**obr. 2-5** Obrázek přilby PNPL Decathlon [7]

Jako zdroj inspirace posloužil rovněž koncept cyklistické přilby, která skvělým způsobem vyjadřuje dynamiku. Ačkoliv je opět tvarově velmi vzdálená od mého zadání, tak i přesto mne zaujala svým netradičním designovým pojetím. Objem skořepiny je vizuálně přesunut dopředu a k zadní části se razantně vytrácí – vyvolává pocit, jakoby letěla dopředu, i když stojí na místě. Tato charakteristika by byla vhodná i pro helmu, která je předmětem této diplomové práce, jelikož ta skutečně vzduchem létat bude. Zejména boční prolis, který má zároveň funkci vyztužení skořepiny, by bylo dobré převzít. Přilbě FC6 se podobá i předním sklem, které je příplatkovou výbavou pro piloty. Z hlediska ergonomie nekryje v nižších partiích hlavu tak, jak by bylo potřeba pro leteckou přilbu. Výhodou však je, variabilní nastavení pásku okolo hlavy. Graficky je přilba v horní části opatřena jemnou texturou, která ještě umocňuje dynamičnost celého tvaru. Dále se ve spodním rohu nachází jen malé logo výrobce. Lakování je voleno netradiční metalickou barvou, která pod různými úhly pohledu mění své zbarvení z fialové do zelené.



obr. 2-6 Obrázek přilby SHARK X-drak [8]

Tvarově nejpříbuznější přilbě FC6 je model motocyklové přilby SHARK X-drak. Je opatřena kšiltlem a dokonce i náznakem sluchátek na boku. Konceptně je tedy velmi podobná přilbě pro firmu Nirvana. Velmi zdařilé je tvarování předního kšiltu a jeho horní vedení. Helma také disponuje skrytým slunečním štítem. Celkově tato helma díky oblému tvaru skořepiny ovšem působí spíše retro než progresivně a dynamicky. Tvarově se jí nedá vytknout nic konkrétního, nicméně svou koncepcí evokuje spíše historické enduro přilby. Zajímavé jsou i horní odvětrávací plastové prvky, které horní plochu sympaticky rozdělují a propůjčují přilbě odolný až obrněný vzhled. Vnitřní vystýlka působí na první pohled velmi propracovaně, proto by se dalo domnívat, že ergonomicky se dobře přizpůsobí různým tvarům hlavy.



obr. 2-7 Obrázek přilby Solar X [9]

Přilba Solar X je přímým evropským konkurentem společnosti Nirvana. Vyrábí se v Itálii. Designově je tato přilba přetvarovaná. Může za to její vizuální nesrourodost, která je způsobena především volně uchycenými sluchátky. Tento způsob uchycení však nalezneme na většině paraglidingových helem světové produkce. Celkové řešení přilby připomíná ochrannou helmu na křivonořez. Volně trčící díly se při manipulaci s přilbou na hlavě budou volně pohybovat a mohou způsobovat obtíže při užívání. Vizuálně z ní není cítit komfort, bezpečí a kvalita. Na druhou stranu je grafiky velmi moderně zpracovaná. I přes mnohé designérské nedostatky se zdá, že je ze všech konkurenčních řešení asi nejpovedenější variantou. Velmi levně působí imitace textury uhlíkové tkaniny na povrchu sluchátek, tento prvek se vyskytuje u nejlevnějších produktů a degraduje tak jinak zdařilé grafické řešení. Technicky má na první pohled dobře vyřešený plexi štít, který je také jedním z požadavků firmy Nirvana.



obr. 2-8 Obrázek přilby YUENY [10]

Příkladem designové nesourodosti je paraglidingová helma od čínské společnosti YUENY. Je možné, že se jedná o kopii předchozí přilby Solar X, je ale navíc ošizená o jakékoliv tvarování skořepiny. Extrémně špatně na ní vypadá komunikátor (interkom), jehož anténa trčí kolmo dozadu za přilbu. Takto trčící komponenty mohou v praxi způsobovat velké komplikace zejména paraglidingovým pilotům. O výstupky přilby se totiž rády zachytávají lanka padáku. V každém případě bude asi cenově velmi dostupná a z hlediska funkčnosti dostačující. Její skořepina je zhotovena z pohledového karbonového kompozitu, což je v dnešní době velmi žádaný materiál. I když helma postrádá jakékoliv grafické polepy, o její vizuální ozvláštnění se stará samotná karbonová tkanina.



obr. 2-9 Obrázek přilby ANUBIS [11]

Italský výrobce NAC intercom vytvořil integrální helmu Anubis pro otevřené létání se zcela odlišným přístupem. Uzavřená, kapotovaná přilba může v některých případech být velmi komfortní a praktickou variantou. Zejména při vysokých rychlostech hrozí nebezpečí, že pilotovi vletí do helmy hmyz, a tato přilba toto riziko zcela vylučuje. Tvarově je přilba však příliš fadní. Hladký nekonkrétní vzhled postrádá dynamičnost a jasné tvarové prvky. Z hlediska bezpečnosti je třeba uznat, že zpevněná brada je vždy výhodou. Piloti firmy Nirvana Systems s.r.o. by k tomu však určitě poznamenali, že létání na vírníku či s paramotorem je spojené s určitou dávkou dobrodružství. Proto naopak chtějí cítit vítr na své tváři a prožívat tak let naplno. Holé bílé plochy by možná bylo dobré rozdělit grafikou, která by odvedla pozornost oka.



obr. 2-10 Obrázek rallye přilby Sparco [12]

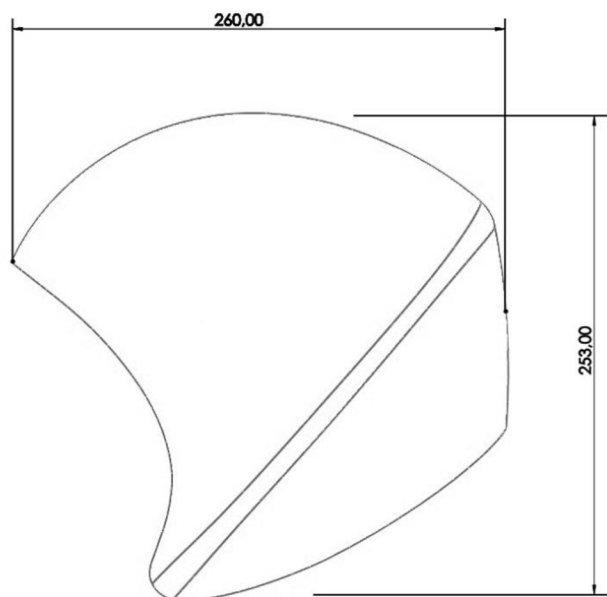
Posledním příkladem této designérské rešerše je rallye přilba společnosti Sparco. Možná sem na první pohled úplně nepatří – má ale s přilbou pro firmu Nirvana mnohem víc společného, než se zdá. Je také vybavena sluchátky, má také kšilt a před ústy mikrofon. Rallye helmy tohoto typu se vyrábí také s asymetricky vyztuženou skořepinou okolo mikrofonu. Ze zkušeností majitele firmy Nirvana Systems s.r.o. ing. Pavla Březiny vyplývá, že to v případě paraglidingu není vůbec šťastné řešení, jelikož při letu proudí vítr okolo pilotovy hlavy natolik silně, že si jej musí přitisknout úplně na ústa, aby mu bylo ve vysílače vůbec rozumět. Pevné uchycení mikrofonu tedy nemá význam vzhledem k tomu, že se používá jedna skořepina pro všechny velikosti. Z hlediska designu působí helma poněkud hmotně – prolamování skořepiny nemá moc logiku, jeví se spíše nahodilé. Kšilt samotný je také příliš rozměrný a zcela postrádá eleganci. Graficky je přilba opatřena pouze jedním velkým logem výrobce na straně.

## 2.3 Technická analýza



obr. 2-11 Boční pohled přilba FC5 [13]





obr. 2-12 Rozměry skořepiny přilby FC5

Nový model přilby Nirvana FC6 má plynule navázat na předchozí generaci přileb FC5, které společnost vyrábí od 70. let. Její skořepina původně vůbec nepočítala s využitím sluchátek a není pro jejich umístění nijak uzpůsobena. Proto jsou některá její řešení do jisté míry improvizace a potřebují přepracování. O uchycení sluchátek se stará nakupovaná kovová konstrukce, která je však zbytečně rozměrná a je pro ni nutné vyřezávat do skořepiny velký otvor. Interkom se nachází na zadní straně skořepiny a má také svůj vlastní otvor. Tím se celá pevnost přilby oslabuje a snižuje se tak její účinnost v případě havárie. Zároveň štítek proti slunci nedisponuje jasným polohovacím systémem, piloti si stěžují na to, že jim ho při vyšší rychlosti vítr zvedá.

Slovní specifikace modelové řady FC5 zní takto:

Předchozí generace přilby Nirvana s označením FC5 je výsledkem dlouhodobého vývoje s ohledem na velmi specifické potřeby paramotorového a vírníkového létání. Jsou zde použity všechny poznatky z předchozího vývoje a přilba tak perfektně vyhovuje náročným potřebám pilotů. Skořepina je vyrobena z karbon-kevlarového kompozitu s přesně odladěným přitlakem sluchátek. Použitý materiál je velmi lehký a pevný. Pevnost proti průrazu byla testována v certifikované zkušebně. Přilba nyní patří mezi nejlehčí na trhu. Hmotnost kompletní přilby včetně bluetooth a propojovacího kabelu pro vysílačku je 950 gramů. Vnitřní výstelka je vyrobena z hmoty původně vyvinuté pro hokejové brankářské masky. Materiál, který absorbuje nárazy a výborně chrání hlavu, je umístěn na místech, kde je v případě nárazu hlava nejvíce ohrožena. Vnitřní potah odvádí pot a nedráždí pokožku. Velmi příjemný i při dlouhodobém používání. Vnitřní díly lze jednoduše vytáhnout a vyčistit. Velmi snadná je také změna velikosti výměnou velikosti vložek.

Jelikož jsou vnitřní vložky rozděleny na čelní, týlovou a horní, je možno kombinací různých velikostí těchto dílů přilbu přesně naladit na jakoukoliv hlavu. Sluchátka jsou vytvarována pro nejlepší absorbování hluku. Jejich vnitřní výstelka tlumí venkovní hluk a nejlépe rezonuje zvuky z vnitřních sluchátek. Ta jsou zvolena s ohledem na poslech hudby taková, aby mluvené slovo mělo příjemný rozsah a bylo velmi dobře srozumitelné. Při telefonování prostřednictvím tohoto Bluetooth 100 zařízení je poslech velmi podobný handsfree sadě vestavěné v automobilu. BT má velmi jednoduché a intuitivní ovládání. Na pravé sluchátko je umístěno lehce nahmatatelné PTT tlačítko pro vysílání při letu na paramotoru. Pod ním otočný knoflík regulace hlasitosti. Mikrofon má útlum přesně odladěný pro hluk z tlačného uspořádání vrtule, které je typické pro oba typy letadel. Mikrofon je rozdílný pro paramotory a vírníky. Toto se rozlišuje symbolem na pravém sluchátku. I za plného výkonu motoru je poslech mluveného slova velmi čistý. K přilbě lze pomocí kabelu s lemo konektorem připojit jakoukoliv vysílačku. Také je možné propojení k interkomu a vysílače každého vírníku nebo letadla. Pokud u paramotoru chcete létat bez vysílačky, konektor s kabelem se jednoduše zasune za pravé sluchátko a nebrání volnému pohybu hlavy a nijak nevyčnívá. Lehce polohovatelný štítek chrání oči pilota před sluncem. S ohledem na používání na paramotorech odladěn tak, aby při startu neomezoval výhled na padák nad hlavou a zároveň dobře chránil proti oslnění vycházejícím nebo zapadajícím sluncem. Přilbu lze kombinovat s několika typy krátkých či dlouhých plexi štítů. Buď pevně spojených se slunečním štítkem a společně polohovaných, nebo odnímatelných. Tyto samostatně drží gumový pásek. Oba typy štítů jsou k dispozici v provedení čirém i tónovaném. Speciální nabídku tvoří zimní štít s neoprenovým krytem krku a nastavitelnou ventilací proti zamlžení. Pro použití v chladném počasí je kolem sluchátek umístěna neoprenová izolace. Ve spojení se správně zvolenou velikostí vnitřních dílů přilba perfektně těsní a nefouká do ní. Mimo zimu lze neoprenové zakrytí lehce vyjmout a přilba perfektně ventiluje kolem celé hlavy. Toto ocení piloti obzvláště v teplých klimatických podmínkách. [14]

Veškeré technické komponenty z FC5 se přebírají i do FC6 (**viz kapitola 6.3**).

### 2.3.1 Konkurenční řešení

Z technického pohledu jsou konkurenční řešení velmi podobná, jako příklad si uvedme přilbu Horus N2C5 Communication Helmet od firmy NAC intercom. Její skořepina je také tvořena karbonovým kompozitem, [15] která však kryje mnohem menší plochu hlavy. Tato nevýhoda se nachází u většiny konkurenčních řešení. Uchycení přilby je zajištěno v oblasti uší pomocí ocelových lan v plastové bužírce, která jsou propojena popruhem pod bradou. Tento prvek působí nedořešeným dojmem. Velkým rozdílem proti FC5 je uchycení ochranných sluchátek. Společnost NAC intercom nabízí zákazníkům volbu míry ochrany sluchu – konkrétně ze tří variant. Tato sluchátka jsou nakupovaným komponentem a známe je například z ochranných pracovních helem určených pro řezání s křovinořezem.

Způsob jejich uchycení je velmi jednoduchý, přišroubováním na bok skořepiny. Vytváří se tak opět relativně nebezpečné místo pro zachytnutí lan. Výhodou tohoto uchycení však je široká škála možnosti nastavení jejich pozice. Výhodná je také možnost odklopení sluchátek směrem ven, v případě, kdy není ochrana sluchu potřebná.



obr. 2-13 Přilba společnosti NAC intercom [16]



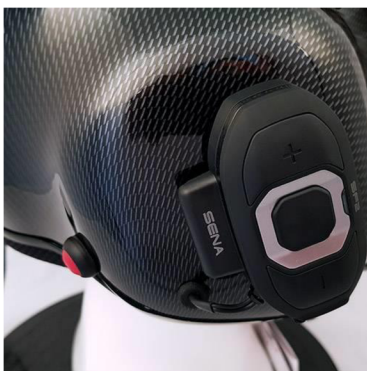
obr. 2-14 Rozměry přilby NAC intercom [17]

Celková váha přilby závisí na konfiguraci výbavy, kterou si zákazník navolí. Avšak pohybuje se okolo 1170g.



obr. 2-15 Vnitřní výstelka NAC intercom [18]

Vnitřní polstrování působí dle fotografií výrobce propracovaným dojmem. Udává, že je vyrobeno z hypoalergenního materiálu jménem Polygiene. [19] Interkom je příplatkovým vybavením. Upevňuje se na pravou vnější stranu sluchátka a není vizuálně nijak propojen se zbytkem přilby. Opět zde vzniká nebezpečí zachytávání lan. Jeho ovládání se jeví jako hmatově špatně rozeznatelné. Obzvláště v zateplených rukavicích, které paramotoristé využívají, by se tato tlačítka špatně hledala. Zároveň umístění tlačítka vysílačky PTT (push-to-talk) je ze zadní strany sluchátka, což není ergonomicky ideální. Ovládací prvky by měly být jasně nahmatatelné na co možná nejrovnější ploše.



**obr. 2-16** Umístění interkomu na přilbách firmy NAC intercom [20]

## 3 ANALÝZA PROBLÉMU A CÍL PRÁCE

### 3.1 Analýza problému

Z rešerše a dlouholetých zkušeností firmy Nirvana vyplynulo několik faktů, které je důležité dodržet, aby nový model přilby co nejlépe sloužil svému účelu. Oproti minulému provedení jsou zcela zřejmé některé nedostatky, na které je nezbytné se zaměřit a nalézt jejich zlepšení. Na přilby určené pro otevřené létání se v současné době nevztahují žádná povinná legislativní omezení, nicméně by bylo dobré vycházet ze zkušeností z jiných sportovních odvětví či homologačních standardů (viz kapitola 1.4).

#### 3.1.1 Výčnělky přilby

Jako hlavní problém se ukázalo být zachytávání lan padáku při startování paraglidistů. Rozbíhají se totiž často s lany padáku za hlavou. V momentě vzletu se lana o průměru přibližně 3 mm pohybují těsně okolo letcova těla a může nastat jejich zachycení za výčnělky oděvu či vybavení. Podobný scénář se odehrává i při přistání. Proto musí být přilba co nejhladší. Tento předpoklad ovšem komplikuje fakt, že přilba má být nezbytně vybavena kšiltem, který chrání proti ostrému slunci. Ne vždy je však stínění potřeba, při paraglidingu se letec potřebuje také dívat přímo nad sebe, aby mohl překontrolovat stav padáku. V tomto momentě kšilt vyklápí nahoru, aby mu nebránil ve výhledu. V rešerši jsem na podobné řešení nenarazil, jednak proto, že helem pro paraglidung je na trhu poměrně málo a také proto, že přicházím se zcela novým tvarem.

#### 3.1.2 Různé velikosti

Dalším problémem je rozdílná velikost hlavy jednotlivých uživatelů. Pokud je potřeba dokonalé dosednutí sluchátek okolo hlavy – za předpokladu, že počítáme jen s jednou skořepinou pro všechny velikosti – tak hovoříme o velkém množství variant, pro které musí být pozice sluchátek optimalizována. Samozřejmě by připadlo v úvahu zvětšení otvoru okolo trčícího sluchátka, nicméně taková úprava opět zmenšuje plochu skořepiny a snižuje tak její bezpečnost. Chtěl bych proto dosáhnout co nejideálnějšího tvaru a pozice sluchátka, aby sedělo co největšímu počtu lidí. Tento fakt se bude testovat na 3D tisknutém prototypu, který odhalí většinu možných skrytých nedokonalostí. V každém případě žádný z těchto aspektů nesmí mít negativní vliv na kvalitu odhlučnění. Sluchátka si musí zachovat přibližně stejný vnitřní objem jako u modelu FC5.

### 3.1.3 Výhled

Velmi specifickým aspektem pro přilby určené k létání s paramotorem je výhled na padák. Letec velmi často zaklání hlavu a zvedá svůj zrak směrem vzhůru. S tím je spojeno také vyklápění kšiltu do poměrně extrémní pozice. Stínění slunce je jedním z hlavních požadavků zadavatele a v praxi hraje opravdu velmi důležitou roli. Svým stínem zlepšuje nejen pilotův výhled, ale do jisté míry chrání jeho obličej před spálením od slunce. U žádných konkurenčních řešení se však kšilt s takovým rozsahem vyklápění nevyskytuje. Tento fakt ovlivňuje i tvar samotné skořepiny a do určité míry předurčuje design přilby v oblasti čela. (více k výhledu v kapitole ergonomie)

### 3.1.4 Vzhled

Společným nedostatkem dnešních konkurenčních řešení helem je tvarová nesourodost. Většinou využívají převzatých dílů, které spolu vizuálně nekomunikují. Mimo technické inovace by měla helma v zákaznících vzbuzovat dojem kvality a dynamičnosti. Majitelé této přilby by měli mít dlouhodobě radost z toho, že ji vlastní a měli by být spokojeni s tím, jak v ní vypadají. V ideálním případě by s uvedením nového modelu helmy na trh měl nastat znatelný nárůst objednávek.



obr. 3-1 Paraglidingová výbava se současnou helmou [21]

## 3.2 Cíle práce

Plánovaná technická inovace bude spočívat zejména ve způsobu uchycení sluchátek. Dále v integraci interkomu přímo do sluchátka, a celkové optimalizace tvaru. Z hlediska vizuálního dojde k tvarové inovaci skořepiny, sluchátek, kšiltu, vnitřní výstelky a grafického zpracování.

Vytvoření funkčního, komerčního produktu, který firmě Nirvana zajistí pozici na trhu s leteckými přilbami. Aby toho bylo dosaženo, byly stanoveny tyto dílčí cíle:

- Nikde se nesmí zachytávat lanka padáku
- Vyhnout se vizuálně nesourodému řešení
- Poloha sluchátek se mění
- Pro helmu je klíčová manipulace s kšiltem
- Maximální odhlučnění
- Dynamický vzhled

## 3.3 Cílová skupina

Létání s paramotorem a vírníkem jsou obecně chápány jako vstupní letecké disciplíny. Díky své dobré finanční dostupnosti. Cílovou skupinou jsou osoby ve středním věku (převážně muži) z vyšší střední vrstvy. K létání je samozřejmě potřeba výcvik, ten se cenově také pohybuje v přiměřených relacích. (Konkrétní ceny jsou uvedeny v kapitole **3.5**). Cíli na zákazníky, kteří si potrpí na kvalitu zpracování a jsou ochotni si za ni něco připlatit.

Nelze však říci, že by byl produkt zaměřen pouze pro amatérské využití. Paramotory se využívají například v armádě. Také se v tomto typu létání pořádají soutěže a podobně. Všichni tyto lidé jsou potencionálními kupci přilby FC6.





obr. 3-2 Piloti paramotorů – cílová skupina [22]

### 3.4 Základní parametry a legislativní omezení

Ačkoliv se na přilbu nevztahuje běžná homologace, jako je tomu na příklad u přileb motocyklových, měla by se přesto řídit českou technickou normu ČSN EN 966+A1 – Přilby pro létání a podobné sporty. Tato evropská norma stanoví požadavky a zkušební metody pro ochranné přilby používané při parašutizmu, závěsném létání a létání na ultralehkých letadlech [23].

Přilby pro letecké sporty jsou v této evropské normě rozděleny takto:

- kategorie HPG: přilby pro parašutizmus a závěsné létání;
- kategorie UL: přilby pro létání na ultralehkých letadlech.

Požadavky a odpovídající příslušné zkušební metody jsou stanoveny pro:

- konstrukci včetně podbradního pásku, náhlavní vložky (vnitřní výstroje), zorného pole, pohyblivosti hlavy a ochrany očí;
- odolnost proti úderu ostrým předmětem (proti průrazu);
- odolnost proti nárazu (schopnost tlumení nárazu);
- vlastnosti náhlavní vložky (vnitřní výstroje);
- značení a údaje pro uživatele.

Toto testování případně proběhne, jakmile vznikne první funkční výrobek. Rozměry volíme odpovídající bezpečné tloušťce výstelky u velikosti XL, které má přibližně 15 mm (celkové rozměrové řešení v kapitole **2.2 Rozměrové řešení**). Hmotnostně by přilba se všemi komponenty neměla překročit 950 gramů.

### 3.5 Použité výrobní technologie, možný trh a cena

Finanční aspekty zásadní způsobem ovlivňují přístup designera. Musí zohlednit možnosti odpovídající cílové skupiny. Dobrou představu si můžeme udělat z cen hlavního vybavení. Základní paramotor s veškerým příslušenstvím ovšem bez padáku společnosti Nirvana se v současné době dá pořídit přibližně za 222 700 Kč s DPH (záleží na individuální konfiguraci) [24]. Cena otevřeného vírníku MTO Sport začíná od 1 050 000 Kč bez DPH [25]. K celkové ceně musíme samozřejmě připočítat také cenu výcviku, okolo 10 000 Kč pro motorový paragliding a 100 000 Kč pro vírník [6]. Přilba jakožto příslušenství k těmto produktům je nezbytnou součástí a nejenom vizuálně, ale i kvalitativně reflektuje zbytek výrobního portfolia firmy Nirvana. Z hlediska trhu se tato česká společnost řadí mezi světovou špičku a vyniká zejména svou odborností a více než 30 letou zkušeností v oboru letectví. Zabývá se nejenom výrobou, ale i poradenstvím, mimo jiné je také velmi úspěšná v soutěžích a srovnávacích testech.

Avšak nejedná se o výrobu ve velkých sériích. U přilby FC6 se předpokládá roční produkce okolo **100** kusů. Z tohoto důvodu je třeba se zamyslet nad správnými výrobními technologiemi. Tento počet výrobků není dostatečný pro návratnost investice do vstříkovacích forem (například sluchátek nebo kšiltu). Pro malosériovou produkci přilby se ukázala být jako velmi vhodná technologie formování kompozitních materiálů a vakuové tváření plastů. V tomto případě karbonového kompozitu vypékaného v autoklávu (důvody volby jednotlivých technologií jsou blíže specifikovány v kapitole **2.5 Technologie**). Tímto způsobem bude tedy vyrobena skořepina. Vnitřní polstrování vyrábí ručně přímo zaměstnanci firmy Nirvana. Zbylé komponenty se nakupují a dále modifikují. Celková cena přilby za použití těchto výrobních technologií se bude pohybovat okolo **21 650 Kč**. [26] Což je aktuální pořizovací cena stávající generace přilby FC5.

## 4 VARIANTNÍ STUDIE DESIGNU

Z následujících kapitoly jde velmi dobře vidět, jak se projekt vyvíjel. Naše názory na různá řešení se neustále měnily v závislosti na tvarových, technických ale i ekonomických aspektech. Na následujícím obrázku se nachází prvotní tvarový návrh, který se vůbec neřídí technickými náležitostmi – snaží se pouze nalézt moderní a neotřelé tvarosloví. Hlavním cílem byla logická vizuální implementace sluchátka do tvaru přilby. Ze stávající verze přilby je totiž zcela jasné, že na ni bylo sluchátko uměle dodáno.

### 4.1 Varianta č. 1



obr. 4-1 Varianta 1

Nejdůležitějším tvarovým prvkem tohoto návrhu je kruhové sluchátko. Od něj by se odvíjelo veškeré tvarování přilby. Dle názoru majitele firmy Nirvana pana ing. Březiny by takto velké sluchátko nestačilo pokrýt lidské ucho a nesplňovalo by tak požadavky na odhlučnění. Tuto variantu jsme proto byli nuceni opustit. Avšak ze všech návrhů je tento nejprogresivnější, působí futuristicky a dynamicky. Podařilo se zde helmě vtisknout samotný charakter leteckého sportu, tak jako na první pohled rozeznáme přilbu na motocross, tak bychom možná jednoho dne mohli být podle tvaru schopni rozpoznat přilbu na paragliding. Zadní polstrování, které vyčnívá ze skořepiny, by pilotovi dopřávalo komfort při zaklonění hlavy. Tvarově velmi vyvážené a logické uspořádání prolisů se však u firmy Nirvana nesetkalo s obdivem. Jedním z nejdůležitějších argumentů byla také absence kšiltu. Ten je pro piloty naprosto klíčovou pomůckou. Z těchto důvodů musel být vypracován další návrh.

## 4.2 Varianta č. 2



obr. 4-2 Varianta 2

Tato varianta je vizuálně zcela odlišná od první verze. Působí konzervativnějším a tradičnějším dojmem. Ačkoliv vychází z dynamicky ložených křivek, tak určitým způsobem postrádá lehkost a eleganci předchozího návrhu. Nijak nevybočuje z řad současné produkce. Pan ing. Březina byl s touto verzí velmi spokojený – nic už by na ní neměnil. Ve všem splnila jeho představu. Disponuje velkými sluchátky, dlouhým polohovatelným kšiletem a barevným dělením propojuje oba jinak neslučitelné elementy v jeden celek.

Celková proporce je poměrně zdařilá – tvar ozvláštňují lámané plochy, které vzájemně velmi dobře komunikují. Zajímavým prvkem je ostré zalomení skořepiny v oblasti krku. Zde by opět bylo polstrování pro větší pohodlí při zaklonění hlavy. Tato inspirace vychází z motocyklových závodních přileb. Problematické místo nastává ve spoji sluchátka s kšiletem. Nabízelo by se zde umístění ovládacích tlačítek, nicméně z designerského pohledu je to velmi „nejisté“ propojení dvou tvarů. Jak se později ukázalo, ostře tvarovaná sluchátka nejsou vhodná – jelikož při jejich posunu jakýmkoliv směrem přestanou tvarově komunikovat se zbytkem přilby.

### 4.3 Varianta č. 3



obr. 4-3 Varianta 3

I když byl pan Březina zcela spokojen již s předchozím návrhem, chtěl jsem ještě celkový design posunout o úroveň dál. Do procesu navrhování také vstoupila informace, že by bylo technicky možné zakomponovat do sluchátka již dříve zmíněný interkom. Tato skutečnost změnila celou situaci a bylo nutné helmu navrhnout v podstatě okolo něj. Ovál se moc nesnese s ostrými hranami, a proto bylo skutečně nezbytné helmu celkově přepracovat. Nejlogičtějším řešením se může zdát propojení oválného interkomu s oválným tvarem sluchátka, to se ovšem opět nelíbilo zadavatelům. Z toho důvodu bylo nezbytné najít nějaký kompromis. Tvarově uhlazenější než varianta č. 2, zároveň více evokuje létání. Jemný boční prolis v oblasti čela decentně rozděljuje boční siluetu. Z technického hlediska se ale zadní prolisy ukázaly být příliš ostrými. Komplikovaly by výrobu a to se může prodražit. Vznikla tedy druhá iterace stejné varianty.



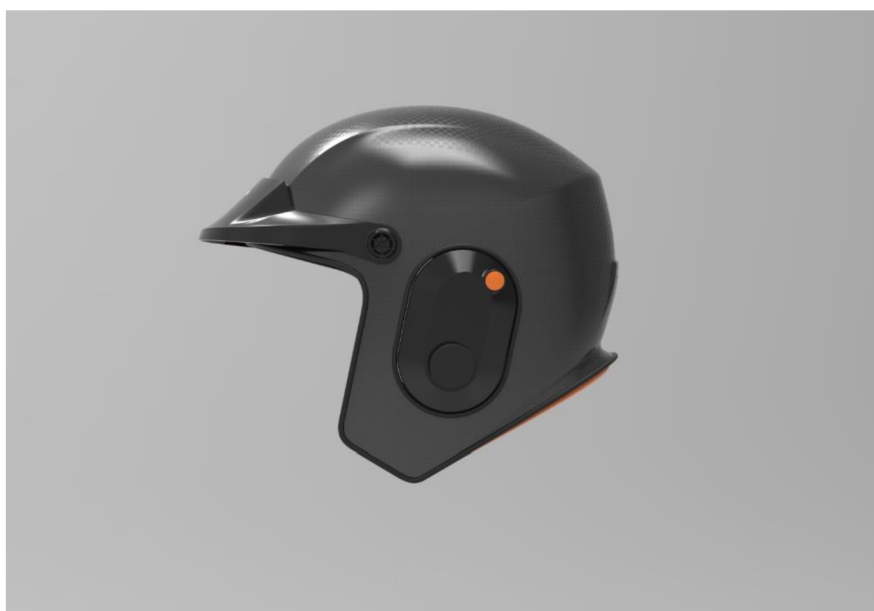
obr. 4-4 Varianta 3 po úpravě

V mezičase vzniklo i několik dalších verzí, které ale vedly k hlavním třem.



obr. 4-5 Další varianty

Po další sérii jednání a testování se nakonec podařilo nalézt ideální řešení, se kterým jsou spokojeny všechny zainteresované strany. Nejlogičtější možný tvar sluchátka – a to odsazený ovál (tím pádem přesný obvod interkomu) vytvořil jednoduchý funkční prvek, který velmi nenásilně komunikuje s otočným kloubem kšiltu a všemi ostatními ovládacími prvky. Celou přilbou probíhá po horní ploše prolis, který navazuje až do prolisů kšiltu. Vzadu přibyl funkční prolis pro případné držení gumy brýlí. Designérsky tento prolis poslouží také pro umístění loga společnosti Nirvana. Jemné prolisování okolo šroubu kšiltu pod sebou ukrývá krokový mechanismus, který zamezí nechtěnému pohybu kšiltu při letu. Z předchozích variant zůstalo zachováno zadní zpětné zalomení skořepiny pro opěrku na krku. Zajímavým faktem je, že tato varianta má koncepčně hodně společného s úplně prvním návrhem. Vyzkoušením všech možností se ukázalo, že ostré tvarování pro tuto přilbu jednoduše není vhodné a vše mnohem lépe zapadá v oválném provedení.



obr. 4-6 Varianta 4 - finální

## 5 TVAROVÉ ŘEŠENÍ

Favorizovaná varianta se tvarově opírá o několik základních linií, které vytváří celkový dynamický dojem. V designu je dobré hledat logiku a tvarové návaznosti. Tvar sluchátka velice striktně obíhá okolo oválného interkomu. V oblasti čela jinak poměrně nudnou hmotu rozděluje jemný prolis, který se švihově vytrácí směrem k zadní části. Velmi zajímavě se na jeho hraně láme světlo a zároveň pozitivně přispívá k tuhosti celé skořepiny. Tvar kšiltu se může na první pohled zdát, jakoby pocházel ze světa motocrossu či rallye motorsportu. Nicméně jeho tvar je záměrně zvolen tak, aby nenásilně navazoval na siluetu přilby. Ve spodní části přibylo zpětné zahnutí skořepiny, které je opatřeno oranžovým polstrováním, které chrání pilotův krk při záklonu. Tímto prvkem bylo zároveň docíleno harmonizujícího barevného akcentu. Celková silueta přilby je směrem dozadu protáhlá a končí odtrhovou hranou. Tento prvek je inspirován závodními motocyklovými přilbami. Zlepšuje aerodynamiku a vizuálně helmě propůjčuje velmi sportovní vzhled.



obr. 5-1 Tvarové linky

Vývoj tvaru přilby prošel několika zásadními stádii. Ve 3D modelovacím programu vzniklo postupně 5 zcela odlišných variant, z nichž některé byly realizovány jako modely pomocí 3D tisku. O této metodě a testování více v kapitole 6.5.1 Prototypování. Osobně k modelování využívám nejraději software SolidWorks od francouzské společnosti Dessault Systemes. Model se tvoří pomocí zakřivených ploch, které jsou definované několika prostorovými křivkami. Je velmi důležité se soustředit na chování světelných odlesků na povrchu přilby. Těmto plochám se následně dodá určitá tloušťka, odpovídající výsledné tloušťce karbonové skořepiny. Tento proces zabere někdy i několik dní, než se podaří veškeré návaznosti vyladit. Objemově se podařilo zachovat původní oválná sluchátka a ještě rozměrově správně zakomponovat stávající intercom. Uvnitř pak sluchátko volně přechází do rovinných oválů, které slouží k uchycení nakupovaných pěnových výstelek. Způsob jeho uchycení se také postupně měnil, zpočátku se počítalo se zajištěním pomocí bočních plastových úchytů, které by se podkládaly pěnou. Toto řešení však kolidovalo s vnitřní výstelkou a nenabízelo dostatečný pohyb sluchátka. Nově byl tedy zvolen systém využívající plechových výpalků, které jsou navrženy a vytvarovány tak, aby působily jako přitlačná pružina a sluchátka těsně přiléhala k hlavě pilota a znemožnila pronikání hluku motoru. Kšilt se tvarově rovněž snaží co nejlépe navázat na okolní plochy přilby. V zásadě je tvořen pouze dvěma plochami, které jsou ohraničeny křivkami těsně přiléhajícími k povrchu přilby.



obr. 5-2 Vizualizace ploch - boční pohled





**obr. 5-3** Vizualizace ploch - zadní pohled



**obr. 5-4** Vizualizace ploch - přední pohled

## 6 KONSTRUKČNĚ TECHNOLOGICKÉ A ERGONOMICKÉ ŘEŠENÍ

### 6.1 Popis

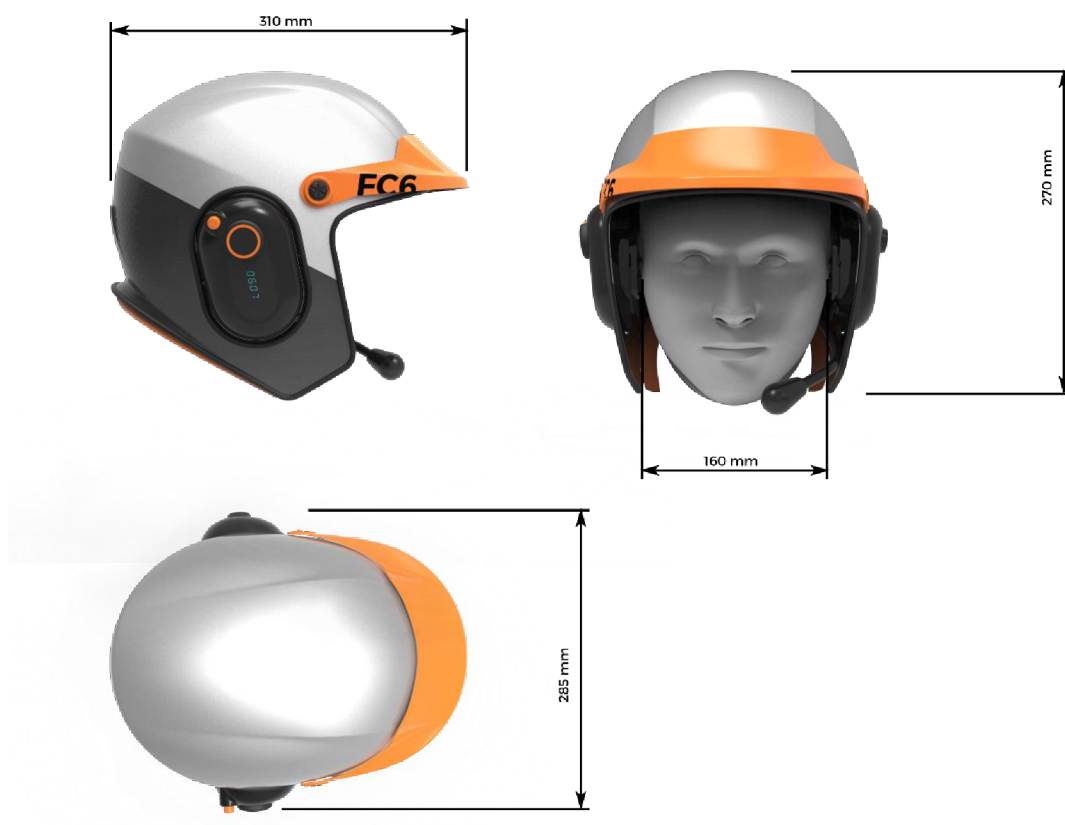
Na obrázku níže vidíme současný vzhled helmy FC5 firmy Nirvana. Z technického pohledu je zcela funkční a běžně se prodává. Nicméně doba se posunula a je potřeba nový model zlepšit nejenom vizuálně, ale i technologicky. Při obhajobě této diplomové práce by měl být přítomen skutečný výrobní kus, který bude samozřejmě do jisté míry vycházet z předchozího modelu, ovšem celkové zpracování bude od základu přepracováno. Výroba finálního výrobku je pro diplomovou práci ideální příležitostí pro získání zkušeností z praxe. Firma Nirvana vyrábí dokonce i vnitřní polstrování ve svých prostorách, proto by neměl být větší problém s výrobou nového modelu. Přece jen mají v tomto odvětví dlouholeté zkušenosti a kontakty, které usnadní moji práci. Nejkomplexnějším dílem z hlediska vyrobiteľnosti budou sluchátka, kvůli jejich uzavřenému tvaru. U předchozí generace FC5 byla tato sluchátka nakupována, avšak s integrací interkomu do nového sluchátka je nutné najít nový způsob jeho výroby. V úvahu by samozřejmě připadala výroba sluchátek technologií vstříkovaním plastů. Ta ale vyžaduje velmi detailní formu, která je finančně nákladná. Proto se vydáme velmi zajímavou cestou vakuového tváření v kombinaci s 3D tiskem.



obr. 6-1 Současná přilba FC5

## 6.2 Rozměrové řešení

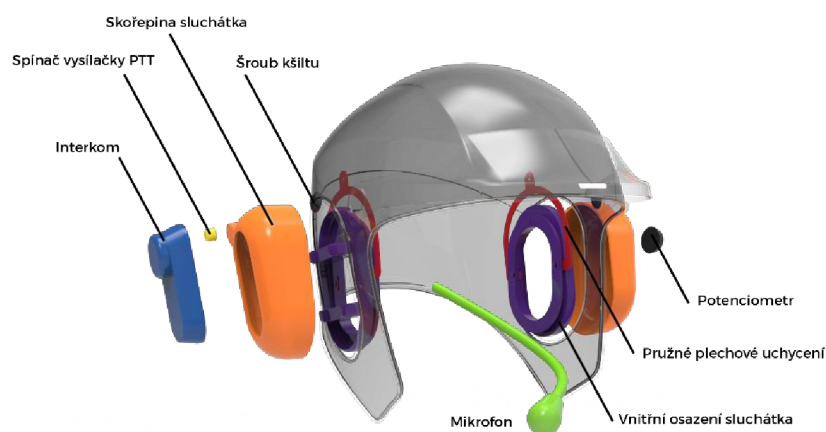
Základní rozměry jsou velmi podobné těm u stávajícího modelu přilby FC5. Ve firmě Nirvana mají ověřeno, že je současná skořepina velikostně dostačující pro všechny potřebné velikosti hlav. S ohledem na to, že průměrný obvod mužské hlavy je 58 cm. [27] Při tvorbě nového návrhu byl k dispozici 3D model stávající skořepiny a díky tomu byly veškeré hlavní rozměry zachovány. S novou elektronikou uvnitř přilby by se celý komplet měl hmotnostně blížit 950 gramům.



obr. 6-2 Rozměrové parametry

## 6.3 Vnitřní mechanismy a komponenty

Jelikož se v případě této přilby jedná o sofistikované letecké vybavení, opatřené několika komunikačními zařízeními, je třeba zamyslet se nad jejich umístěním. Zdaleka nejrazantnější změnou je integrace interkomu přímo do samotné konstrukce sluchátka. Tento díl se nakupuje, a dále upravuje tak, aby přímo zapadl do konstrukce sluchátka. Jeho základní rozměry jsou 80x30x15 mm. Ve světě motorkářů se interkom instaluje vždy vlevo. Jelikož pravá ruka jezdce je zaneprázdněna ovládáním plynu a nemohla by proto zařízení ovládat. U paramotorů je tomu však přesně naopak - více k tomuto tématu v kapitole věnované ergonomii. V každém případě je třeba interkom nějak propojit s reproduktory a mikrofonem. Oba tyto komponenty jsou primárně určeny pro komunikaci prostřednictvím vysílačky, která se fyzicky nachází mimo přilbu a připojuje se přes kabel. Reproduktory sluchátek a interkom budou ve sluchátku zajištěny pomocí speciálně vytvořených zámkových úchytů, které se za účelem eliminace vibrací pravděpodobně ještě zajistí silikonem. V potaz musíme brát i ovládací prvky všech těchto komponentů, na pravé straně bude umístěn interkom a na levé v oblasti stejného oválu budou pod sebou umístěny: ovládání hlasitosti vysílačky, tlačítko přepínání a výstup kabelu. Všechny tyto komponenty se zevnitř zakryjí molitanovou vložkou, která je jedním z hlavních funkčních prvků odhlučnění a navíc zabraňuje vniku nečistot do sluchátek. Mikrofon je také externě nakupovaným komponentem. Skládá se z ohebného husího krku, který si pilot nastaví do libovolné pozice. Konstrukčně je uchycen na skořepinu přilby a kabely z něj jsou přivedeny do sluchátka. Současný mikrofon je dle zkušeností firmy Nirvana zcela vyhovující a zůstane zachován.



obr. 6-3 Průhled na komponenty



obr. 6-4 Interkom [28]



obr. 6-5 Současné pravé sluchátko FC5

Co se týká kšiltu, jeho otočný mechanismus bude pravděpodobně převzat z existujících přileb. Jako uživatelsky nejpříjemnější se jeví být zacvakávací mechanismus, který udrží kšilt v libovolné poloze. Alternativou by bylo hřebenové zacvakávání v čelní oblasti přilby, ovšem mohl by tak vzniknout poměrně neestetický prvek.



obr. 6-6 Krokový mechanismus kšiltu

## 6.4 Materiálové řešení

Hlavní konstrukčním prvkem finálního exempláře přilby, která je předmětem této diplomové práce je kompozitní skořepina, která se skládá zpravidla ze dvou klíčových složek. Jimi jsou karbonové tkaniny různých gramáží a směrů vláken nebo skelné tkaniny také různých variant, které se později nasytí dvousložkovou epoxidovou pryskyřicí. Kompozitní skořepinu volíme pro její vysokou pevnost, nízkou hmotnost a vynikající rázové absorpční vlastnosti. Neméně důležitý je také její zajímavý vzhled, kdy po přelakování svrchní vrstvy přilby průhledným lakem odhalí strukturu tkaniny pod ním. Dalším z hlavních prvků jsou sluchátka, která budou pro potřeby prototypu vyrobeny z HPS plastu a sériově z ABS. Vakuové tváření s ohledem na to, že se jedná o malosériovou výrobu, ušetří oproti vstřikování toto řešení značné počáteční investice. Kšilt bude vyráběn stejnou metodou. Tato poměrně nenákladná výrobní technologie se výborně hodí pro tvarově vypuklé díly, u kterých nehraje až tak zásadní roli dokonalá přesnost. Společnost Nirvana v minulosti touto metodou vyráběla kšilty z černého 2 mm silného plastu ABS. Vnitřní polstrování se skládá z několika segmentů. Prvním z nich je polstrování sluchátek, ta na hlavu dosedají pomocí molitanových oválů, které se nakupují jako hotové. Jejich povrch je z elastického polymerního materiálu připomínajícího umělou kůži a uvnitř jsou vycpané měkkým pěnovým materiálem. Celá vnitřní plocha skořepiny je podlepena tenkou vrstvou plyšové tkaniny, která se také používá i na potah jednotlivých kusů polstrování. To se skládá z čelního, zátylkového a horního dílu – jsou to přesně vyřezané tvary z molitanu o různých tloušťkách – tloušťkou se odlišují jednotlivé velikosti přilby. Uchyceny jsou ve skořepině pomocí suchých zipů.

## 6.5 Technologie

### 6.5.1 Prototypování

Před začátkem sériové výroby je velmi důležité ověření funkčnosti nově navrženého řešení. Díky moderním technologiím máme dnes možnost takto učinit poměrně snadno. Z 3D dat nového návrhu je možné pomocí 3D tisku vytvořit maketu finálního výrobku. V případě skořepiny této přilby se musí 3D tělo rozřezat na menší díly, vhodné pro tisk na konvenční FDM 3D tiskárně. Všechny díly se opatří zámkami, které pomohou se skládáním celkového tvaru. Pro tisk po zkušenostech z Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, byl zvolen materiál CPE HG 100 od huliné společnosti Fillamentum s.r.o. Je relativně dobře tisknutelný (v běžných podmínkách), pevný a houževnatý. Jeho výhodou je také poměrně malé procento smrštění při chladnutí. Vnitřní polstrování se pro účely testování dá převzít z FC5.

3D tištěný model se podrobí zkouškám – nejdůležitější z nich bude způsob, jakým bude sedět na hlavě. Velmi složité bude také perfektně vyřešit pozice sluchátek, jejich náklon a vliv variabilní polohy sluchátek na design. Může se stát, že v určitých mezních polohách budou příliš-vyčnívat, anebo budou příliš skryta, což nemá na požadovanou funkci žádný vliv. Otestujeme také pohyb kšiltu a výhledové úhly. Díky 3D tiskové technologii budeme schopni připravit prototyp se všemi funkčními detaily. Zajímavá bude také integrace interkomu (komunikační jednotky) umožňující bluetooth propojení s telefonem a dalšími zařízeními. Jak již bylo zmíněno v předchozí kapitole, pro zjednodušení výroby a celkovou vizuální čistotu řešení se stal interkom přímou součástí sluchátka. Tisknutých variant vzniklo postupně 5 verzí. Začneme tou, která má již interkom na svém místě a koncepčně odpovídá finálnímu řešení. Při testování se ukázalo, že skořepina je ve spodní části příliš otevřená a nedoléhá na tvář. Také sluchátka měla malé rozmezí pohybu, proto bylo nasazování přilby poněkud složité. Tvar kšiltu nevyhovoval představám pana ing. Březiny. Odkazoval příliš na motokrosovou helmu a celkově byl moc dlouhý. Tím pádem by ho mohl podebírat za letu vítr.



obr. 6-7 3D tisk přilby



**obr. 6-8** Testování se starším kšiltem



**obr. 6-9** 3D tisk sluchátka osazen interkomem

Další tisknutá verze prototypu se změnila hlavně proporčně – hlavní prvky designu zůstaly zachovány, avšak usazení na hlavě se v mnohém zlepšilo. Kopírovala již pilotovy tváře a lépe se nasazovala na hlavu. Pozměněný kšilt již vyhovoval představám firmy Nirvana a jeho polohování bylo zcela dostatečné. Dynamický tvar sluchátek přestože vypadal dobře, bohužel při nasazení na hlavu vždy o něco změnil úhel vůči skořepině a ztratil tím návaznost na okolní tvarové linie. Tento problém bylo možné řešit pouze zaoblením celého tvaru, který i když bude pootočený, neztratí nic ze své návaznosti na zbytek helmy. Navíc logičtěji naváže na obvod interkomu.





**obr. 6-10** 3D tisk přilby s interkmem



**Obr. 6-11** 3D tisk přilby s interkmem – finální varianta



**Obr. 6-12** Testování na hlavě – pan ing. Březina

Finální provedení přilby ve stříbrno černé barevné kombinaci se již velmi blíží výrobnímu kusu. Jsou zde již aplikovány reálné komponenty a je ověřena jejich funkčnost. Ve srovnání se starou skořepinou jde velmi zřetelně vidět technický i estetický posun. Panu ing. Březinovi přilba i ve 3D tisknuté variantě dokonale seděla a na jeho hlavě působila úměrným a přitom dynamickým dojmem. Jako zatěžkávací test, jsme zkusili nasadit přilbu na jednoho ze zaměstnanců společnosti Nirvana s obvodem hlavy 62 cm. I jeho hlava se do ní vešla a tím pádem bylo jasné, že další změny nejsou potřebné. Jediným místem, kde později nastala komplikace, byl zkosený tvar sluchátka, který nenabízel dostatek prostoru pro přívodní kabel interkomu. Jeho poměrně atypický konektor je poměrně velký, a proto byly jeho stěny přepracovány na vypuklé – tato úprava bude pravděpodobně mít příznivý dopad i na obtékání vzduchu.

## 6.5.2 Technologie výroby

Jelikož se jedná o reálnou zakázku, blíží se výroba prototypu té sériové. Tento fakt skýtá mnoho nečekaných úskalí, které je potřeba vyřešit do posledních detailů. Neexistuje zde prostor pro chyby, jelikož ty by stály společnost Nirvana nemalé peníze. V případě této diplomové práce je designér přímo zodpovědný za veškerou výrobní dokumentaci a na samotné výrobě se přímo podílí. Základním strukturálním prvkem přilby FC6 je skořepina, vyráběná z karbonového kompozitu. Pro výrobu formy je nejprve nezbytné vytvořit kopyto. To se nejčastěji vyrábí pomocí CNC obrábění. V rámci šetření nákladů byla pro výrobu kopyta zvolena alternativní metoda, jejíž podstata se skrývá v kombinaci 3D tisku a modelářské sádry. Na 3D tiskárně se z materiálu CPE HG100 (zvolen pro svou dobrou tisknutelnost, tuhost a odolnost teplotám) vytiskne dutý segment, který se následně vylije modelářskou sádrou, tento rychlý a ekonomický proces vytvoří pevný díl, který je možné dále povrchově upravovat. V případě přilby se její kopyto rozdělilo na 4 takové segmenty, které se následně slepily aktivačním vteřinovým lepidlem.



Obr. 6-13 Výroba kopyta – vylito sádrou

Tako slepené kopyto se v nejhorších místech přetmelí polyesterovým tmelem určeným na plasty, přebrousí a následně nastříká dvousložkovým plničem. Je nezbytné dosáhnout naprosto dokonalé, hladké podkladové plochy pro svrchní lak. Ten je poslední vrstvou a pro dosažení absolutně bezchybného povrchu se ještě leští. Takto vyhlazená plocha je připravena na odformování, před kterým se musí ještě ošetřit separačním voskem. Samotné laminování probíhá v tomto případě tzv. „za studena“ nevyužívá se při něm autoklávu, aby nedošlo k poškození či deformaci plastových částí kopyta. Autokláv je přístroj-reaktor konstruovaný pro reakce probíhající za vysokého tlaku a teploty.

Výroba samotné skořepiny probíhá v předem připravené formě (ošetřena separátorem), do které se nejprve nanese vrstva epoxidové pryskyřice, a na ni se položí nastříhané pláty keprové uhlíkové tkaniny hrubosti  $600\text{g/m}^2$ . Střih a položení tkaniny je důležité nejen pro vzhled, ale i pevnost. Výrobce skořepin je konkrétně DZ carbon composit s.r.o. ze Svěsedic u Olomouce. Do svých přileb firma Nirvana vždy nechává přidávat ještě další vyztužující vrstvy z aramidové tkaniny. Pokud je to potřeba, je tkanina ještě dosycena dvousložkovou epoxidovou pryskyřicí. Poté se forma vloží do speciálního igelitového vaku, ze kterého se odsaje vzduch. V autoklávu dále dojde k odečtení přebytečné pryskyřice a uniknutí případných bublinek. Vak dokonale přilne k vnitřním stranám přilby a vytvoří tak nejtenčí možnou skořepinu. Po úplném vytvrzení pryskyřice se výrobek vyjme z autoklávu, doformuje, ořeže se a je dále začištěn mikro bruskou nebo smirkovým papírem. Dle modelového provedení se zapravená skořepina ještě nalakuje. Celý tento výrobní proces se nijak neliší od budoucí sériové produkce, forma vzniklá v rámci této diplomové práce bude v každém případě zachována. Skořepina se záměrně vyrábí bez výřezů na sluchátka, Nirvana má totiž i zákazníky, kteří chtějí přilbu bez sluchátek nebo na ně mají specifické požadavky.



**Obr. 6-14** Hotové kopyto



**Obr. 6-15** Hotové skořepiny

Výrobní technologií kšiltu a vnějšího povrchu sluchátek bude vakuové tváření. Takto se zpracovávají desky od 0,3 až 6 mm. K vytvarování výrobku není zapotřebí dvoudílné formy – druhý díl je v tomto případě totiž zastoupen podtlakovým prostředím. Proces výroby začíná vložením předpřipravené formy do vzduchotěsné komory. Nad tento prostor se umístí zvolený deskový materiál (v případě prototypu HPS – high impact polystyren, sériově ABS), který se upne do rámu. Materiál se následně rovnoměrně nahřeje na stanovenou teplotu a v rozměklém stavu se spustí na formu. Poté se odsaje všechnen přebytečný vzduch. Tím deskový materiál zcela dosedne na díl a po vychladnutí si zachová požadovaný tvar. Pro kšilt byl zvolen oranžový probarvený materiál o tloušťce 2mm a pro sluchátka černý o tloušťce 3 mm. Vytvarované výrobky se samozřejmě musí ořezat, v případě prototypu pro tuto práci stačila mikro bruska, sériově se budou jednotlivé kusy však ořezávat pomocí CNC frézky. Kopyta pro vakuové tváření byla vyrobena stejnou metodou jako kopyto pro laminování, s tím, že v místech, kde bylo třeba materiál víc podtáhnout, se přidaly přísávací dírky. Jelikož se při vakuovém tváření dosahuje poměrně vysokých teplot, byly na místě obavy z toho, jestli 3D tisknutý povrch kopyta vydrží. Avšak obstál bez sebemenších problémů, sádrový obsah uvnitř plastového obalu napomáhá odvádět teplo a udržuje celý tvar stále pevný. Tento přístup by pravděpodobně s vyšším počtem opakování ztratil svou přesnost a kopyta bude potřeba vyměnit za kovová. Pro účely prototypování je však tento experimentální přístup opravdu rychlý, ekonomický a překvapivě odolný.



**Obr. 6-16** Forma pro vakuové tváření



**Obr. 6-17** Vakuové tváření



**Obr. 6-18** Hotový výlisek

Vnitřní protikus sluchátek bude jak prototypově, tak sériově vyráběn pomocí 3D tisku. Jelikož se jedná o sérii do 100 ks ročně, je tato výrobní technologie výbornou alternativou ke konvenčnímu vstřikování plastů. Podobně tomu bude u několika menších funkčních prvků přílby. Dnešní 3D tiskové materiály jsou na takové úrovni, že plnohodnotně zastoupí svou funkci.

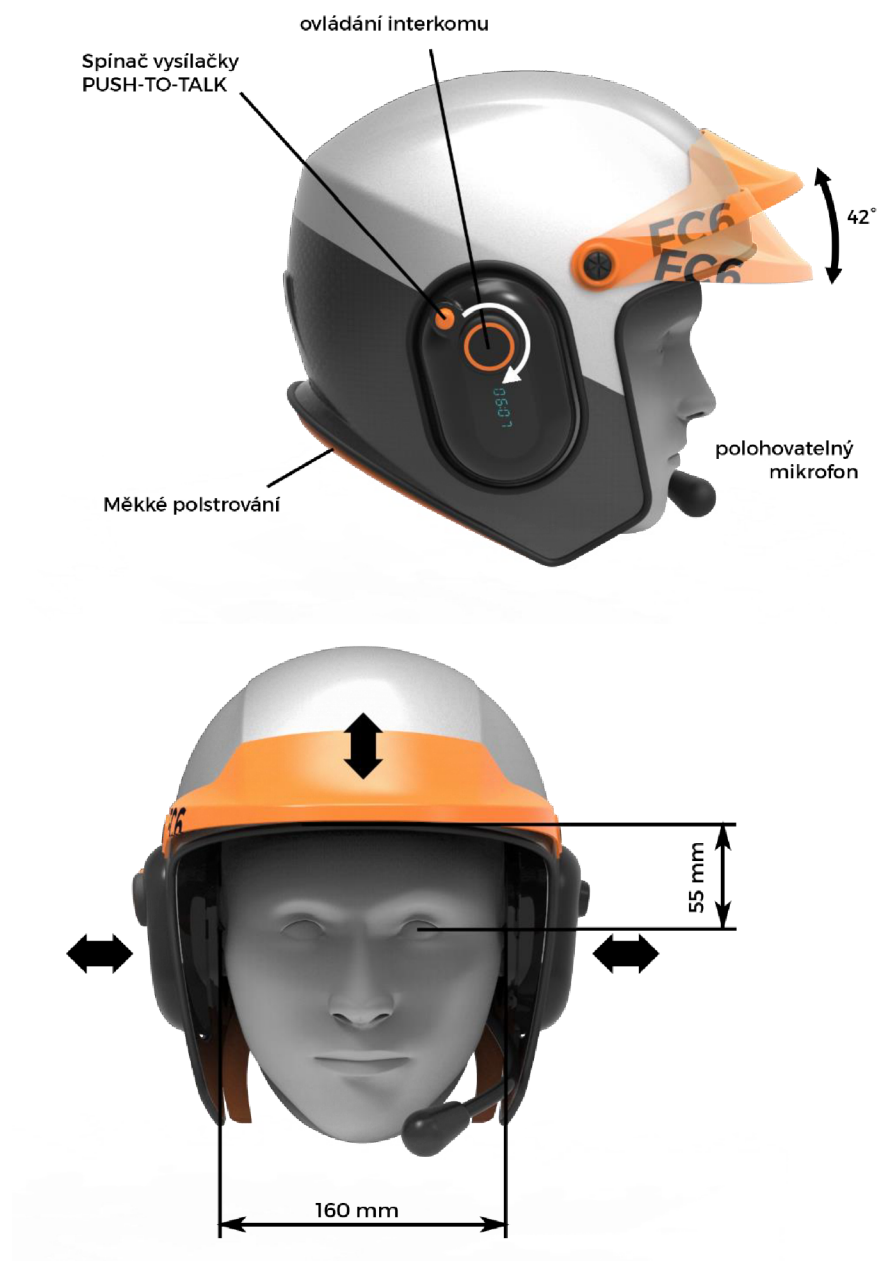


**Obř. 6-19** Vnitřní osazení sluchátka

Vnitřní polstrování si firma Nirvana tak jako 3D tiskové díly vyrábí sama, spočívá v potažení pěnových polštářků, které se nechávají vysekávat na míru pro jednotlivé velikosti přileb. K obšití dílců je technologicky potřeba pouze běžný šicí stroj. Nově bude vnitřní výstelka kombinovat černou a oranžovou barvu. Pro zvýšení estetického dojmu jsou dílce doplněny o barevné visáčky a výšivky s logem společnosti Nirvana.



## 6.6 Ergonomie



Obr. 6-20 Rozměry ve vztahu k ergonomii

Z hlediska ergonomie je stávající model přilby FC5 dobře promyšlený. Helma je lehká, všechna tlačítka jsou dobře rozeznatelná hmatem a komfortní vnitřní vystýlka nabízí širokou škálu nastavení. Snad jedině kšilt v karbonovém provedení má poměrně ostrou hranu a zapínání pod bradou je řešeno obyčejnou plastovou batohovou přezkou. Tento komponent se i z bezpečnostního hlediska na budoucím modelu nahradí nakupovanou certifikovanou přílbovou přezkou. Vnitřní vystelka se skládá ze tří segmentů, jimiž jsou – čelní, zátýlkový a střední. Ty jsou do skořepiny uchyceny pomocí suchých zipů a díky tomu je možné s nimi dále manipulovat. Tvarově se nový model přilby FC6 až tolik lišit nebude, proto bude možné po jednoduchých úpravách použít hrubé tvary těch stávajících.



obr. 6-21 Výstelka zadní



obr. 6-17 Výstelka přední



**obr. 6-23** Výstelka střední

Dokonalé dosednutí sluchátka na pilotovu hlavu zajišťuje měkký pěnový ovál, který je nakupovaným dílem. Osadí se pomocí pružné membrány na nově navržená sluchátka.



**obr. 6-24** Výstelka sluchátek [29]

## 6.6.1 Rozmístění ovládacích prvků

Velkou ergonomickou změnou proti předcházejícímu modelu je přesunutí interkomu ze zadní části přilby do samotné konstrukce sluchátka. Oproti motocyklům se plyn paramotoru nachází v letcově levé ruce. Proto k ovládní elektroniky může používat pouze pravou. Z důvodu ušetření vnitřního prostoru v pravém sluchátku a logickému vizuálnímu upořádání bude provedeno několik změn. Kabelová přípojka vysílačky a ovládní hlasitosti vysílačky se přesunou na levé sluchátko. Hlasitost se většinou nastavuje ještě na zemi, případně jednou při letu, ale nepracuje se s ní velmi často. Zato s interkomem a přepínáním vysílačky (PTT-push-to-talk) mnohem častěji. Všechna tlačítka musí být umístěna tak, aby byla dobře rozeznatelná hmatem, i když je ruka v rukavici. Rozhodnutí o finálním rozmístění ovládacích prvků bylo učiněno až po sérii testování a konzultaci s piloty. S přeskupením jednotlivých komponentů se do určité míry zkomplikuje vnitřní elektronické zapojení. Avšak specialisté z firmy Nirvana si s tímto problémem zcela jistě poradí.



obr. 6-25 Interkom [30]

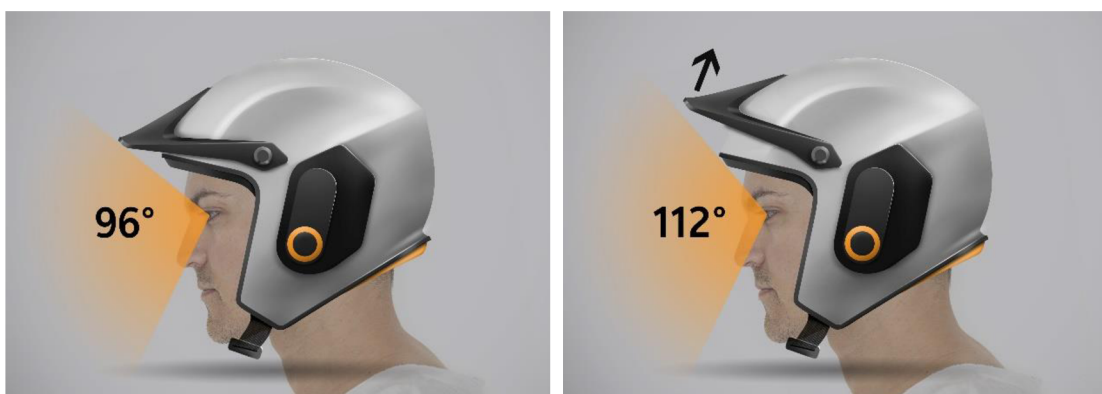


Obr. 6-26 Interkom osazen ve sluchátku

Nelehkým úkolem bylo nalézt odpovídající tlačítko PTT. Kvůli zachování designové čistoty muselo být jeho uchycení co nejmenší. Většina tlačítek je ze zadní strany uchycena maticí, ta by ale zbytečně zvětšovala rozměry sluchátka, proto byl využit spínač, který je uchycen pomocí pružného zámkového systému. I přes poměrně širokou nabídku spínačů na trhu nebylo snadné nalézt ideální rozměr, který by bylo možné nahmatat i v rukavici.

## 6.6.2 Výhled

Jak je zmíněno v technické analýze, zcela klíčovým parametrem pro letce s paramotorem je výhled směrem vzhůru. Na následujících obrázcích je znázorněn výhled se štítem kšiltu v obou extrémních polohách. Jeho krokový mechanismus umožňuje uživateli libovolné nastavení do 4 poloh v závislosti na daných potřebách. V dalším stádiu vývoje této přilby se jako příslušenství ke kšiltu přimontuje ještě plexisklový štít. Krokový mechanismus musí být natolik konstrukčně stabilní, aby při letu se zvednutým štítem vydržel nápor větru. Dalším z důležitých faktorů je tvar přilby v týlní oblasti. Skořepina musí pilotovi umožňovat dostatečný záklon – na druhou stranu, nesmí řezat do krku. Toto je zajištěno předsunutým polstrováním (na obrázku znázorněno oranžovou barvou).



obr. 6-27 Výhledové parametry s kšiltem dole a nahoře

## 6.6.3 Nasazování přilby – šířka hlavy

Jelikož byl oproti FC5 změněn způsob uchycení sluchátek v přilbě, musel být vyřešen způsob nasazování. Z knihy o funkční anatomii vyplývá, že šířka hlavy je dána vzdáleností mezi nejvíce vystupujícími body spánkové (temenní) kosti. U dospělého muže se šířka hlavy pohybuje mezi 13,9-16,4 cm. U ženy mezi 13,4-15,8. [31] Při nasazování je zejména pro osoby s širší hlavou potřeba sluchátka výrazně rozevřít a jejich objem vytlačit směrem ven z přilby. Plechový výpalek, který je bude držet uvnitř, musí být tedy natolik pružný, aby šel dobře zmáčknout a přitom vytvářel dostatečný přítlak na ucho letce. Původně se zamýšlelo uchycení sluchátek pomocí plastových úchytů podložených pěnou, ale tento přístup se v průběhu testování ukázal jako nesprávný. Pozice sluchátka bude dále jemně nastavitelná i ve všech ostatních směrech. Dilatace mezi hranou sluchátka a skořepinou činí 3 mm na každé straně, to znamená 6 mm celkově.

## 6.7 Bezpečnost a hygiena

Předmětem této diplomové práce je letecká přilba, která je především osobním ochranným prvkem pilotovy hlavy, chrání ji při pádu z výšky, tlumí silné nárazy, zabraňuje pronikání dopadajících předmětů. Proto je zcela nezbytné důkladně prověřit její funkci z hlediska bezpečnosti i odolnosti proti ohni a extrémním teplotám. Jak je již zmíněno v předchozích kapitolách, na přilby pro otevřené létání se v současné době nevztahují žádná konkrétní legislativní pravidla, nicméně vhodnou inspiraci nalezneme například u přileb motocyklových. Ty prochází velmi striktním homologačním procesem, který se skládá z řady testů. Za nejpevnější skořepiny se obecně považují ty z karbonového kompozitu, který bude v případě FC6 navíc vyztužen aramidem. V profesionálním motorsportu nalezneme v dnešní době pouze přilby se skořepinami z karbonového kompozitu a to nejenom kvůli tomu, že jsou pevnější, ale i lehčí. O bezpečnost se dále stará polstrování, které svou tloušťkou (i u provedení XL) odpovídá těm motocyklovým. Za potenciálně nebezpečné místo lze považovat oblast okolo sluchátka. Při bočním pádu by hlava nejprve dosedla na sluchátko, které nedisponuje tak vysokým polstrováním a takovou celkovou pevností jako zbytek přilby. Nicméně v současné době se nenabízí žádné lepší řešení. Stále je ochrana hlavy přilby FC6 mnohem lepší ve srovnání se svými konkurenty na dnešním trhu.

Z hlediska hygienického bude přilba FC6 velmi promyšlená. Veškeré komponenty, které přichází do kontaktu s lidským tělem a mohou se tedy běžným používáním zašpinit, jsou vyjímatelné a dají se běžnými prostředky vyčistit. Vnitřní polstrování a molitanový kryt mikrofону se dají dokonce prát v pračce. Vnitřní polstrování je na rozdíl od většiny dnešních helem na trhu tvarováno tak, že neleží celou plochou na pilotově hlavě, proto kolem ní může proudit vzduch a předcházet tak přílišnému pocení.

## 6.8 Udržitelnost

Jelikož se jedná o malosériovou výrobu je produkt třeba navrhnout tak, aby při výrobě spotřeboval co nejméně času a surovin, čímž by se zvýšila finanční výtěžnost zadavatele. Zejména pokládání karbonové tkaniny je proces, při kterém správný tvar formy dokáže značně zjednodušit celý proces. Díky tomu, že nový model bude po všech stránkách vylepšen, bude ho společnost Nirvana moci v budoucnu vyrábět bez větších zásahů a investic. Z hlediska ekologie, bude při výrobě přilby vznikat pouze zanedbatelné množství odpadu. Za dlouhodobou výhodu se dá považovat také fakt, že díky tomu, že společnost Nirvana je přímým dodavatelem paramotorů a vírníků, přilba nalezne odbyt u jejich zákazníků, kteří si koupí najednou celé vybavení.

## 7 BAREVNÉ A GRAFICKÉ ŘEŠENÍ

### 7.1 Barevné řešení

Barevné provedení produktů hraje, obzvláště v oblasti sportovního vybavení, významnou roli. Dokáže výrobku propůjčit rozpoznatelný charakter, který značně ovlivňuje pozorovatelův vizuální dojem. Zvolením správné barvy je možné například akcentovat důležité ovládací prvky, či jednotlivé funkční oddíly. Avšak je velmi důležité nalézt mezi barevnými plochami kompoziční rovnováhu, která podpoří celkový tvar. Příliš komplikované zbarvení by mohlo narušit čitelnost tvarů a tím degradovat práci průmyslového designéra.

V případě přilby FC6, se bude barevnost odvíjet od nastaveného vizuálního stylu společnosti Nirvana. Ten se skládá z černé, stříbrné a oranžové barvy (RAL 2003). Je také nutné brát ohled na to, aby přilba vizuálně korespondovala s leteckou kombinézou, kterou využívají zejména piloti paramotorů. Tato kombinéza je potisknuta velmi výrazným grafickým motivem, opakují se na ní ubíhající oranžové obdélníky, které přechází do stříbrné nebo černé textury, připomínající karbon. U předcházejících generací přilby, byla skořepina nejčastěji rozdělena na vrchní stříbrný a spodní černý oddíl. Mezi nimi probíhaly zmíněné obdélníky, které skrývaly předěl tkanin kompozitu. Tato vizuální podoba přilby je ale již zastaralá a je nezbytné ji inovovat.

Mezi sportovními produkty dneška, můžeme pozorovat obecné zjednodušování zbarvení a také práci s většími barevnými plochami. Tento přístup lépe odolává změnám vizuálních trendů a i po dlouhé době si zachovává moderní dojem.



obr. 7-1 Základní barevné provedení

První preferovaná barevná varianta velmi logicky navazuje na předcházející model FC5. Zachovává stříbrno černé dělení skořepiny, které je v tomto případě řešeno lakováním horní části. Zvolil jsem stříbrnou metalízu, která napomáhá zvýraznění horních dynamických prolisů. Barevný předěl je záměrně zvolen pod dělicí linkou. Výhodou tohoto posunutí je možnost zakrytí nedokonalostí spoje jednotlivých tkanin. Při navrhování této varianty vzniklo samozřejmě několik pracovních verzí s výškově různě umístěným barevným předělem. Postupným vývojem se tato varianta projevila jako kompozičně nejvyváženější a nejzajímavější. Spodní část skořepiny by byla v přiznaném karbonovém provedení. Sluchátko je lakováno do černé barvy, čímž vizuálně propojuje display interkomu se samotným tělem sluchátka. Ty tak tvoří jednotný funkční technologický celek, jehož ovládací prvky jsou doplněny oranžovými detaily. Oranžové olemování bylo také použito v zadní části polstrování, které lemuje hranu přilby okolo pilotova krku. Hlavní změnou vůči FC5 je oranžový sluneční štít, který vizuálně oživuje celou kompozici a vytváří tak rozeznatelný, charakteristický prvek. Na straně tohoto kšiltu bylo umístěno výrazné typové označení přilby v tučném písmu Montserrat.



obr. 7-2 Druhá barevná varianta

Druhá varianta pracuje s výrazně větší stříbrnou plochou, která helmu dynamicky dělí na základě hlavních tvarových linií. Barevným akcentem je v tomto případě tělo sluchátka. Vzniká tak dominantní a zapamatovatelný element, avšak interkom už působí jako samostatný prvek. Sluneční štít ve stříbrném lakování podporuje návaznost tvarů a dodává přední části helmy ucelenější ráz. Na straně kšiltu je umístěn decentní popisek „full contact“ vycházející z typového označení opět v písmu Montserrat. Ten je navíc doplněn o linii probíhající okolo přední hrany kšiltu.





obr. 7-3 Třetí barevná varianta

Třetí varianta je ve srovnání s ostatními poněkud odvážnější. Hlavním prvkem je zde nadměrné logo společnosti Nirvana, umístěné rovnoběžně s hlavní dělicí rovinou. Tímto grafickým prvkem se výrazně naruší vnímání samotného tvaru přilby, což je v zásadě nežádoucí efekt. Avšak v dnešní době, je tento trend skutečně velmi moderní, a tato varianta zde nepochybně má své místo. Barevným akcentem je opět sluchátko a zadní polstrování, ke kterým přibyl ještě malý trojúhelníček na kšiltu.

## 7.2 Logotyp a jeho umístění

Na přilbě se samozřejmě musí objevit logo samotného výrobce – a to společnosti Nirvana. Jejich logo se používá ve dvou variantách – jako celý název firmy nebo jen emblém velkého písmene N. Tyto jsou dle grafického manuálu provedeny v černé nebo bílé barvě a jsou doplněny oranžovou barvou RAL 2003.



obr. 7-4 První varianta logotypu Nirvana



**obr. 7-5** Druhá varianta loga Nirvana

Tyto logotypy byly umístěny na přední a zadní straně přilby. V zadním prolisu k držení brýlí, kam logotyp velmi logicky zapadá, a také na kšiltu.



**obr. 7-6** Umístění loga vzadu



**obr. 7-7** Umístění loga vpředu

## 8 DISKUZE

### 8.1 Psychologická funkce

V oboru otevřeného létání je pocit bezpečí naprosto klíčovým aspektem. Piloty v případě havárie nechrání v podstatě nic. V tom je zejména paragliding krásný, ale zároveň nevyzpytatelný. Nejkritičtějšími momenty jsou přistání a start. Zachytnutí padáku za strom a podobně, nejsou vůbec ojedinělé případy. Proto je důležité se vybavit alespoň přilbou, která chrání naše smyslové centrum. Z psychologického hlediska je pocit ochrany hlavy důležitý. Navíc je toto zařízení i funkční z hlediska komunikace a usnadňuje tím pilotovu komunikaci a orientaci. Piloti paramotorů často nepouští řízení padáku z rukou, jelikož se vždy může objevit nečekaná změna proudění – dosáhnout na ovládací prvky přilby je nejbližší místo od pozice řídících lan. Obecné působení přilby na psychiku člověka, v tomto případě pilota, je tedy ve všech ohledech kladné.

Tvarově je přilba pojata umírněným dojmem, který odpovídá skutečnému využití přilby. Nevyvolává zbytečně agresivní dojem a vyhovuje široké škále leteckých disciplín. Její grafika oproti předchozímu modelu FC5 je pojata ve větších plochách, které jsou lépe kombinovatelné s běžným oděvem. Hotový produkt by měl vyzařovat kvalitu zpracování a důvěru v celkové konstrukční řešení. Oproti většině přileb na dnešním trhu má FC6 o něco menší skořepinu a v důsledku toho dobře kopíruje tvar hlavy. Díky tomu je o něco slušivější, a zákazníci tento faktor často oceňují.

### 8.2 Sociální funkce

Ve spojení s leteckou přilbou připadá z hlediska sociálního v úvahu pouze možnost komunikace. Ať už mezi dvěma či více přilbami = piloty. Nebo také vzdáleně přes telefon či vysílačku. V otevřeném vírníku jsou ve většině případů přítomny dvě osoby (usazeny v řadě za sebou), které mezi sebou mohou komunikovat pouze díky propojení jejich interkomů. Podobný případ je létání dvojice paraglidistů, kteří při zhoršených podmínkách mohou ztratit orientaci, zde může být komunikace s druhým pilotem být velmi nápomocná – dosah bluetoothu interkomů ve vzduchu je totiž až jeden kilometr. Tato funkce se dá velmi dobře využít také při výcviku a sportovních událostech.

Létání je zážitek a zážitky prožité ve dvou či více lidech mají pro některé z nás větší důležitost.

## 8.3 Ekonomická funkce

Opravdová ekonomická hodnota nového designu přilby se reálně projeví až časem. Současné vyšší investice vložené do vývoje nového modelu, se s prodejem velkého počtu kusů stanou téměř zanedbatelné. Je důležité tuto investici vnímat jako konkurenční výhodu oproti ostatním značkám. Design je zásadní faktor, který na e-shopu nebo v kamenném obchodě tvoří prvotní vizuální dojem a dokáže zákazníky přimět k nákupu produktu značky Nirvana. S novým produktem by potenciálně bylo možné dosáhnout na nové trhy, oslovit mladší zákazníky a tím rozšířit cílovou skupinu.

Výroba nového úspěšného produktu by pro společnost Nirvana mohla také znamenat nové pracovní pozice, což může vést ke zvýšení ročního obrátu a tím k obecně lepší stabilitě a konkurenceschopnosti. Úspěch přilby FC6 by měl být téměř zaručen, jelikož na trhu neexistuje odpovídající alternativa. Jak je zřejmé z designérské a technické analýzy, konkurenční řešení jsou svou kvalitou na výrazně nižší úrovni. Helem přímo dedikovaných pro otevřené létání je obecně velmi málo, a ty které existují, nereflektují ve svém vzhledu esenci samotného leteckého sportu.

Samotný fakt, že společnost Nirvana ke svým velmi známým paramotorům vyrábí i přilby je výhodou. Mnoho zákazníků si celé vybavení pořídí jako set včetně oblečení a působí tak při letu profesionálním dojmem. Výroba zůstane pravděpodobně i do budoucna malosériová – to znamená do 100 ks ročně. Odhadovaná cena výrobku se bude pohybovat okolo 22 000 Kč.

### 8.3.1 Marketing

V dnešní době bez podpory prodeje, jen těžko dáte o svém novém produktu vědět. Ze statistik a reálných zkušeností společnosti Nirvana se přišlo na to, že nejlepší promo produktu se dělá online prostřednictvím video spotu. Nirvana má aktivní YouTube kanál se jménem „Nirvana Paramotors“ zde prezentuje většinu svých produktů. Tato videa sdílí také a svém Facebookovém profilu, kde jej lidé mohou dál sdílet do odborných skupin, mezi své přátele atd. Emoce prodává – to je motto, kterým se řídí poslední videa. Umělecké záběry letících paraglidistů, dramatické náklony a povzbudivá hudba v člověku skutečně zanechají dojem a chce si paramotor okamžitě koupit.

Dalším místem ke zviditelnění nové přilby budou zajisté letecké veletrhy a další letecké akce. Zde je možné zaujmout. Společnost Nirvana má obecně dobře nastavený grafický styl, který se snaží dodržovat.

Dalším zajímavým psychologicko-marketingovým aspektem je například balení produktu. Dojem z čerstvě doručeného zboží, které je vkusně zabaleno dokáže udělat důležitý první dojem. V návaznosti na tuto diplomovou práci se určitě budu doladěním balení přilby zabývat. Uvažuje se o látkovém potahu, a potisknuté kartonové krabici. Pro zákazníky je také důležité připravit detailní manuál s několika světových jazycích.

### 8.3.2 SWOT analýza

#### Silné stránky

- Bezpečnější skořepina
- Lepší ovládání
- Optimalizace výroby

#### Slabé stránky

- poměrně malá cílová skupina
- výrobní limity ve vztahu k vstupním investicím
- pracná kompletace

#### Příležitosti

- Oslovení nových zákazníků
- Malá konkurence

#### Hrozby

- nepřijetí produktu současným trhem
- nefunkčnost externě nakupovaných komponentů – závislost na dodavatelích
- vznik nového, lepšího konkurenčního produktu

## 9 ZÁVĚR

Práce pojednává o celkovém designérském a konstrukčním řešení nového modelu letecké přilby Nirvana FC6. Ta ideově navazuje na předchozí generace přileb, avšak přichází v kompletně přepracovaném pojetí. Nirvana je českým výrobcem leteckého vybavení se sídlem na přerovském letišti.

Základem bylo zamyšlení se nad nedostatky stávajícího přilby, jejich konkretizace a následné hledání lepších alternativ. Součástí tohoto procesu bylo také zohlednění příchodu nových technologií či trendových změn. Následkem toho byl vytvořen nový funkční prototyp, který ve všech ohledech předčil svého předchůdce. Jelikož se jedná o reálnou zakázku, bylo tak učiněno s ohledem na veškeré ekonomické a výrobní aspekty.

Hlavními funkčními změnami jsou zvětšení plochy samotné skořepiny, integrace interkomu do sluchátka, vylepšený přítlačný systém sluchátka, komfortnější tvar a pohyb kšiltu s krokovou odezvou. Tato nová řešení vyžadovala několik 3D tisknutých modelů, na kterých se podařilo odladit a otestovat jednotlivé verze.

Z hlediska designu bylo dosaženo dynamického tvarování s logicky ubíhajícími prolisy, které jinak nudné plochy velmi logicky rozdělují. Tyto prolisy mají také příznivý vliv na celkovou tuhost skořepiny. Tyto prolisy zároveň poskytly prostor pro decentní umístění loga společnosti Nirvana. Grafické prvky jsou doplněny jednoduchým barevným dělením, kterým bylo dosaženo velmi moderního, svěžího dojmu.

Finální prototyp je téměř identický s budoucí malosériovou produkcí. Za velmi krátký čas, se podařilo vytvořit plnohodnotný produkt, reflektující jak požadavky zadavatele, tak výrobní limity tak estetické a kvalitativní požadavky dnešní doby.

## 10 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

1. Vírník – jednoduše geniální. *Autogyro.cz* [online] 2020 [cit. 2020-17-5]. Dostupné z: <http://www.autogyro.cz/r201c0/Virnikove-letani/>
2. České létající auto GyroMotion chce dobýt svět *Automobile.cz* [online] 12.04.2017 [cit. 2020-17-5]. Dostupné z: <http://www.automobile.cz>
3. Motorový paragliding *Wikipedia.org* [online] 19.03.2017 [cit. 2020-17-5]. Dostupné z: [https://cs.wikipedia.org/wiki/Motorov%C3%BD\\_paragliding](https://cs.wikipedia.org/wiki/Motorov%C3%BD_paragliding)
4. Paramotor Rodeo *Nirvana.cz* [online] 2020 [cit. 2020-17-5]. Dostupné z: <https://www.nirvana.cz/rodeo>
5. Soundshield / helmet and headphones combined *Behance.net* [online] 2020 [cit. 2020-17-5]. Dostupné z: [https://www.behance.net/gallery/50208055/SOUNDSHIELD-Helmet-and-Headphones-Combined?tracking\\_source=search\\_projects\\_recommended%7Cunit%201](https://www.behance.net/gallery/50208055/SOUNDSHIELD-Helmet-and-Headphones-Combined?tracking_source=search_projects_recommended%7Cunit%201)
6. POC coron Air SPIN *bikeinn.com* [online] 2020 [cit. 2020-17-5]. Dostupné z: <https://www.bikeinn.com/bike/poc-coron-air-spin>
7. Road racing vision *behance.net* [online] 2020 [cit. 2020-17-5]. Dostupné z: <https://www.behance.net/gallery/68131495/ROAD-RACING-VISION>
8. Shark X-Drak Blank Jet *fc-moto.de* [online] 2020 [cit. 2020-17-5]. Dostupné z: [https://www.fc-moto.de/epages/fcm.sf/?channable=e85349.ODE0MzQ5NTQ3&ObjectPath=/Shops/10207048/Products/Shark-X-Drake-Jet-Helmet/SubProducts/Shark-X-Drake-Jet-Helmet-0002&Locale=cs\\_CZ&gclid=Cj0KCQjwudb3BRC9ARIsAEa-vUtdtMovOna5wslfyKABQ\\_-wDQ9F2aABmKL\\_1hNul9C34M-gDEAjmoaAkFbEALw\\_wcB](https://www.fc-moto.de/epages/fcm.sf/?channable=e85349.ODE0MzQ5NTQ3&ObjectPath=/Shops/10207048/Products/Shark-X-Drake-Jet-Helmet/SubProducts/Shark-X-Drake-Jet-Helmet-0002&Locale=cs_CZ&gclid=Cj0KCQjwudb3BRC9ARIsAEa-vUtdtMovOna5wslfyKABQ_-wDQ9F2aABmKL_1hNul9C34M-gDEAjmoaAkFbEALw_wcB)
9. Standard colors, *icaro.2000.com* [online] 2020 [cit. 2020-16-6]. Dostupné z: <https://www.icaro2000.com/Products/Helmets/Solar/Solar.htm>
10. Yueny paragliding helmet with headset YPHH-2000F, *icaro.2000.com* [online] 2020 [cit. 2020-27-4]. Dostupné z: [http://www.yueny.com/html\\_products/Yueny\\_paragliding\\_helmet\\_with\\_headset\\_YPHH-2000F-75.html](http://www.yueny.com/html_products/Yueny_paragliding_helmet_with_headset_YPHH-2000F-75.html)
11. Anubis Integral Comm *nac-intercom.com* [online] 2020 [cit. 2020-16-6]. Dostupné z: <https://www.nac-inter.com/en/anubis-integral/4440-anubis-integral-comm-n2c5-helmet-white.html>
12. Helmet Sparco RJ-3i Pro, *radne.com* [online] 2020 [cit. 2020-16-6]. Dostupné z: <https://www.radne.com/product/helmet-sparco-rj-3i-pro>

13. Nirvana eshop přilba FC5 vírníku *Nirvana.cz* [online]. 20. 1. 2020 [vid. 2020-1-20]. Dostupné z: <https://www.paramotors-shop.com/ochranna-prilba-fc5-virniku---sluchatka-cerna>
14. Nirvana eshop přilba FC5 paramotoru *Nirvana.cz* [online]. 20. 1. 2020 [vid. 2020-1-20]. Dostupné z: <https://www.paramotors-shop.com/ochranna-prilba-fc5-paramotoru---sluchatka-cerna>
15. Horus N2C5 *nac-inter.com* [online]. 20. 1. 2020 [vid. 2020-1-20]. Dostupné z: <https://www.nac-inter.com/en/horus-open-face/4435-horus-n2c5-communication-helmet-real-carbon.html>
16. Horus N2C5 *nac-inter.com* [online]. 20. 1. 2020 [vid. 2020-1-20]. Dostupné z: <https://www.nac-inter.com/en/horus-open-face/4435-horus-n2c5-communication-helmet-real-carbon.html>
17. Horus N2C5 *nac-inter.com* [online]. 20. 1. 2020 [vid. 2020-1-20]. Dostupné z: <https://www.nac-inter.com/en/horus-open-face/4435-horus-n2c5-communication-helmet-real-carbon.html>
18. Horus N2C5 *nac-inter.com* [online]. 20. 1. 2020 [vid. 2020-1-20]. Dostupné z: <https://www.nac-inter.com/en/horus-open-face/4435-horus-n2c5-communication-helmet-real-carbon.html>
19. Horus N2C5 *nac-inter.com* [online]. 20. 1. 2020 [vid. 2020-1-20]. Dostupné z: <https://www.nac-inter.com/en/horus-open-face/4435-horus-n2c5-communication-helmet-real-carbon.html>
20. Horus N2C5 *nac-inter.com* [online]. 20. 1. 2020 [vid. 2020-1-20]. Dostupné z: <https://www.nac-inter.com/en/horus-open-face/4435-horus-n2c5-communication-helmet-real-carbon.html>
21. Paramotor Rodeo *Nirvana.cz* [online] 2020[cit. 2020-7-5]. Dostupné z: <https://www.nirvana.cz/rodeo>
22. Nirvana paramotors, *Facebook.com* [online] 2020[cit. 2020-1-3]. Dostupné z: <https://www.facebook.com/nirvanaparamotors/>
23. Přilby pro létání a podobné sporty, *Technicke-normy-csn.cz* [online] 05/2013[cit. 2020-1-3]. Dostupné z: [http://www.technicke-normy-csn.cz/832162-csn-en-966-a1\\_4\\_92378.html](http://www.technicke-normy-csn.cz/832162-csn-en-966-a1_4_92378.html)
24. Paramotor Instinct *Nirvana.cz* [online] 2020[cit. 2020-8-9]. Dostupné z: <https://www.nirvana.cz/instinct>
25. Nirvana Autogyro *autogyro.cz* [online] 2020 [cit. 2020-3-4]. Dostupné z: <http://www.autogyro.cz/>



26. Nirvana eshop přilba FC5 vírníku *Nirvana.cz*[online]. 20. 1. 2020 [vid. 2020-1-20].  
Dostupné z:  
<https://www.paramotors-shop.com/ochranna-prilba-fc5-virniku---sluchatka-cerna>
27. DYLEVSKÝ, Ivan. *Funkční anatomie*. Praha: Grada, 2009. ISBN 978-80-247-3240-4
28. Bluetooth intercom s FM *aukro.cz* [online] 2020 [cit. 2020-17-5]. Dostupné z:  
<https://aukro.cz/bluetooth-intercom-s-fm-do-prilby-interkom-6896444330>
29. Dekoni audio Choice *dekoniaudio.com* [online] 2020 [cit. 2020-4-2]. Dostupné z:  
<https://dekoniaudio.com/product/dekoni-audio-ear-pads-fit-audeze-lcd-series-headphones-choice-leather/>
30. Bluetooth intercom s FM *aukro.cz* [online] 2020 [cit. 2019-27-11]. Dostupné z:  
<https://aukro.cz/bluetooth-intercom-s-fm-do-prilby-interkom-6896444330>
31. DYLEVSKÝ, Ivan. *Funkční anatomie*. Praha: Grada, 2009. ISBN 978-80-247-3240-4

## 11 SEZNAM OBRÁZKŮ A GRAFŮ

<b>obr. 2-1</b>	Obrázek vírníku GyroMotion .....	16
<b>obr. 2-2</b>	Obrázek paramotoru Nirvana .....	17
<b>obr. 2-3</b>	Obrázek freestylové přilby UNIT 1 s integrovanými sluchátky .....	18
<b>obr. 2-4</b>	Obrázek přilby poc CORON .....	19
<b>obr. 2-5</b>	Obrázek přilby PNPL Decathlon .....	20
<b>obr. 2-6</b>	Obrázek přilby SHARK X-drak.....	21
<b>obr. 2-7</b>	Obrázek přilby Solar X.....	21
<b>obr. 2-8</b>	Obrázek přilby YUENY .....	22
<b>obr. 2-9</b>	Obrázek přilby ANUBIS .....	23
<b>obr. 2-10</b>	Obrázek ralle přilby Sparco .....	23
<b>obr. 2-11</b>	Boční pohled přilba FC5.....	24
<b>obr. 2-12</b>	Rozměry skořepiny přilby FC5.....	25
<b>obr. 2-13</b>	Přilba společnosti NAC intercom.....	27
<b>obr. 2-14</b>	Rozměry přilby NAC intercom.....	28
<b>obr. 2-15</b>	Vnitřní výstelka NAC intercom .....	28
<b>obr. 2-16</b>	Umístění intercomu na přilbách firmy NAC intercom.....	29
<b>obr. 3-1</b>	Paraglidingová výbava se současnou helmou .....	31
<b>obr. 3-2</b>	Piloti paramotorů – cílová skupina.....	33
<b>obr. 4-1</b>	Varianta 1 .....	35
<b>obr. 4-2</b>	Varianta 2 .....	36
<b>obr. 4-3</b>	Varianta 3 .....	37
<b>obr. 4-4</b>	Varianta 3 po úpravě .....	37
<b>obr. 4-5</b>	Další varianty .....	38
<b>obr. 4-6</b>	Varianta 4 - finální.....	38
<b>obr. 5-1</b>	Tvarové linky .....	39
<b>obr. 5-2</b>	Vizualizace ploch – boční pohled .....	40
<b>obr. 5-3</b>	Vizualizace ploch – zadní pohled .....	41
<b>obr. 5-4</b>	Vizualizace ploch – přední pohled .....	41

<b>obr. 6-1</b>	Současná přilba FC5 .....	42
<b>obr. 6-2</b>	Rozměrové parametry .....	43
<b>obr. 6-3</b>	Průhled na komponenty .....	44
<b>obr. 6-4</b>	Interkom .....	45
<b>obr. 6-5</b>	Současné pravé sluchátko FC5 .....	45
<b>obr. 6-6</b>	Krokový mechanismus kšiltu .....	45
<b>obr. 6-7</b>	3D tisk přilby .....	47
<b>obr. 6-8</b>	Testování se staším kšiltem .....	48
<b>obr. 6-9</b>	3D tisk sluchátka osazen interkomem .....	48
<b>obr. 6-10</b>	3D tisk přilby s interkomem .....	49
<b>obr. 6-11</b>	3D tisk přilby s interkomem - finální varianta .....	49
<b>obr. 6-12</b>	Testování na hlavě – pan ing. Březina .....	50
<b>obr. 6-13</b>	Výroba kopyta– vylito sádrou .....	51
<b>obr. 6-14</b>	Hotové kopyto .....	52
<b>obr. 6-15</b>	Hotové skořepiny .....	53
<b>obr. 6-16</b>	Forma pro vakuové tváření .....	54
<b>obr. 6-17</b>	Vakuové tváření .....	55
<b>obr. 6-18</b>	Hotvý výlisek .....	55
<b>obr. 6-19</b>	Vnitřní osazení sluchátka .....	56
<b>obr. 6-20</b>	Rozměry ve vztahu k ergonomii .....	57
<b>obr. 6-21</b>	Výstelka zadní .....	58
<b>obr. 6-22</b>	Výstelka přední .....	58
<b>obr. 6-23</b>	Výstelka střední .....	59
<b>obr. 6-24</b>	Výstelka sluchátek .....	59
<b>obr. 6-25</b>	Interkom .....	60
<b>obr. 6-26</b>	Interkom osazen ve sluchátku .....	60
<b>obr. 6-27</b>	Výhledové parametry s kšiltem nahoře a dole .....	61
<b>obr. 7-1</b>	Základní barevné provedení .....	63
<b>obr. 7-2</b>	Druhá barevná varianta .....	64
<b>obr. 7-3</b>	Třetí barevná varianta .....	65

<b>obr. 7-4</b>	První varianta logotypu Nirvana .....	65
<b>obr. 7-5</b>	Druhá varianta loga Nirvana .....	66
<b>obr. 7-6</b>	Umístění loga vzadu .....	66
<b>obr. 7-7</b>	Umístění loga vpředu .....	66

## 12 SEZNAM TABULEK

## 13 SEZNAM PŘÍLOH

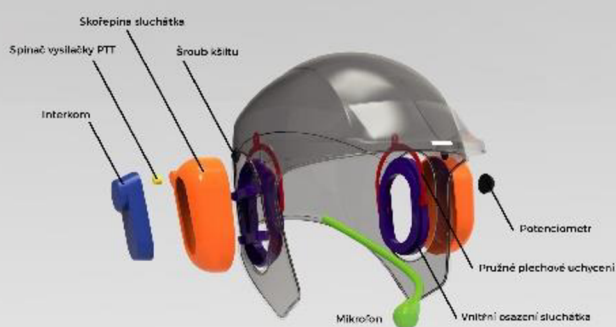
Náhled sumarizačního posteru (A4)  
Náhled designerského posteru (A4)  
Náhled technického posteru (A4)  
Náhled ergonomického posteru (A4)

### **Samostatné přílohy:**

Foto a videodokumentace modelu  
Sumarizační poster  
Designerský poster  
Technický poster  
Ergonomický poster  
Fyzický model - prototyp 1:1

# NIRVANA FC6

## SUMARIZAČNÍ POSTER

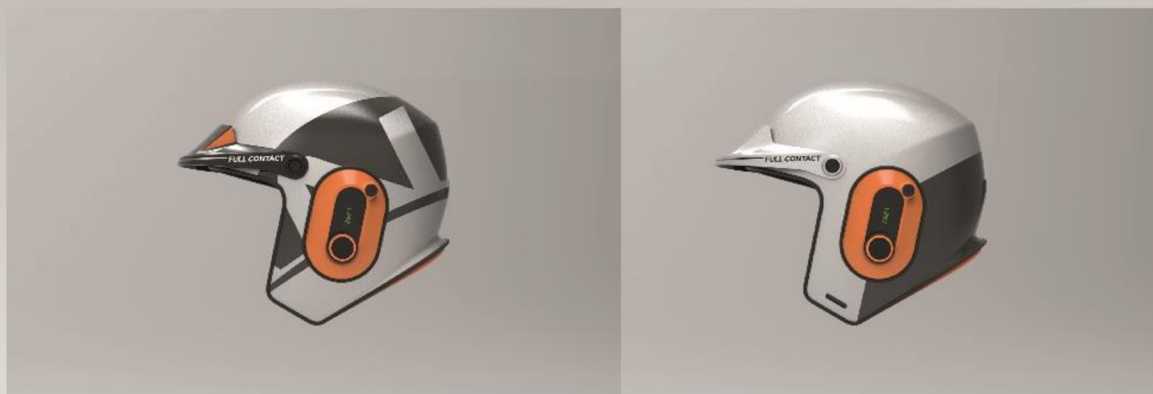


DESIGN PŘILBY PRO OTEVŘENÉ LÉTÁNÍ / DIPLOMOVÁ PRÁCE / Autor: MgA. František Dvořák / Vedoucí práce: akad. soch. Josef Sládek, ArtD. / VU1 v Brně / FSI / ÚK / OPD / 2019/20



# NIRVANA FC6

DESIGNÉRSKÝ POSTER



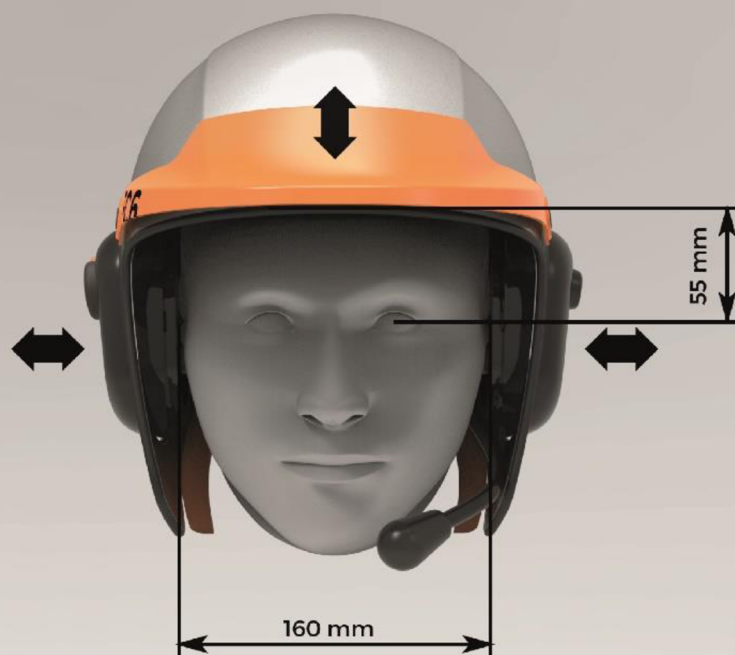
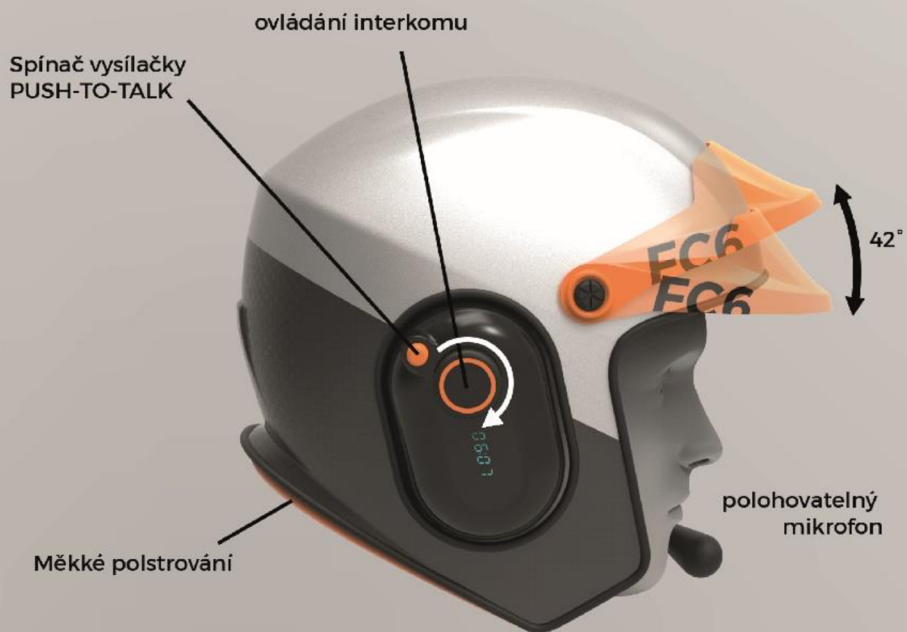
DESIGN PŘILBY PRO OTEVŘENÉ LÉTÁNÍ / DIPLOMOVÁ PRÁCE / Autor: Mgr. František Dvořák / Vedoucí práce: akad. soch. Josef Sládek, ArtD. / VUT v Brně / FSI / ÚK / OPD / 2019/20





# NIRVANA FC6

ERGONOMICKÝ POSTER

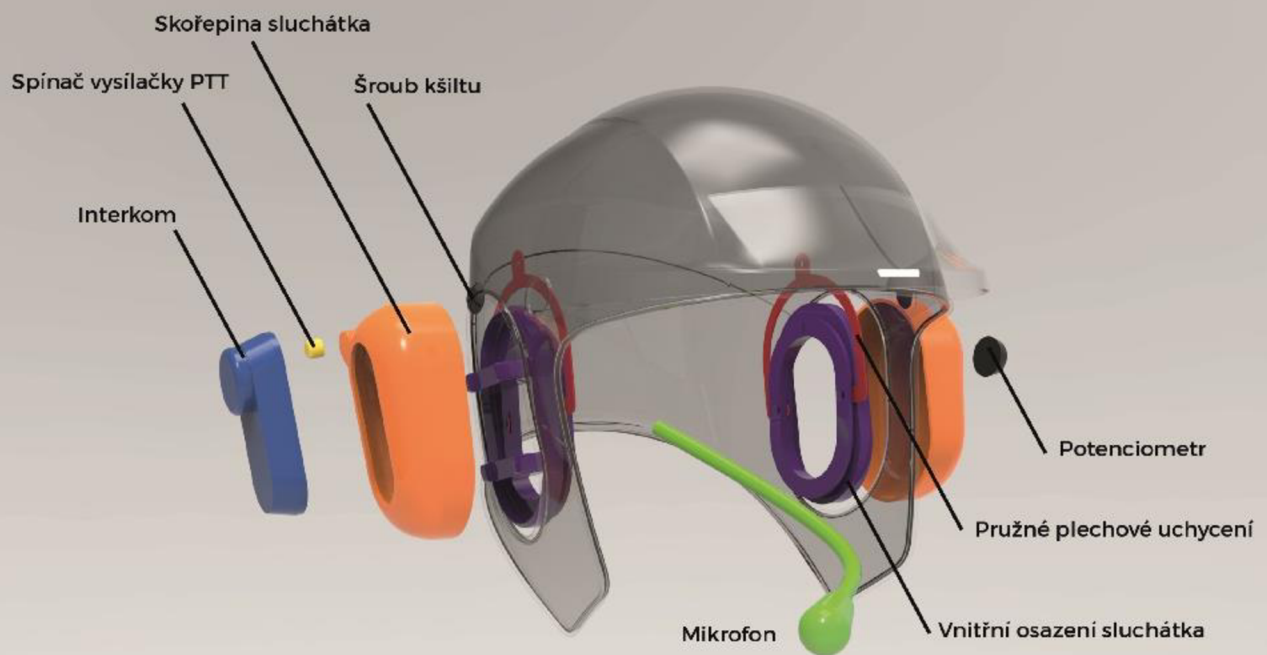


DESIGN PŘILBY PRO OTEVŘENÉ LÉTÁNÍ / DIPLOMOVÁ PRÁCE / Autor: Mga. František Dvořák / Vedoucí práce: akad. soch. Josef Sládek, ArtD. / VUT v Brně / FSI / ÚK / OPD / 2019/20



# NIRVANA FC6

## KONSTRUKČNÍ POSTER



DESIGN PŘILBY PRO OTEVŘENÉ LÉTÁNÍ / DIPLOMOVÁ PRÁCE / Autor: MgA. František Dvořák / Vedoucí práce: akad. soch. Josef Sládek, ArtD. / VUT v Brně / FSI / ÚK / OPD / 2019/20

