

Design lokalizačního RFID zařízení

František Dvořák

Bakalářská práce
2016



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta multimediálních komunikací

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta multimediálních komunikací

Ateliér Průmyslový design

akademický rok: 2015/2016

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **František Dvořák**
Osobní číslo: **K13063**
Studijní program: **B8206 Výtvarná umění**
Studijní obor: **Multimédia a design – Průmyslový design**
Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Design lokalizačního RFID zařízení**

Zásady pro vypracování:

1. Historický přehled vývoje lokalizačních RFID zařízení.
 2. Analýza současné produkce
 3. Výzkumná část
 4. Počáteční návrhy v kresebné formě
 5. Vizualizace finálního designerského návrhu
 6. Ergonomická studie
 7. Technická dokumentace
 8. Model ve zvoleném měřítku
 9. Vypracování písemné doprovodné zprávy zahrnující všechny etapy návrhu a odůvodňující navržené řešení
- "Na samostatném nosiči CD-ROM odevzdejte v minimálním počtu 10 kusů obrazovou dokumentaci praktické části závěrečné práce pro využití v publikacích FMK. Formát pro bitmapové podklady: JPEG, barevný prostor RGB, rozlišení 300 dpi, 250 mm delší strana. Formáty pro vektory: AI, EPS, PDF. Loga a texty v křivkách. V samostatném textovém souboru uveďte jméno a příjmení, login do Portálu UTB, obor (ateliér), typ práce, přesný název práce v češtině a angličtině, rok obhajoby, osobní mail, osobní web, telefon. Přiložte svou osobní fotografii v tiskovém rozlišení."

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/umělecké dílo**

Seznam odborné literatury:


KOLESÁR, Zdeno. Kapitoly z dějin designu. V českém jazyce vyd. 2., dopl. a rev. V Praze: Vysoká škola uměleckoprůmyslová, 2009, 172 s. ISBN 978-80-86863-28-3.
THORNTON, Frank, Hersh BHARGAVA, Anita CAMPBELL, Anand M DAS, Brad HAINES a John KLEINSCHMIDT. RFID security. Rockland, MA: Syngress Publishing, c2006.
HRABOVSKÝ, Oldřich. Konstrukce výrobků z plastických hmot: učební text pro 4. ročník středních průmyslových škol chemických. 1. vyd. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1962.
OSTEN, Miloš. Lepení plastických hmot. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1974.
MURPHY, Alyssa D. Computational fluid dynamics: theory, analysis, and applications. New York: Nova Science Publishers, c2011. ISBN 9781612092768.

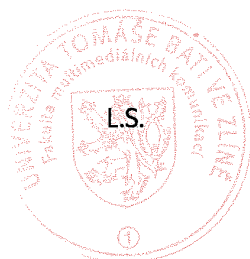
Vedoucí bakalářské práce: **MgA. Martin Surman, ArtD.**
Ateliér Průmyslový design

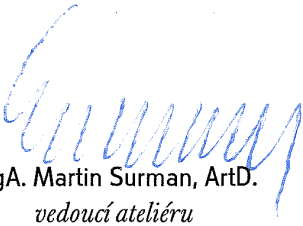
Datum zadání bakalářské práce: **2. prosince 2015**

Termín odevzdání bakalářské práce: **13. května 2016**

Ve Zlíně dne 11. prosince 2015


doc. MgA. Jana Janíková, ArtD.
děkanka




MgA. Martin Surman, ArtD.
vedoucí ateliéru

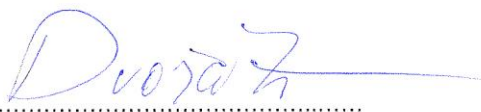
PROHLÁŠENÍ AUTORA BAKALÁŘSKÉ/DIPLOMOVÉ PRÁCE

Beru na vědomí, že

- odevzdáním bakalářské/diplomové práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby ¹⁾;
- beru na vědomí, že bakalářská/diplomová práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému a bude dostupná k nahlédnutí;
- na moji bakalářskou/diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3 ²⁾;
- podle § 60 ³⁾ odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- podle § 60 ³⁾ odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – bakalářskou/diplomovou práci - nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- pokud bylo k vypracování bakalářské/diplomové práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tj. k nekomerčnímu využití), nelze výsledky bakalářské/diplomové práce využít ke komerčním účelům.

Ve Zlíně

14. 4. 2016



Jméno, příjmení, podpis

1) zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47b Zveřejňování závěrečných prací:

(1) Vysoká škola nevdělečně zveřejňuje disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy.

(2) Disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlížení veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce pořizovat na své náklady výpisy, opisy nebo rozmnoženiny.

(3) Platí, že odevzdáním práce autor souhlasí se zveřejněním své práce podle tohoto zákona, bez ohledu na výsledek obhajoby.

2) zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 35 odst. 3:

(3) Do práva autorského také nezasahuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užije-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní potřebě dílo vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacímu zařízení (školní dílo).

3) zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 60 Školní dílo:

(1) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). Odpírá-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.

(2) Není-li sjednáno jinak, může autor školního díla své dílo užít či poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s oprávněnými zájmy školy nebo školského či vzdělávacího zařízení.

(3) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výdělku jim dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložily, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihlídně k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce se zabývá tvarovým návrhem krytování RFID lokalizačního zařízení, které bylo vyvinuto ve spolupráci s firmou DEVELICT Solutions s.r.o. Praha.

Dělí se na dva hlavní oddíly. Teoretická část objasňuje RFID technologii, pojednává jejím o historickém vývoji a analyzuje současné konkurenční produkty.

Praktická část nejprve předkládá detailní technické zadání projektu, dále se zabývá vlastním vývojem návrhu a objasňuje důvody jednotlivých rozhodnutí.

Klíčová slova: RFID lokalizátor, lokátor, lokalizační anténa, radar, správa záchranných operací, 3D modelování

ABSTRACT

This bachelor's thesis is going to deal with the design development of a cover for a RFID localisation device, which has been created in cooperation with the company DEVELICT Solutions s.r.o. Prague.

It is divided into two major sections. The theoretical part clarifies RFID technological principles, describes its historical development and analyses contemporary competitive products .

The practical part firstly explains the technical issues of the project, later on handles with the design process itself and defines the individual decisions.

Keywords: RFID locator, localisation antenna, radar, tag, disaster management, 3D modelling

Poděkování:

Velmi rád bych poděkoval panu MgA. Martinu Surmanovi ArtD., za odbornou konzultaci a dlouhodobé pedagogické vedení. Rovněž bych chtěl poděkovat paní Ludmile Kolkové a panu Jiřímu Prokešovi, za to, že mne do projektu přizvali. V neposlední řadě také odborníkům z ČVUT v Praze, kteří mne do celé problematiky RFID lokalizačních zařízení zasvětili. Všichni tyto lidé důvěřovali mým schopnostem a poskytli mi možnost se plnohodnotně zapojit do týmu firmy DEVELICT Solutions s.r.o. Praha.

„Design is not just what it looks like and feels like. Design is how it works.“

Steve Jobs

Prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské/diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

Ve Zlíně dne 10.5.2016

František Dvořák

OBSAH

ÚVOD	9
I TEORETICKÁ ČÁST	10
1 CHARAKTERISTIKA RFID TECHNOLOGIE	11
1.1 CO TO JE RFID?	11
1.2 PASIVNÍ A AKTIVNÍ TAG	11
1.2.1 Pasivní tag	11
1.2.2 Aktivní tag.....	12
1.2.3 Další varianty	13
2 HISTORICKÝ PŘEHLED VÝVOJE RFID LOKALIZAČNÍCH ZAŘÍZENÍ	14
2.1 PRVNÍ PATENTOVANÁ RFID ZAŘÍZENÍ.....	15
2.2 NÁHLÝ ROZMACH RFID TECHNOLOGIÍ.....	16
2.3 ANALÝZA SOUČASNÉ PRODUKCE.....	17
2.4 VÝZKUMNÁ ČÁST	20
II PRAKTICKÁ ČÁST	25
3 VÝVOJ RFID LOKALIZAČNÍHO ZAŘÍZENÍ	26
3.1 OBECNÁ SPECIFIKACE.....	26
3.2 KONSTRUKCE A OBRAZOVÁ DOKUMENTACE.....	27
3.2.1 Biologická ochrana – odpuzování ptactva.....	29
4 POČÁTEČNÍ NÁVRHY V KRESEBNÉ FORMĚ	33
5 VIZUALIZACE FINÁLNÍHO DESIGNERSKÉHO NÁVRHU	37
5.1 3D VIZUALIZACE.....	37
5.2 SOLIDWORKS	38
5.3 FINÁLNÍ VIZUALIZACE	42
5.4 GRAFIKA	43
6 TECHNICKÁ DOKUMENTACE	46
6.1 ERGONOMICKÁ STUDIE	46
6.2 AERODYNAMICKÁ STUDIE	46
6.3 MATERIÁLY A PRODUKCE.....	51
6.3.1 Vakuové tvarování	52
6.3.2 Lepení.....	54
6.3.3 Technický výkres.....	55
ZÁVĚR	56
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	58
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	60
SEZNAM OBRÁZKŮ	61

SEZNAM PŘÍLOH.....	64
---------------------------	-----------

ÚVOD

Když se řekne slovo lokalizace, spousta lidí se nejprve zděsí. Představí si scénu jako z hollywoodského filmu, kdy tajné služby sledují každý jejich krok. Častokrát se proto od podobných produktů předem distancují, aniž by si uvědomovali veškeré výhody, které lokalizace nabízí. Využitím obdobných technologií je možné dosáhnout užitečných inovací, které lidem šetří čas, peníze a v mnohých případech dokonce přispívají ke zvýšení osobní bezpečnosti.

Dle mého názoru, málo kdo ví, kolikrát se během dne s lokalizačními technologiemi setkáváme. Jejich finanční dostupnost se v posledních letech výrazně zlepšila, a proto pronikají do různých oborů. Lokalizátor, který je předmětem této bakalářské práce, nachází uplatnění ve většině z nich a představuje optimální řešení pro civilní využití.

O možnosti navrhovat design vnějšího opláštění RFID lokalizátoru jsem se dozvěděl v říjnu roku 2015. Původně jsem tento projekt jakožto svou bakalářskou práci vůbec nezamýšlel, jenže čím hlouběji jsem do dané tematiky pronikal, tím víc jsem si uvědomoval význam a potenciál celého konceptu. Nedokážu asi přesně popsat onen pocit, ovšem dodnes jsem z odvedené práce doslova nadšený.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 CHARAKTERISTIKA RFID TECHNOLOGIE

1.1 Co to je RFID?

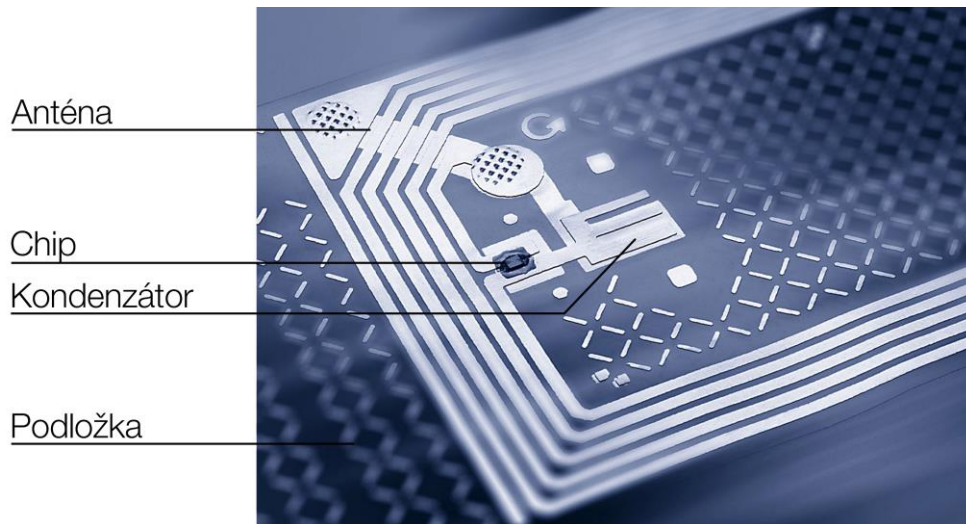
Zkratka RFID pochází z anglického Radio Frequency Identification. Každé zařízení přenášející informaci (identifikační data) pomocí radiových vln se považuje za RFID. Tyto soupravy se zpravidla sestávají z malých vysílačů, tzv. „tagů“ a nějakého přijímače. Přijátá data se dekodují a jsou dále interpretována v souladu se zadáním uživatele. V dnešní době se tato technologie využívá nejčastěji [1]:

- při automatizované identifikaci vozidel (Automated Vehicle Identification (AVI))
- k zamezení vstupu do specifikovaných prostor či budov
- k identifikaci hospodářských zvířat a domácích mazlíčků
- ve skladových prostorech, usnadňují logistiku a správu zboží
- ve výrobních halách ke sledování pohybu libovolných prvků
- v knihovnách, ke sledování výpůjček knih a jejich vracení
- na letištích ke sledování pohybu personálu, zavazadel či vozidel na letištní ploše za snížené viditelnosti
- v imobilizéru automobilů

1.2 Pasivní a aktivní tag

1.2.1 Pasivní tag

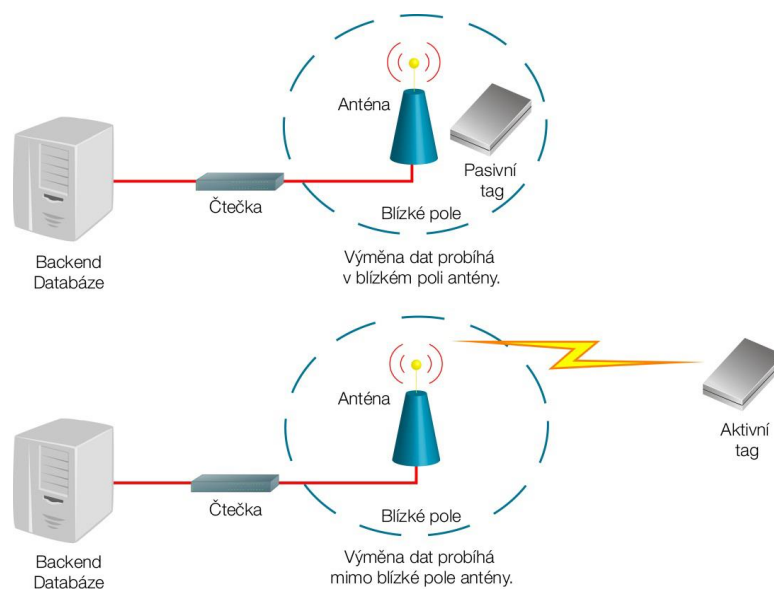
Základní odlišností pasivního a aktivního tagu je přítomnost baterie. Pasivní RFID štítky žádný vlastní zdroj nemají, veškerou energii přijímají ze čtečky. Takovýto transponder obsahuje rezonanční obvod s kondenzátorem, který krátkodobě absorbuje energii vyslanou z antény čtečky. Tento přenos je zajištěn pomocí elektromagnetického pole, které se odborně označuje jakožto „blízké pole“. Jak již samotný název napovídá, RFID štítek se musí nacházet poměrně blízko čtečky, aby vůbec mohl fungovat. „Blízké pole“ mu dodá dostatek elektromagnetického vlnění potřebného k nabití kondenzátoru a následnému odeslání odpovědi. Tyto tagy tedy bohužel na větší vzdálenosti fungují jen velmi špatně, nicméně mezi jejich hlavní výhody patří především trvanlivost, bezúdržbovost a nízká výrobní cena.



Obr. 1 RFID transpondér – technický popis

1.2.2 Aktivní tag

Alternativou k tagu pasivnímu je tag aktivní, ten má povětšinou svůj vlastní zdroj energie, nejčastěji bateriový. Díky této skutečnosti jsou aktivní tagy schopny signál nejenom přijímat, odrážet a modifikovat, ale dokážou jej i vysílat. V tomto případě se ovšem jedná o vysílání signálu zcela nezávisle na přítomnosti čtečky. V provozu se nadále nemusíme zabývat jen objekty, nacházejícími se v „blízkém poli“ nýbrž i prvky ve větších vzdálenostech. Důležité je, si také uvědomit, že vysílání takového signálu je energeticky náročný proces. Proto tyto visáčky nejsou aktivní konstantně, avšak vysílají nejčastěji opakovaně po určitých časových úsecích.



Obr. 2 Schéma - pasivní vs. aktivní tag

1.2.3 Další varianty

Dále se tagy používají i tzv. semi-pasivním provedení – obsahují baterii, ale jsou stále závislé na přítomnosti „blízkého pole“. Baterie kupříkladu signál jen zesiluje, nebo jiným způsobem podporuje správnou funkci daného vysílače. Tagy se samozřejmě dále dělí na přepisovatelné, verze pouze ke čtení, tagy šifrované a podobně.

2 HISTORICKÝ PŘEHLED VÝVOJE RFID LOKALIZAČNÍCH ZAŘÍZENÍ

Lze obecně říci, že kořeny identifikačních technologií založených na radiových frekvencích sahají až do období průběhu druhé světové války [2]. Američané, Britové, Němci či Japonci tehdy hojně využívali radaru, ten byl objeven v roce 1935 skotským fyzikem Sirem Robertem Alexandrem Watson-Wattem. Radar dokázal upozornit na blížící se letadla, i když se ve skutečnosti ještě nacházela míle daleko. Problém byl ovšem v tom, že neexistoval způsob, jak určit, které letadlo patří nepříteli, či ve kterém sedí spojenečtí piloti, vracející se z mise.

Nicméně Němci přišli na to, že letadla, která se již vrátila na základnu, při pohybu po ranveji odráží radiový signál zpět, ale v pozměněné formě. Tímto způsobem bylo tedy poprvé možné zjistit, které letadlo je německé a které spojenecké. (v principu to znamenalo objev prvního pasivního RFID systému).

Sir Watson-Watt, který stál v čele tajného projektu, později Britům pomohl vyvinout první aktivní IFF (Identify Friend or Foe) systém, který zvládal rozlišovat přátelský či nepřátelský signál. Díky novým vysílačům, které byly namontovány na každé jejich letadlo, byli Britové po zachycení správného odraženého signálu schopni jednoduše letoun identifikovat jakožto přátelský. V tomto případě tedy RFID pracuje na velice esenciálním principu. Stanice vyšle signál do transpondéru, který se „probudí“, a buď jen signál odrazí zpět (pasivní systém), nebo začne sám signál vysílat (aktivní systém).

K dalším významným pokrokům ve vývoji radarových a radio-frekvenčních systémů došlo v šedesátých letech. Vědci a akademici ve Spojených státech, Evropě a Japonsku provedli průzkum a došli k závěru, že RFID technologie by mohly být použity k identifikaci objektů i bez kontroly lidským faktorem. Specializované firmy tedy začaly s propagací protikrádežových systémů, které využívají radiových vln k určení toho, zda za položku bylo či nebylo zapláceno. Elektronické tagy, které důvěrně známe, a jsou používány dodnes, nesou jednobitovou informaci a to je-li tag zapnutý nebo vypnutý. V případě, že za položku zapláceno bylo, je bit vypnut a člověk může opustit obchod. Jestliže ovšem člověk nezaplácí a snaží se z obchodu odejít, čtečky u dveří tag detekují a rozezní se zvukový signál.



Obr. 3 Jednabitový tag

2.1 První patentovaná RFID zařízení

Roku 1973 obdržel Mario Cardullo americký patent za vynález prvního aktivního RFID tagu s přepisovatelnou pamětí. Ten stejný rok, Charles Walton - kalifornský podnikatel, získal patent na pasivní transpondér, se kterým je možné odemknout dveře bez použití klíčů. Ke čtečce u dveří přiložil kartu se zabudovaným transpondérem a v případě, že čtečka zaznamenala platné identifikační číslo uložené v RFID tagu, dveře se odemkly. Walton tuto technologii později pronajal například zámečnické společnosti Schlage a mnoha dalším.

V této době pracovala na vývoji RFID systémů zároveň i americká vláda. V roce 1970 byla národní laboratoř v Los Alamos požádána ministerstvem energetiky, aby vytvořila nástroj ke sledování jaderných materiálů. Skupina vědců přišla s konceptem umístění transpondéru na kamion, který by po vjezdu do zabezpečeného objektu byl načten RFID branou. Ta by tag kamionu „probudila“ a ten by odpověděl zasláním svého identifikačního čísla, případně dalších údajů, například ID řidiče atd. Zmíněný koncept byl komercializován v polovině osmdesátých let, kdy byly za přispění vědců z Los Alamos vyvinuty automatizované systémy placení mýtného. Tyto systémy se staly široce využívanými na silnicích, mostech a tunelech po celém světě.

Na pozdější žádost zemědělské komory bylo vědcům z Los Alamos zadáno vyvinout také pasivní RFID tagy pro sledování populace skotu. Pro chovatele bylo těžké zajistit, aby každá kráva dostala správnou dávku medikamentů a nedostala nedopatřením dávky dvě. Pro tyto účely bylo nakonec použito UHF (Ultra High Frequency) rádiových vln. Zařízení připevněné povětšinou na kravském uchu získává energii ze samotné čtečky a jednoduše odráží modulovaný signál zpět. Tento jev je znám pod pojmem zpětný rozptyl. V dalších letech

vývoje následovala zařízení nízkofrekvenční, která představovala výhodu díky svému malému rozměru. Transpondér zapouzdřený ve skleněné či plastové kapsli je možné krávkově implantovat pod kůži. Tento systém se dodnes používá u krav po celém světě.

Postupem času, společnosti nízkofrekvenční systém plně komercializovaly. Ve velkém byl použit do různých druhů platebních a jiných karet, nicméně objem dat, který bylo v kartách možné uchovávat, později přestával být dostačující. A proto bylo nezbytné celé spektrum výrobků převést na vlny o vyšších frekvencích (13,56 MHz). Ty uživatelům nabídly mnohem lepší přenosovou rychlost dat – v dnešní době využíváme tyto RFID systémy především pro kontrolu přístupů nebo u bezkontaktních platebních karet. Jsou také hojně využívány jakožto ochrana proti odcizení vozidel. Tzv. imobilizér není nic jiného než malý RFID tag, který vysílá své přidělené identifikační číslo, to je automobilem zaznamenáno a po jeho vyhodnocení buď nastartuje, anebo ne.

Počátkem roku 1990 inženýři z IBM (International Business Machines) vyvinuli a patentovali RFID systém o ultra vysokých frekvencích (neboli ultra krátké vlny), který byl výjimečný pro svůj čtecí dosah (až 6 metrů za dobrých podmínek) a ještě rychlejší přenos dat. Ovšem téhož roku se firma dostala do finančních potíží a začala své patenty rozprodávat. RFID technologii odkoupila firma Intermec a aplikovala ji v mnohých odvětvích – od zemědělství až po sledování pohybu zboží ve skladech. Svůj plný potenciál tato firma, kvůli tehdejšímu nízkému objemu prodeje a množství mezinárodních norem, prokázat bohužel nemohla.

2.2 Náhlý rozmach RFID technologií

V roce 1999 nastal náhlý rozmach RFID technologií. Firmy Uniform Code Council, EAN International, Procter & Gamble a Gillette složily své finanční prostředky za účelem vytvoření Auto-ID Centra na Massachusettském Technologickém Institutu. Dva místní profesori, David Brock a Sanjay Sarma, pracovali na výzkumu týkajícím se možnosti aplikace tagů na veškeré zboží. To by znamenalo získání možnosti ho sledovat v rámci dodavatelského řetězce. Jejich myšlenkou bylo využití levně vyrobitelných jednoduchých čipů namísto čárových kódů. (Výroba elementárního mikročipu, který je schopen nést jen minimální objem informací, je totiž mnohokrát levnější než produkce čipů velko-objemových či přepisovatelných). Data, která by čip uchovával, by byla uložena v internetové databázi a při načtení rychle interpretována.

Pánové S.Sharma a D. Brock úplně transformovali způsob, jakým lidé dnes smýšlejí o využití RFID tagů v obchodních řetězcích. Dříve tagy sloužily jen jako jedno z možných mobilních médií určených k přenosu dat, tito profesori ovšem propojili RFID technologie se sítí Internet a tím úžasným způsobem navýšili jejich využitelnost. Obchodníkům to tak umožnilo elektronicky monitorovat pohyb zásilek putujících do nebo ze skladu či obchodu.

Na přelomu tisíciletí Auto-ID centrum zaregistrovalo zájem o jejich technologii od více než stovky firem, k čemuž se připojilo i ministerstvo obrany USA a několik dalších dodavatelů RFID lokalizačních technologií. Díky tomu bylo možné otevřít několik výzkumných středisek v Evropě, Asii a Austrálii. Tou dobou se celosvětově rapidně zvýšil zájem o lokalizační technologie jako takové a jejich vývoj šel velice rychle kupředu. RFID technologie jsou čím dál více k vidění, postupně se rozšířily do většiny obchodů nejen v USA ale i u nás. Zvyšuje se jejich schopnost uchování většího objemu dat, přenosová rychlost a dosah antén. Zařízení, které je předmětem této bakalářské práce, je toho konec konců nejlepším příkladem.

2.3 Analýza současné produkce

V první řadě je třeba poznamenat, že tento konkrétní RFID lokalizátor je svou koncepcí zcela jedinečný. Pokud vím, tak se na území České republiky, a pravděpodobně i ve zbytku světa, nic takového nevyrábí. Jeho hlavními devízami jsou nízké výrobní náklady, jednoduchost realizace a také minimální spotřeba elektrické energie. Technologicky se od svých konkurentů odlišuje využitím systému beaconů, což jsou malé vysílače neboli radiomajáky. Kdežto klasická RFID zařízení, která mají své využití například v logistice, fungují na principu ultra krátkých vln (tzv. UHF RFID). Další z hlavních výhod tohoto řešení je jeho schopnost lokalizovat množství tagů na ploše cca 1 km², které nemusí být aktivní po celou dobu sledování. K samotnému určení směru postupného pohybu či stabilní pozice tedy stačí, aby zaměření probíhalo po krátkých časových úsecích. V případě záchranných operací, kdy je třeba zaznamenávat polohu většího množství osob, je tato funkce klíčová. Mimo jiné, ve prospěch tohoto lokalizátoru hraje i fakt, že alternativní technologie, které by mohly řešit podobné situace, bývají často závislé na připojení k různým sítím (internet, zdroj el. energie, GSM a podobně). Jenže ty mohou být v důsledku samotného neštěstí zničeny, přerušeny (např. přírodní katastrofy) nebo případně přetíženy.

RFID lokalizace v dnešní době nachází využití také ve větších podnicích, kde přispívá ke zvýšení bezpečnosti na pracovišti. Instalace podobných technologií je většinou spojena s nižšími náklady na pojištění. Monitorování zaměstnanců může totiž hrát velmi významnou roli při nouzové evakuaci či při sledování osob v hazardním prostředí. Zároveň může přispívat k urychlení zásahu v případě nehody nebo sloužit jako prevence proti nechtěnému bloudění externích osob. Pro pořizovatele je ovšem často rozhodujícím faktorem cena, která u tohoto konkrétního RFID lokalizátoru činí dle prvních odhadů přibližně 100 000,- Kč. Což je, ve srovnání s ostatními systémy na podobné bázi, cena významně nižší a díky ní mezi nimi vyniká.

Jedním z příbuzných zařízení je například systém aktivních RFID lokalizátorů od prostějovské firmy Cutter s.r.o. [3] Je určen pro využití v logistice, ke sledování osob či materiálu ve skladových prostorách, docházkových a přístupových systémech ve školách, sledování pohybu nákupních vozíků v hypermarketech a podobně. Z hlediska funkčnosti se jedná o velmi blízký produkt, který má ovšem jednu velkou odlišnost. Jeho koncepce umožňuje sledování aktivních tagů pouze ve vzdálenosti několika desítek (maximálně stovek) metrů. Mimo jiné se na trhu také nachází zařízení americké firmy Intellex Corp, která jsou pod názvem XC3 Technology k dostání i u nás [4]. Dle mé rešerše, není schopné operovat nad vzdálenost 100 m. Pořizovací cena se pohybuje od 2500 až 5000 amerických dolarů za jednu čtečku. Jde o velmi zdařilé řešení, které převyšuje obvyklé vlastnosti této kategorie. Zároveň odolává vodě a kovovým materiálům, a proto nachází využití například v agrikultuře.



Obr. 4 RFID zařízení firmy Intellex Inc.

Mezi nejvýznamnější výrobce RFID technologií u nás se bezesporu řadí firma ERA Pardubice [5]. Tato společnost se specializuje na lokalizaci v armádním a civilním letectví. Vytváří systémy, které jsou v některých ohledech vyspělejší než zařízení, které je předmětem této bakalářské práce. Ovšem při nákupu produktu od firmy ERA musíme počítat s násobně vyšší pořizovací cenou.

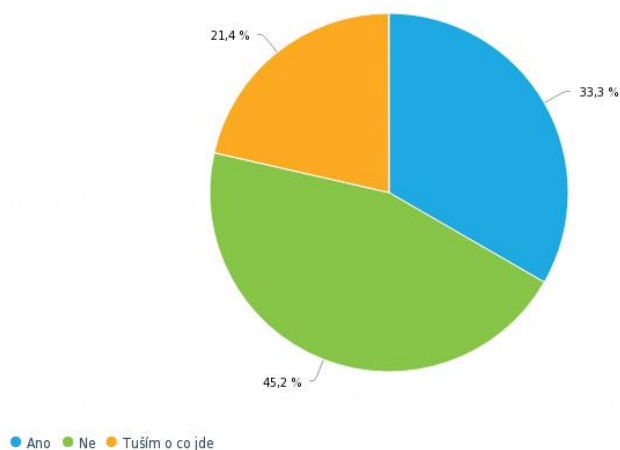


Obr. 5 RFID zařízení firmy ERA a.s.

2.4 Výzkumná část

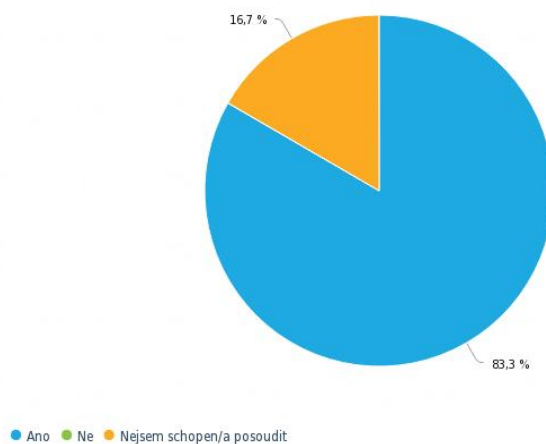
Pro zjištění obecného povědomí o RFID lokalizačních technologiích jsem připravil krátký online dotazník [6], který se skládal ze čtyř uzavřených otázek, tří otevřených a jednoho doprovodného videa, které mělo za úkol rychle a stručně seznámit dotazovaného s danou problematikou. Dotazník byl koncipován tak, že na něj byly schopny odpovědět pouze osoby, které působí na odpovídajících pracovních pozicích. To jsou vedoucí pracovníci firem či výrobních závodů, dále letištní zaměstnanci a příslušníci záchranných složek. Celý výzkum by podle mého názoru nebyl relevantní, pokud bych se dotazoval blíže nespécifikovaného množství lidí, které by postrádalo zkušenosti z daných oborů. Oslovil jsem tedy především mé přátele, kteří již pracují na vyšších postech, mimo to jsem využil i konexí mých rodičů, rozeslal tento dotazník mezi jejich známé a o vyplnění jsem čas od času požádal i manažery, které v rámci mé víkendové brigády vozím na letiště. Nakonec se mi podařilo nashromáždit 42 odpovědí. V dotazníku jsem nejprve slovně uvedl, že jeho

výsledky budou použity výhradně pro účely mé bakalářské práce a poté jsem dotazovaného ujistil, že se nejedná o žádný obchodní trik. První otázka byla velmi jednoduchá „Víte co to je RFID lokalizátor?“. Tímto dotazem jsem si chtěl ověřit moji domněnku, že tyto technologie nejsou obecně moc známé i přes to, že je používáme prakticky každý den.



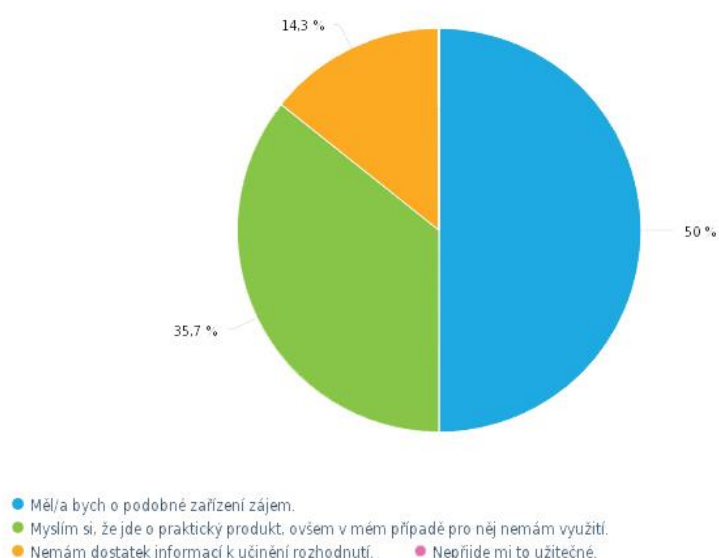
Obr. 6 Graf 1.

Jak je z grafu zřejmé, největší procento dotázaných odpovědělo, že neví co to vlastně RFID lokalizátor je, čímž se má teorie potvrdila. Ale na druhou stranu mne poměrně překvapilo, že 33,3 % volilo možnost ano. Dále pak 21,4 % lidí zadalo, že tuší o co jedná. Následujícím bodem dotazníku byl odkaz na video-reportáž slovenského online serveru zive.sk [7], která ve třech minutách stručně popisuje dané zařízení a nastiňuje jeho přednosti. Po zhlédnutí videa měla dotazovaná osoba za úkol odpovědět na jednoduchou otázku, zdali si myslí, že tento RFID lokalizátor je užitečné zařízení.



Obr. 7 Graf 2.

Zde již v drtivé většině dominuje odpověď ano. To dle mého názoru svědčí o skutečnosti, že lidé považují lokalizaci, ve spojitosti se záchranou životů za důležitou věc. Většina společnosti totiž ví, že se častokrát může jednat o pouhé minuty, které dělí zraněnou osobu od zahynutí. Dále potom 16,7 % dotázaných odpovědělo, že nejsou schopni užitečnost tohoto systému posoudit. Následující otázka číslo 4, byla uvozena krátkým textem, vysvětlujícím možnosti využití RFID lokalizace v podnicích a firmách. Proto jsem se tedy zeptal, zdali by o podobné zařízení měli potenciální zájem.



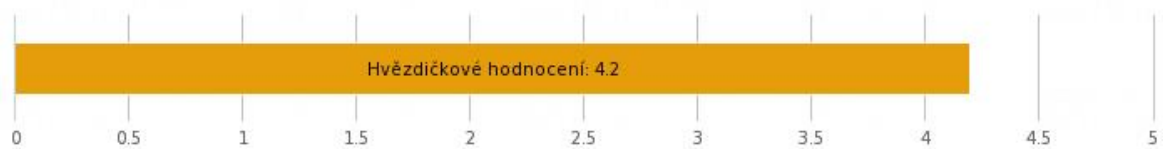
Obr. 8 Graf 3.

Kupodivu celých 50 % oslovených uvedlo, že by o podobné zařízení měla teoreticky zájem a současně by pro něj našla využití. Dalších 35,7 % lidí, tento RFID lokalizátor považuje za praktický produkt, pro který ovšem aktuálně nemají uplatnění. Zbývá 14,3 % dotázaných z důvodu nedostatku informací neučinila žádné rozhodnutí. Nicméně skvělou zprávou je, že vůbec nikomu nepřijde lokalizační systém jako věc neužitečná.

V příští otázce jsem vyzval dotázané, aby se zamysleli nad tím, jakým způsobem by se dal tento produkt ještě vylepšit. Pokusím se tedy vybrat nejzásadnější z nich a okomentovat je. Asi nejčastěji se opakovalo slovo cena. Nikde v celém dotazníku není uvedena, a proto se domnívám, že je pro lidi těžké odhadnout, kolik takové zařízení vůbec může stát. Klasický poměr ceny a výkonu je u tohoto řešení zcela bezkonkurenční a proto má velkou šanci u

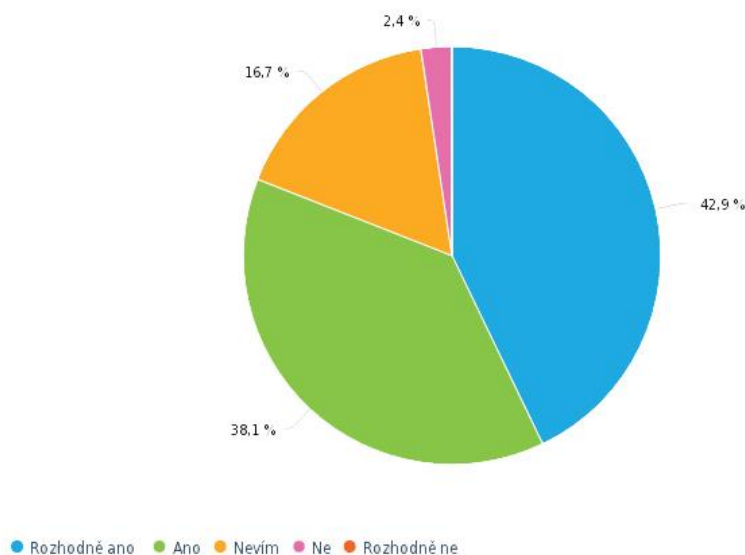
zákazníků uspět. Zajímavá byla také odpověď: „Kreativně-animované video, vysvětlující danou problematiku s konkrétním příkladem v praxi.“ Všechny dodatečné propagační materiály budou pochopitelně vypracovány později, firma DEVELICT Solutions s.r.o. si je vědoma toho, že se jedná o velmi specifické zařízení, se kterým je zákazníka nejprve potřeba seznámit.

Nakonec bych si dovilil vybrat odpověď, která se dotazuje na možné využití RFID lokalizace k monitorování docházky pracovníků. Ano, tuto službu zařízení samozřejmě nabízí a je jednou z jeho hlavních funkcí. V další otázce jsem zúčastněným ukázal vizualizaci finálního krytování a požádal je o hodnocení jejich celkového dojmu pomocí 1-5 hvězdiček. Výsledek 4,3 z celkových pěti považuji za nadprůměrný.



Obr. 9 Graf 4.

V předposlední otázce jsem se zeptal, jestli by tento produkt doporučili ostatním. Ve většině případů, jsem se dozvěděl, že ano, což považuji za potěšující informaci.



Obr. 10 Graf 5.

V závěru dotazníku jsem dotyčné požádal o uvedení jejich pracovní pozice. Složení bylo přibližně toto – Jednatel společnosti 17x, jiný vedoucí pracovník 15x, pracovník z oboru zdravotnictví 6x a pracovník letiště 4x. Obecně z výzkumu tedy vyplývá, že o RFID lokalizátor je poměrně velký zájem a je určitě smysluplné se vývoji takového zařízení věnovat.

II. PRAKTICKÁ ČÁST

3 VÝVOJ RFID LOKALIZAČNÍHO ZAŘÍZENÍ

Finální formu tohoto RFID lokalizačního systému jsem vyvíjel ve spolupráci s firmou DEVELICT Solutions s.r.o. Praha (zastoupena panem Jiřím Prokešem), o technologickou část zařízení se starala řada specialistů z oboru telekomunikací a elektroniky z ČVUT v Praze a mým úkolem bylo postarat se o konečnou estetickou a částečně i funkční stránku produktu. Díky tomu, že o tento lokalizátor již v jeho raných stádiích projevil zájem množství komerčních institucí se firma DEVELICT Solutions s.r.o. rozhodla ho přivést do sériové výroby. Jedná se o vysoce inovativní zařízení, které svým řešením předčí mnohé své konkurenty. Celkové pojetí koncepce tohoto produktu je absolutně unikátní a čistě funkční. V reálném provozu musí být schopno dlouhodobě odolávat povětrnostním vlivům a přitom neztratit nic ze své přesnosti lokalizace.

3.1 Obecná specifikace

Technické řešení se týká systému pro lokalizaci zdrojů elektromagnetického pole, zejména aktivních elektronických identifikačních prvků, s využitím senzorů distribuovaných ve sledované oblasti, způsobu lokalizace a vizualizace analyzovaných zdrojů [8]. Využití systému je zacíleno především na označování postižených osob při řešení zásahů operací krizového řízení a odstraňování následků hromadných neštěstí. Mezi další vhodné aplikace se řadí také využití pro lokalizaci pracovníků v objektech se zvýšeným zájmem dohledu nad výskytem osob v definovaných perimetrech.

RFID lokalizátor je systém, který umožňuje lokalizovat řádově stovky aktivních RFID tagů (elektronické identifikátory - „visačky“) umístěných v oblasti do cca 1 km² pro otevřený prostor a zobrazovat jejich polohu či pohyb v mapových podkladech. Sestává se z několika RFID přijímacích stanic, aktivních RFID tagů a výpočetního systému.

Systém RFID lokalizátorů umožňuje identifikovat oběti katastrof či zraněné osoby v definované oblasti. Systém zpracovává přenášené signály a do podrobné mapy zobrazuje v reálném čase polohu tagů, kterými jsou označeny oběti katastrofy či ranění. Řešení umožní optimalizovat postup záchranných prací a zároveň minimalizovat čas potřebný k záchraně, a to i v situaci, kdy jsou standardní komunikační systémy v důsledku katastrofy mimo provoz.

3.2 Konstrukce a obrazová dokumentace

Vnitřní konstrukce je zhotovena převážně z plošných dílů, které vznikly vyříznutím z několika deskových materiálů. Základem této kostry je duralový plát tloušťky 10 mm, který ve finální podobě ponese vnitřní tělo i jeho opláštění (odborně nazýváno jako tzv. radom). Tento prvek bude připevněn čtyřmi šrouby (\varnothing 5mm) k anténnímu třmenu (Obr. 11) a ten dále k anténní konzoli (Obr. 12), kterou je možno dle potřeby uchytit na střeše, či zeď budovy. Část nesoucí sběrnice elektromagnetického signálu (tvarově připomínající kvítky - viz obr. 13) je vyrobena ze speciálního skelného laminátu typu FR4. [9] Ten se vyznačuje především minimální teplotní roztažností a vysokou tuhostí i v tenkých vrstvách. Teplotní roztažnost, sehrála při vývoji tohoto lokalizátoru opravdu velmi důležitou roli. V případě, že by „kvítky“ s teplotou měnily svou pozici, pak by byla výrazně ovlivněna přesnost měření. Z těchto důvodů je laminátová konstrukce zevnitř podpořena důmyslným systémem vzpěr, které zlepšují celkovou tuhost a znemožňují tak jakýkoliv pohyb vnitřního těla. V jeho útrobách se skrývají vodiče, které napájí jednotlivé kvítky a níže je rovněž umístěn tištěný spoj s nezbytnou elektronikou. Ve zbylém prostoru je situován napájecí zdroj celé soustavy, jež je společně s tištěným spojem fixován k duralové podložce několika dalšími šrouby.



Obr. 11 Anténní třmen



Obr. 12 Anténní konzole

Při tvorbě designu krytování jsem nejprve počítal s přišroubováním vnějších dílů k vnitřní kostře, jak se ale později ukázalo, od tohoto řešení jsem byl nucen odstoupit. Hlavním důvodem byla zmíněná rozdílná teplotní roztažnost obou materiálů. Kvůli tomuto zjištění byla koncepce opláštění lehce pozměněna. Jediné pevné místo, kde roztažnost materiálu u tohoto RFID lokalizátoru nehraje tak důležitou roli, je ona spodní duralová deska. K ní lze kryt připevnit poměrně pevně, a tím se mi otevřela možnost navrhnout ho samonosným způsobem, který by se v žádném bodě pevně nedotýkal sběrnic RFID signálu.



Obr. 13 RFID lokalizátor – vnitřní tělo

3.2.1 Biologická ochrana – odpuzování ptactva

Jedním z poměrně nevšedních problémů, které bylo při vývoji radomu potřeba vyřešit, je odpuzování ptáků. Vnější krytování, přiznejme si, vzdáleně připomíná bidýlko pro všemožné druhy opeřenců. Nicméně v případě, že si na lokalizátor sedne třeba takový holub, hrozí v nejlepším případě výrazné narušení příchozího signálu, a o dost horším důsledkem jednostranného zatížení může být dokonce i přelomení celé konstrukce. Na tento problém jsem chtěl původně reagovat pouhým zostřením horní hrany krytování, která by menším ptákům zabraňovala v „obejmutí“ krytu jejich pařáty. Bohužel se tento návrh později ukázal jako nedostačující, jelikož nevyklučuje přistání větších druhů, kteří by se díky

své velikosti dokázali na radomu bez problémů udržet. Proto jsem byl požádán vedením týmu DEVELICT Solutions s.r.o. o nalezení řešení této potenciální hrozby. Musím přiznat, že tato zpráva mne původně nikterak nepotěšila, jelikož znamenala poměrně značnou změnu mého designerského návrhu. Abych se nějak vyhnul umístění hrotů na vrch krytování, pokoušel jsem se najít alternativní řešení, které by vycházelo přímo z koncepce opláštění. To se však z výrobních důvodů ukázalo jako nevhodné, jelikož přehnaným protažením plastového materiálu by mohlo dojít k jeho protržení během vakuového tvarování.

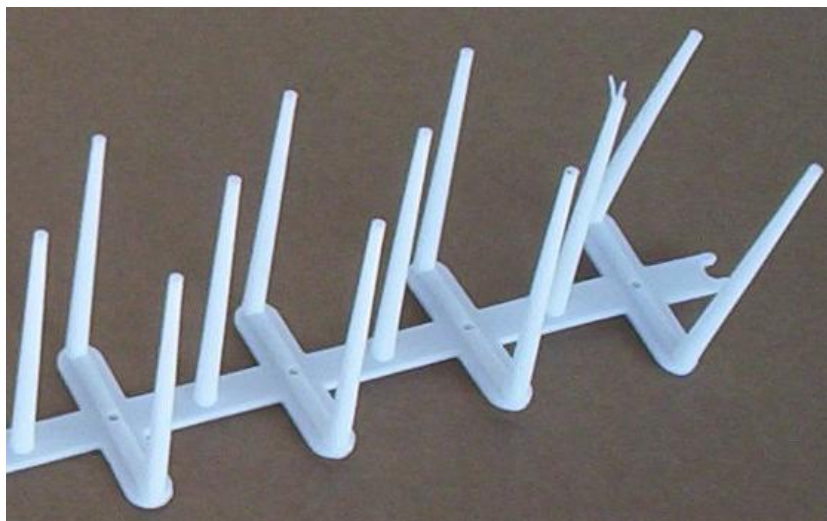
Ve světle nových zjištění, jsem tedy začal řešit a prověřovat teoretickou variantu s hroty přilepenými na horní ploše radomu. Tyto plašicí systémy jsou povětšinou určeny pro umístění na římsách budov a z důvodu minimalizace ceny jsou vyráběny z kovových materiálů. Faktem však je, že umístěním kovových komponentů do oblasti nad sběrné „kvítky“ lokalizátoru, bych zcela znemožnil jejich správné fungování. Bezpodmínečně jsem proto musel sehnat hroty plastové, které by se nacházely v rozumné cenové relaci a zároveň odolávaly povětrnostním podmínkám. V jednu chvíli jsme si dokonce mysleli, že si podobné hroty budeme muset začít vyrábět sami. Po několika dnech se ovšem domněle podařilo nalézt, přesně to co jsme potřebovali (Obr. 14).



Obr. 14 Hroty proti ptactvu - transparentní

Tyto hroty jsou vyrobeny z pevného, silného a trvanlivého polykarbonátu - odolného proti UV-záření a vlivům počasí [10]. K tomu jsou také transparentní, což by eliminovalo míru

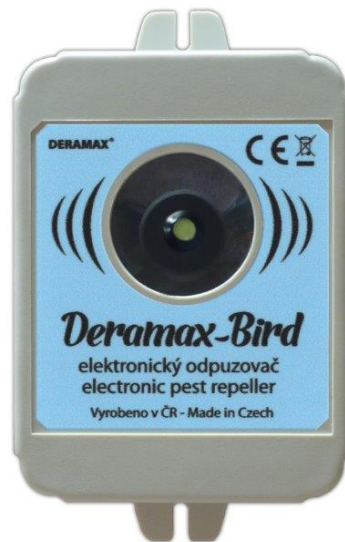
degradace konečného vzhledu zařízení. Velkým problémem ale je jejich poměrně vysoká cena. Proto jsem hledal dál a našel variantu druhou. Sice méně vizuálně atraktivní, ale mnohem levnější a přitom stále funkční. (Obr. 15)



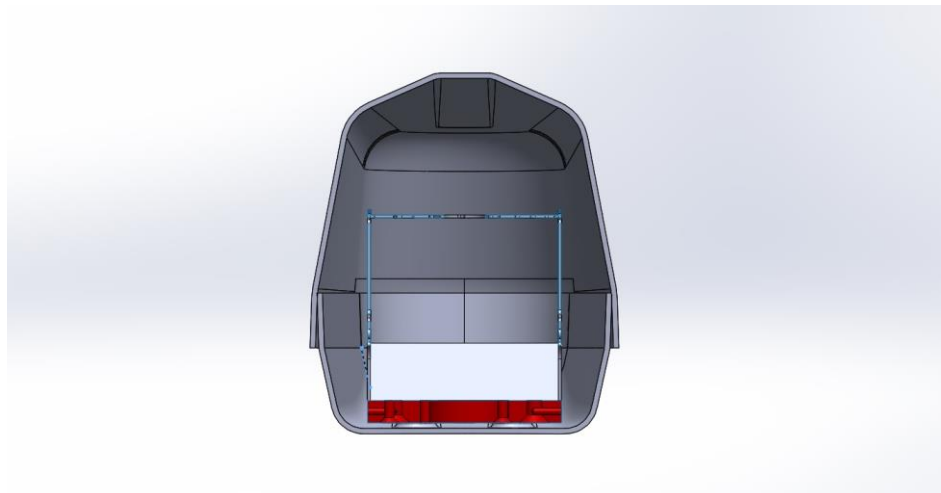
Obr. 15 Hroty proti ptactvu - bílé

Po nějakou dobu, jsem nalepení plastových hrotů na hřbet krytování, považoval za nejlepší možné řešení. Nebyl jsem s ním však v žádném případě vnitřně spokojený a proto jsem přemýšlel například i o chemickém odpuzování ptáků. Zjišťoval jsem, zda neexistuje nějaký nátěr, který by je odpuzoval. Až jednoho dne jsme při konzultaci s představiteli firmy DEVELICT Solutions s.r.o. dospěli k překvapivě jednoduchému a elegantnímu řešení celého problému. Ultrazvuk. Zvířata obecně slyší jinak než lidé, kupříkladu zvuk o velmi vysoké frekvenci, který je pro nás neslyšitelný, na ně působí dosti nepříjemně. Technika odpuzování ptactva ultrazvukem, jak jsem později zjistil, se velmi hojně používá například ve Spojených státech. Frekvence zvuku se u těchto zařízení pohybuje mezi 10-20 kHz [11]. Po určitém čase se frekvence mění, aby si ptáci případně nemohli na ultrazvuk zvyknout. V případě radomu by šlo o umístění malého reproduktoru do útroby krytování. Nákupní cena tohoto typu reproduktoru není nikterak vysoká a energetický odběr, i v delším časovém horizontu, je skoro zanedbatelný. Zvuk by byl slyšitelný jen v okruhu několika metrů od samotného lokalizátoru a neobtěžoval by tak ostatní živé tvory. Dle zahraničních studií by tento způsob velice šetrného plašení ptactva, měl fungovat na 100% (Obr. 16). Jelikož jsem si tuto skutečnost ještě neměl možnost ověřit osobně, ponechal jsem raději, po domluvě

s firmou DEVELICT Solutions s.r.o., na vrchním dílu krytování zploštěný hřbet, na který by v případě potřeby bylo stále možné nainstalovat ony plastové hroty. (Obr. 17)



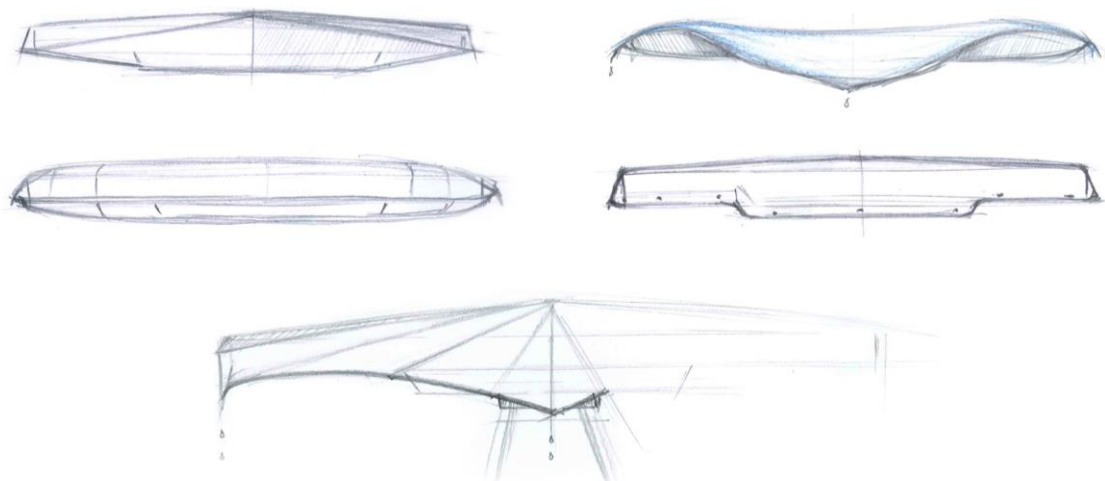
Obr. 16 Ultrazvukový plašič ptáků



Obr. 17 Řez radomem

4 POČÁTEČNÍ NÁVRHY V KRESEBNÉ FORMĚ

V prvotním stádiu navrhování, jsem se věnoval spíše experimentálnímu pojetí tvaru, nezapomínal jsem zohledňovat veškeré technické parametry zařízení, nicméně hledal jsem novou, neotřelou cestu.



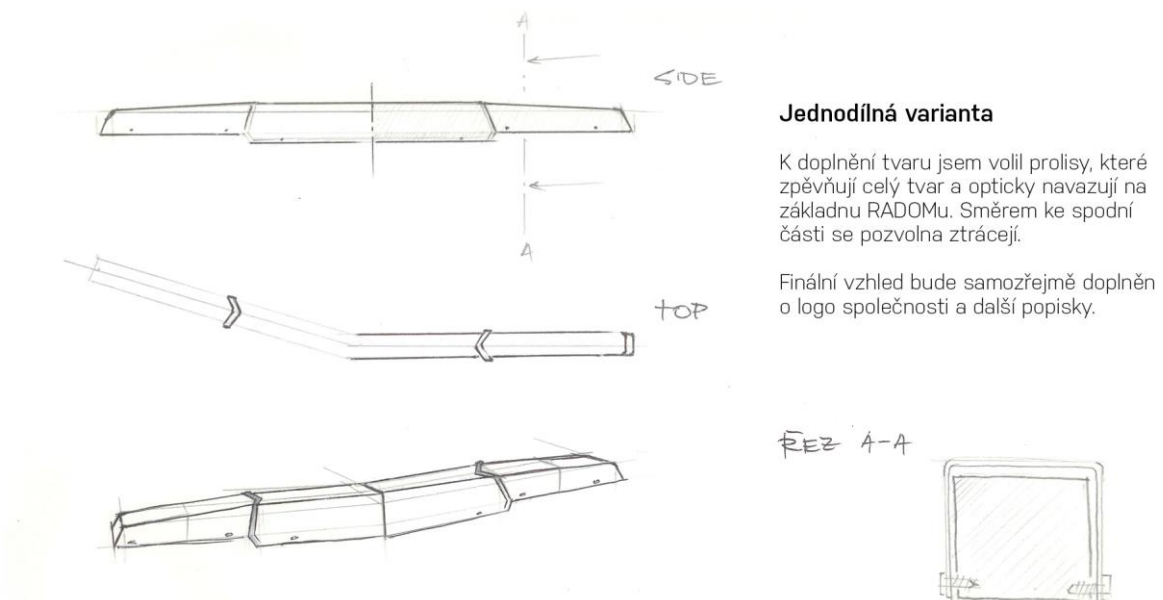
Obr. 18 Tvarové studie

Při práci mne z počátku inspirovala především technologie STEALTH, ta by se česky dala vysvětlit jakožto způsob tvarování objektů, znesnadňující jejich radarové zaměření. Vyznačuje se hladkými, zkosenými plochami, které špatně odráží radiové vlny. Těchto tvarů si můžeme povšimnout především u některých amerických stíhacích letounů, vrtulníku nebo dokonce i lodí. (Obr. 19) Osobně vnímám jejich čistě funkční vzhled velmi pozitivně, evokuje jednoduchost a čistotu tvaru, dodává určitou dávku agresivity a přitom působí odlehčeným dojmem. Jelikož RFID lokalizátor funguje na podobném principu, přišla mi tato tvarová filozofie poměrně příhodná. Částečně by řešila i problém s odtokem vody a zároveň by se použitím jednoduchých ostrých hran do jisté míry zjednodušila výroba finálního krytování. Dalším zdrojem inspirace bylo pro mne svítidlo EYRY rakouského designéra Thomase Feichtnera, ten velice striktním propojením prostorových linek vytvořil opticky vyvážený tvar, jenž připomíná krystal. (Obr. 19) Ve světle těchto děl jsem začal vytvářet různá tvarová řešení, ovšem stále jsem měl pocit, že k úplně správnému porozumění dané problematiky bych si měl více prostudovat tvarosloví současných příbuzných produktů. Proto jsem se v relativně velké míře inspiroval rotačními lodními radary. (Obr. 19) Ty svým tenkým tělem vizuálně připomínají RADOM, avšak postrádají jakoukoli tvarovou

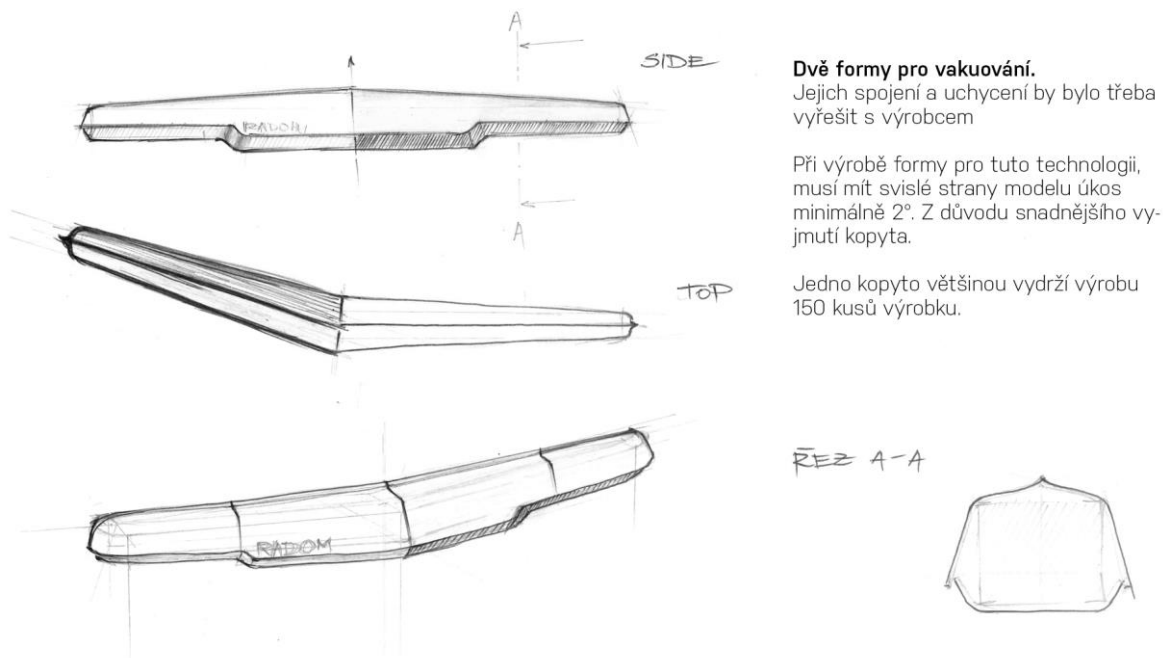
gradaci. Ta je dle mého názoru nesmírně důležitá, propůjčuje produktu eleganci a jakýsi „švih“. Po konzultaci s konstruktéry a ujištění se, že svažitost horních stěn nebude narušovat tok elektromagnetických vln, jsem firmě DEVELICT Solutions s.r.o. představil následující kresebné návrhy.



Obr. 19 Inspirační zdroje



Obr. 20 Kresebná varianta 1

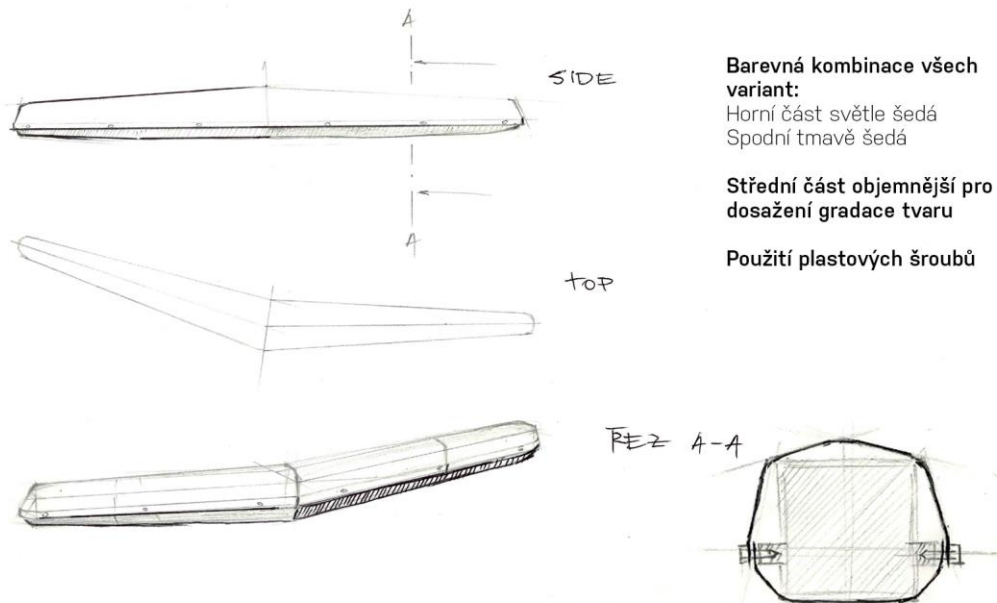


Dvě formy pro vakuování.
Jejich spojení a uchycení by bylo třeba vyřešit s výrobcem

Při výrobě formy pro tuto technologii, musí mít svislé strany modelu úkos minimálně 2°. Z důvodu snadnějšího vyjmutí kopyta.

Jedno kopyto většinou vydrží výrobu 150 kusů výrobku.

Obr. 21 Kresebná varianta 2



Barevná kombinace všech variant:
Horní část světle šedá
Spodní tmavě šedá

Střední část objemnější pro dosažení gradace tvaru

Použití plastových šroubů

Obr. 22 Kresebná varianta 3

Zástupcům firmy se hned na první pohled zalíbila poslední, třetí varianta. Její puristické pojetí významně zjednodušuje výrobu (i přesto, že použitím dvoudílného krytování zvyšuje vstupní náklady při frézování forem). Jak je zřejmé z řezu, původním plánem bylo uchytit

krytování několika plastovými či nerezovými šrouby, z této varianty však časem sešlo. Zadávatelé se zároveň shodli, že mnou zvolená barevná kombinace je pro tento typ krytování velmi výhodná. Jelikož, jak už jsem zmiňoval dříve, světlá barva horního dílu snižuje míru zahřívání opláštění během slunečných letních dní. Osobně s jejich výběrem plně souhlasím.

Pro doplnění bych si dovolil dodat krátký technický poznatek. Při výběru barev radomu jsem se dozvěděl, že černý plast není pro krytování antén vhodný, jelikož může obsahovat velké procento sazí. Ty jsou velmi bohaté na uhlík, který je vodivý a proto může docházet k rušení signálu.

5 VIZUALIZACE FINÁLNÍHO DESIGNERSKÉHO NÁVRHU

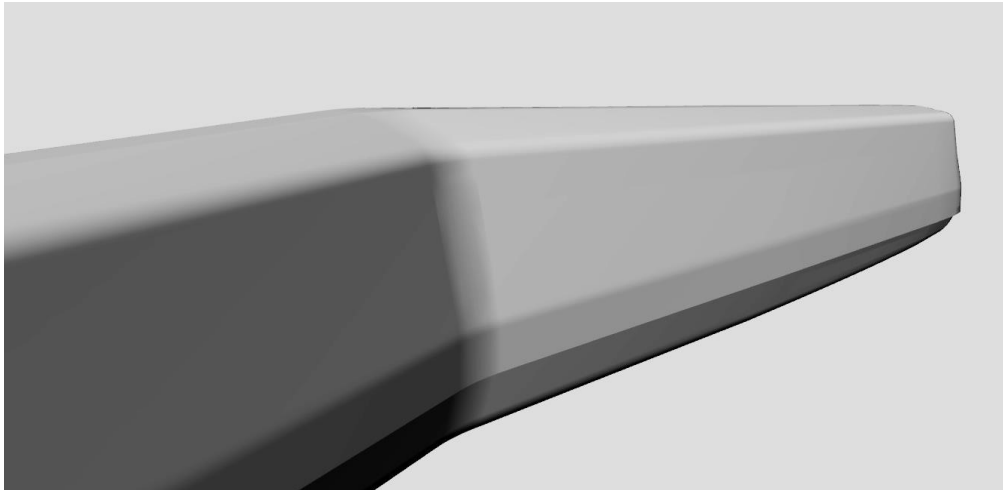
5.1 3D Vizualizace

Bezprostředně po schválení kresebných návrhů jsem se pustil do 3D modelování. K tomu jsem nejprve využíval software Rhinoceros 5.0. V němž jsem vytvořil zkušební tvar, abych si předem ověřil některé modelářské postupy a byl schopen odhadnout dobu trvání celého procesu. Dále jsem na model aplikoval vhodné materiály a rozmýšlel, jak budu postupovat dál.

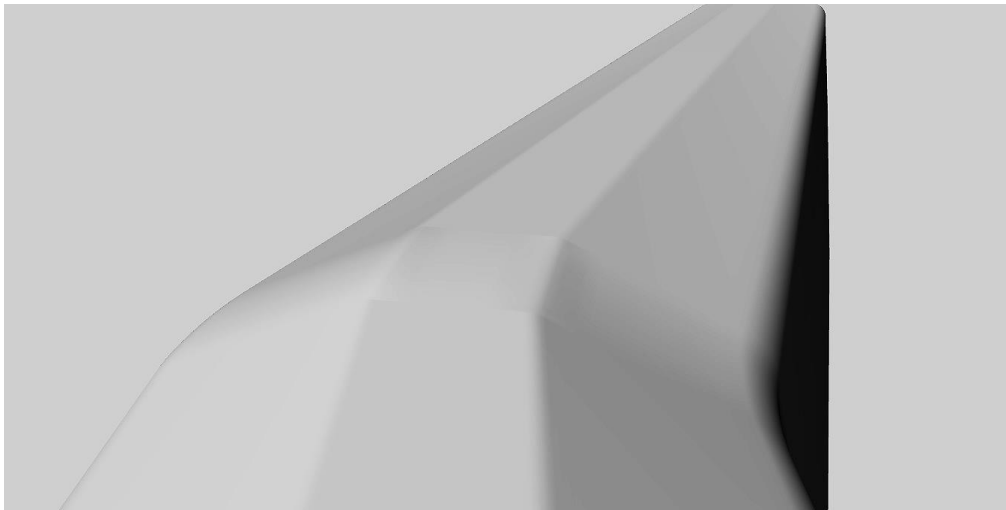


Obr. 23 Prvotní vizualizace

Krátce na to, jsem od kolegů obdržel 3D data vnitřního těla, okolo kterého jsem postupně začal vytvářet síť z prostorových křivek. Jejich přesné umístění mi samozřejmě nějakou chvíli zabralo, jelikož jsem se snažil celý tvar co nejlépe opticky a konstrukčně vyvážit. Problém ovšem nastal při napojování obou křídel po zrcadlení. Plochu mezi oběma profily bylo totiž nutné velmi přesně deformovat v několika směrech. I přes mou dlouhotrvající snahu a konzultaci s panem akademickým sochařem Ondřejem Podzimkem, se mi nepodařilo zmíněnou oblast zcela vyhladit. Ve střední části radomu bylo stále znatelné jemné prohloubení, které plynule nenavazovalo na zbytek krytování (Obr. 24). S nepřesnostmi jsem se potýkal i v místě střetu obou hřbetů (Obr. 25).



Obr. 24 Nedokonalost spoje bok

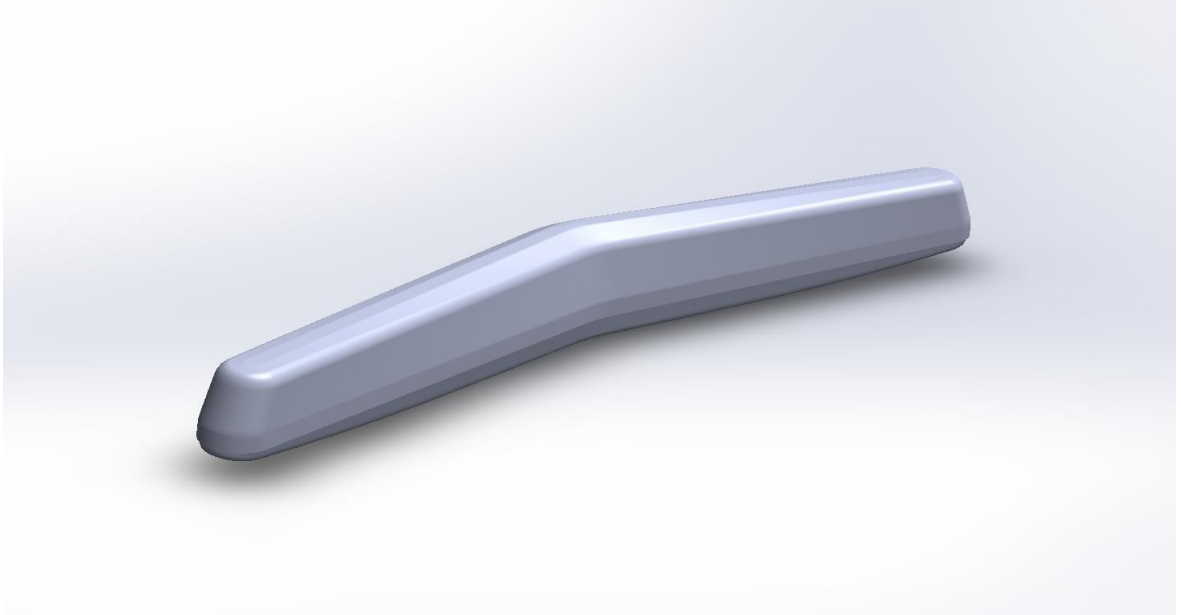


Obr. 25 Nedokonalost spoje hřbet

5.2 SolidWorks

RFID lokalizátor bude v praxi nejčastěji instalován do exteriéru. Z toho důvodu jsem považoval za nezbytné, provést u něj aerodynamickou analýzu, pro kterou se většinou využívá program SolidWorks. Avšak bohužel pro mne, se tento software nezdál být schopen nasimulovat průběh proudění okolo importovaných těles z programu Rhinoceros. Poprosil jsem tedy o radu dalšího z vyučujících, pana Ing. Jaroslava Malocha, CSc. Ten mi po několika pokusech potvrdil, že vzhledem k nepřesnostem modelu z programu Rhinoceros a z důvodu následné proveditelnosti aerodynamické analýzy, bude asi nejrychlejší celý model vytvořit znovu od začátku v programu SolidWorks. V něm jsem však ještě nebyl příliš zblhlý a samotné modelování mi zabralo mnohem více času. Tímto bych také rád poděko-

val mému spolužákovi BcA. Rostislavu Zapletalovi za velmi cenné rady. Každopádně výsledek, kterého jsem po přibližně dvouměsíčním snažení dosáhl, stál za to. Vznikl perfektně navazující, vyvážený, elegantní tvar, který ve všech ohledech splňoval moje představy.

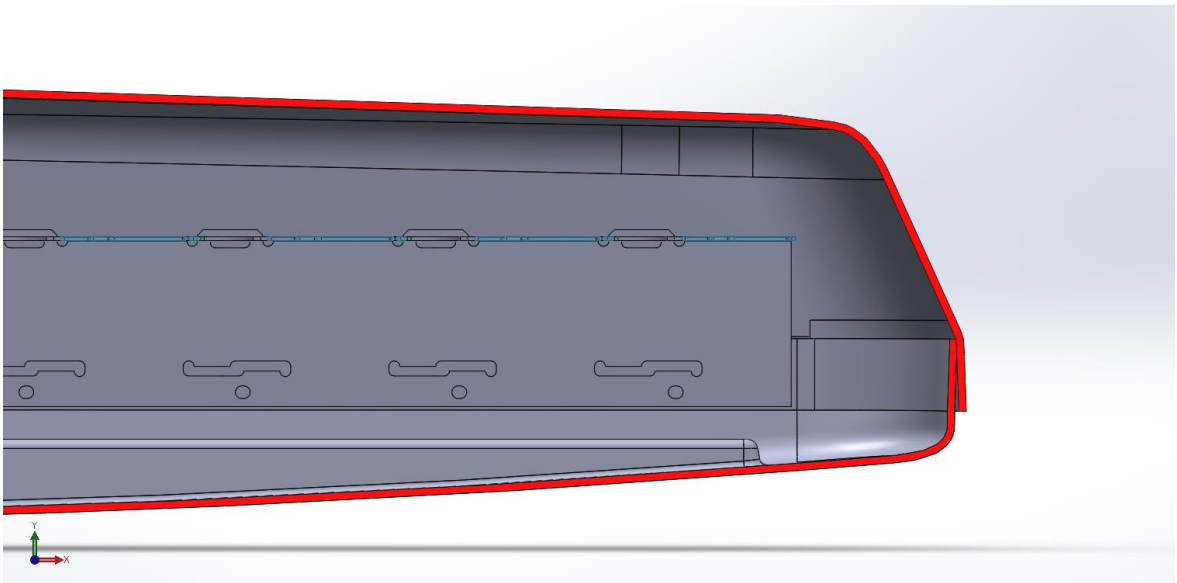


Obr. 26 Model SolidWorks

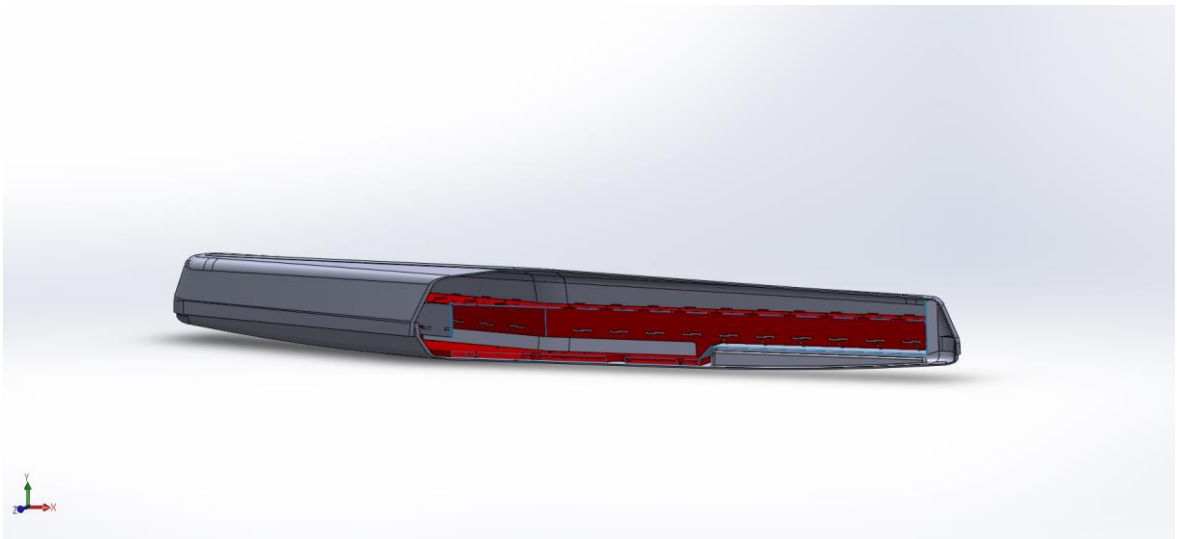


Obr. 27 Vizualizace materiály

Tento model již zohledňoval veškerá výrobní a konstrukční kritéria. Jedním z nich bylo dostatečné spojení horního a spodního dílu, u kterých bylo nutné co nejvíce zarovnat jejich dosedací plochy (Obr. 28). Toto zarovnání je 20 mm dlouhé, a z důvodu snadnějšího vyjímání vakuovací formy se oba díly jakoby „otevírají“ pod úhlem 2° . Díky tomuto zkosení do sebe zapadnou, a vnitřní pnutí materiálů by mělo přispět k celkové tuhosti spoje. Vzniklá dutina se následně už jen zalije lepidlem.

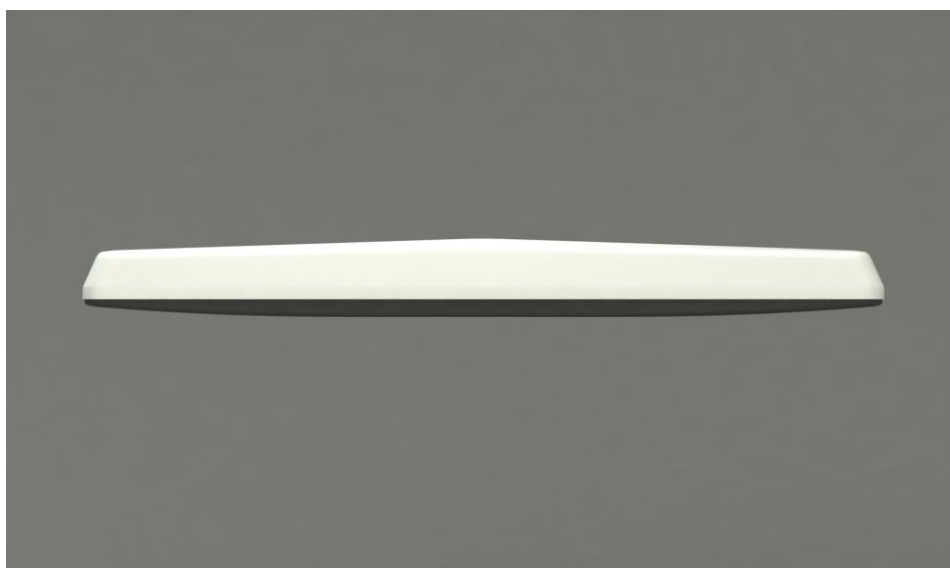


Obr. 28 Řez spoje



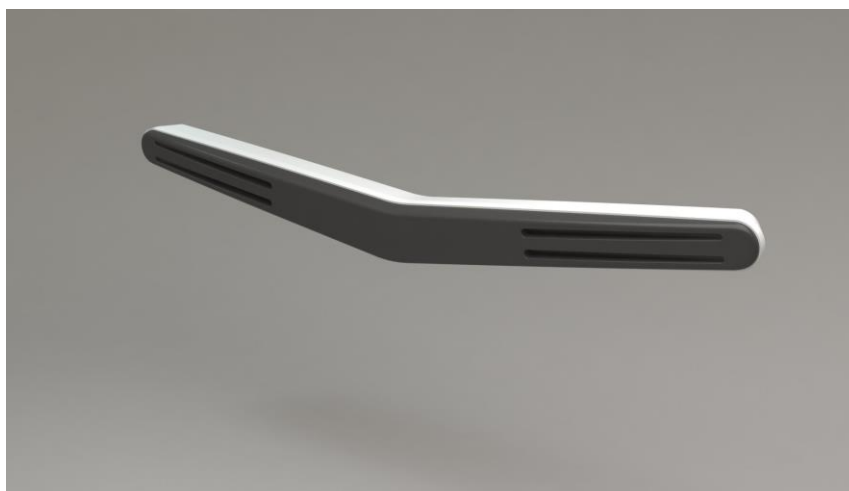
Obr. 29 Řez podélný

Relativně dlouho jsem se také zabýval mírou gradace tvaru. Týmovými kolegy z firmy DEVELICT Solutions s.r.o. jsem byl upozorněn na fakt, že přílišné zvýšení tvaru, ve střední části, by mohlo mít vliv na prostupnost signálu. Hledal jsem tedy nějaký kompromis, který by zachovával poměrně nízkou celkovou výšku, a přitom vnější krytování dostatečně vizuálně dynamizoval.



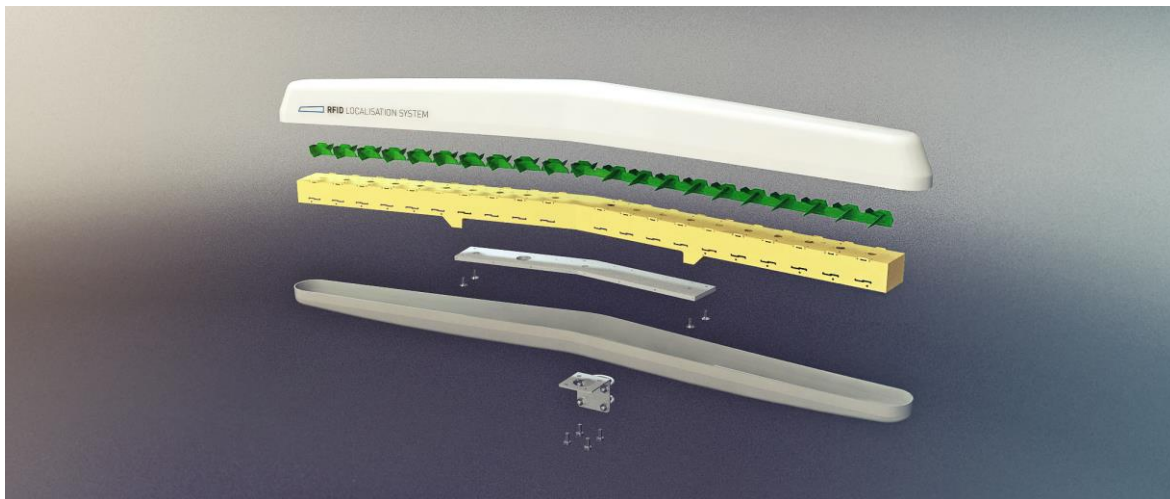
Obr. 30 Boční pohled

Mimo jiné jsem si kladl za cíl, celou konstrukci udělat co nejpevnější. Jelikož spodní díl musí být schopen unést díl horní a to i v případě mírného zatížení, např.: sněhem. Pro zpevnění nejvzdálenějších konců spodního dílu jsem jej tedy doplnil o dva podélné prolisy, které zároveň vymezují pozici duralové základny vnitřního těla. Tyto prolisy nejsou výrobně nikterak náročné a krytování radomu dodají potřebnou tuhost.



Obr. 31 Spodní pohled

5.3 Finální vizualizace



Obr. 32 Rozložený pohled



Obr. 33 Vizualizace zemětřesení



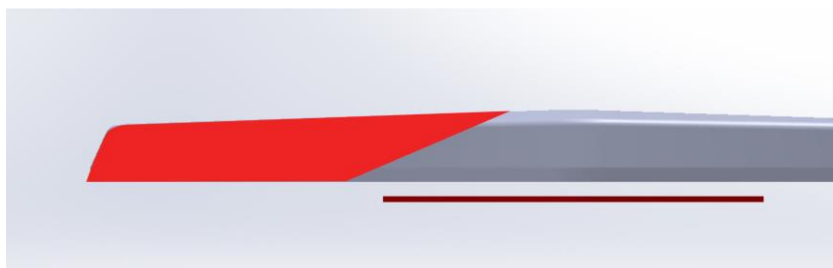
Obr. 34 Vizualizace letiště

5.4 Grafika

Dalším z mých úkolů byl návrh polepu RFID lokalizačního zařízení. Jelikož se počítá s prodejem i v zahraničí, tak jsem byl požádán abych krytování opatřil nápisy „RFID localisation system“ a „Made in Czech republic“. Samotné zařízení nemá žádné své vlastní logo či specifické pojmenování, proto tedy záviselo jen a jen na mně, jak bude finální provedení vypadat. Užití holého textu, třebaže v zajímavém řezu, mi nepřišlo dostačující, tudíž jsem před něj umístil jednoduchý emblém. Ten modrou barvou koresponduje s logem firmy DEVELICT Solutions s.r.o., a je doplněn o text v barvě šedé – odpovídající spodnímu dílu krytování. Při tvorbě emblému jsem se zaměřoval především na to, aby opticky kopíroval boční siluetu samotného krytování lokalizátoru. (Obr. 33) Tím se celý popisek „RFID localisation system“ skoro až automaticky usadil do své pozice na levé straně horního dílu, kam kompozičně zároveň nejlépe zapadá (Obr. 34).

 **RFID LOCALISATION SYSTEM**

Obr. 35 Grafika



Obr. 36 Grafika tvar



Obr. 37 Grafika umístění

Použité písmo se nazývá DINPro, svým technickým ostrým řezem dle mého názoru dobře koresponduje s výrobkem a navíc mi poskytlo možnost jej velmi dobře odlišit na tučné a tenké. Naopak popisek „Made in Czech Republic“ až tak jednoduché umístit nebylo. Prvně jsem zamýšlel, že ho umístím zezadu na spodní část krytu. Abych se mohl snáze rozhodnout, prošel jsem si vzhled některých tvarově podobných produktů a došel k závěru, že nejlepší bude tento popisek umístit doprava na přední stranu. Tím se radom zároveň lépe opticky stabilizuje. Použito bude totéž písmo v tenkém řezu a stejné tmavě šedé barvě. Tyto popisky se nechají vyřezat na plotteru a následně se pomocí nanášecí fólie umístí na kryt lokalizátoru. Pokud by opláštění bylo třeba doplnit o další informace, navrhuji jejich nalepení na zadní stranu.

MADE IN CZECH REPUBLIC

Obr. 38 Grafika – Made in Czech rep.



Obr. 39 Umístění obou popisků

6 TECHNICKÁ DOKUMENTACE

6.1 Ergonomická studie

Pro toto konkrétní zařízení není třeba provádět ergonomickou studii, jelikož uživatel s ním nepřichází do fyzického styku. K manuální manipulaci dochází pouze při sestavení a instalaci zařízení a určené místo. Všechny komponenty vnějšího opláštění a uchycení jsou navrženy s důrazem na jednoduchost. Pro pracovníka, který bude provádět lepení obou kusů krytování, bude zhotovena pomocná předloha. Ta zajistí správné dosednutí obou dílů a tím zachová přesnou horizontalitu spoje. Zbylé kovové úchytné mechanismy vychází ze standardně vyráběných komponentů, k jejichž instalaci je zapotřebí pouze elementární sada nářadí.

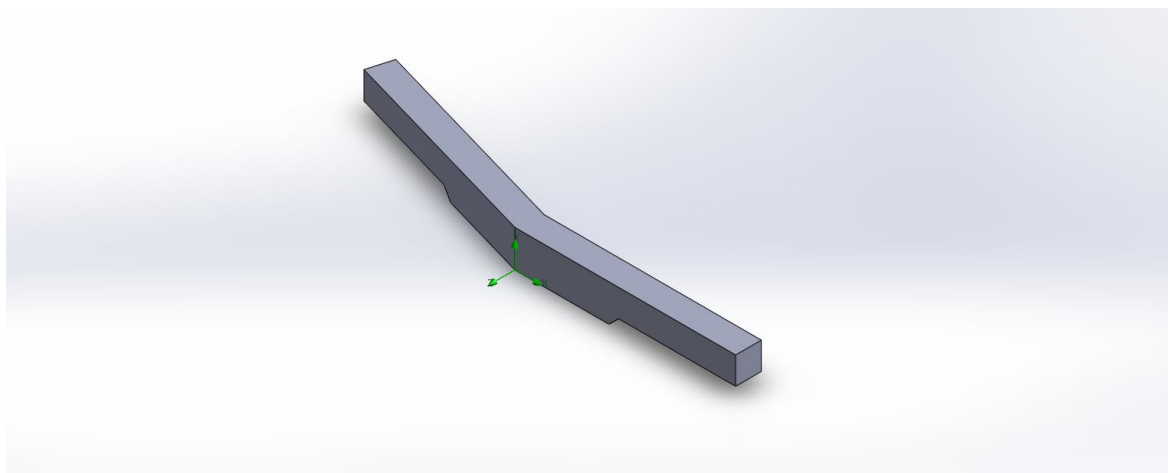
6.2 Aerodynamická studie

Aerodynamika je technický obor, který zkoumá obtékání plynů okolo těles. Při měření se většinou zaměřujeme na velikost odporové síly působící na plochu daného tělesa, ta je charakterizována následným uvedením součinitele aerodynamického odporu C_x . Aerodynamika jakožto věda má největší význam v letectví, automobilismu a architektuře, kde se hraje velice důležitou roli již během procesu navrhování [12]. První studie aerodynamiky se obecně datují do počátku 19. století, kdy byly prostřednictvím různých experimentů položeny základy letectví. Průběhem času se podařilo tyto jevy zachytit pomocí matematických vzorců, který vytvořily vědecký základ pro počítačové simulace ve virtuálních aerodynamických tunelech.

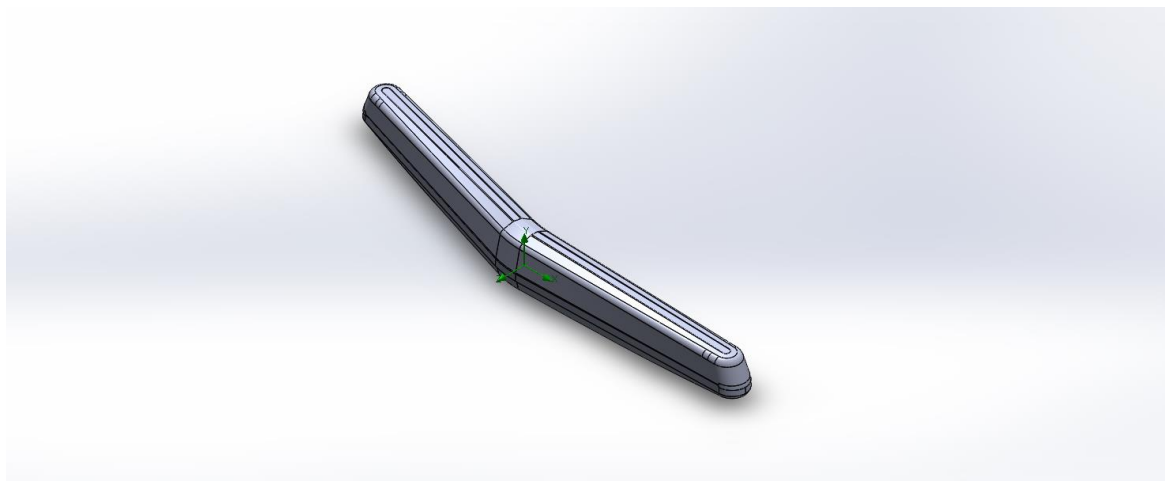
Obtékání těles probíhá různými způsoby, v každém případě však vytváří tlak na plochu daného tělesa – velikost toho tlaku závisí na rychlosti obtékání a tvaru obtékaného tělesa. Samotný tvar tělesa důležitým způsobem ovlivňuje směr okolního proudění. To rozdělujeme na:

- Laminární, ustálené proudění (dráhy částic se vzájemně nekříží, pouze se posouvají a nerotují.)
- Turbulentní, vířivé (trajektorie částic jsou roztočeny a kříží se)

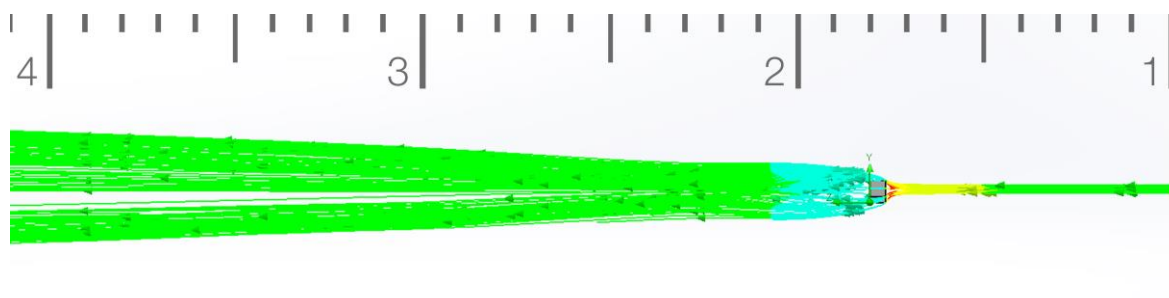
Pro co největší názornost aerodynamické analýzy radomu, jsem se rozhodl, že při stejném nastavení programu porovná simulaci pro původní hranaté krytování a jeho novou, upravenou verzi. Původní krytování, tvořené ohýbaným deskovým materiálem (Obr. 36) sloužilo pro pracovní a testovací účely. Toto řešení nebylo možné za žádných okolností dlouhodobě aplikovat v exteriéru. Jeho plochá horní část nezajišťuje dostatečný odtok vody, čímž by v zimních měsících docházelo k tvorbě silné vrstvy námrazy a to by snížilo přesnost měření. Zároveň, jak je zřejmé z obrázku (Obr. 37), na svislé plochy tohoto typu krytování působí vysoký tlak, který by kvůli značnému turbulentnímu proudění v oblasti za radomem mohl způsobovat chvění celé konstrukce. Tomuto jevu se nový tvar opláštění snaží co největší měrou vyhnout. Jeho pozvolně zkosené hrany umožňují plynulejší obtékání vzduchu (obrázek) a spodní prolisy propůjčují vnějšímu tělu o něco lepší odolnost proti otřesům. Nicméně pomocí počítačových simulací je velmi časově náročné odhalit s úplnou jistotou, jestli se vzdálenější konce krytování pod náporom silného větru budou či nebudou chvět. Značný vliv na eliminaci těchto otřesů má proto tuhost uchycení spodní duralové desky ke střešní konzoli. Přece jen moment, který vzniká násobkem síly působící na šedesáti centimetrové rameno RFID lokalizátoru, je poměrně velký a základna ho musí být schopna vydržet. Provedením série testů později pochopitelně překontrolujeme pevnost celé konstrukce a v případě nežádoucích otřesů upravíme některé vnitřní komponenty. Na tyto úpravy jsou oba hlavní díly předem koncipovány a neměl by být problém veškeré nežádoucí pohyby odstranit.



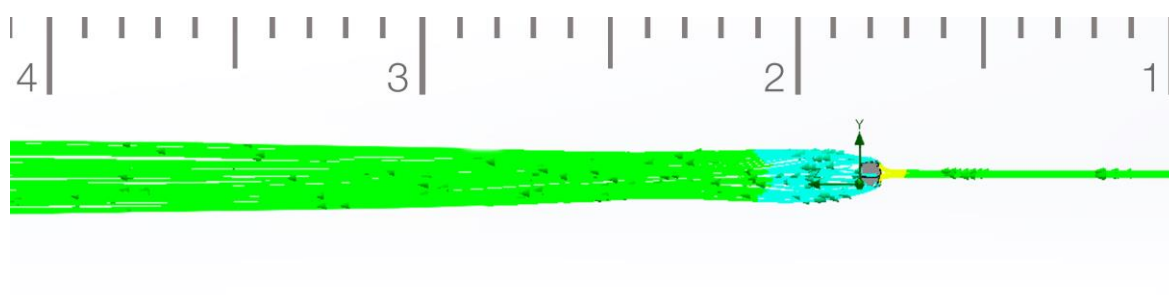
Obr. 40 Původní krytování



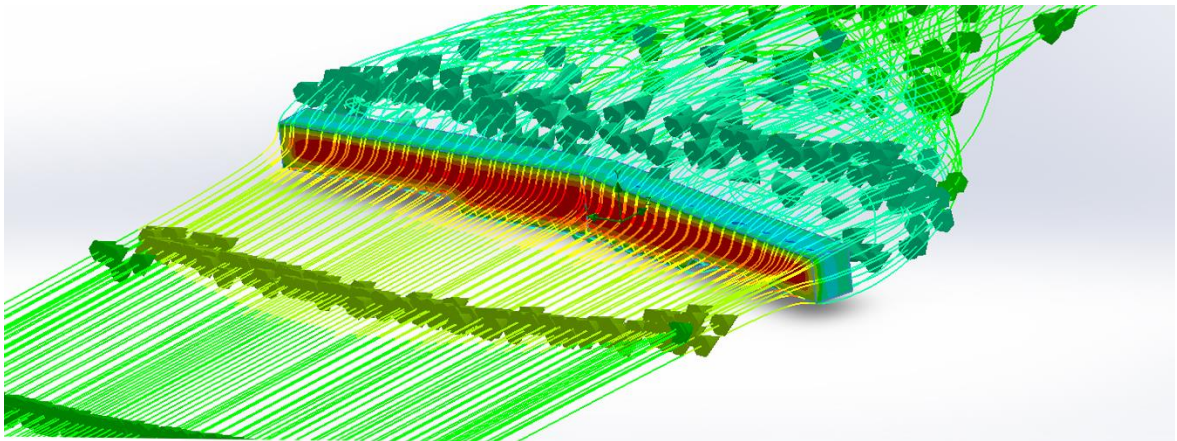
Obr. 41 Nové krytování



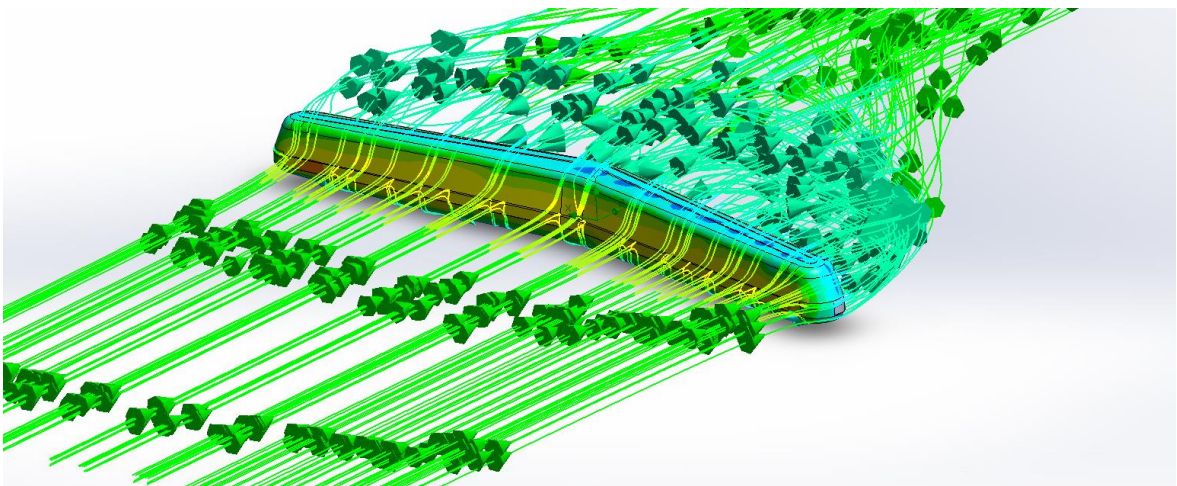
Obr. 42 Simulace proudění okolo původního krytování



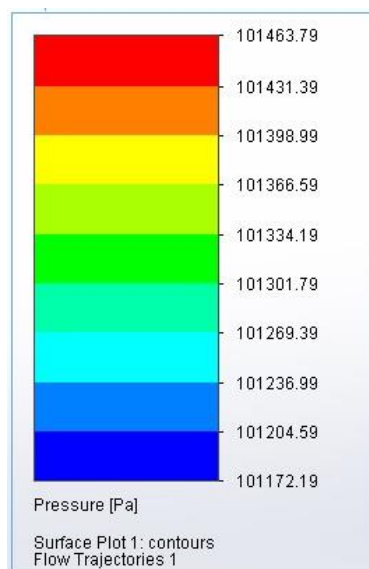
Obr. 43 Simulace proudění okolo nového krytování



Obr. 44 Původní krytování - tlak



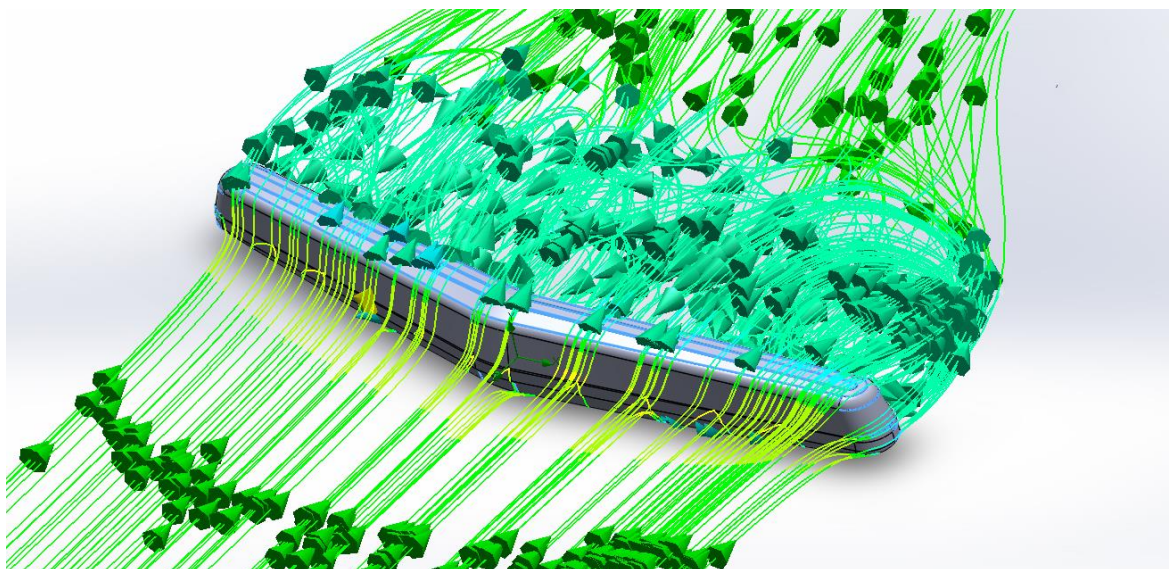
Obr. 45 Nové krytování – tlak



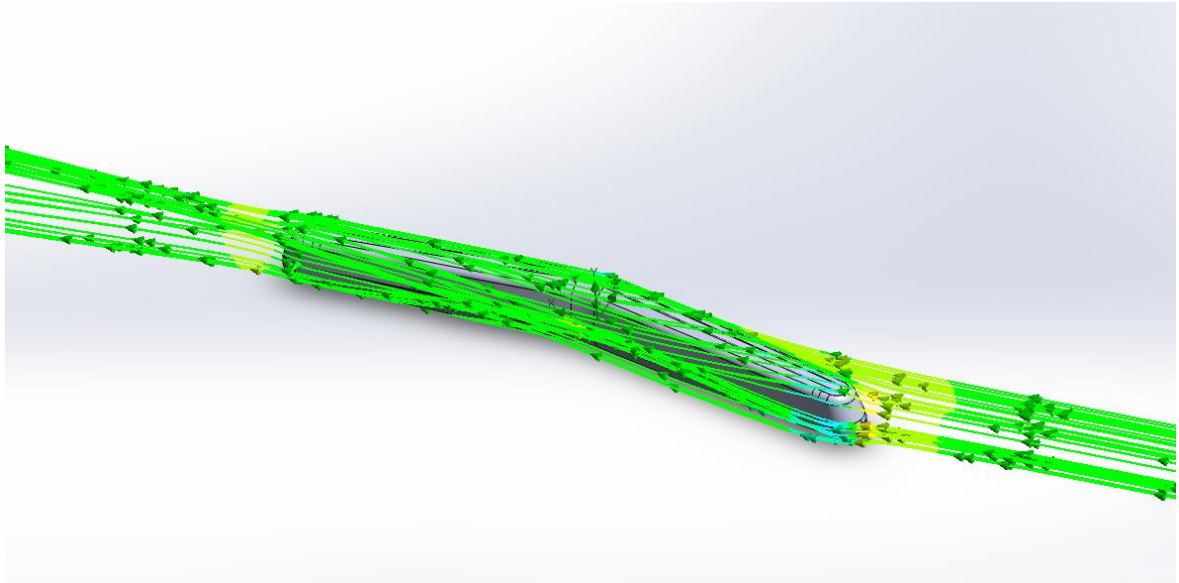
Obr. 46 Legenda - tlak

Jak je zřejmé z příložených obrázků, nové krytování lépe usměřňuje okolo proudící vzduch. Kapsa, která se za krytem tvoří v obou případech, se u nového řešení uzavírá dříve a tím potenciálně snižuje intenzitu turbulentního proudění, v jehož důsledku by se mohla celá konstrukce otřásat. V oblasti před hranatým krytovaním si také můžeme povšimnout výraznějšího zpomalení proudu vzduchu, které je vyznačeno červenou barvou. Zde dochází ke zvýšení tlaku na boční plochu krytování. Tento tlak se přes šrouby přenáší na anténní třmen a dále i na anténní konzoli. Nadbytečná síla, působící na různé tyto spoje může mít neblahý vliv na jejich pevnost a v důsledku únavy materiálu dokonce zkracovat jejich životnost.

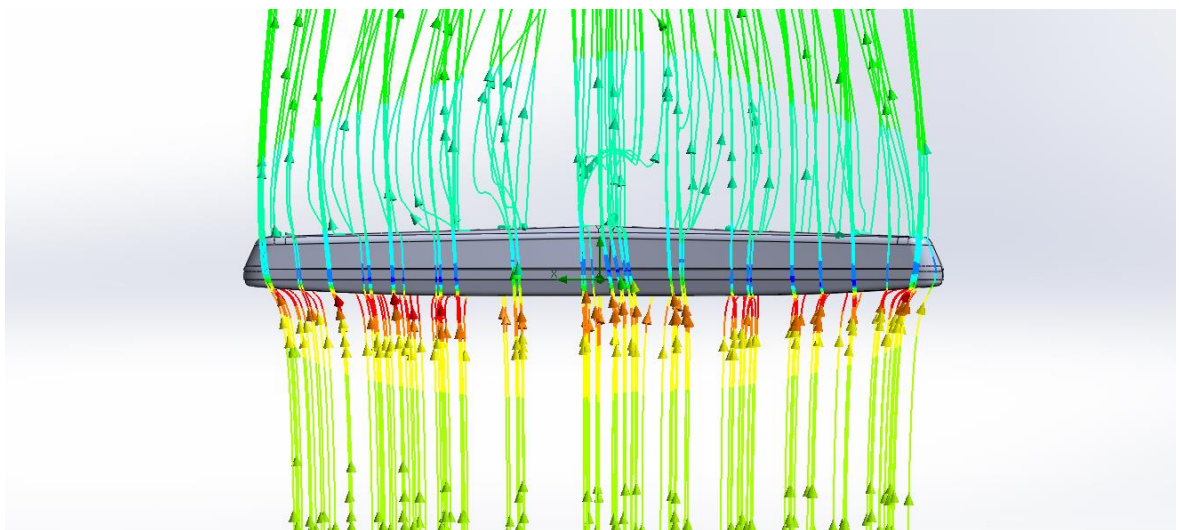
Pro doplnění mé představy o chování RADOMU v prostoru jsem v 3D programu Solid-Works provedl CFD simulace z několika dalších směrů.



Obr. 47 Aerodynamika - zadní strana



Obr. 48 Aerodynamika - boční



Obr. 49 Aerodynamika - spodní strana

6.3 Materiály a produkce

Nejspíše ani není třeba zdůrazňovat, že se RFID lokalizátor, jakožto velice specifické metrologické zařízení, nebude ročně vyrábět v tisícovkách exemplářů. Většinu budoucích zájemců představují větší firemní uskupení nebo státní instituce, pro které je pokaždé třeba vytvořit zcela individuální nastavení daného RFID systému. Proto se bude jednat spíše o malé, nepravidelné série, které je nezbytné vyrábět rychle a efektivně. Firma DEVELICT

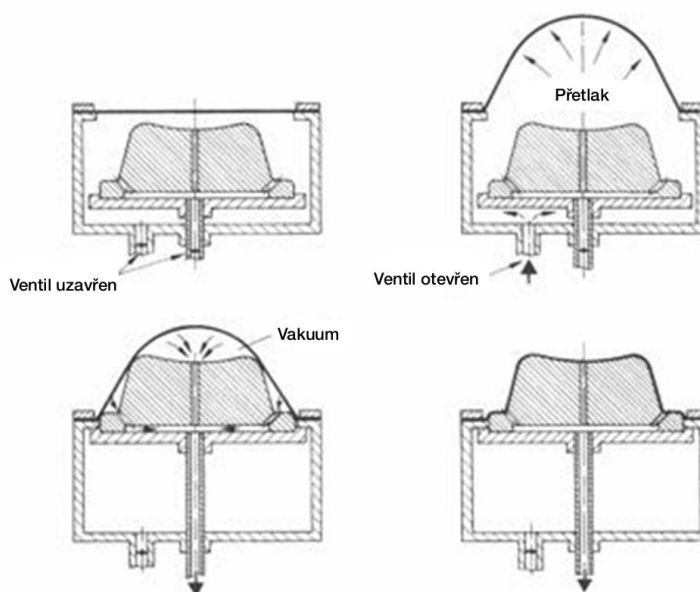
Solutions s.r.o. odhaduje svou roční produkci v řádově desítkách kusů. Proto bylo zásadní nalézt výrobní technologii, která nevyžaduje závratné vstupní náklady a přitom dosahuje velice kvalitních konečných výsledků. Asi nejdůležitějším hlediskem je skutečnost, že krytování nesmí v žádném případě narušovat průchod elektromagnetického vlnění. Z toho důvodu by se mělo jednat o zcela nevodivý materiál, pokud možno co nejhomogennějšího charakteru. Ten musí být zároveň odolný proti povětrnostním podmínkám a s ohledem na odtok vody či případnou tvorbu námrazy je potřeba docílit jeho nejhladší možné povrchové úpravy. Po konzultaci s několika odborníky na plastové a kompozitní materiály, jsem dospěl k závěru, že nejadekvátnější metodou výroby bude vakuové tváření termoplastů s tím, že oba díly krytování budou zhotoveny z UV stabilního ABS. Jedná se o tuhý, houževnatý průmyslový polymer, který je dle typu odolný proti nízkým i vysokým teplotám, je zároveň málo nasákavý a zdravotně nezávadný. [13]

6.3.1 Vakuové tvarování

Vakuovým tvarováním se zpracovávají fólie a desky od 0,3 až 6 mm. [14] Deskový materiál se využívá pro tužší výrobky o větších rozměrech, jsou to například čela ledniček, plastové mísy nebo některé interiérové komponenty automobilů. Principiálně dělíme vakuové tvarování na pozitivní a negativní. Oba zmíněné způsoby mají samozřejmě svá pro a proti. Důležitým faktorem je však skutečnost, že k vytvarování výrobku není zapotřebí dvoudílné formy – druhý díl je v tomto případě totiž zastoupen podtlakovým prostředím. Tento způsob setří zadavateli velké množství vstupních nákladů a urychluje vývoj produktu. Proces začíná vložením předpřipravené formy do vzduchotěsné komory stroje. Nad tuto komoru se umístí zvolený deskový materiál, který se upne do rámu. Následným zapojením topného tělesa materiál rovnoměrně přehřejeme na stanovenou teplotu a posunem formy zesponu nahoru jej přes ni přetáhneme. Poté se nátrubkem odsaje všechen přebytečný vzduch, který ovšem smí unikat malými odsávacími dírkami v nejhlubších místech formy. Tím deskový materiál zcela dosedne na díl a získá požadovaný tvar.

Velikost odsávacích otvorů nesmí přesáhnout 0,5 mm, jinak by byly na konečném výlisku viditelné. Pokud chceme materiál tvarovat do větších hloubek, je lepší používat pozitivních forem, které ale jen stěží zachovávají detaily. Nicméně v tomto případě nedochází k příliš výraznému ztenčení původního materiálu. Naopak negativní forma je vhodná pro výrobky, u kterých je třeba zachovat jemné hrany či nápisy, ovšem touto metodou není možno vytvá-

řet nikterak hluboké tvary. Bohužel zde nastává poměrně velké napětí materiálu a hrozí jeho protržení. Formy pro vakuové tvarování většinou nebývají příliš zatěžovány, proto je možné je vyrábět z hmot s obecně menší pevností. Rozhodující je vždy předpokládaná velikost série, pro výrobky do 1000 opakování je možné použít materiálů jakožto dřevo, MDF desky, sádra, cement a podobně. Takovéto formy se chladí tlakovým vzduchem. Pro vyšší série používáme různých forem litých lehkých kovů či vysoce plněných epoxidových pryskyřic. Tyto formy bývají opatřeny chladicími kanálky, kterými za provozu protéká chladicí kapalina. V případě radomu se bude jednat o série relativně malé, což s sebou přináší další komplikace. Většina firem na dnešním trhu nakupuje deskový materiál pro vakuové tvarování po tunách, sehnat ho v menším množství prý skoro není možné. Naneštěstí pro nás se ABS plast nedá dlouho skladovat, jelikož po určitém čase „nasáká“ vzdušnou vlhkost a při pozdějším prohřátí ve vakuovacím lisu se v něm tvoří bublinky páry.



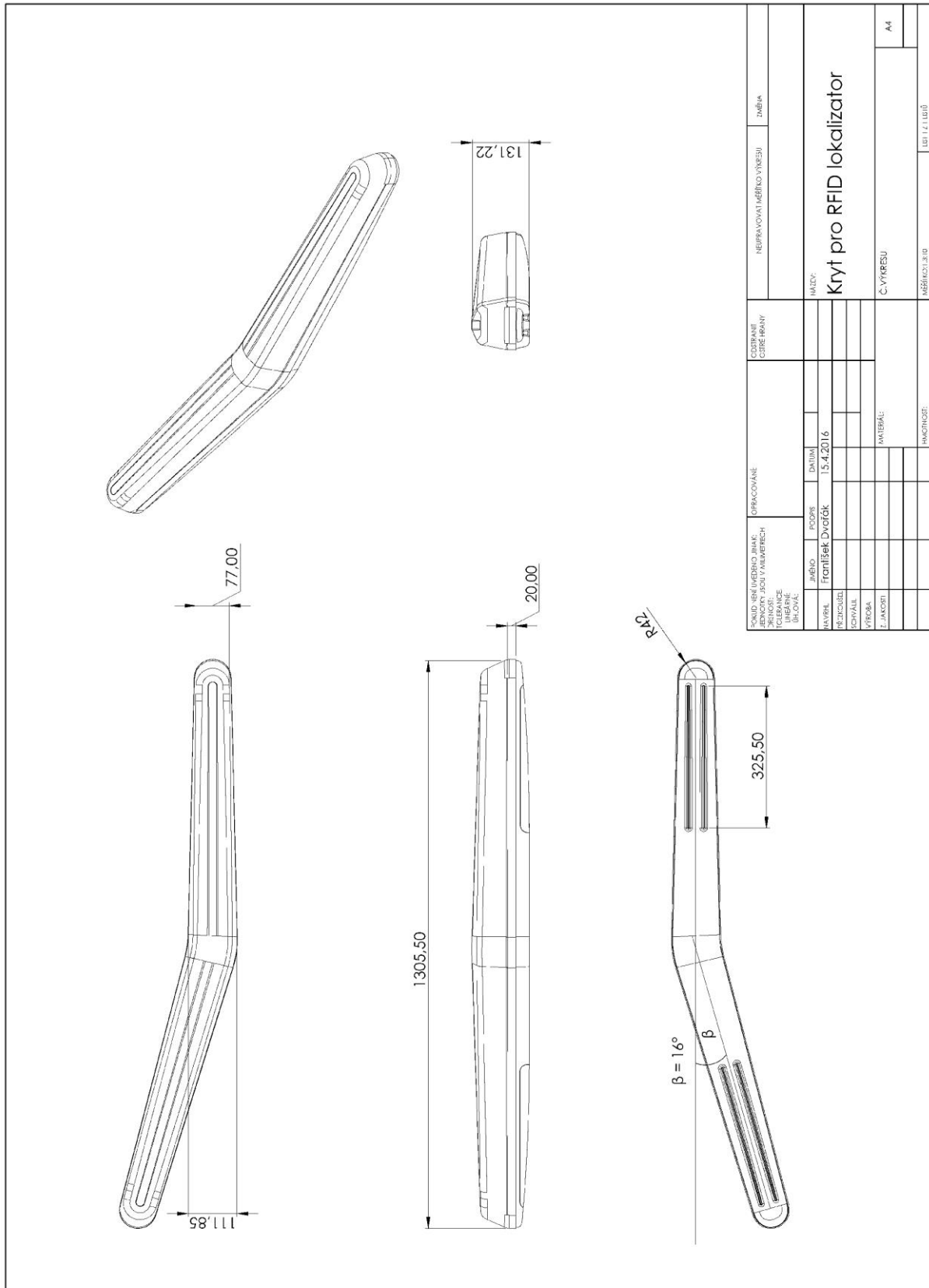
Obr. 50 Schéma vakuového tvarování

Jakožto alternativní výrobní metoda by v úvahu připadalo laminování. To není závislé na velikosti série a barevném provedení, je však mnohem dražší. Vnitřek negativní formy se předem lakuje tzv. Gel-Coatem (gelovitou vrstvou barvy), který dosahuje dobrých povrchových vlastností.

6.3.2 Lepení

V případě kytování radom se bude jednat o lepení ABS plastu, který se řadí mezi kopolymery. ABS plast je neobyčejně odolný, mimo jiné se také vyznačuje svou špatnou přilnavostí a to z něj dělá poměrně obtížně lepitelný materiál. [15] Oba díly by měly být spojeny ideálně pružným lepidlem, které je schopno odolávat teplotním změnám a nárazovým poryvům větru. Zároveň z hlediska čistoty provedení, by bylo vhodné použít lepidlo transparentní. Odborná literatura doporučuje ABS lepit roztoky na bázi toluenu či methylenchloridu, ty naleptají povrchovou vrstvu plastu a propojí jej tak velmi silně s druhým lepeným dílem. Spoje tohoto typu jsou ale křehké a náchylné k vzniku trhlin v důsledku vnitřního pnutí. Proto se dále doporučují lepidla polyakrylátová a silikonová. Vyznačují se svou pevností a odolností vůči mechanickému namáhání. Po prvotní rešerši se zatím zdá ideální použití lepidla „Loctide Clear Silicone Waterproof Sealant“ [16]. Tento výrobek se přímo doporučuje pro lepení ABS a dalších velmi odolných plastových materiálů. V jeho slovní specifikaci je vyzdvihována dlouhotrvající pružnost a houževnatost spoje. Samozřejmě, než učiníme finální rozhodnutí, projde lepidlo sérii testů. Mimo to, zcela určitě podrobíme zkouškám i ostatní lepidla podobných vlastností, a to od značek UHU, Bison, Tangit či Pattex.

6.3.3 Technický výkres



Obr. 51 Technický výkres

ZÁVĚR

Rád bych upřímně poznamenal, že jsem si tvorbu této bakalářské práce nesmírně užil. V jejím průběhu jsem nabył velké množství cenných zkušeností, které bych jinde neměl možnost získat. Ony zkušenosti jsou o to hodnotnější, jelikož vycházely z realizace skutečného projektu. Už to nebyla jenom hra, imaginární návrh, ale reálná praxe s pevně stanovenými termíny. Zakusil jsem i zklamání a neúspěch, který mé úsilí ovšem nezlomil, nýbrž stále posouval kupředu. Vždyť vědomí, že osobně přispíváte k vytvoření nového funkčního zařízení, které velmi pravděpodobně jednou někomu zachrání život, je tím správným motorem a tou pravou odměnou za vynaloženou práci.

Velmi důležitou vlastností každého průmyslového designéra by dle mého názoru měla být schopnost porozumět technickým a konstrukčním aspektům daného projektu a také by je měl umět adekvátně zohlednit. V případě RFID lokalizátoru se mi při tvorbě konečného návrhu opláštění opravdu podařilo všechny z nich dodržet. Jelikož se z koncepčního hlediska jedná o velmi inovativní produkt, bylo zároveň potřeba vyřešit i několik poměrně ojedinělých úskalí. Osobně si cením zejména šetrného způsobu odpuzování ptactva, nebo zlepšení aerodynamických vlastností celého zařízení. Díky pozvolnějšímu tvarování krytu, které respektuje základní principy obtékání těles, se podařilo snížit hodnotu dynamického tlaku o 26,8 % a intenzitu eventuálních turbulencí o 6,34 %.

Za potenciální nedostatek mého návrhu považuji způsob spojení obou dílů. V ideálním případě, bych použil systém tvarových zámků, které by byly přímou součástí plastových polotovarů. K dosažení takového spoje by však jednotlivé komponenty krytování musely být vyráběny vstřikovací technologií, která vyžaduje mnohonásobně vyšší vstupní náklady. Také se domnívám, že k zajištění absolutní dokonalosti návrhu je nezbytné podrobit prototyp sérii testování. Jak zmiňuji v kapitole 6.3.2, určení správného druhu lepidla bude záviset na jeho odolnosti proti teplotním změnám, atd. Časem, osvědčí-li se ultrazvukový odpuzovač ptactva, by bylo nejspíš i možné úplně vypustit zploštění horní části a dosáhnout tak designérsky čistějšího vzhledu. Pokud bych ale měl výsledek této práce shrnout, hodnotil bych ji více než kladně. Jsem velmi rád, že se i přes mnohé technické požadavky podařilo vytvořit velice vkusně vyhlížející zařízení, které si dle mého názoru v ničem nezadá se svými světovými konkurenty. Nejen proto doufám, že na trhu nalezne výborného uplatnění a bude jej možné časem vylepšovat a zdokonalovat.

Až nyní, při čtení všech těchto řádků si vlastně uvědomuji, jak moc mne poslední 3 roky studia průmyslového designu proměnila. V průběhu oněch let se mi bohudíky naskytla možnost poznat spoustu zajímavých a vzdělaných lidí, kteří velkou měrou přispěli k mému osobnímu rozvoji. Jsem si zcela jistý, že nadšení pro průmyslový design mne v budoucích letech neopustí, a že se své vědomosti v tomto oboru budu snažit nadále jen prohlubovat. Cítím se hrdý, když se dívám na svou odvedenou práci, ale zároveň si o to více uvědomuji mou nedokonalost. Je mi totiž zcela jasné, jak málo toho zatím vím.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] THORNTON, Frank, Hersh BHARGAVA, Anita CAMPBELL, Anand M DAS, Brad HAINES a John KLEINSCHMIDT. RFID security. Rockland, MA: Syngress Publishing, c2006.
- [2] The History of RFID Technology: Mark Roberti. RFID Journal [online]. 2005 [cit. 2016-05-06]. Dostupné z: <http://www.rfidjournal.com/articles/view?1338/2>
- [3] ARFID - Aktivní RFID systém bezdrátové identifikace: CUTTER Systems spol. s r.o. [online]. Prostějov [cit. 2016-05-06]. Dostupné z: <http://www.cutter.cz/produkty/arfid>
- [4] Intellex přichází na evropský trh: www.intelleflex.com. RFID Portal [online]. Praha 6 [cit. 2016-05-06]. Dostupné z: <http://www.rfidportal.cz/index.php?page=clanek&art=528>
- [5] NEO THE POWER OF SURVEILLANCE. ERA a.s. [online]. [cit. 2016-05-06]. Dostupné z: <http://www.era.cz/air-traffic-management/neo>
- [6] Dotazník dostupný zde [<http://www.survio.com/survey/d/T3H3P6D1I0J8Z4V5X>].
- [7] Česi vytvořili unikátní systém lokalizace osob počas katastrof. [Http://www.zive.sk](http://www.zive.sk) [online]. 2015 [cit. 2016-05-12]. Dostupné z: <http://www.zive.sk/clanok/104907/cesi-vytvorili-unikatny-system-lokalizacie-osob-pocas-katastrof>
- [8] RFID lokalizátor. České vysoké učení technické v Praze, Fakulta elektrotechnická [online]. 2013 [cit. 2016-05-06]. Dostupné z: <https://comtel.fel.cvut.cz/cs/projekty/rfid-lokalizator>
- [9] Jednostranný laminát FR4. P2J Technology [online]. [cit. 2016-05-06]. Dostupné z: <http://www.vyroba-dps.cz/www-vyroba-dps-cz/eshop/8-1-Laminaty-pro-vyrobu-DPS>
- [10] OCHRANA PROTI HOLUBŮM 300CM. *Moje Potřeby* [online]. [cit. 2016-05-06]. Dostupné z: http://www.moje-potreby.cz/ochrana-proti-holubum-300cm-29-17510?gclid=CjwKEAiA2IO0BRDXmLndksSB0WgSJADNKqqowQUFJ4gim0O6U1UNIAjdP2STo2CWuKfiGr_KgRBBTRoC9dDw_wcB

- [11] Deramax-Bird - Ultrazvukový plašič ptáků. V.S. elektro [online]. [cit. 2016-05-06]. Dostupné z: <http://www.vselektro.eu/deramaxbird-ultrazvukovy-plasic-ptaku.html>
- [12] MURPHY, Alyssa D. Computational fluid dynamics: theory, analysis, and applications. New York: Nova Science Publishers, c2011. ISBN 9781612092768. text
- [13] Plexiplast.cz. Prodej a zpracování ABS plastu [online]. [cit. 2016-05-09]. Dostupné z: <http://www.plexiplast.cz/abs.html>
- [14] HRABOVSKÝ, Oldřich. Konstrukce výrobků z plastických hmot: učební text pro 4. ročník středních průmyslových škol chemických. 1. vyd. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1962.
- [15] OSTEN, Miloš. Lepení plastických hmot. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1974.
- [16] LoctideProducts.com. LOCTITE® CLEAR SILICONE WATERPROOF SEALANT [online]. [cit. 2016-05-09]. Dostupné z: http://www.loctiteproducts.com/p/cntct_silicone/overview/Loctite-Clear-Silicone-Waterproof-Sealant.htm

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

akad.	Akademický
prof.	Profesor
Ing.	Inženýr
MgA.	Magistr umění
ArtD.	Doktor umění
Ing.	Inženýr
Bc.	Bakalář
Ph.D.	Doktor
CSc.	Kandidát věd
atd.	A tak dále.
např.	Například
tzv.	Takzvaný
GSM	Globální Systém pro Mobilní komunikaci
UHF RFID	Ultra High Frequency – Radio Frequency Identification
ABS	Akrylonitrilbutadienstyren
MDF	Medium Density Fibreboard (Středně hustá vláknitá deska)
C_x	Součinitel aerodynamického odporu
Kč	Koruna česká (měna)

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 RFID transpondér – technický popis	
[http://www.autoassembly.com/site/wp-content/uploads/2010/11/rfid.jpg].....	12
Obr. 2 Schéma - pasivní vs. aktivní tag	
[http://www.intechopen.com/source/html/42622/media/image1.jpeg].....	12
Obr. 3 Jednobitový tag	
[http://www.embedded4fun.com/wp-content/uploads/2014/08/tag.jpg /]	15
Obr. 4 RFID zařízení firmy Intellex Inc.	
[http://i.rfidexpert.ru/sites/rfidexpert.ru/files/images/in_starterkit.jpg].....	18
Obr. 5 RFID zařízení firmy ERA a.s	
[http://old.era.aero/uploads/images/NEO1.jpg]	19
Obr. 6 Graf 1.....	20
Obr. 7 Graf 2.....	21
Obr. 8 Graf 3.....	21
Obr. 9 Graf 4.....	22
Obr. 10 Graf 5.....	23
Obr. 11 Anténní třmen	
[http://d1.cdn.szn.cz/1/img/25/15/08/28/58/15/376x355_Z8FAQv.jpg?w=&h]	26
Obr. 12 Anténní konzole	
[http://www.elektro-styl.cz/fotky33796/fotos/_vyrn_479035030629-1.jpg] ...	27
Obr. 13 RFID lokalizátor – vnitřní tělo	
[https://comtel.fel.cvut.cz/cs/projekty/rfid-lokalizator].....	28
Obr. 14 Horthy proti ptactvu – transparentní	
[http://www.moje-potreby.cz/image/pasti/ochrana_proti_ptakum.jpg]	29

Obr. 15 Horty proti ptactvu – bílé	
[http://zahrada-bydleni-stavba.cz/hroty-ochrana-proti-holub-z615CZ]	30
Obr. 16 Ultrazvukový plašič ptáků	
[http://img.deramax.cz/commodityDetailZoom/images/0240_1.jpg]	31
Obr. 17 Řez radomem	31
Obr. 18 Tvarové studie	33
Obr. 19 Inspirační zdroje	
[http://www.1zoom.net/big2/2/230558-Berserker.jpg]	
[http://www.get-ltd.ru/img/cm_radar.jpg]	
[http://www.thomasfeichtner.com/Work/Eyry-Lamp]	34
Obr. 20 Kresebná varianta 1	34
Obr. 21 Kresebná varianta 2	35
Obr. 22 Kresebná varianta 3	35
Obr. 23 Prvotní vizualizace	37
Obr. 24 Nedokonalost spoje bok.....	38
Obr. 25 Nedokonalost spoje hřbet	38
Obr. 26 Model SolidWorks.....	39
Obr. 27 Vizualizace materiály	39
Obr. 28 Řez spoje.....	40
Obr. 29 Řez podélný	40
Obr. 30 Boční pohled.....	41
Obr. 31 Spodní pohled	41
Obr. 32 Rozložený pohled	42
Obr. 33 Vizualizace zemětřesení	42
Obr. 34 Vizualizace letiště.....	43

Obr. 35 Grafika	43
Obr. 36 Grafika tvar	44
Obr. 37 Grafika umístění	44
Obr. 38 Grafika – Made in Czech rep.....	44
Obr. 39 Umístění obou popisků.....	45
Obr. 40 Původní krytování.....	47
Obr. 41 Nové krytování	48
Obr. 42 Simulace proudění okolo původního krytování.....	48
Obr. 43 Simulace proudění okolo nového krytování	48
Obr. 44 Původní krytování - tlak	49
Obr. 45 Nové krytování - tlak	49
Obr. 46 Legenda - tlak	49
Obr. 47 Aerodynamika – zadní strana	50
Obr. 48 Aerodynamika - boční	51
Obr. 49 Aerodynamika – spodní strana	51
Obr. 50 Schéma vakového tvarování	53
Obr. 51 Technický výkres	55

SEZNAM PŘÍLOH

CD-ROM nosič