

Univerzita Pardubice
Dopravní fakulta Jana Pernera

Aplikace technologie RFID v logistice

Marián Lukáč

Bakalářská práce

2017

Univerzita Pardubice
Dopravní fakulta Jana Pernera
Akademický rok: 2016/2017

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Marián Lukáč**
Osobní číslo: **D14039**
Studijní program: **B3709 Dopravní technologie a spoje**
Studijní obor: **Dopravní management, marketing a logistika**
Název tématu: **Aplikace technologie RFID v logistice**
Zadávací katedra: **Katedra dopravního managementu, marketingu a logistiky**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Úvod


1. Charakteristika technologie RFID
 2. Využití RFID v rámci logistiky v ČR a v zahraničí
 3. Návrh konfigurace RFID systému pro využití v logistice na základě měření v laboratoři AIDC
- Závěr

Rozsah grafických prací: **dle doporučení vedoucí/ho**
Rozsah pracovní zprávy: **40 - 50 stran**
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**
Seznam odborné literatury:
dle pokynů vedoucí/ho práce

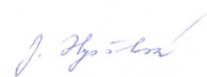
Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Roman Hruška, Ph.D.**
Katedra dopravního managementu, marketingu
a logistiky

Datum zadání bakalářské práce: **30. listopadu 2016**

Termín odevzdání bakalářské práce: **2. června 2017**


doc. Ing. Libor Švadlenka, Ph.D.
děkan

L.S.


doc. Ing. Jaroslava Hyršlová, Ph.D.
pověřená vedením katedry

V Pardubicích dne 12. dubna 2017


Prohlašuji:

Tuto práci jsem vypracoval samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využil, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byl jsem seznámen s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Beru na vědomí, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a směrnicí Univerzity Pardubice č. 9/2012, bude práce zveřejněna v Univerzitní knihovně a prostřednictvím Digitální knihovny Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne 27. 5. 2017



Marián Lukáč

Rád bych poděkoval vedoucímu práce Ing. Romanu Hruškovi, Ph.D. za vstřícný přístup a cenné rady při zpracovávání bakalářské práce.

ANOTACE

Práce se zaměřuje na technologii RFID a popisuje její historii. Také popisuje současné využití v oboru logistiky v ČR a zahraničí. Obsahuje popis fungování RFID systému a porovnává ho s čárovými kódy. Práce dále popisuje návrh konfigurace RFID systému pro využití v logistice.

KLÍČOVÁ SLOVA

RFID, logistika, RFID čtečka, tag

TITLE

Application of RFID technology in logistics

ANNOTATION

The work focuses on RFID technology and describes history. The work also describes current use in logistics in the Czech Republic and abroad. It contains a description of the RFID system and compares it with barcodes. The work also describes the configuration of the RFID system for use in logistics.

KEYWORDS

RFID, logistics, RFID reader, tag

OBSAH

ÚVOD.....	9
1 CHARAKTERISTIKA TECHNOLOGIE RFID.....	10
1.1 RFID technologie.....	10
1.2 Historie RFID.....	11
1.3 RFID Tag.....	13
1.3.1 Aktivní a pasivní tagy	14
1.3.2 Read only vs read-write tagy	15
1.4 Elektronický kód produktu	16
1.4.1 EPCglobal Network	17
1.5 Indikátor intenzity přijatého signálu	17
1.6 Middleware	18
1.7 Čtecí zařízení	18
1.7.1 Vzdálenosti a frekvence.....	20
1.8 Čárové kódy	22
1.8.1 EAN 8 a EAN 13	23
1.8.2 Kód 2/5 interleaved.....	23
1.8.3 Kód 128.....	24
1.8.4 QR kód.....	24
1.9 Čárové kódy vs RFID	25
2 VYUŽITÍ RFID V RÁMCI LOGISTIKY V ČR A V ZAHRANIČÍ.....	27
2.1 Využití RFID ve společnosti Decathlon	28
2.2 Sledování zásilek u Post Danmark.....	31
2.3 Sledování zásilek u Finland Post	31
2.4 Sledování zásilek u společnosti Correos.....	32
2.5 Vychystávání zásilek u společnosti Klaipedos Baldai (dodavatel společnosti IKEA).....	33
2.6 Využití RFID ve společnosti Foxconn.....	34
2.7 Zrychlení provozu v indickém přístavu Adani	35
2.8 Využití RFID u metody FIFO ve společnosti Kumho	36
3 NÁVRH KONFIGURACE RFID SYSTÉMU PRO VYUŽITÍ V LOGISTICE NA ZÁKLADĚ MĚŘENÍ V LABORATOŘI AIDC.....	39
3.1 Výběr vhodného tagu a jeho umístění při označování poštovních přepravek	40
3.1.1 Tag umístěný na horní straně přepravky.....	42

3.1.2	Tag umístěný na boční straně přepravky	43
3.2	Výběr vhodného tagu a jeho umístění pro označování pneumatik	45
3.2.1	Tag umístěný uvnitř pneumatiky	46
3.2.2	Tag umístěný na dezénu pneumatiky.....	47
3.3	Optimalizace počtu antén.....	48
	ZÁVĚR.....	51
	POUŽITÁ LITERATURA	53
	SEZNAM TABULEK	57
	SEZNAM OBRÁZKŮ.....	58
	SEZNAM ZKRATEK	60
	SEZNAM PŘÍLOH.....	61

ÚVOD

V této práci se budu zabývat radiofrekvenční automatickou identifikací (dále jen RFID) v logistice. Radiofrekvenční systém automatické identifikace je moderní technologie identifikace objektů pomocí radiofrekvenčních vln. Tento systém lze využít v mnoha odvětvích a oblastech, kde je kladen důraz na co nejrychlejší a přesné zpracování informací a s tím velmi úzce spojený co nejrychlejší přenos načtených dat k dalšímu zpracování. RFID je podobná, jako technologie čárových kódů. Ke své funkčnosti využívá RFID tagy, čtečky a softwary, pomocí kterých data zpracovává. Velmi silná stránka této technologie je, že při načítání tagu pomocí ruční nebo stacionární čtečky nemusí dojít k přímému kontaktu. Tím je myšleno, že tag může být uložen například v krabici a čtečka ho bez problému načte. Důvodem proč se touto technologií zabývá čím dál více společností, je to, že nejen v logistice, ale v mnoha dalších odvětvích a oblastech se čím dál více soustředí na čas a přesnost. Soustředěním se na čas je myšleno zkracování všech procesů spojených s logistickým řetězcem a díky tomu dochází i k šetření nemalých peněz. Přesností se myslí například možnost sledování zásob, zásilek, osob a mnoho jiného v reálném čase, což usnadňuje například řízení dodavatelského řetězce, nebo sledování osob či zvířat. A právě technologie RFID má obrovský potenciál na to, aby co nejvíce urychlila a co se polohy týče, upřesnila a zkrátila tak určité procesy v nejen v logistickém řetězci. RFID je oproti čárovým kódům stále ještě drahá technologie, což je problém pro malé podniky, které si takto velkou investici nemohou dovolit. I díky tomu není technologie RFID v logistice zaběhlá jako všem dobře známé čárové kódy a stále se pracuje na jejím vývoji, aby v budoucnu doplnila či možná i nahradila právě zmiňované čárové kódy.

Cílem této práce je na základě analýzy využití RFID technologie v ČR a v zahraničí, na kterou navazuje vlastní měření v univerzitní laboratoři automatické identifikace, navrhnout co nejlepší konfiguraci systému pro využití radiofrekvenční technologie v logistice. Konfigurací RFID systému je myšleno nastavení antén, rozložení antén, výběr vhodného tagu, umístění tagu na sledovaném objektu.

1 CHARAKTERISTIKA TECHNOLOGIE RFID

RFID je dle Hunt, A. Puglia, M. Puglia (2007) bezdrátová komunikační technologie, která umožňuje pomocí speciálních čipu-tagů na dálku identifikovat označené objekty nebo lidi. RFID se stává nákladově velice efektivní technologií. Podle Roussos (2008) je to z velmi velké části zásluhou největší maloobchodní firmy Wal-Mart a Ministerstva obrany (USA), kteří měli snahu o začlenění technologie RFID do svých dodavatelských řetězců. V roce 2003 s cílem sledování svých zásob na úrovni palet vydal Wal-Mart nařízení pro své největší dodavatele označovat palety s Electronic Product Code (EPC) štítky. Hunt, A. Puglia, M. Puglia (2007) také tvrdí, že Ministerstvo obrany rychle Wal-Mart následovalo a vydalo toto nařízení pro svých 100 nejlepších dodavatelů. Wal-Mart brzy expandoval toto nařízení mezi všechny své klíčové dodavatele. Wal-Mart je světový největší maloobchodník a Ministerstvo obrany je největší světový operátor dodavatelského řetězce. Právě kombinace velikostí jejich operací stojí zatím, že RFID se postupně dostává do většiny organizací ve světě. Podle Hunt, A. Puglia, M. Puglia (2007) začlenění této technologie do svých řetězců je motivováno rychlou odezvou, efektivitou přijímání, skladování a odesílání zboží, téměř okamžitou informací o stavu dostupných zásob, menšími náklady na pracovní sílu atd.

1.1 RFID technologie

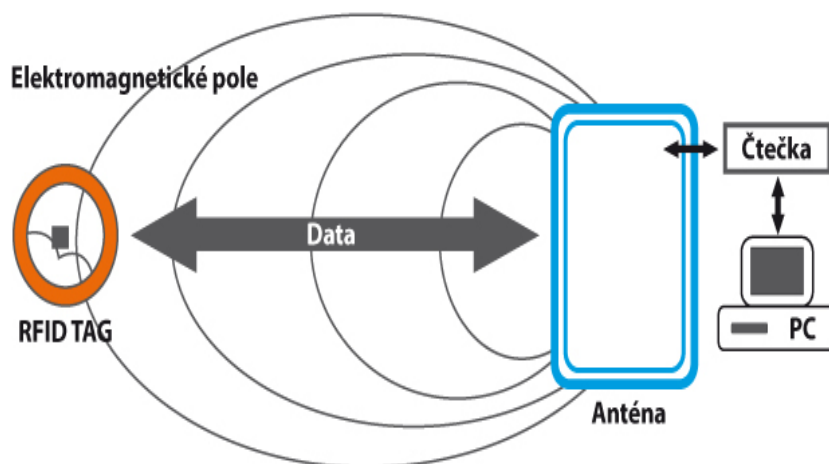
RFID technologie dle ESP (2014) a Roussos (2008):

Tajemství technologie RFID spočívá v načítání dat uložených v čipu (používá se označení tag). Čtení tagu je otázka dvou hlavních bodů:

- Přenos dostatku energie k napájení tagu,
- samotná komunikace s tagem.

Roussos (2008) srovnává RFID technologii s jinými bezdrátovými technologiemi a tvrdí, že RFID se vyznačuje tím, že při komunikaci vystupuje čtečka v roli „vysílače“ a RFID tag vystupuje v roli „přijímače“. Namísto vytváření vlastního přenosu, tag pro komunikaci pouze moduluje nebo odráží elektromagnetické vlny, které jsou emitovány z čtecího zařízení. Podle Roussos (2008) je to do určité míry důvod, proč je technologie RFID tolik úspěšná. Tato technika totiž umožňuje komunikace poněkud složitě čtečky s jednoduchým tagem malé velikosti, který lze vyrobit v opravdu kvalitní podobě za nízké náklady. Ke konstrukci velkého a velmi dobře funkčního systému stačí použít malý počet pevných nebo mobilních čteček a postačí to na velké množství tagů. Například v metropolitních systémech lístků je několik tisíc čteček a stačí to na několik milionů tagů. Dále podle ESP (2014): RFID tag obsahuje

integrované obvody a anténu, díky které se přenáší data do RFID čtečky (možno setkat se s názvem dotazovač). Čtečka konvertuje elektromagnetické vlnění do lépe využitelné formy dat. Informace, které jsou pomocí čtečky získány z tagu, jsou následně odeslány pomocí specifického komunikačního rozhraní do hostitelského systému, kde mohou být data uložena v databázi a později mohou být analyzována podle potřeb. Malou nevýhodou RFID technologie je, že čtecí zařízení je schopno komunikovat v dané chvíli pouze s jedním tagem, ale v dnešní době chytrých počítačů to až takový velký problém není. Jde o to sestavit vhodný algoritmus pro identifikaci jednoho konkrétního tagu. Pro vysvětlení situace používá ESP (2014) jednoduchý příklad. Učitel ve třídě požádá všechny nové žáky, aby se postavili, pokud jejich příjmení začíná písmenem A. Pokud vstane například 6 žáků, učitel je požádá aby zůstali stát pouze v případě, že druhé písmeno jejich příjmení je A. Takto pokračuje, dokud nezůstane stát pouze jeden student. ESP (2014) a Roussos (2008) se shodují na tvrzení, že existuje mnoho systémů a tudíž i mnoho různých algoritmů k identifikaci jednoho určitého tagu.



Obrázek 1 Technologie RFID (ESP, 2014)

1.2 Historie RFID

Radiofrekvenční technologie má podle tvrzení Arizona (2009) své kořeny na počátku dvacátého století. Ruskému fyzikovi Leonu Thereminovi se přiznává, že v roce 1946 vytvořil první zařízení RFID. RFID má však daleko starší kořeny. RFID je kombinace radarové a rádiové technologie. Radar byl vyvinut v USA v roce 1920. Vědci jako jsou například Marconi, Alexanderson nebo Watson zaznamenali vztah mezi elektřinou a magnetismem již na počátku 19. Století a aplikovali toto zjištění k postupnému vývoji rádiových komunikací

a radaru. Podrobnější popis vývoje ve 20. století dle Hunt, A. Puglia a M. Puglia (2007) a Arizona (2009):

- **20. Léta**

V Americe byla vyvinuta technologie radaru. RFID technologie se začala vyvíjet velmi brzo poté.

- **30. Léta**

V Británii se radar rozvíjí a začíná se používat i k rozpoznávání nepřátelských letadel.

- **40. Léta**

Hlavním důvodem rozvoje těchto technologií, byla v tomto období válka. Země utrácely obrovské peníze za výzkum radarových a radiofrekvenčních technologií. V říjnu 1948 publikoval Harry Stockman „communications by Means os Reflected Power“. Jde vlastně o komunikaci pomocí odražené energie. To byla asi nejbližší věc k zrození RFID.

- **50. Léta**

V laboratořích se začínají zkoumat technologie přímo související s technologií RFID. Byly vyvinuté vzory systémů transpondéru s dalekým dosahem pro letadla. Transpondér je bezpečnostní systém, který je využíván zejména při pátracích akcích. Radarový pulz na dálku spustí transpondér, který přibližně určuje polohu např. záchranného člunu nebo letadla.

- **60. Léta**

Během 60. let vědci začali uplatňovat technologie rádiové frekvence i pro jiný, než armádní trh. Společnosti Sensormatic, Checkpoint a Knogo rozvíjely výrobu prevence proti krádeži pro veřejné podniky pomocí EAS. Zkratka EAS je Electronic Article Surveillance, což znamená elektronický článek dohledu. EAS je cenově dostupná a relativně jednoduchá technologie. Také proto měla velký úspěch při svém představení. „1-bit tags“ znamenalo, že systémy byly schopny zaznamenat pouze přítomnost absence tagu.

- **70. Léta**

V 70. letech nastává obrovský rozvoj technologie RFID. Akademické instituce, vládní laboratoře, obchodní společnosti a nezávislí výzkumníci neustále pracují na vývoji RFID. Vynaložené úsilí na vývoj v těchto letech směřovalo zejména na elektronický výběr mýtného, sledování zvířat, vozidel, osob a také na vývoj automatizace továrny.

- **80. Léta**

Po dokončení vývoje ze 70. let nastává obchodní expanze. Technologie RFID je zcela vyvinuta a připravena k masivnímu rozšíření. Evropa a spojené státy aplikují RFID do dopravních systému, sledování lidí, zvířat a podnikových aplikací.

- **90. Léta**

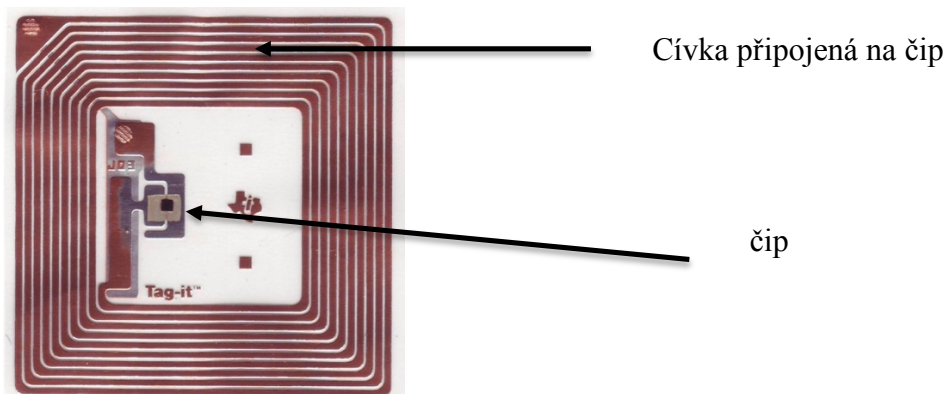
Technologie RFID se stává samozřejmostí. Technologie RFID jsou tak rozšířené, že se z toho začíná stávat standard. Obchodní korporace po celém světě projevují obrovský zájem o tuto technologii.

- **21. Století**

RFID stále prochází obrovským vývojem. Začátkem 21. století byla v oblasti této technologie hlavním zájmem výzkumu miniaturizace. Ta vede k neustálému snižování rozměrů, nákladů a času na manipulaci. Zejména na snižování nákladů velmi dobře slyší různé obchodní korporace.

1.3 RFID Tag

Techopedia (2017) zmiňuje, že ačkoli RFID tagy jsou podobné jako čárové kódy, jsou mnohem vyspělejší. Hlavní výhodou oproti čárovým kódům je, že při čtení informace z RFID tagu nemusí být tag s čtečkou v přímé viditelnosti a fungují na velké vzdálenosti. To také znamená, že tag může odpovídat více čtečkám najednou. V souvislosti s RFID technologií sebou termín tag zahrnuje také štítky a karty. Druh tagu závisí na způsobu použití. Dle Vojtěch (2009) RFID systémy mohou fungovat na ultra vysoké frekvenci (UHF), vysoké frekvenci (HF) nebo na nízké frekvenci (LF). Techopedia (2017) říká, že tagy mohou být připevněny na různé objekty. Většinou se jedná o oděvy, kontejnery, stavební materiál, láhve, zvířata atd. Tagy se však vyrábí i ve velmi odolné verzi pro použití venku. Tyto tagy jsou stavěny na to, aby byly odolné vůči slunečnímu záření, nárazům, vibracím, dešti, mrazům, prachu, oleji atd. Jsou to obvykle pasivní tagy, což znamená, že neobsahují baterii. Mohou tak tedy pracovat nonstop bez rizika omezení výkonu tagu. Tyto tagy se hodně používají pro sledování nákladů, kontejnerů, řízení vozového parku, sledování vozidel.



Obrázek 2 RFID pasivní tag (Stackoverflow, 2009)

1.3.1 Aktivní a pasivní tagy

Základními rozdíly mezi těmito typy tagů jsou podle Hunt, A.Puglia, M. Puglia (2007) cena, velikost, dosah a způsob napájení. Aktivní, pasivní a semi- pasivní tagy podle RFID journal (2017a):

- **Aktivní tagy** – mají vysílač a svůj vlastní zdroj energie, který bývá zpravidla ve formě baterie. Zdroj energie se používá ke spuštění obvodů mikročipu a vysílá signál do čtecího zařízení, pomocí kterého zachycuje vysílané signály z tagů.
- **Pasivní tagy** nemají žádný vlastní zdroj energie, ale čerpají energii z čtečky, která vysílá elektromagnetické vlny, které indukují proud v anténě tagu a tím pádem je tag schopen komunikovat s čtečkou.
- **Semi-pasivní** (někdy také označené jako semi-aktivní) tagy využívají vlastní baterii pro spuštění obvodů čipu. Ke komunikaci s čtečkou však využívají energii převzatou z čtečky. Aktivní a semi-pasivní tagy mají mnohem vyšší výrobní náklady a jsou daleko náročnější na údržbu a zacházení, než tagy pasivní. Aktivní a semi-pasivní tagy se tedy využívají zejména pro sledování zboží vysoké hodnoty, které musí být testováno na vysoké vzdálenosti, kdežto pasivní tagy se používají na běžné a méně nákladné operace.



Obrázek 3 RFID aktivní tag (RFID portál, 2016)

Na obrázku 3 můžeme vidět aktivní RFID tag. Jak uvádí RFID portál (2016) společnost RF code, přední poskytovatel aktivní RFID technologie, představila zcela nový výrobek ve své nabídce produktů. RFCODE (2016) uvádí, že se jedná o tag, který má senzor infračerveného záření, pomocí kterého monitoruje svou okamžitou pozici a získává i další informace prostředí. Lokalizace tagu, tedy i majetku osob a zvířat je pomocí tohoto tagu velice přesná. Další inovativní vlastností je schopnost uchovávat energii, v čase kdy se tag nepohybuje. Tuto schopnost zabezpečuje senzor pohybu. Dále je zde senzor poškození. RFID portál (2016) uvádí, že tento druh tagu je vhodný pro využití v například v oboru zdravotnictví, IT, ale také v ostatních oblastech kde je potřebná přesná a automatická evidence majetku. Z tohoto důvodu

se dá očekávat i velký zájem ze strany státní správy. U těchto využití budou tagy připevněny na každém z předmětů a ve sledovaném prostředí budou umístěny lokátory, které vysílají infračervené záření s unikátním kódem, který zachytí tag a okamžitě vyšle informaci o své poloze.

1.3.2 Read only vs read-write tagy

Dalším hlediskem rozdělení tagů, na kterém se shodují Hunt, A. Puglia a M. Puglia, (2007) a RFID journal (2017b) může být rozdělení na:

- tagy read only (označované jako RO), což znamená, že tagy obsahují paměť, která slouží pouze ke čtení informací. Tento druh tagů je podobný čárovým kódům nebo například CD-ROM. Fungují tak, že do tagu se zapíše informace, kterou tag předává čtečkám. Jediná možnost změny informace je úplné přepsání původní informace. Podle RFID journal (2017b) jsou RO tagy obvykle naprogramovány s velmi omezeným počtem dat, která bývají zpravidla statická, jako je například sériové číslo výrobku atd. Výhodou těchto tagů je jejich nižší výrobní cena a zejména díky jejich jednoduchosti možnost aplikovat je do systému, které byly využívány pro čárové kódy.



Obrázek 4 RFID read only tag (DHgate, 2017)

Na obrázku 4 můžeme vidět read only tag, ze kterého můžeme jak bylo výše popsáno pouze číst. Tento tag může být využit například v aquaparku k odemčení skřínky, nebo jako vstupní karta do budovy atp.

- Tag read-write (označovaný RW nebo jako chytrý tag) je podle rozdělení Hunt, A. Puglia a M. Puglia (2007) a RFID journal (2017b) dalším typem tagů, které umožňují operace čtení a zápis. Chytré tagy poskytují uživateli mnohem větší flexibilitu, než-li tomu bylo u RO tagů. Mohou ukládat velké objemy dat, které lze bez problému a ztráty měnit. Existuje několik variací tohoto druhu paměti. Prvním příkladem je „write once read many“ (označován jako WORM). V tomto typu tagu podle RFID journal (2017b) může být například zadáno sériové číslo, které změnit nelze. Poté však lze zapsat vlastní informaci, po tomto úkonu se z WORM tagu stává tag RO. To může být využito

například ve výrobě, kde se může nastavit například číslo výrobní linky atd. Některé tagy mohou obsahovat obě (RO a RW) paměti najednou. V paměti RO může být zadáno sériové číslo palety, o kterou se zajímáme a v paměti RW může být informace o tom, zda je paleta prázdná či plná, nebo kolik obsahuje zboží. Smart tagy je možné využít například k sledování osob, věcí nebo zvířat, protože jsou schopné podávat informace o své aktuální poloze.

1.4 Elektronický kód produktu

EPC (electronic product key) neboli elektronický kód produktu podle tvrzení Hunt, A. Puglia a M. Puglia, (2007) a EPC – RFID [b.r.] obsahuje každý RFID tag. Hunt, A. Puglia M. Puglia říká, že se jedná o 96 bitové unikátní číslo, které je přidělováno centrálně výrobcům v jednotlivých řadách. EPC o délce 16 bitů obsahuje 268 milionů výrobců, kteří vyrábí 16 milionů produktů, kde u každého produktu je možné mít 68 miliard sériových čísel. Zatím však je využití takového množství tagů pouze na teoretické úrovni. Je zde stále možnost využití 64 bitového čísla, díky čemuž jsme schopni snížit jejich cenu. Tato identita je navržena tak, aby zaručila jedinečnost všech fyzických tagů na světě po celou dobu jejich životnosti. Podle tvrzení EPC – RFID [b.r.], které potvrzuje i RFID – EPC (2016), je pomocí EPC kódována většina RFID tagů, které lze použít ke sledování všech různých objektů.

Tabulka 1 Ukázka EPC

01	0000A89	00016F	000169EC0
----	---------	--------	-----------

Zdroj: autor



Obrázek 5 EPC (EPC – RFID, [b.r.])

Vysvětlení obrázku číslo 5 podle EPC – RFID [b.r.]

- **Header** – hlavička, která slouží k identifikaci délky, typu, struktury, verze a generace EPC. Kapacita hlavičky je 8 bitů, tudíž lze vytvořit 256 kombinací.

- **EPC Manager** – složí k identifikaci výrobce výrobku. Jako příklad můžeme uvést firmu Coca Cola. Kapacita této části čísla je 28 bitů, což znamená, že můžeme vytvořit 268 milionů kombinací.
- **Object class** – třída objektu, používá se k identifikaci třídy nebo přímo k identifikaci typu výrobku. Příklad: jestliže EPC Manager byla společnost Coca Cola, tak Object class může být Coca Cola Zero, Coca Cola Chery atd. Kapacita je 24 bitů a lze vytvořit 16 milionů tříd.
- **Seriál Number** – Sériové číslo, určuje přímo sériové číslo produktu. Jestliže jsme v minulém případě zvolili například Coca Cola Zero, tak zde to bude přímo sériové číslo určité flašky s tímto produktem. Kapacita je 36 bitů a umožňuje 68 miliard kombinací.

1.4.1 EPCglobal Network

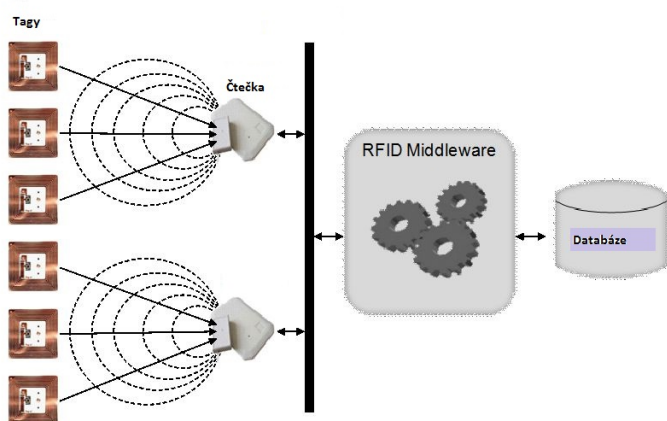
EPCglobal Network je podle RFID – EPC (2016) soubor technologií, které umožňují sdílení informací o objektech zájmu pohybujících se v sledovaném logistickém řetězci. Jak uvádí RFID – EPC (2016), tento soubor technologií pomáhá obchodním partnerům při zvyšování efektivity procesů tím, že poskytuje informace, na základě kterých je možné zprůhlednit výkonnost logistických řetězců, a udržet si tak kontrolu nad logistickými operacemi prováděnými v globálním měřítku. Z toho tedy vyplývá, že tento systém zpravidla využívají pouze velké firmy. EPCglobal Network na základě vysvětlení RFID – EPC (2016) a Roussos (2008) funguje následovně: údaje z RFID tagů, které jsou upevněny na sledovaných produktech, jsou pomocí radiofrekvenční identifikace načteny na významných místech logistického řetězce a pomocí příslušného middleware jsou předány do sítě EPCglobal Network. Prostřednictvím této sítě mohou oprávnění uživatelé vyhledávat důležité informace o svých objektech, jako například, kde se objekt nachází atp. RFID – EPC (2016) říká, že díky této vymoženosti jsou pak schopni daleko lépe a na mnohem vyšší úrovni plánovat distribuci svých produktů a mají mnohem lepší informace o právě probíhajících obchodních transakcích.

1.5 Indikátor intenzity přijatého signálu

RSSI (Received signal strength indicator) neboli indikátor intenzity přijatého signálu nám dle RFID Journal (2014) udává sílu signálu tagu. Čím je signál silnější, tím by měl být tag blíže. Tento údaj se dá použít pro ne úplně přesné určování polohy pasivního tagu. Problém je v tom, že může dojít k odrazu od nějaké kovové části a poloha tagu je tím zkreslena. Problém je však v tom, že každá čtečka dává jiná data.

1.6 Middleware

Middleware je velmi důležitá část RFID technologie, které ulehčuje a urychluje fungování celé technologie. ROUSSOS (2008) ho ve své knize definuje jako prostředníka mezi hardwarovou a softwarovou částí systému. Systémy pracující v kmitočtových pásmech UHF podle Vojáčka (2015) umí pracovat s velkým množstvím tagů, které se mohou pohybovat relativně velkou rychlostí. Výsledné pozorování vytvoří proud RFID čtení, který je potřeba před dalším použitím upravit. Právě tuto úpravu jak tvrdí Roussos (2008) zajišťuje middleware a příkladem úpravy je vyčištění, vyhlazení, a převedení do vyšší úrovně, se kterou jsou aplikace schopny pracovat.



Obrázek 6 Middleware (Intech, 2009)

1.7 Čtecí zařízení

Čtecí zařízení, snímače nebo čtečky to jsou označení pro zařízení, která jsou v tom nejzákladnějším pojetí schopna zachytit vysílání pasivního a aktivního tagu. Čtečka však nemusí pouze přijímat informace z tagu, ale pokud se jedná o read – write tag, může informace i zapisovat, takto definuje čtecí zařízení ve své knize Roussos (2008). Čtecí zařízení musí být schopno v relativně krátkém časovém intervalu přečíst obrovské množství dat a musí být schopno rozlišit, které tagy již byly zaznamenány a které ne. Jak dále ve své knize uvádí Roussos (2008) hlavními úkoly čtečky je čtení informací a dodání energie. Ke čtení informací dochází u tagů RO a u tagů RW, u kterých je možné i dopisování nebo změna informací, které má v sobě tag uloženy. Dodání energie jak uvádí Vojtěch (2009) spočívá v tom, že čtečka nejprve vysílá na svém nosném kmitočtu elektromagnetickou vlnu, která je pomocí antény pasivního tagu přijata. Indukované napětí vyvolá elektrický proud, který je usměrněn a nabíjí kondenzátor v tagu. Uložená energie je využita pro napájení logických a rádiových obvodů tagu, který je pak schopen vyslat do čtecího zařízení informaci, kterou má v sobě uloženu.

Hertuš (2014), Hunt, A. Puglia a M. Puglia (2007) a mnoho dalších zdrojů rozděluje čtecí zařízení mobilní a stacionární čtečky. Obecně lze říci, že realizace podnikového systému s mobilními čtečkami je jednodušší a na implementaci časově méně náročná než v případě čteček stacionárních. Stacionární čtečky je totiž potřeba více vyzkoušet a je velmi důležité avšak náročné najít optimální konfiguraci a umístění antén, aby systém dobře fungoval.

- Mobilní čtečky – mobilní čtečka je ve své podstatě kompaktní počítač se čtecím modulem RFID. Má různé možnosti komunikace, mobilní čtečka může být připojena po kabelu, přes WIFI, přes Bluetooth, přes GSM nebo se po skončení čtení napojení pomocí USB a nahraje data do počítače nebo centrální databáze. Na mobilní čtečky jsou kladeny mnohem větší nároky, čtečky musí být odolné vůči pádům, teplotám, otřesům, prašnosti, vlhkosti atd. Tento typ čtečky se uplatní zejména tam, kde je nutné pro označení tagu, přijít přímo k němu.



Obrázek 7 Mobilní čtečka (Kodys, 2011)

Na obrázku 7 je moderní bezdrátový mobilní terminál od značky Motorola, který je schopen načítat RFID tagy a čárové kódy. Podle Kodys (2011) to může být výhodou pro firmy, které jako většina stále používají i čárové kódy. Data do počítače nebo do centrální databáze přenáší pomocí WIFI. Obsahuje operační systém Windows Mobile 6.1, což velmi usnadňuje a zároveň urychluje práci s kancelářskými aplikacemi při dalším zpracování načtených dat. Dalším typem čteček podle Hertuš (2014) a Hunt, A. Puglia a M. Puglia (2007) jsou:

- Stacionární čtečky – Stacionární čtečka je určena k pevné montáži například na výrobní linku, dopravník ve skladu atp. a je připojena do podnikového informačního systému určitým typem komunikační sítě. To může být například pomocí Ethernetu, či pomocí Profibusu. Anténa může být buď integrována přímo v těle čtečky, nebo, což bývá mnohem častěji, se dá ke čtečce připojit pomocí kabelu několik samostatných antén podle potřeby (většinou bývají 4). Hertuš (2014) říká, že vhodným umístěním externích

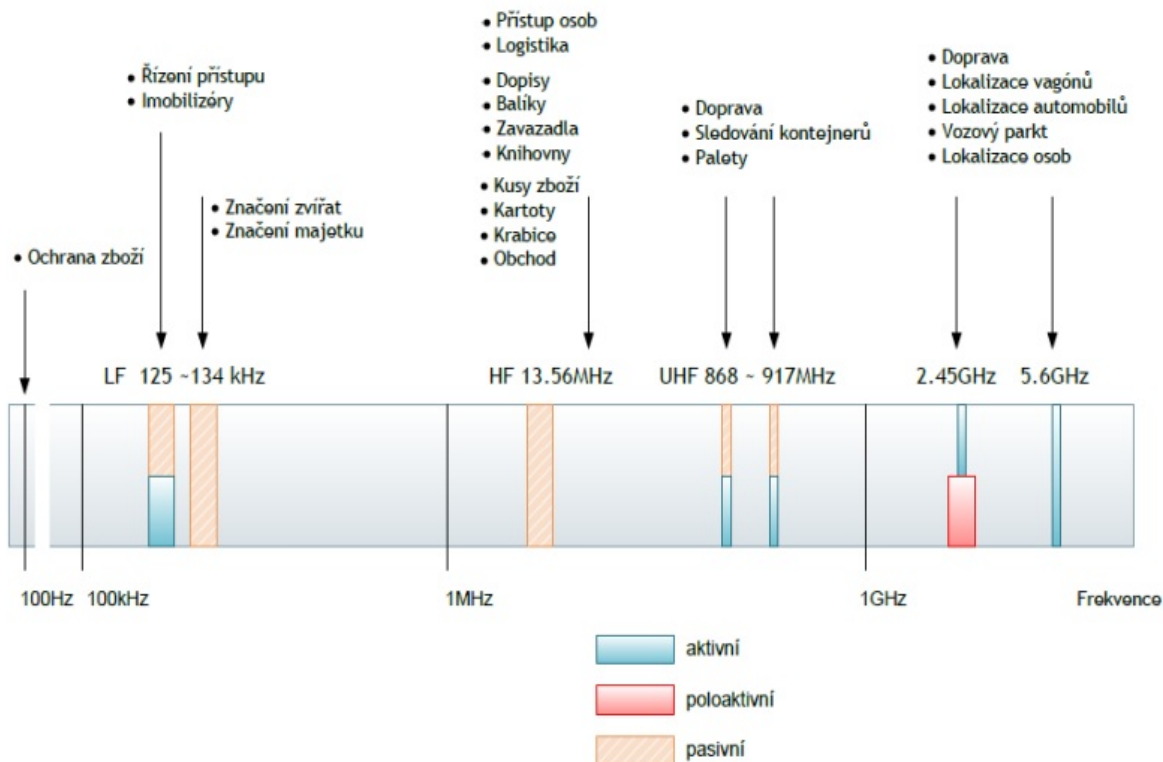
antén, například kolem dopravníku ve skladu, můžeme získat větší čtecí prostor. Stacionární čtečky většinou bývají vybaveny dalšími vstupy a výstupy. Přímo na čtečku tak můžeme připojit například čidlo pohybu, nebo světelnou/ zvukovou signalizaci, které může posloužit například jako bezpečnostní zařízení, které známe z obchodů. Když projdeme přes rám s produktem, který má na sobě RFID, tak čtečka začne pískat a svítit pro upozornění ostrahy.



Obrázek 8 Stacionární čtečka (Codeware, 2017a)

1.7.1 Vzdálenosti a frekvence

Vojtěch (2009) uvádí, že s rostoucí vzdáleností mezi čtečkou a tagem klesá kvalita RFID signálu. Nárůst šumu v základním signálu může vést až k nemožnosti detekce přijaté zprávy. Aktivní tagy díky zabudované baterii mají mnohem větší dosah a pracují na ultra vysoké a mikrovlnné frekvenci, kdežto pasivní tagy mají menší dosah a pracují na nízké a vysoké frekvenci než tagy pasivní (Hunt, A. Puglia a M. Puglia, 2007). Dle Kodys (2009a) jsou systémy RFID provozovány na různých vlnových délkách, které záleží na potřebách. Volba vlnové délky je však jedna z nejdůležitějších fází celého návrhu této technologie. Z této volby totiž vyplývá spousta dalších omezení (nejen fyzických), jako například zákonná omezení, dosah použité čtečky, rychlost zapisování a čtení, použitelnost čtečky v různém prostředí a mnoho dalších.



Obrázek 9 Používané frekvence (Vojtěch, 2009)

Vojáček (2015) rozděluje používané frekvence do 4 kategorií:

- LF 125- 134 KHz – nízká frekvence, její dosah je do 0,5 metrů a může být využita například u imobilizéru do aut, kontroly přístupu atp.
- HF 13,56 MHz – vysoká frekvence, její dosah je do 1 metru a využívá se k bezkontaktnímu placení, označování zavazadel v dopravě atp. Kovové podložky a voda již významně snižují čtecí dosah a kvalitu komunikace.
- UHF 860- 960 MHz – ultra vysoká frekvence, její dosah je až do 3 metrů a své uplatnění najde v mnoha oborech. Využívá se u současného označení více předmětů, u výběru elektronického mýtného, u parkovacích karet, sledování objektů atp. Nevýhodou je, že se celosvětově nepoužívá jednotná frekvence a že dochází k rušení od okolních kovových předmětů.
- Mikrovlnná frekvence 2.45 GHz a 5,6 GHz – její dosah je do 2 metrů a využívá se k elektronickému mýtnému, k identifikaci zavazadel při letecké dopravě, k bezdrátovému záznamu a přenosu dat v reálném čase. Velkou nevýhodou je, že má drahou a složitou konstrukci, má menší dosah než UHF a je náchylná na rušení.

1.8 Čárové kódy

Čárové kódy jsou podle Kodys (2009b) nejrozšířenějším prostředkem automatické identifikace neboli „registrace dat bez použití kláves“. Daněk (2004) ve své knize uvádí, že v současné době existuje a je používáno velké množství čárových kódů, které se od sebe vzájemně odlišují. Daněk (2004) a ET (2017) rozdělují všechny čárové kódy do dvou základních skupin. Jednu skupinu tvoří kódy, které jsou využívány v obchodech a druhou skupinu tvoří kódy používané v průmyslu. Mezi kódy používané v obchodech patří zejména kódy EAN 8 a EAN 13. K nepoužívanějším kódům v průmyslu patří Code 2/5, Code 39 a Code 128. Tyto čárové kódy si popíšeme blíže v dílčí kapitole. Čárové kódy se dále podle Daněk (2004) a ET (2017) dají dělit do skupin podle toho, jaké znaky je kód schopen zakódovat. Kódy dělíme na:

- Numerické,
- numerické se speciálními znaky,
- alfanumerické.

Dalším kritériem pro rozdělení kódů podle Daňka (2004) je jejich délka. Kódy pro obchodní využití mají pevnou délku kódu. Například již zmiňovaný hodně používaný kód EAN 8 je schopen zakódovat přesně 8 numerických znaků. Naproti tomu průmyslové kódy mají svou délku variabilní podle potřeby. Dle Daněk (2004) je každý čárový kód tvořen sekvencí čar a mezer. Nosičem informací jsou jak čáry, tak samozřejmě i mezery. Pravidlo, jak jsou za sebou jednotlivé čáry a mezery řazeny a jaká má být jejich tloušťka, je pro každý typ čárového kódu jiné. Začátek kódu je tvořen sekvencí čar znaku start a konec je zase tvořen sekvencí čar znaku stop. Tyto znaky určující začátek a konec čárového kódu, jsou pro každý typ kódu odlišné a díky tomu je pomocí těchto znaků možné rozeznávat různé typy kódů. U některých kódů se ještě vyskytuje dělicí znak, který rozděluje kód na více částí. Tento dělicí znak se vyskytuje především u obchodních kódů typu EAN 8 a EAN 13. Před každým a za každým čárovým kódem se musí nacházet tzv. světlé pásmo. Do tohoto pásma nesmí zasahovat žádný text nebo grafické symboly. Jinak by nebylo umožněno správné načtení kódu. ET (2017) a Daněk (2004) dělí čárové kódy podle jejich hustoty do tří hlavních skupin:

- Vysoká hustota (High density),
- střední hustota (Medium density),
- nízká hustota (Low density).

Požadavek na provedení kódu podle ET (2017) je závislý na technice tisku a na druhé straně na citlivosti snímacích optoelektrických zařízení, která jsou konstruována pro určitou

hustotu kódu a s vyšší hustou kódu mají problém. Citlivost čtecích zařízení se udává v [mils], jedná se o 1/1000 palce, jeden mils je tedy 0,0254 mm. Volba hustoty kódu tedy ovlivňuje i volbu čtecího zařízení, které dle ET (2017) funguje následovně:

Číslice se zobrazují kombinací svislých čárek a mezer, kde čárka znamená jedničku a mezera nulu. Čárový kód je snímán fotoelektricky a číselné údaje jsou zpracovávány v mikropočítači. Při čtení kódu jsou z čtecího zařízení generovány elektrické impulsy, které odpovídají skladbě tmavých a světlých čar. Nosičem informací u kódu jsou i podle tvrzení Daněk (2004) čárky a mezery, které se na první pohled zdají vždy stejné, ale není tomu tak.

1.8.1 EAN 8 a EAN 13

Dle Daňka (2004) se jedná o nejznámější kódy využívané zejména pro zboží prodávané v obchodních sítích. Tyto kódy může využívat každý stát, který je zapojený do mezinárodního sdružení EAN international. Gaben (2017a) uvádí, že EAN international je nekomerční organizace se sídlem v Belgii, která provádí správu kódu na evropském teritoriu. Česká republika má v této organizaci přidělen kód země 859. Daněk (2004) společně s Gaben (2017a) uvádí, že EAN kód dokáže kódovat číslice 0 až 9, přičemž každá číslice je kódována dvěma čarami a dvěma mezerami. Může obsahovat 8 (EAN 8) nebo 13 (EAN 13) číslic. První dvě nebo tři číslice vždy obsahují informaci o zemi původu. Dalších několik číslic (většinou 4-6) určují výrobce a zbylé číslice kromě poslední určují již konkrétní zboží. Poslední číslice se nazývá kontrolní. Její funkce je ověřování správnosti dekodování. Jak bylo již řečeno, čísla státům přiděluje organizace EAN international a čísla českým výrobcům přiděluje samotná Česká republika.



Obrázek 10 kódy EAN 8 a EAN 13 (OPEKM, 2017)

1.8.2 Kód 2/5 interleaved

Interleaved 2/5 je podle Gaben (2017a) a Daňka (2004) samoopravný numerický kód, který se používá zejména v průmyslových a maloobchodních aplikacích ke značení přepravních obalů distribučních jednotek. Tato symbolika páruje dohromady vždy dva znaky, první kóduje do 5 čar a druhý znak z páru do 5 mezer. Dvě z 5 čar jsou široké a stejně tak jsou široké 2 z 5

mezer. Tímto se jak uvádí Daněk (2004) dosahuje mnohem vyšší informační hustoty, než-li tomu bylo u předchozích kódů. Odtud také pochází název kódu. Gaben (2017a) dále uvádí, že celý symbol čárového kódu interleaved 2/5 se skládá ze znaku start (dvě úzké čáry a dvě úzké mezery), datových znaků a znaku stop (široká čára, úzká mezera a úzká čára). Pro zakódování informace je nutné použít sudý počet znaků, v opačném případě se použije kontrolní znak nebo úvodní nula.



Obrázek 11 Interleaved 2/5 kód (Gaben, 2017a)

1.8.3 Kód 128

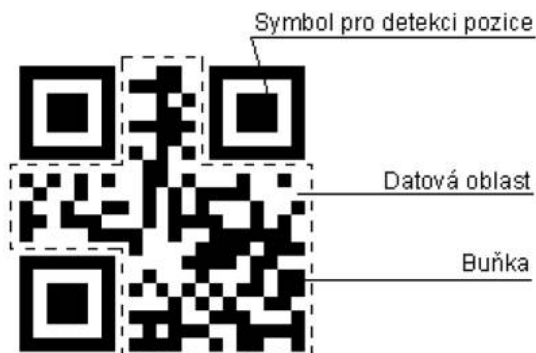
Kód 128 je dle Gaben (2017a) alfanumerická symbolika proměnné délky, souvislá. Znaky jsou složeny ze 3 čar a 3 mezer tak, že celková šířka znaku je 11 modulů. Podle Daněk (2004) kód tvoří 128 znaků. Tvoří ho celkem tři sady znaků A, B, C. sada A obsahuje numerické znaky, znaky velké abecedy a znaky speciální. Sada B obsahuje numerické znaky, znaky velké i malé abecedy a řídicí a speciální znaky. Sada C obsahuje dvojice znaků 00 až 99, řídicí a také speciální znaky. Pomocí sady C je možno kódovat data s dvojnásobnou hustotou informací. Tento typ kódu je vhodný pro různý typ tisku.



Obrázek 12 Kód 128 (Gaben, 2017a)

1.8.4 QR kód

QR neboli quick response (rychlá odezva) kód je podle slov Gaben (2017a) maticová symbolika kódu, kterou vyvinula společnost Toyota Denso z Japonska. Tento kód se skládá z čtvercových buněk a umožňuje všesměrové a velmi rychlé načtení velkých objemů dat.



Obrázek 13 QR kód (Gaben 2017a)

- Tři symboly pro detekce pozice slouží k orientaci čtecího zařízení a umožňují tím velmi rychlé načtení dat.
- QR kód může kódovat numerické a alfanumerické znaky a dokonce i binární (8-bit) data. Do jednoho symbolu lze zakódovat až 7 366 numerických znaků.
- Oproti běžným čárovým kódům dokáže QR kód zakódovat na mnohem menší ploše stejný objem dat. Tím pádem lze zmenšovat etikety, nebo naopak zvětšovat objem uložených dat.
- K dalším klíčovými vlastnostem podle Gaben (2017a) patří schopnost korekce chyb. Data je možné číst i v případě, že je část symbolu znečištěná nebo poškozená, což u běžných čárových kódů možné nebylo.

1.9 Čárové kódy vs RFID

RFID portál (2016) uvádí, že před několika desetiletími si evidenci za pomoci čárových kódů nedokázalo lidstvo vůbec představit. A dnes je to již naprosto běžná technologie, která je využívána v mnoha oblastech, pro které ze začátku nebyla vůbec plánována. Technologie RFID si podle Kodys (2009a) neklade za cíl úplně nahradit čárové kódy, ale spíše stávající čárové kódy doplnit o další a mnohem lepší možnosti. V celé řadě aplikací je nejvýhodnější použít kombinaci těchto dvou technologií. RFID portál (2016) jako hlavní výhodu RFID oproti čárovým kódům vidí to, že štítek s čárovým kódem musí být umístěn na viditelném místě pro čtecí zařízení a tím je zároveň vystaven vnějším vlivům, které zkracují jeho životnost. RFID tag lze umístit do značeného objektu tak, aby nebyl těmto vlivům vystaven. Kodys (2009a) zase jako jeden z hlavních rozdílů a výhod RFID oproti čárovým kódům vidí možnost dále aktualizovat a doplňovat informace dříve zapsané v RFID tagu (při použití read/write tagů). Samozřejmě souhlasí s tvrzením RFID portálu (2016), že obrovskou výhodou je, že není nutná viditelnost tagu při čtení. RFID portál (2016) jako další dvě velmi důležité výhody RFID vidí

možnost pomocí čtecího zařízení načíst najednou velké množství tagů na větší vzdálenost a možnost zápisu či změny informací přímo do RFID tagů. Hlavní výhody RFID ve zkratce podle Kodys (2009a):

- Snížení chybovosti,
- zlepšení řízení toku zboží,
- vyšší stupeň automatizace,
- digitální získávání informací,
- není nutná přímá viditelnost tagu,
- rychlost pořízení informace,
- odolnost a variabilita media,
- většina čtecích zařízení pro RFID umí číst i čárové kódy.

RFID technologie má oproti čárovým kódům značné výhody, ale i tak se najdou podniky, kde je stále výhodnější použít pouze čárové kódy nebo kombinaci těchto dvou technologií. Hlavním důvodem by mohla být například mnohem vyšší pořizovací cena u technologie RFID. Ekonomické přínosy při využití technologie RFID podle Kodys (2009a):

- Více výrobků se stejnými fixními náklady,
- větší přesnost při vyskladňování, snadnější inventura,
- minimalizace nákladů na označování a přeznačování,
- rychlejší vyskladnění, příjem, třídění a výběr,
- vylepšení evidence majetku a práce s ním,
- zjednodušení v oblasti správy a výměny dat ,
- rychlá návratnost investice.

2 VYUŽITÍ RFID V RÁMCI LOGISTIKY V ČR A V ZAHRANIČÍ

Druhá kapitola práce se zabývá využitím technologie RFID v různých odvětvích, a to zejména v logistice v rámci ČR a v zahraničí. Popisuje využití a nastavení konfigurace technologie RFID jednotlivých celosvětových společností.

RFID technologie zažívá v posledních letech obrovský vývoj po celém světě a ve všech možných odvětvích. Jak uvádí Automa (2017), existuje mnoho specifických oblastí, kde žádná jiná podobně fungující a spolehlivá identifikační metoda není dostupná nebo není dostatečně technologicky způsobilá, a pro tyto oblasti se pravděpodobně ještě po nějakou dobu nic měnit nebude. Automa (2017) tvrdí, že v blízké budoucnosti se nadále počítá s prudkým rozvojem technologie RFID a také vývojem mnoha dalších aplikací technologie. Především v logistice a dodavatelských řetězcích. Co se týče takových průkopníků zavádění technologie, tak mezi hlavní průkopníky podle Automa (2017) a Arizona (2009) patří společnost Wal-Mart, která už do konce roku 2005 požadovala označení zakázek alespoň na úrovni palet pomocí štítků RFID. Současné praktické využití technologie RFID obecně podle Pešek (2010) a Kebo V. a Švub J. (2012):

- **Automobilový průmysl:** Automobilový průmysl využívá technologii RFID zejména ve složitých a kvalitativně náročných logistických řetězcích. Náročnost těchto řetězců spočívá především v dodržování postupů JIT a JIS a to zejména na straně subdodavatelů. Druhým využitím RFID v automobilovém průmyslu může být technologický pokrok vozidel. Například společnost SAAB vyrábí klíče s RFID tagem, bez kterého nejde vozidlo nastartovat. Dalším příkladem může být například nastavení vozidla (zrcátek, volantu, sedadla atd.) podle toho, kterým klíčem se vozidlo startuje.
- **Zdravotnictví:** V této oblasti má RFID významný potenciál zejména v oblasti podpůrných, evidenčních a monitorovacích systémů. RFID zde může posloužit například jako pomoc při identifikaci či lokalizaci pacientů a kritického zařízení. Také jako pomoc při evidenci léčiv a zdravotnických prostředků.
- **Ve vězeňském sektoru:** V tomto oboru umožňuje aplikace RFID technologie ulehčit finanční náklady státu při trestu odnětí svobody formou domácího vězení. Vězni jsou v takovém případě označeni RFID tagy a jejich pohyb je monitorován.
- **Systémy identifikace osob:** S těmito systémy se v dnešní době setkáváme téměř denně. Většinou mají podobu karet o velikosti bankovní karty (úřady, zákaznické karty, In-karta, OPENCard), případně mohou být v podobě náramku (plavecké bazény) nebo

ve formě různých přívěšků na klíče (zabezpečovací systém, parkovací garáže, školní jídelny atd.).

- **Identifikace a registrace zvířat a jejich pohybů:** V dřívější době se používali plastové známky, na kterých bylo identifikační číslo zvířete. Dnes se používají RFID tagy, které jsou aplikovány pod kůži, díky čemuž není možné toto označení ztratit. To je velkou výhodou u sledování zvířat. Dalším využitím RFID je v průmyslu zpracování masa, kde je možno sledovat maso při přesunech ke konečnému zákazníkovi. V rámci sledování je možné využít RFID tag s teploměrem pro sledování aktuální teploty.
- **Využití při přepravě surovin:** Například druhý největší český pekárenský výrobce používá v rámci interní přepravy českou inteligentní pekárenskou přepravku. Tato přepravka byla vyvinuta a vyráběna přímo pro potřeby pekárenského prostředí. Podporuje dohledatelnost a minimalizuje ztrátovost vratných obalů. RFID tagy se využívají i v masném průmyslu. Například v Norsku je identifikace zvířata zaznamenána při přijetí zvířete na jatka. Po rozdělení je pak každá půlka označena RFID tagem, který v sobě postupně zaznamenává všechny potřebné informace o daném produktu. V průběhu dalšího zpracování se používají i přepravky s prepisovatelným tagy, takže na výstupu je možné jednotlivé kusy opatřit čárovým kódem se všemi předepsanými informacemi z tagu.
- **Měření teploty v průběhu převozu suroviny:** Historie průběhu teplot suroviny nebo popřípadě koncového výrobku v průběhu přepravy, je jedním z nejdůležitějších nástrojů při snaze omezení rizika zkaženého zboží. RFID tagy v tomto případě navíc obsahují i teplotní čidlo, které je schopno například ve zvolených intervalech zaznamenávat a ukládat průběh teplot v okolí. Pomocí vhodné čtečky je pak možné zjistit, kdy ke zkažení zboží došlo.

2.1 Využití RFID ve společnosti Decathlon

Decathlon je Cisper (2016) jedním z největších světových prodejců sportovních potřeb a sportovního vybavení. Tato Francouzská společnost prodá ročně více než 600 milionů jednotlivých produktů prostřednictvím rozsáhlé sítě, s více než 900 obchodů v Evropě, Africe, Jižní Americe a Asii. Mezi státy zastoupené v Evropě patří i Česká republika.

Podle Cisper (2016) a Traxa (2016) hlavním cílem Decathlonu bylo zvýšit dostupnost výrobků v obchodech. Chtěli zajistit, aby prodeje neklesaly z toho důvodu, že zákazníci nemohou najít zboží v regálech. Úkolem bylo nasadit značení pomocí technologie RFID zejména na své značky zboží. Pomocí inovace RFID mělo dojít také k zrychlení procesu na

pokladně . Řešením tedy podle Cisper (2016) bylo, že Decathlon integroval RFID technologii do veškerých fází jejich dodavatelského řetězce. Továrny, více než 40 distribučních center a více než 900 obchodů jsou vybaveny a nyní už těží z výhod RFID.

Společnost pomocí této technologie sleduje produkty v průběhu celého dodavatelského řetězce. Traxa (2016) dále uvádí, že uvnitř obchodů se používají komponenty od společnosti Embisphere, která je schopna na míru vyřešit zavedení RFID technologie do kterékoliv firmy. Identifikace RFID dělá sledovací proces jednodušší, rychlejší a omezuje chyby.

Když produkt dorazí do distribučního centra, je dle Cisper (2016) načten pomocí fixní RFID čtečky (brány). Informace z tagu se zpracují a zaznamenají. Tyto výrobky se pak přichystávají pro proces vychystávání. NON – Decathlon předměty, které ještě nejsou označeny tagem od výroby, jsou označeny RFID tagem v tomto distribučním centru. Avšak více než 85 % výrobků je označených už z výroby.

Decathlon pro označení NON – Decathlon výrobků dle Cisper (2016) využívá 100 % papírový štítek EOS – 300 Monza R6-P. rozměry štítku jsou 54 x 34 mm. Tento papírový štítek byl vyroben speciálně pro Decathlon, aby jej bylo možné použít na různé typy výrobků. Štítek se dle Cisper (2016) dodává jako dvojitý štítek, z čehož spodní list je prázdná nálepka, která slouží pro tisk některých vizuálních dat. Decathlon používá i jiné typy RFID tagů, záleží na charakteru zboží, které bude tagem označeno.



Obrázek 14 Štítek EOS - 300 (Tageos, 2017)

Společnost Decathlon spolupracovala se společností Tageos na vylepšení obalů, ve kterých jim byly dodávány štítky EOS – 300. Dle Cisper (2016) to bylo z důvodu usnadnění a urychlení potisku produktů v distribučních centrech. Společnost Tageos vyvinula speciální obal, díky kterému bylo možné potisknout místo prvotních 4 000 kusů dokonce až 16 000 kusů.

Etikety jsou tištěny a kódovány s jedinečným identifikačním číslem. Jakmile jsou vlastní výrobky přijaty a NON – Decathlon zboží je označeno dochází k procesu vychystávání.

Vychystávání se provádí jak pomocí ručních čteček, tak pomocí stacionárních bran. Díky tomuto důkladnému značení může decathlon zajistit, že zboží bude bezchybně rozděleno do obchodu, do kterého skutečně patří (Cisper, 2016).

Po příchodu produktů do obchodu, ve kterých jsou umístěny do regálu a jsou tak k dispozici zákazníkům, je personál načítá pomocí ruční RFID čtečky, která je pomocí bluetooth na smartphone, který jim ukazuje kde má být zboží vystaveno. Tato technologie se Decathlonu podle Cisper (2016) ukázala jako 5x rychlejší, než předešlé systémy a technologie.

Jak uvádí Cisper (2016) RFID technologie ve firmě Decathlon usnadňuje i proces placení a kontroly proti odcizení zboží. Proces placení funguje dle Cisper (2016) následovně: do pultu pokladny je nainstalována stacionární RFID čtečka, která zachytí tag, kterým je označený každý produkt. Díky této technologii stačí, když prodavačka pouze „protáhne“ zboží po pultu pokladny a zboží se ihned načte. Není tedy nutné otáčet zboží a hledat čárový kód, díky tomuto usnadnění je proces placení mnohem rychlejší. Dle Cisper (2016) je ke kontrole proti odcizené využívána RFID brána, které je umístěna u východu. Když přes bránu projdeme s tagem, brána z tagu načte zda-li tag byl načtený či nikoliv a v případě potřeby spustí alarm.



Obrázek 15 RFID brána (Retail - week, 2017)

Na obrázku 15 můžeme vidět, že RFID brána u východu se dá použít i jako reklamní poutač.

Výsledky zavedení RFID technologie ve společnosti Decathlon jsou možná až překvapivě dobré. Traxa (2016) uvádí, že díky zavedení RFID stouply tržby společnosti Decathlon o 11% a zároveň došlo k 9% snížení komoditních ztrát. Na základě těchto výsledků chce společnost Decathlon do všech svých obchodů a distribučních center dostat RFID technologii na nejvyšší možné úrovni. Dále chce zapracovat na IT systému, který by mnohem

lépe a pružněji reagoval na odbyt zboží zákazníkem a dokázal by tak pružněji řídit zásoby na základě aktuálního odběru zboží z regálu.

2.2 Sledování zásilek u Post Danmark

Dánský poštovní provozovatel Post Danmark, který je součástí PostNord, poskytovatele národních poštovních služeb v Dánsku a Švédsku. Dle Swedberg (2012a) využívá RFID technologii pro sledování svých zásilek a poštovních vozů a vyprazdňování schránek po celé zemi pomocí transpondérů, které přijímají a odesílají údaje po příchodu do vzájemného dosahu s jinými zařízeními. Jak uvádí Swedberg (2012a) s řešením, které přinesla dánská společnost Commotive se společností PostNord podařilo zlepšit přesnost svých dodávkových časů na každou poštovní schránku, optimalizovat cesty a snížit počet potřebných dopravců a vozidel. Dle Swedberg (2012a) a Juránkové (2016) společnost Post Danmark využívá ke sledování technologii, kterou jim sestavila a poskytla společnost Commotive. Aktivní tag společnosti Commmotive je schopen vysílat své jedinečné identifikační číslo a ostatní informace, které má uložené ve své paměti. Podle Swedberg (2012a) je tag umístěn na každé z 7 700 poštovních schránek v uzamykatelném krytu. Tento aktivní tag funguje na principu využití senzoru, který je schopen detekovat otevření přední části schránky. Aktivní tag umístěný ve schránce dále ukládá identifikační číslo a GPS souřadnice tagu vozidla, které se objevilo ve vzájemném dosahu čtení a tyto data pak dále přenáší. Dosah čtení bývá kolem 100 - 200 metrů. Swedberg (2012a) a Juránková (2016) uvádí, že to byl důvod, proč společnost Post Danmark zavedla do všech svých 3 800 vozů tagy. Tagy byly ve voze umístěny pod kapotou vedle baterie z důvodu napájení. Nakonec byly na více než 400 budovách Post Danmark nainstalovány čtečky, které byly pomocí kabelu napojeny na server. Sbírání dat tedy probíhalo při každém průjezdu vozidla kolem této budovy nebo vrácení vozidla. Čtečka stáhla data z tagu obsaženém ve vozidle a data jsou pak odeslána dál. Díky tomu jsme pak schopni určit například po jaké trase jede vozidlo, který řidič vyzvedl zásilku a v kolik hodin ji vyzvedl atd. Swedberg (2012a) a Juránková (2016) tvrdí, že díky této technologii se společnosti Post Danmark podařilo snížit vozový park o 10 %, díky čemuž dosáhly úspory 1,3 milionů dolarů. Collins (2006a) uvádí, že společnost Post Danmark začala RFID technologii využívat již v roce 2005, kdy pomocí semi-aktivních tagů označila přibližně 25 000 poštovních kontejnerů.

2.3 Sledování zásilek u Finland Post

Každý rok Finský národní provozovatel poštovních služeb podle Collins (2006b) přepraví více než 2,6 miliardy balíků a dopisů a proto potřebuje své procesy urychlit. Dokonce každým rokem dopravce ztrácí kolem 17 000 kusů válcových klecí, což ho stojí kolem 1,6

milionů dolarů ročně. Proto se tedy rozhodl označit 200 z přibližně 200 000 rolltejnérů pasivními tagy o frekvenci UHF 856 MHz. Tagy byly vyrobeny speciálně pro Finland Post. Tagy byly v plastovém pouzdře a byly vysoce odolné vůči okolním vlivům ať už se jedná o povětrnostní podmínky nebo o rušení signály vlivem například železné konstrukce rolltejneru. Dle Collins (2016b) společnost Finland Post zaznamenala 100% úspěšnost načítání. Označení rolltejnérů podle Collins (2016b) pomocí pasivních tagů donutilo zákazníky rolltejnery vracet, ale hlavně jim usnadnilo a urychlilo práci díky 100% načtení informací i při průjezdu rolltejneru 25 km/h kolem čtecího zařízení.

I navzdory těmto skvělým výsledkům Finland Post na úplném zavedení těchto UHF tagů netrvá. Podle Collins (2016b) Finland Post tvrdí, že v zemi není mnoho čtecích zařízení které umí číst UH a UHF frekvence najednou a také, že zatím nemají pro tento projekt vhodné zázemí u svých společníků.

2.4 Sledování zásilek u společnosti Correos

Společnost Correos je španělský poskytovatel poštovních služeb, který se stejně jako mnoho jiný poskytovatelů rozhodl používat technologii RFID k sledování poštovních zásilek. Dle O'Connor (2008) společnost Correos rozšířila využití technologie RFID ze svých původních 16 na 56 distribučních center po celém Španělsku. Systém využívá téměř 100 000 tagů. Correos využívá RFID pro sledování toku pošty prostřednictvím svých třídících center a pro sledování polohy opakovaně použitelných nádob, v nichž se přepravují poštovní zásilky. Poštovní zaměstnanci umístí EPC Gen 2 pasivní RFID tagy do obálek, které jsou adresovány do různých distribučních center a umístí je do sběrných poštovních schránek na různých místech. RFID čtečka shromáždí informace z tagu spolu s časovým znakem každého čtení. Back – end software vytvoří databázi těchto událostí spolu s umístěním čtecích zařízení, které četly informace z tagu a společnost Correos je pak podle těchto dat byla schopna identifikovat překážky, zpoždění a další problémy a následně je odstranit. Po počátečním nasazením v roce 2007 kde se jak uvádí O'Connor (2008), tyto systémy ukázaly jako velmi účinné, byla tato technologie instalována do dalších 37 třídících center. Celkem společnost Correos instalovala přibližně 550 čteček a 3 200 antén do svých distribučních center. Takový rozsah instalace dle O'Conner (2007) zaznamenal jednu z největších implementací technologie RFID. Systém dle O'Conner (2007) fungoval následovně: zásilky byly načítány ihned při dodání do zpracovatelského centra, kde v samotném centru byly zásilky načítány u dopravníkových systémů a třídících strojů. Ve finální fázi byly zásilky načítány na výstupních pozicích zpracovatelského centra.

2.5 Vychystávání zásilek u společnosti Klaipedos Baldai (dodavatel společnosti IKEA)

Litevský výrobce nábytku podle Swedberg (2012b) využívá technologii RFID pro sledování palet a produktů, které vychystává nejen pro společnost IKEA. Pomocí stacionárních čteček, které jsou naistalovány u vychystávacích vrat a palubních počítačů vysokozdvížných vozíků, které zobrazují data z čteček. Společnost zabraňuje chybovosti při nakládce zboží a zlepšuje efektivitu při velkém objemu zakázek pro společnost IKEA.

Klaipedos Baldai je podle slov Swedberg (2012b) pro společnost IKEA dodavatel nábytku. Tato společnost prodává v USA měsíčně zboží za 7,5 miliónů dolarů. Společnost se zaměřuje na velmi objemné zakázka a proto má velký zájem o technologie, které mohou zvýšit účinnost objednávek, naplnění atd. Hlavně potřebují, aby nedocházelo k chybám při vychystávání. Hlavním úkolem bylo odstranit chyby při odesílání zboží, protože bez použití technologie společnost dostávala v průměru 3 stížnosti měsíčně, že došlo k chybné zásilce. Takové stížnosti stály firmu náklady na odeslání nové zásilky, ale i dobré reference od společníků.

Swedberg (2012b) dále uvádí, že pokud chceme odstranit tyto chyby a problémy musíme využívat méně manuální práce a více systémů. Společnost Klapeidos Baldai se snažila nejprve využít svůj vlastní systém SAP pro správu dat, které by obsahovaly takové detaily, jako je například kdy byl produkt převzat, pro jakého zákazníka to bylo a které zakázky byl součástí.

Proces dle Swedberg (2012b) funguje následovně: když společnost IKEA zadá zakázku na produkty, SAP společnosti Klapeidos Baldai zpracuje objednávku. Pracovníci shromáždí potřebné komponenty pro každou objednanou položku a připraví je do boxu a položí na dopravník. Na konci dopravníku jsou boxy s komponenty stohovány na palety. Palety se obalí fólií a na vnější stranu se upevní SmartTrac ShortDipole EPC Gen 2 neboli pasivní tag, který pracuje na ultra vysoké frekvenci. Zaměstnanec pak využívá Nordic ID Morphic UHF neboli roční čtečku, která propojí ID tag s produktovým čárovým kódem, čímž se vytváří jedinečný identifikátor produktu propojený se systémem SAP. Tento systém je schopný zaznamenat i jiná data, jako je například kdo z personálu se podílel na balení tohoto zboží atd.

Díky tomuto systému může být zboží uloženo ve skladu po řadu dní, zatímco zbytek objednávky je naložen na palety a následně naložen na dodávku a odeslán k odběrateli. Když jsou palety připraveny k odeslání, palubní počítač vysokozdvížných vozíků indikuje, které palety mají být vyzvednuty a do kterých vychystávacích vrat mají být dodány. Řidiči pak naberou ty palety, které jsou potřeba a dovezou je na určité vychystávací místo, kde RFID

čtečka snímá identifikační číslo každé palety a tyto informace pak putují do systému SAP, který je zpracuje a rozhodne, jestli tato paleta patří na tento kamión.

V případě, že je načtena nesprávná paleta nebo pokud paleta v softwaru není uvedena, ukáže se na palubním počítači vysokozdvizného vozíku upozornění, které zabrání řidiči naložit paletu. Kromě toho systém automaticky ukládá zprávu o tom, jaké zboží bylo odesláno a kdy k tomu došlo. Tato data pak mohou být poskytována odběratelům, kteří jsou znepokojeni z čekání na zásilky nebo aby se prokázalo co bylo dodáno a kdy. Swedberg (2012b) dále uvádí, že ke kompletnímu nasazení technologie došlo v září 2012 a společnost využívala 17 000 tagů měsíčně. Swedberg (2012b) dále říká, že manažér společnosti uvádí, že systém velmi úspěšně eliminoval chybné zásilky, ale také jim přidal data v reálném čase. Další výhodou je to, že když systém zaznamená, že paleta odchází, je to pro něj signál, že je to zboží potřeba znovu doplnit na sklad.



Obrázek 16 Vychystávací RFID brána (Swedberg, 2012b)

2.6 Využití RFID ve společnosti Foxconn

Foxconn je dle (Foxconn, 2017) registrovaná obchodní značka společnosti Hon Hai Precision Industry CO., Ltd., která je známým a uznávaným světovým leaderem v poskytování kompletních řešení v oblasti IT a produkci spotřební elektroniky až po výrobu samotných elektronických součástek. Foxconn vyrábí všechny součásti osobního počítače kromě čipů. Jeho zákazníci jsou známé společnosti po celém světě.

Ve Foxconnu v Pardubicích využívají RFID zatím pouze rok a stále je ve vývojové fázi. Foxconn využívá RFID technologii ke sledování svých manipulačních prostředků. Ve spolupráci se společností GX solutions a společností Toyota nainstalovali RFID technologii do svých dvou nízkozdvižných a dvou vysokozdvizných vozíků.

V každém z vozíků je umístěná RFID čtečka a anténa pro lepší signál a na sloupech v hale, kde se vozíky pohybují, jsou umístěny aktivní tagy. Každý řidič má svojí kartu s RFID tagem, pomocí které startuje vozidlo. Program SMART TDM G2 zpracovává informace z čteček. Pomocí systému RFID může Foxconn sledovat pohyb vozidel, otřesy vozidel, vytíženost vozidel atd. Foxconn do budoucna přemýšlí o aplikaci RFID technologie na tzv. handlers. Pomocí této technologie by měli minimalizovat zbytečný pohyb svých zaměstnanců a také snížit jejich chybovost pomocí využívání systému kamer spojených s technologií RFID (autor).

2.7 Zrychlení provozu v indickém přístavu Adani

Swedberg (2013) ve svém článku uvádí, že nový kontejnerový terminál společnosti Hazira v přístavu Adani v indickém Gujaratu uvádí, že díky využití RFID technologie od svého otevření dosáhl přibližně o 50 % vyšší efektivnost co se týče správy nákladů, než jiné terminály stejné velikosti. Swedberg (2013) uvádí, že nyní díky technologii RFID je čas potřebný k obratu vozidla, které sem dorazí kvůli nakládce nebo vykládce, méně než 30 minut, což je dle podle Swedberg (2013) o polovinu méně, než v jiných stejně velkých přístavech. Tento přístav řeší problém zejména v tom, že nemá železniční spojení a má pouze 600 metrů dlouhý terminál, kam může odstavit auta, což je pro takovýto přístav opravdu málo.

Přístav si dle Swedberg (2013) zvolil instalaci RFID systému, který bude schopný poskytovat informace o pohybu vozidel. Řešení je propojeno se současným systémem TOS, který umožňuje přístavu automatizovat proces vstupu vozidel do brány přístavu. Díky automatizaci by se měla snížit i potřeba personálu, který kontrolovat identifikační čísla vozidel.

Přístav podle Swedberg (2013) začal spolupracovat s firmou SIPL na vývoji pasivního řešení s ultra vysokou frekvencí. Díky využití těchto tagů a softwaru SIPL, který spolupracuje se softwarem TOS, je možné při příjezdu kamionu ihned navigovat kamion ke kontejnerům, pro který si doopravdy přijel.

Swedberg (2013) popisuje proces následovně: Při příjezdu kamionu na bránu si řidič vyzvedne dočasný pasivní tag (M-Crown), který si připevní na palubní desky svého vozidla. Zaměstnanci na bráně zadávají identifikační číslo tagu podle údajů o vozidle a nákladu, který řidič dovezl, nebo pro který si přijel. Jedinečné identifikační číslo je pak v softwaru SIPL propojeno s informacemi o přepravní společnosti, vozidle a s informacemi o přepravovaném zboží. Software SIPL pak předává tato data do systému TOS, který vytiskne potvrzení o kontrole. Kamion potom projíždí kolem brány, která opět zachycuje jeho identifikační číslo

a posílá data do systému TOS, který otevírá další bránu. Následně je řidič navigován až na místo nakládky či vykládky. Tag umístěny ve vozidle je znovu načten pomocí čtečky, která je umístěna v jeřábu ,či jiném manipulačním prostředku. Tyto údaje jsou posílány pomocí Wi-fi nebo GPRS do softwaru TOS, který odešle informace na palubní počítač příslušného manipulačního prostředku o tom, co je potřeba s daným vozidlem udělat. Po ukončení procesu nakládky nebo vykládky pokračuje kamion k výstupní bráně přístavu, kde je tag znovu načten. TOS vytiskne výstupní doklad a umožní kamionu opustit přístav.

Swedberg (2013) uvádí, že v přístavu naistalovali jednu čtečku na vstupu a jednu čtečku na výstupu z přístavu, stejně jako na vstupu a výstupu z jednotlivých terminálu. Na branách na gumových posuvnicích může být tag načten až z výšky 3 metrů a u manipulačních jeřábů dokonce až z 8 metrů.

Swedberg (2013) uvádí, že se očekává, že přístav ušetří přibližně 112 000 dolarů ročně v nákladech na pracovní sílu. Během budoucí fáze rozšiřování RFID technologie budou tagy umístěny na všechny kontejnery, aby bylo zajištěno naprosto přesné mapování poloh kontejnerů, které pomůže správcům přístavu mnohem lépe využívat prostory přístavu a také sledovat polohu všech vozidel v reálném čase.

2.8 Využití RFID u metody FIFO ve společnosti Kumho

Swedberg (2015) uvádí, že Korejský výrobce pneumatik Kumho Tire ve dvou svých závodech používá pasivní RFID tagy s ultra vysokou frekvencí ke sledování spotřeby gumových materiálů, které používá při výrobě pneumatik. Řešení pomocí RFID podle Swedberg (2015) umožňuje společnosti zvýšit efektivitu, lépe spravovat svůj materiál a zajistí, aby byl kaučuk vychystáván podle metody FIFO.

Metoda FIFO neboli first in first out, znamená, že zboží které na sklad dorazilo jako první, bude také jako první použito. Pomocí této metody se zabraňuje nechtěnému stárnutí kaučuku.

Podle slov Swedberg (2015) byl tento systém instalován v továrnách Kumho v jihokorejských městech Gwangju a Gokseung. Do budoucna společnost plánuje zavést tuto technologii i do svých ostatních závodů. Společnost dle Swedberg (2015) tvrdí, že získala návratnost investic zvýšením účinnosti a odstraněním nutnosti vyhazovat starý kaučuk, který se pouze válel na skladě. Kumho tire, vlastněná konglomerátem Kumho Group, vyrábí širokou škálu pneumatik v Jižní Koreji, Číně a Vietnamu. Již v roce 2013 začali již výše zmiňované továrny používat pasivní tagy při výrobě pneumatik pro autobusy a nákladní automobily. Tagy byly navrženy pro použití v oblasti správy zásob a logistiky v distribučních centrech. V té době

jak uvádí Swedberg (2015) společnost také chtěla sledovat inventarizace daných továren. K tomu bylo zapotřebí systém lokalizace v reálném čase (RTLS), který by mohl pokrývat plochu zhruba 200 000 metrů čtverečních. Společnost se snažila přijít na to, jak použít levnější pasivní UHF tagy místo dražších aktivních tagů, které jsou právě schopné poskytnou RTLS data.

Podle slov Swedberg (2015) společnost Kumho společně s Qbit vyzkoušela nové řešení v jediné továrně. Jednalo se o sledování palet naplněných kaučukem právě pomocí pasivních UHF tagů, které byly umístěny na kusu papíru, který byl upevněn na pneumatice. Swedberg (2015) říká, že v tom samém roce bylo v každé továrně nainstalováno 18 přijímačů STAR a více než 2 000 čtecích antén MOJIX. Pneumatiky se značily pomocí tagů, které se tiskly a kodovaly přímo na místě pomocí tiskárny Bitek Technology. A každý vozík, který přepravoval pneumatiky měl také svůj vlastní tag. Software Qbit spravující databázi společnosti Kumho dle Swedberg (2015) ukládá a zpracovává informace spojené s RFID tagy. Proces dle Swedberg (2015) funguje následovně: když jsou gumové pláty umístěny v zásobníku, tagu každého plátu se přidá informace o jeho výrobních a expiračních údajích. Jakmile se čtečka Mojix eNodes dostane do dosahu, napájí tag a ten přenáší své informace. Signál tagu je posílen pomocí instalovaných antén, které přenáší informace do přijímače a následně do systému Qbit, který je schopen zpracovat polohu pneumatiky v reálném čase. Jak se gumové pláty posouvají z oblasti skladování do oblasti výroby, tag je znovu načten a software určí novou polohu plátu. Společnost podle toho ví, kdy je potřeba dovést na sklad nové gumové pláty. Jakmile jsou pneumatiky částečně složeny, posouvají se pomocí vozíků označených RFID tagem do dalšího pracovního procesu. Systém Mojix neustále dotazuje RFID tagy a tím je schopen zjistit, kolik gum tohoto stavu dosáhlo a tedy, kolik gum chybí na skladě.



Obrázek 17 Pneumatiky opatřené pasivními tagy a RFID brána (RFID journal, 2009)

Swedberg (2015) dále uvádí, že společnost Kumho Tire od zavedení RFID technologie snížila své náklady, zejména tím, že nemusela likvidovat nepoužitelný kaučuk a tím pádem kupovat stále nový. Tím, že společnost využívá stále nový kaučuk, zlepšila i kvalitu svých koncových výrobků.

Druhá kapitola popisovala využití technologie RFID. Tato technologie se rozvíjí opravdu ve všech možných odvětvích, avšak největší rozvoj zaznamenává právě v logistice. V poštovní sféře se RFID využívá zejména ke sledování zásilek v reálném čase pomocí aktivních tagů. U společností Decathlon a Kumho Tires a Klapeidos Baldai se RFID využívá k řízení zásob a odstranění chybovosti pomocí pasivních RFID tagů, které jsou mnohem levnější a tudíž při takovém obrovském množství označených objektů vhodnější. Ve Foxconnu se RFID využívá k sledování manipulační techniky. V přístavu Adani jsou pasivní tagy využívány k sledování vozidel a díky tomu, jsou schopni zkracovat čas zdržení se vozidel v přístavu.

3 NÁVRH KONFIGURACE RFID SYSTÉMU PRO VYUŽITÍ V LOGISTICE NA ZÁKLADĚ MĚŘENÍ V LABORATOŘI AIDC

Třetí kapitola se zabývá návrhy konfigurace systému RFID na základě vlastních měření pro využití v logistice. Měření probíhalo v univerzitní laboratoři automatické identifikace. Konfigurací systému je myšleno především výběr vhodného tagu i vzhledem k materiálu označovaného objektu a umístění tagu na sledovaném objektu tak, aby docházelo k co nejlepším výsledkům při načítání dat. Na základě analýzy ve druhé kapitole a možných podmínek, se návrhy zaměřují na využití pasivních tagů a stacionárních brán. V univerzitní laboratoři automatické identifikace je k výše zmiňovaným měřením možné využít následující přístroje:

- 3 široko pásmové antény značky Motorola typu AN480. Podle Codeware (2017a) široký frekvenční rozsah UHF umožňuje celosvětové využití antény, pomáhá snižovat náklady a zjednodušuje infrastrukturu RFID. AN480 může být instalována kdekoliv v podniku, uvnitř výrobních hal i skladů atp. Anténa může být použita i ve venkovních prostorech. Cena jedné antény se aktuálně pohybuje kolem 6 200 Kč včetně DPH. Antény jsou nainstalovány na kovové konstrukci, která má 225 cm na šířku a 250 cm na výšku.
- RFID čtečka Motorola FX9500. Tato čtečka je podle Codeware (2017a) vysoce odolná čtečka, které byla vyvinuta přímo pro vysoce náročné průmyslové prostředí. K tomuto faktu přispívá mimo jiné i těsnění IP53, což v praxi znamená, že čtečka je odolná vůči pokropení vodou a částečně i vůči vniku mikročástic. Je určena zejména pro sledování velkého toku označených beden nebo palet. Má velmi vysokou citlivost a frekvenci čtení tagů. Čtečka je nabízena se 4 nebo 8 vstupními porty. Cena čtečky se aktuálně pohybuje kolem 42 000 Kč včetně DPH.
- Notebook vybavený programem Motorola Session one. Program Session one je software pro zpracování dat získaných z čtečky. Program Session one slouží tedy jako již zmiňované middleware. Tento program je přizpůsobený přímo pro výše uvedený typ čtečky.
- Poštovní přepravní klec, pomocí které jsem převážel poštovní vratné přepravky přes bránu RFID.



Obrázek 18 Univerzitní laboratoř automatické identifikace (Autor)

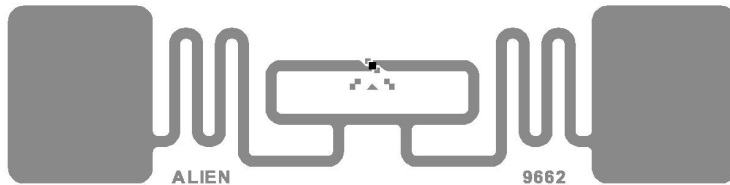
Mimo výše uvedených nástrojů se v laboratoři nachází ještě ruční RFID čtečka. Celková hodnota těchto nástrojů, které stále ještě nebudou schopny podniku podávat komplexní informace při řešení určitého problému, se pohybuje okolo 100 000 korun. Z této sumy je vidět, že investice, která je potřebná na zavedení RFID do podniku je opravdu vysoká.

3.1 Výběr vhodného tagu a jeho umístění při označování poštovních přepravek

První návrh práce se zaměřuje na označování plastových přepravek, které jsou následně přepravovány v poštovních klecích. Poštovní přepravky jsou používány snad v každé poštovní společnosti a označují se z důvodu usnadnění a urychlení všech procesů spojených s přemísťováním přepravek. Označení vratných přepravek může pomoci i při dohledávání ztracených či ukradených přepravek. V návrhu byly srovnány 3 různé typy pasivních tagů a dvě různé polohy umístění tagu na poštovní přepravce. Všechny typy tagů, které byly využity v měření, jsou dle výrobců určeny mimo jiné i k označování plastových předmětů. Přepravky byly naskládány na sobě přepravovány přes RFID bránu pomocí poštovní klece. Průměrná rychlost průjezdu poštovní klece RFID bránou byla cca 5 km/h. Pro měření byly použity následující typy pasivních tagů:

- **ALN-9662 Short inlay** – tento tag má rozměry 73,5 mm na šířku a 21, 2 mm na výšku. Velikost integrované antény je 70 x 17 mm. Tag umožňuje uživatele provést až 100 000

zapisovacích cyklů. ALN-9662 je vyroben z dřevovláknitého materiálu, což zabraňuje vystavovat tag extrémně vysokým či nízkým teplotám. Ideální rozhraní teplot tohoto tagu je od -25 až do +50 stupňů. Cena při odběru 5000 a více kusů tagu činí kolem 30 Kč včetně DPH za kus. (Alientechnology, 2015)



Obrázek 19 Tag ALN-9662 Short inlay (Alientechnology, 2017)

- **Confidex Carrier Pro M4QT** – tento tag speciálně určený pro označování různých plastových kontejnerů a beden. Tag velmi dobře odolává klasickým pracím procesům, kterým čelí vratné plastové kontejnery po celou dobu životnosti. Rozměry tagu jsou 92 x 24 x 0,2 mm. Tag je schopen pracovat při teplotách od -35 až do +90 stupňů. Čtecí vzdálenost toho tagu je až do 12m. Cena při odběru 5000 a více kusů se pohybuje kolem 17 Kč včetně DPH za kus. (Eprin, 2017).



Obrázek 20 Tag Confidex carrier Pro M4QT (Eprin, 2017a)

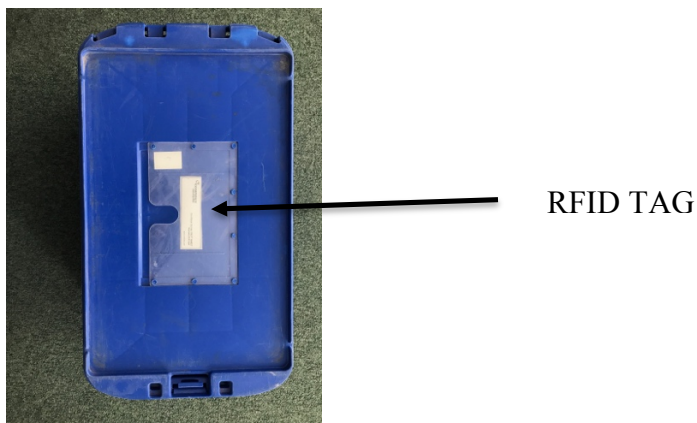
- **Etiketa Gaben** – velkou výhodou tohoto typu tagu, je že výrobce je schopen vytisknout libovolné rozměry a to z různých typů materiálu dle potřeb zákazníka. Zákazník si může pořídit tiskárnu těchto etiket do výroby a tisknout si etikety podle potřeb i sám. Tag obsahuje čip Impinj Monza 3 a velikost antény je 70 x 14,5 mm. Cena etikety se pohybuje kolem 9 Kč včetně DPH za kus. (Gaben, 2017b)



Obrázek 21 Etiketa Gaben (autor)

3.1.1 Tag umístěný na horní straně přepravky

Většina poštovních přepravek, které se v dnešní době využívají, je na tento způsob umístění již přizpůsobena v podobě plastové záložky. To je výhodou z hlediska ochrany tagu atp.



Obrázek 22 RFID tag umístěný nahoře (autor)

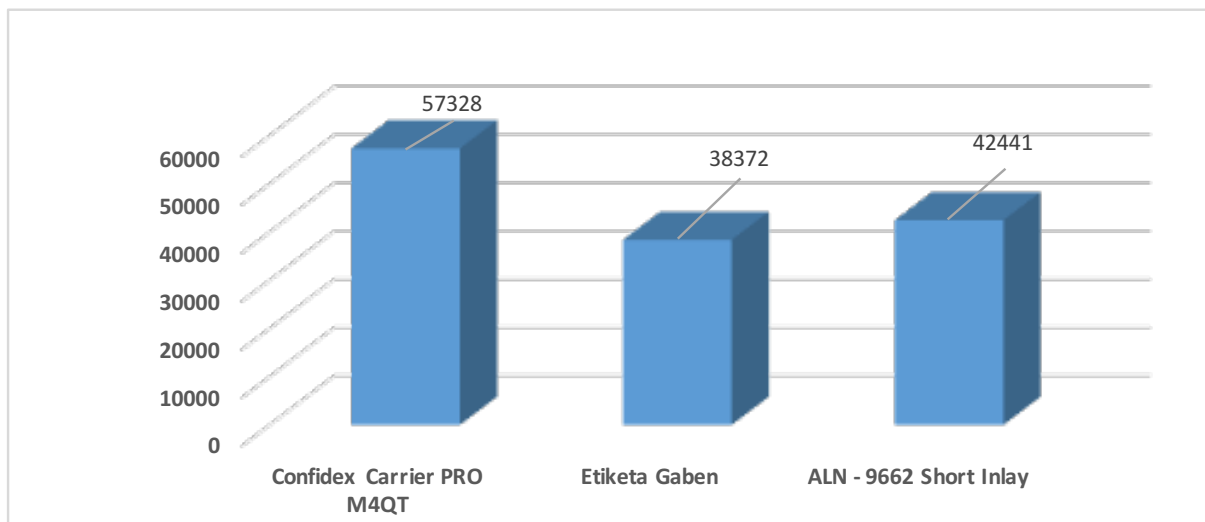
Všechny tagy byly postupně umístěny na poštovní přepravky a s každou variantou bylo provedeno 15 měření pro zajištění nezkreslených výsledků. U měření byly zapnuté všechny 3 antény na plný výkon. U měření byl tag sledován na celkem 5 přepravkách. Uspořádání přepravek můžeme vidět na obrázku 23.



Obrázek 23 Uspořádání přepravek (autor)

Na obrázku 24., který je níže, můžeme vidět výsledky měření při poloze tagu nahoře. V tomto měření dosáhl nejlepších výsledků tag Confidex Carrier PRO M4QT, který byl načtený celkem 57 328 krát, což v průměru bylo přibližně 764 krát. Druhých nejlepších výsledků dosáhl tag ALN – 9662 Short Inlay od společnosti Alien Technology, který byl celkem načten 42 441

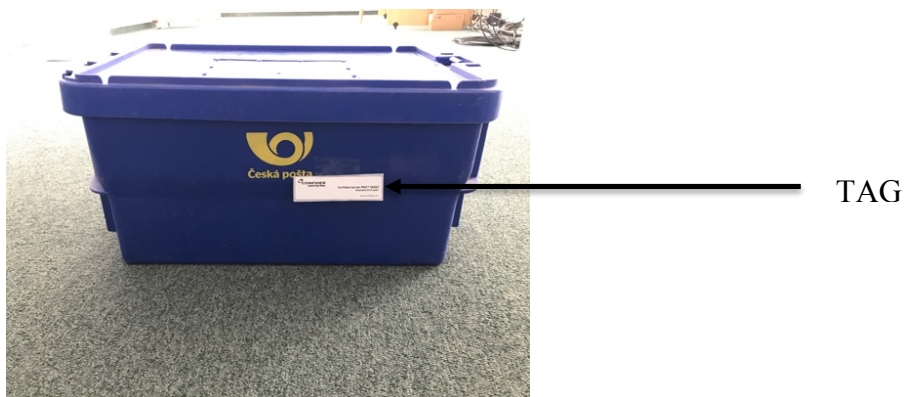
a v průměru to bylo přibližně 565 krát. Nejhorší výsledky byly naměřeny u Etikety od společnosti Gaben, kde celkový počet načtení byl 38 372 a průměrný počet načtení byl přibližně 511. Pro tuto variantu umístění tagu je tedy nejvhodnější tag od společnosti Confidex.



Obrázek 24 Celkový počet načtení při poloze nahoře u přepravky (autor)

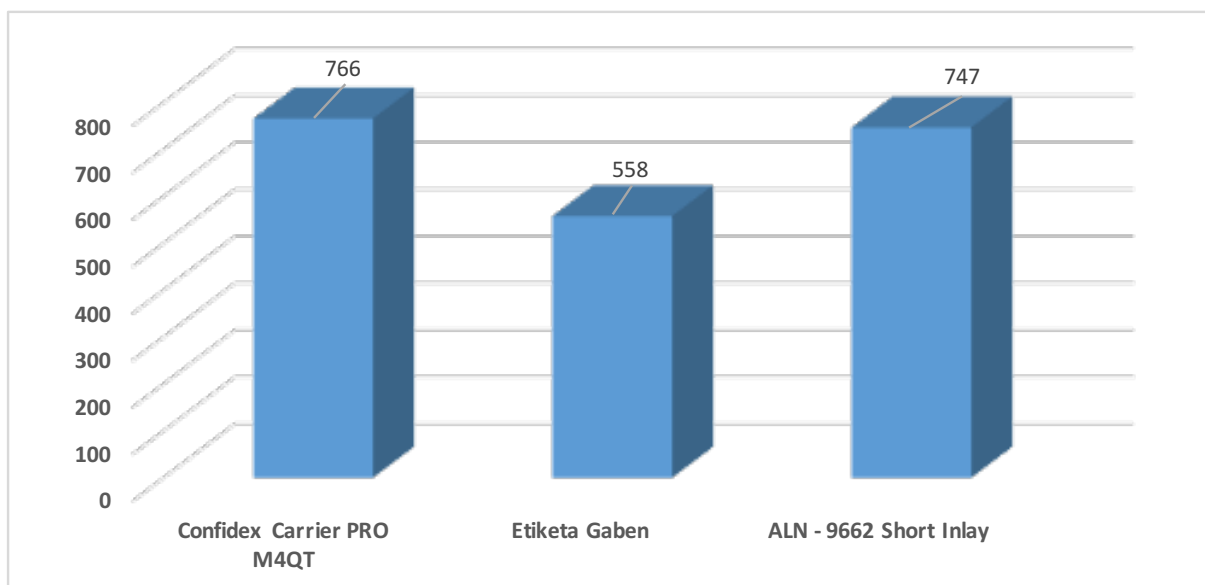
3.1.2 Tag umístěný na boční straně přepravky

V dalším měření byl tag umístěn na boční (delší) straně poštovních přepravek.



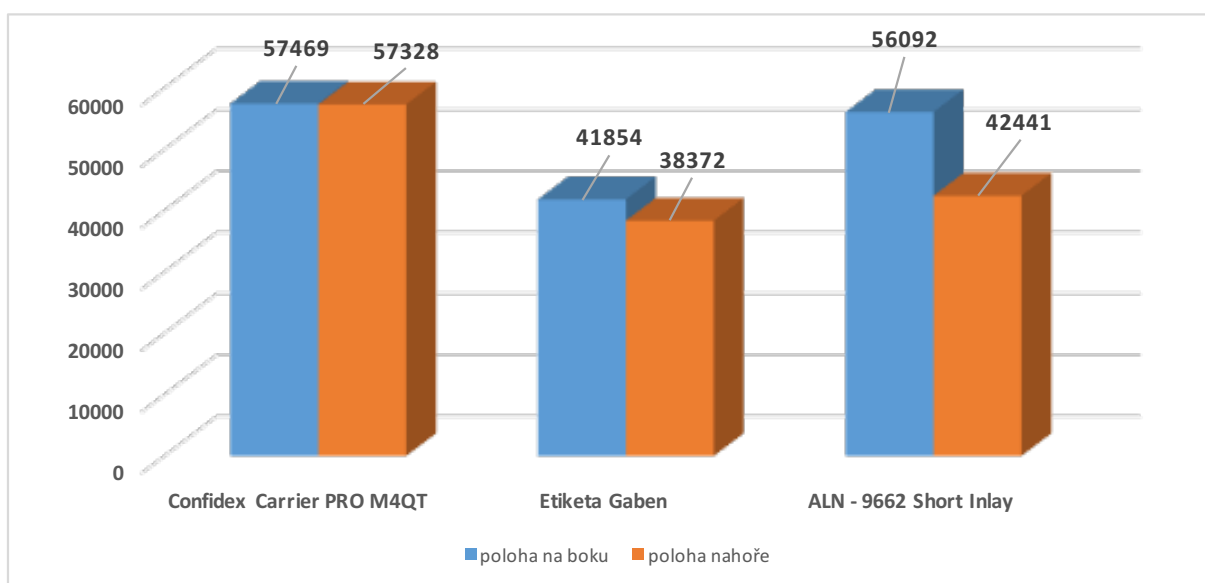
Obrázek 25 Tag umístěný na boku přepravky (autor)

Na obrázku 25 je ukázka umístění tagu na boku přepravky. Bok přepravky oproti víku není přizpůsoben na označování pomocí RFID tagů. Tag se dá přilepit, ale není nijak chráněn proti odloupení, poškrábání atd. Postup měření byl stejný jako u předchozího měření. Nastavení antén bylo taktéž stejné jako u předchozího měření.



Obrázek 26 Průměrný počet načtení při poloze na boku přepravky (autor)

Jak je možno vidět i na obrázku 26, který uvádí průměrný počet načtení tagu, nejlepších výsledků opět dosáhl tag Confidex. Tag Confidex byl průměrně načtený 766 krát a celkově 57 469 krát. Tag ALN – 9662 Short Inlay byl průměrně načtený 747 krát a celkově 56 092 krát. Etiketa Gaben byla načtena v průměru 558 krát a celkově 41 854 krát.



Obrázek 27 Celkový počet načtení v obou polohách (autor)

Na obrázku 27 je znázorněn celkový počet načtení všech tagů v obou polohách. Dále v přílohách A,B a C jsou vidět jednotlivá měření. Je zde vidět, že všechny tagy jsou vhodné pro toto využití. Avšak nejvíce se osvědčil tag Confidex Carrier PRO M4QT, který v obou polohách dosáhl téměř stejného a zároveň největšího počtu načtení. Cenově je levnější, než dle výsledků druhý nejlepší tag a co se týče kvality zpracování je na tom mnohem lépe, než zbylé dva tagy.

Co se polohy týče, tak i navzdory lepším výsledkům, které byly ovlivněny polohou a uspořádáním beden v poštovní kleci, je lepší tag umístit na víko bedny.

3.2 Výběr vhodného tagu a jeho umístění pro označování pneumatik

Druhé měření a následně návrh je zaměřeno na vhodné umístění a vhodný výběr tagu pro označení pneumatik. Pneumatiky se v logistice označují například pro sledování pneumatik v průběhu celého řetězce, nebo pro efektivnější skladování a vychystávání. Označování pneumatik může být využito i k řízení zásob pomocí metody FIFO, jak bylo popsáno v předchozí části u společnosti Kumho Tires. Při tomto měření byly použity následující typy RFID tagů:

- **Confidex Silverline Slim M4QT ETSI** – tento typ tagu je vhodný pro použití na všechny typy povrchů. Štítek je možné aplikovat i na zakřivené plochy, což je u pneumatik velkou výhodou. Velikost tagu je 110 x 13 x 0,8 mm, splňuje třídu IP 68 a operační teploty jsou od – 35 do 85 stupňů. Čtecí vzdálenost je do 4 metrů. Cena tohoto tagu při odběru více než 2 000 kusů je 20 Kč včetně DPH za kus. (Eprin, 2017b)



Obrázek 28 Tag Confidex Silverline Slim M4QT ETSI (Eprin, 2017b)

- **Confidex Casey Slim G2iL** – Tento tag je určen především pro průmyslové aplikace, které vyžadují vysoce kvalitní RFID tagy pro každodenní provoz. Je vhodný pro využití i ve velmi velkých objemech a je kompatibilní se standartními tiskárnami RFID. Rozměry tagu jsou 97 x 15 x 0,2 mm, splňuje IP 68 a operační teploty se pohybují od -35 do +85 stupňů. Čtecí vzdálenost je do 10 metrů. Výrobce udává, že je to ideální typ pro 1 použití. Cena tohoto tagu při odběru více než 2 000 kusů je kolem 6 Kč včetně DPH za kus. (Eprin, 2017c)



Obrázek 29 Tag Confidex Casey Slim G2iL (Eprin, 2017c)

- **Confidex Silverline M4QT ETSI** – Rozměrově největší tag, který byl použit. Rozměry tagu jsou 100 x 40 x 0,8 mm operační teploty jsou od -35 do +85 stupňů. Tag taktéž

splňuje IP 68 a čtecí vzdálenost je do 5 metrů. Tag je možné použít na všechny typy povrchů. Cena tagu při odběru více než 2 000 kusů se pohybuje kolem 26 Kč včetně DPH za kus. (Eprin, 2017d)



Obrázek 30 Tag Confidex Silverline M4QT ETSI (Eprin, 2017d)

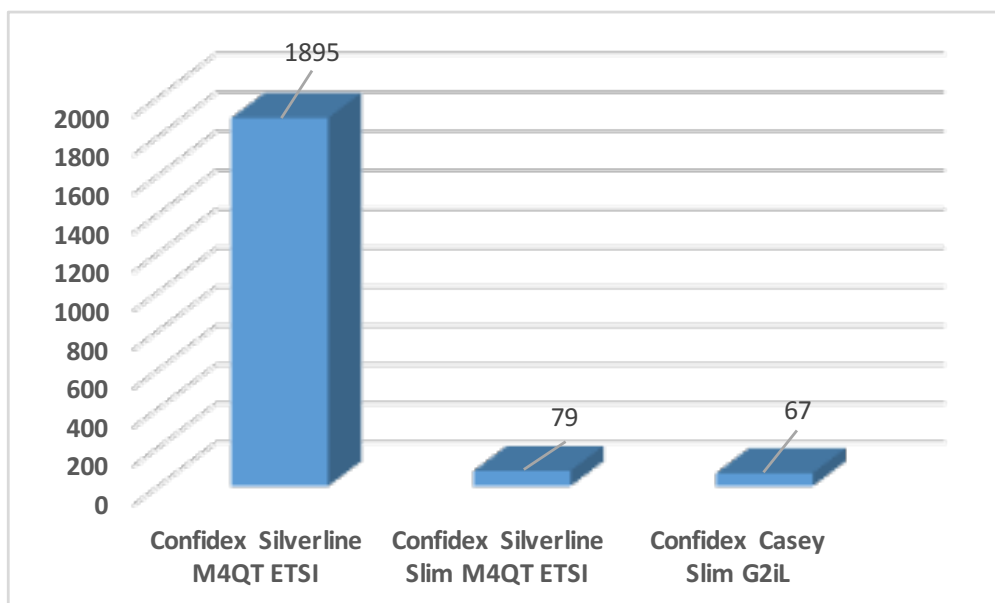
3.2.1 Tag umístěný uvnitř pneumatiky

V prvním měření byl tag umístěn uvnitř pneumatiky. Výhoda této polohy je ochrana tagu vůči vnějším vlivům během různých logistických procesů.



Obrázek 31 Tag umístěný uvnitř pneumatiky (autor)

Všechny typy tagů byly umístěny uvnitř pneumatiky a následně bylo provedeno 15 měření. U pneumatik bylo měření zaměřeno na nejhorší možnou variantu načítání a tou byla spodní pneumatika umístěna na ležato. Nastavení antén bylo stejné jako u poštovních bedniček.



Obrázek 32 Celkový počet načtení při poloze uvnitř pneumatiky (autor)

Z obrázku 32 a příloh D, E a F, kde vidíme celkový počet načtení všech tří použitých tagů a jednotlivá měření, můžeme vidět, že toto umístění tagu je naprosto nevhodné, protože u dvou ze tří tagů docházelo k měření, při kterém nebyl načten tag vůbec a tím pádem je tato poloha naprosto nevhodná.

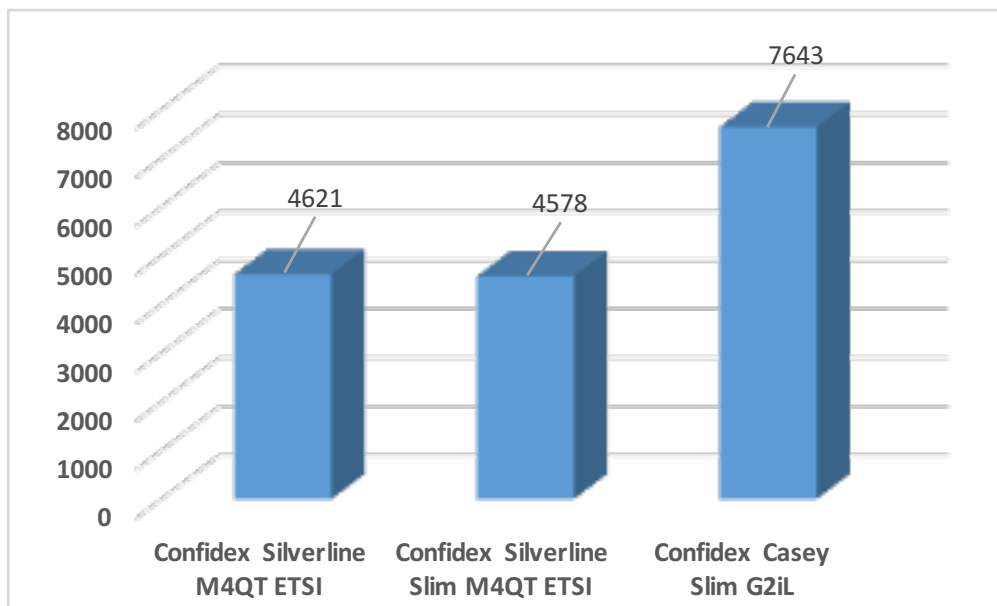
3.2.2 Tag umístěný na dezénu pneumatiky

V druhém měření byl tag umístěný na dezénu pneumatiky. Tato poloha může být náchylnější na poškození tagu při různých logistických operacích avšak je praktičtější při označování pneumatik.



Obrázek 33 Tag umístěný na boku pneumatiky (autor)

Postup měření je stejný jako v předchozím případě.



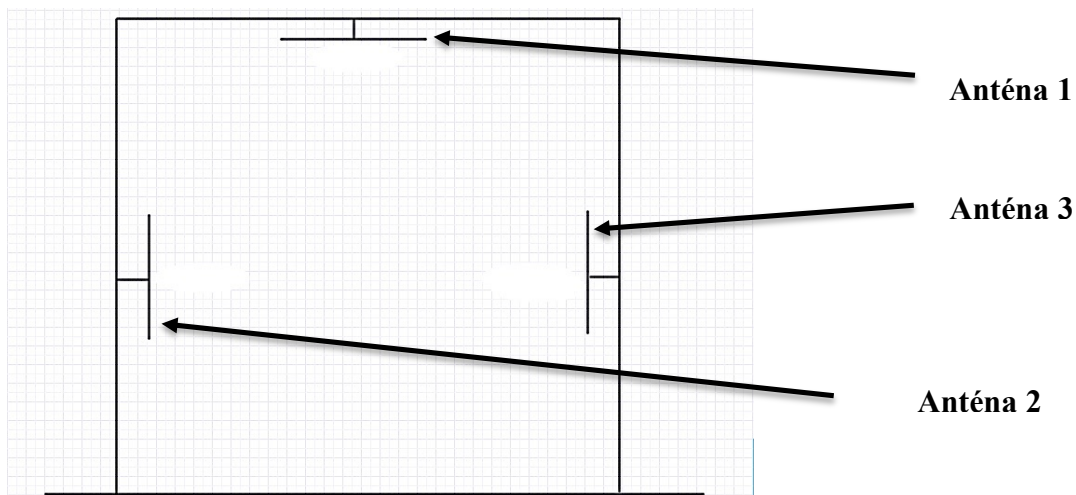
Obrázek 34 Celkový počet načtení na boku (autor)

Z obázku 34 a příloh D, E a F je vidět, že tato varianta umístění tagu se ukázala mnohem lepší, než tomu bylo u první varianty. Nejlepších výsledků dosáhl tag Confidex Casey Slim G2iL, který byl načtený celkem 7643 krát, což v průměru bylo přibližně 509 krát. Jako druhý nejlepší byl nejlepší tag z první varianty Confidex Silverline M4QT ETSI. Tento tak byl celkově načten 4621 krát, což průměrně bylo přibližně 308 krát. Nejhorší výsledky byly naměřeny u tagu Confidex Silverline Slim ETSI, který byl průměrně načten přibližně 305 krát a celkově 4578 krát.

Při označování pneumatik je tedy dle výsledků měření mnohem výhodnější umístit tag na bok pneumatiky. Co se tagu týče, nejlepší výsledek při měření dosáhl tag z řady Casey od společnosti Confidex. Tento tag je i cenově nejlevnější a vzhledem k tomu, že je ideální na jedno použití, je tento tag nejlepší volbou pro označení pneumatik.

3.3 Optimalizace počtu antén

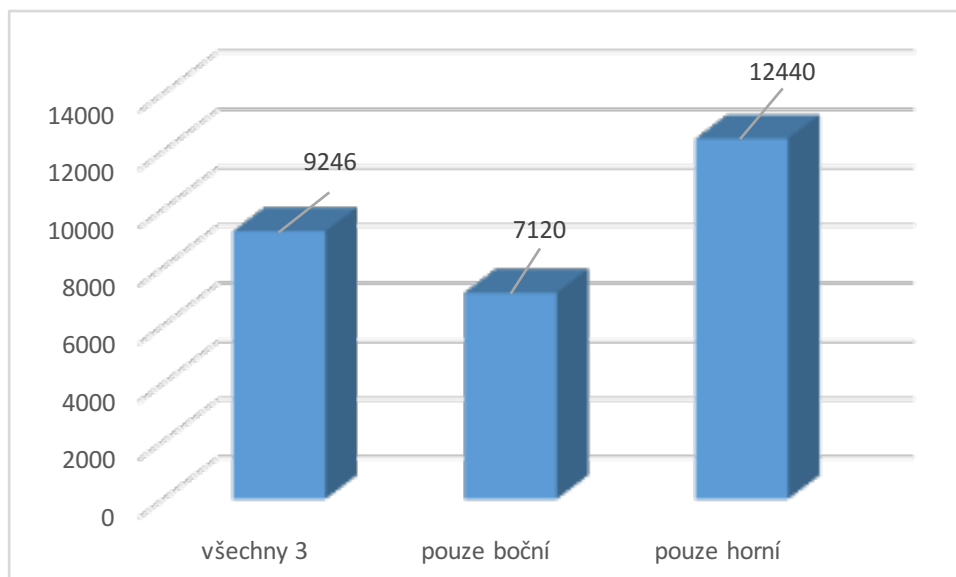
Třetí návrh práce je zaměřený na optimalizaci počtu antén. Všechny tři antény, které jsou zde použity jsou stejné. Jedná se o značku Motorola a model AN 480. Jde spíše o přezkoušení, zdali by nebylo dostačující využít pouze jedno nebo pouze dvě antény a tím uspořit část nákladů při zavádění RFID brány.



Obrázek 35 Aktuální rozmístění antén (autor)

Na obrázku 35 můžeme vidět schéma aktuálního rozmístění antén v univerzitní laboratoři. RFID brána, pomocí které probíhala všechna měření má rozměry: 225 cm na šířku a 250 cm na výšku.

Měření bylo prováděno opět pomocí poštovních přepravek a poštovní klece. Poštovní přepravky byly naskládány ve třech sloupcích po dvou přepravkách na sobě. Tag byl umístěn v prostřední přepravce dole. Během měření byly všechny antény zapnuté na 100% výkon. K měření byl použit tag, který vyšel z prvního návrhu jako nejvhodnější. Je to tag Confidex Carrier PRO M4QT.



Obrázek 36 Výsledky měření antén (autor)

Z obrázku 36 a přílohy G je zřejmé, že nejlepší celkové načtení bylo dosaženo při zapnutí pouze horní antény. Nejhuře na tom byly boční antény. Dá se říci, že méně je někdy

více a tudíž je při přístrojích se stejnými parametry a bráně se stejnými rozměry vhodné využít pouze horní anténu (dle obrázku 35 anténu1) místo všech tří antén, jako je tomu v univerzitní laboratoři automatické identifikace.

ZÁVĚR

Cílem této práce bylo na základě analýzy využití RFID v ČR a ve světě navrhnout co nejlepší konfiguraci RFID technologie pro využití v logistice.

První kapitola byla věnována charakteristice RFID. Popisuje vývoj, historii, princip fungování a jednotlivé části (přístroje) potřebné k správnému fungování této technologie. Popisuje, jakým způsobem se dá RFID využít a jak dokáže ušetřit nemalé peníze. Dále první kapitola popisuje čárové kódy a srovnává je s technologií RFID. Čárové kódy jsou totiž velmi významný „předchůdce“ radiofrekvenční technologie a do budoucna se i kvůli vysoké pořizovací ceně RFID počítá spíše se spoluprací těchto dvou technologií.

Druhá kapitola je zaměřena na analýzu využití technologie RFID v ČR a v zahraničí. RFID se používá ve všech možných oborech jako jsou: automobilní průmysl, zdravotnictví, potravinářský průmysl, vězeňství, sledování zvířat či osob a v mnoha dalších. Největší rozvoj zaznamenává RFID právě v logistice. Velké společnosti zavádějí RFID technologii s cílem co největších úspor v budoucnu, zefektivnit skladování zboží a průhlednosti celého logistického řetězce. Pro příklad společnost Decathlon označuje své zboží pasivními tagy ihned při výrobě, ostatní zboží označuje tagy ve svých distribučních skladech. Decathlon využívá RFID zejména k řízení zásob ve svých mnoho prodejnách po celém světě a také k ochraně zboží proti krádeži. Společnost Kumho Tires označuje své pneumatiky RFID tagy, aby zefektivnila skladování. RFID tagy pomáhají společnosti fungovat v souladu s metodou FIFO a tím zmenšit počet již nepoužitelných pneumatik. Pardubický Foxconn zatím používá RFID technologii pouze ke sledování své manipulační techniky. Společnost Klapeidos Baldai jeden z předních dovozců společnosti IKEA používá RFID bránu pro vychystávání zboží do kamionů. Díky bráně je výrazně snížena chybovost pracovníku a také zvýšena ostraha proti krádeži. Poskytovatele poštovních služeb v Dánsku, Finsku a Španělsko využívají aktivní RFID tagy ke sledování svých zásilek v reálném čase. Díky této technologii jsou schopni neustále navrhovat lepší trasy, zkracovat čas dodání, hlídat zboží atd. V přístavu Adani našla technologie RFID uplatnění jako technologie vhodná pro řízení provozu automobilů v přístavu.

Třetí a tedy poslední kapitola je věnována vlastnímu měření v univerzitní laboratoři automatické identifikace a následným návrhům pro využití RFID technologie v logistice.

První návrh je zaměřený na sledování poštovních přepravek v poštovní kleci. Využití RFID v tomto případě by mělo výrazně snížit dobu manipulace s přepravkami. Měření srovnávalo dvě polohy umístění tagu a tři různé typy tagů, které byly vhodné pro toto použití. Z měření vyšlo najevo, že obě pozice umístění tagu jsou vhodné. Avšak poloha nahoře neboli

na víku přepravky se ukázala, jako praktičtější. Ze tří tagů, který byly srovnávány vyšel nejlépe tag Confidex Carrier PRO M4QT, který byl cenově uprostřed, ale co se kvality týče, byl na tom nejlépe. Výsledkem návrhu tedy je umístění tagu Confidex Carrier PRO M4QT na víko přepravky.

Druhý návrh je zaměřený na označování pneumatik. Značení pneumatik pomocí RFID technologie je dnes již zcela běžné. Na pneumatikách byly opět testovány dvě polohy tagů a tři různé typy tagů vhodné pro toto využití. Na rozdíl od poštovních beden, kde byly obě varianty vhodné, se varianta uvnitř pneu ukázala jako nevhodná. Zůstala nám tedy varianta na dezénu pneumatiky. Nejlepších výsledků bylo dosaženo s tagem Confidex Casey Slim G2iL, který je nejlevnější a díky tomu je vhodný i pouze na jedno použití. Výsledkem návrhu tedy je využit tag Confidex Casey Slim G2iL a umístit ho na dezén pneumatiky.

Poslední návrh pracuje s myšlenkou optimalizace počtu antén. Měření bylo postupně prováděno, nejdříve se zapnutými všemi anténami, poté pouze s bočními a nakonec pouze s horní anténou. Z výsledků měření bylo zřejmé, že nejlepších výsledků bylo dosaženo, když byla zapnutá pouze horní anténa. Výsledkem návrhu je tedy, že při zavádění RFID brány se stejnými parametry je vhodné použít pouze horní anténu bez bočních antén.

POUŽITÁ LITERATURA

Alien Technology, 2015. Interní doklady společnosti Alien Technology.

ARIZONA, 2009. A brief history of rfid. *Arizona* [online]. [cit. 2017-01-19]. Dostupné z: <http://www.u.arizona.edu/~obaca/rfid/history.html>

AUTOMA, 2017. Radiofrekvenční identifikace rfid a její použití v automatizaci a logistice. *Automa* [online]. [cit. 2017-04-19]. Dostupné z: http://automa.cz/cz/casopis-clanky/radiofrekvencni-identifikace-rfid-a-jeji-pouziti-v-automatizaci-a-logistice-2005_08_30654_1857/

CISPER, 2016. Decathlon uses rfid to identify millions of items worldwide. *Cisper* [online]. [cit. 2017-04-19]. Dostupné z: <https://www.cisper.nl/decathlon-uses-rfid-to-identify-millions-of-items-worldwide/>

CODEWARE, 2017a. Motorola FX9500 RFID čtečka pro evropské pásmo, UHF Gen2. *Codeware* [online]. [cit. 2017-01-24]. Dostupné z: https://eshop.codeware.cz/items/motorola-fx9500-rfid-ctecka-pro-evropske-pasmo-uhf-gen2-8-portu_a_FX9500-8.html

CODEWARE, 2017b. Zebra AN480L RFID anténa: levá CP, 865-956 MHz, IP54, 6 dBi *Codeware* [online]. [cit. 2017-04-24]. Dostupné z: https://eshop.codeware.cz/items/AN480-REPPE/zebra-an480l-rfid-antena-leva-cp-865-956-mhz-ip54-6-dbi_a_AN480-CL.html

COLLINS, Jonathan, 2006a. Finland Post Finds RFID Can Deliver ROI. *RFID Journal* [online], [cit. 2017-4-16]. Dostupné z: <http://www.rfidjournal.com/articles/view?2207>

COLLINS, Jonathan, 2006b. Post Danmark to Tag Its Roll Cages. *RFID Journal* [online], [cit. 2017- 4-16]. Dostupné z: <http://www.rfidjournal.com/articles/view?2281>

DANĚK, Jan, 2004 Logistika. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita. ISBN 802480705x

DHGATE, 2017. *DHgate* [online]. [cit. 2017-01-23]. Dostupné z: <http://www.dhgate.com/online-shopping/waterproof-silicone-rfid-online.html>

EPC-RFID, [b.r]. EPC information. *EPC-RFID* [online]. [cit. 2017-01-23]. Dostupné z: <http://www.epc-rfid.info>

EPRIN, 2017. RFID etiketa Confidex Carrier Pro™. *Eprin* [online]. [cit. 2017-05-17]. Dostupné z: <https://www.rfidshop.cz/eshop-confidex-carrier-pro.html>

EPRIN, 2017b. RFID etiketa Confidex Silverline Slim™. *Eprin* [online]. [cit. 2017-05-17]. Dostupné z: <https://www.rfidshop.cz/eshop-confidex-silverline-slim.html>

EPRIN, 2017c. RFID etiketa Confidex Casey Slim™. *Eprin* [online]. [cit. 2017-05-17].

Dostupné z: <https://www.rfidshop.cz/eshop-confidex-casey-slim.html> EPRIN, 2017d. RFID etiketa RFID etiketa Confidex Silverline™. *Eprin* [online]. [cit. 2017-05-17]. Dostupné z: <https://www.rfidshop.cz/eshop-confidex-silverline.html>

- ESP, 2014. Jak fungují RFID čtečky. *ESP* [online]. [cit. 2016-12-04]. Dostupné z: <http://esp.cz/cs/blog/funguji-rfid-ctecky>
- ET, 2017. Čárové kódy. *Et*[online]. [cit. 2017-01-24]. Dostupné z: http://www.et-pocitacovesystemy.wz.cz/cislicova_technika/kodovani/carovy/carovy_kod.html
- Foxconn, 2017. Foxconn globálně. *Foxconn* [online]. [cit. 2017-04-16]. Dostupné z: <http://www.foxconn.cz/foxconn-globalne/>
- GABEN, 2017a. Čárové kódy (teorie). *Gaben* [online]. [cit. 2017-01-24]. Dostupné z: <http://www.gaben.cz/cz/faq/carove-kody-teorie>
- GABEN, 2017b. Interní doklady společnosti Gaben.
- HERTUŠ, Michal, 2014. RFID principy fungování a možnosti využití. Údržba podniku [online]. [cit. 2017-01-24]. Dostupné z: <http://udrzbapodniku.cz/hlavni-menu/artykuly/artykul/article/rfid-principy-fungovani-a-moznosti-vyuziti/>
- HUNT, V. Daniel, Albert PUGLIA a Mike PUGLIA, 2007. RFID: a guide to radio frequency identification. Hoboken, N.J.: Wiley-Interscience. ISBN 9780470107645.
- INTECH, 2009. A Knowledge-Based Approach for Detecting Misuses in RFID Systems. *Intech*[online]. [cit. 2017-01-23]. Dostupné z: <http://www.intechopen.com/books/designing-and-deploying-rfid-applications/a-knowledge-based-approach-for-detecting-misuses-in-rfid-systems>
- JURÁNKOVÁ, Petra, 2016. Zefektivnění sledování poštovních zásilek v průběhu přepravního procesu. Pardubice. Disertační práce. Dopravní fakulta Jana Pernera.
- KEBO, Vladimír, Jiří Švub 2012. Představení ILAB RFID. *DPS* [online], [cit. 2017-4-16]. Dostupné z: <http://www.dpsaz.cz/zajimavosti/id:6686/predstaveni-ilab-rfid>
- KODYS, 2009a. RFID – radiofrekvenční identifikace. *Kodys*[online]. [cit. 2017-01-24]. Dostupné z: <http://www.kodys.cz/rfid.html>
- KODYS, 2009b. RFID – čárové kódy. *Kodys*[online]. [cit. 2017-01-24]. Dostupné z: <http://www.kodys.cz/carovy-kod.html>
- KODYS, 2011. Motorola MC9090-Z RFID - mobilní RFID čtečka pro náročné prostředí. *Kodys* [online]. [cit. 2017-01-24]. Dostupné z: http://www.kodys.cz/o-nas/aktuality.html/3_732-motorola-mc9090-z-rfid---mobilni-rfid-ctecka-pro-narocne-prostredi/2
- O'CONNOR, Mary Catherine, 2008. Spanish Postal Service Expands Its RFID Deployment. *RFID Journal* [online]. [cit. 2017-04-16]. Dostupné z: <http://www.rfidjournal.com/articles/view?4349>
- O'CONNOR, Mary Catherine, 2007. Spain's Post Office Improves Delivery Speed. *RFID Journal* [online]. [cit. 2015-09-16]. Dostupné z: <http://www.rfidjournal.com/articles/view?3209/>
- OPENKM, 2017. Barcode. *Openkm* [online]. [cit. 2017-01-24]. Dostupné z: <https://www.openkm.com/en/barcode.html>

PEŠEK, David, 2010. RFID – radiofrekvenční identifikace: důvod k obavám?. *CTPP* [online], [cit. 2017-4-16]. Dostupné z: <http://ctpp.cz/data/files/RFID.pdf>

RFCODE, 2016. Technical specs sheets. *Rfcode* [online]. [cit. 2017-01-28]. Dostupné z: http://cdn2.hubspot.net/hub/186315/file-2401365660-pdf/docs/Assets/m100_tech_spec_sheet.pdf?t=1485535023505

RFID – EPC, 2016. Standard EPC. RFID – EPC [online]. [cit. 2017-01-24]. Dostupné z: <https://www.rfid-epc.cz/co-je-rfid/standard-epc#collapse-text--accordion-1>

RFID JOURNAL, 2009. Logwin rolls ahead with rfid. *RFID journal* [online]. [cit. 2017-04-16]. <http://www.rfidjournal.com/articles/view?5341#back-from-modal>

RFID JOURNAL, 2014. Are There Any RFID Tags That Can Transmit Location Details to a Reader?. *RFID journal* [online]. [cit. 2017-04-16]. Dostupné z: <http://www.rfidjournal.com/blogs/experts/entry?11077>

RFID JOURNAL, 2017a. What's the difference between passive and active tags? *RFID journal* [online]. [cit. 2017-01-19]. Dostupné z: <https://www.rfidjournal.com/faq/show?68>

RFID JOURNAL, 2017b. What's the difference between read-only and read-write RFID tags? *RFID journal* [online]. [cit. 2017-01-19]. Dostupné z: <https://www.rfidjournal.com/faq/show?67>

RFID PORTÁL, 2016. RF Code představil unikátní RFID tag. *RFID portál* [online]. [cit. 2017-01-19]. Dostupné z: <http://www.rfidportal.cz/index.php?page=clanek&art=472>

ROUSSOS, George, 2008. Networked RFID: systems, software and services. London: Springer. ISBN 9781848001527.

STACKOVERFLOW, 2009. Tag info. *Stackoverflow* [online]. [cit. 2017-01-19]. Dostupné z: <http://stackoverflow.com/tags/rfid/info>

SWEDBERG, Claire, 2012a. Post Danmark Boosts Mail-Collection Efficiency. *RFID Journal* [online], [cit. 2017-4-16]. Dostupné z: <http://www.rfidjournal.com/articles/view?9257>

SWEDBERG, Claire, 2012b. RFID helps IKEA furniture maker eliminate shipping errors. *RFID Journal* [online], [cit. 2017-4-16]. Dostupné z: <http://www.rfidjournal.com/articles/view?10217/2>

SWEDBERG, Claire, 2013. RFID reduces traffic delays at indian port. *RFID Journal* [online], [cit. 2017-4-16]. Dostupné z: <http://www.rfidjournal.com/articles/view?10217/2>

SWEDBERG, Claire, 2015. At Kumho tire factory, rfid drives first-in, first-out process. *RFID Journal* [online], [cit. 2017-4-16]. Dostupné z: <https://www.rfidjournal.com/articles/view?13548/>

TAGEOS 2017. EOS300RW001. *Tageos* [online]. [cit. 2017-04-19]. Dostupné z: <http://www.tageos.com/assets/EOS300-R-W-001-website-illustration.jpg>

TECHOPEDIA, 2017. Radio frequency identification tag. *Techopedia* [online]. [cit. 2017-01-19]. Dostupné z: <https://www.techopedia.com/definition/24273/radio-frequency-identification-tag-rfid-tag>

TRAXA, 2016. Decathlon rfid technology results sales improved 11%, reduced the rate of 9% of commodity losses. *Traxa* [online]. [cit. 2017-04-19]. Dostupné z: <http://www.traxa.it/en/news-en/decathlon-rfid-technology-results-sales-improved-11-reduced-the-rate-of-9-of-commodity-losses/>

VOJÁČEK, Antonín, 2015. Používané RFID frekvence a jejich vliv na čtení a zápis tagu. *Automatizace* [online]. [cit. 2017-01-24]. Dostupné z: <http://automatizace.hw.cz/komponenty-prumyslove-sbornice-a-komunikace/vice-i-mene-bezne-rfid-frekvence-a-jejich-vliv-na-vlastnosti-tagu.html>

VOJTĚCH, L., 2009. RFID – technologie pro internet věcí. *Pandatron* [online]. [cit. 2017-01-24]. Dostupné z: http://pandatron.cz/?733&rfid_-_technologie_pro_internet_veci

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 Ukázka EPC.....	16
---------------------------	----

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 Technologie RFID.....	11
Obrázek 2 RFID pasivní tag.....	13
Obrázek 3 RFID aktivní tag.....	14
Obrázek 4 RFID read only tag.....	15
Obrázek 5 EPC.....	16
Obrázek 6 Middleware.....	18
Obrázek 7 Mobilní čtečka.....	19
Obrázek 8 Stacionární čtečka.....	20
Obrázek 9 Používané frekvence.....	21
Obrázek 10 kódy EAN 8 a EAN 13.....	23
Obrázek 11 Interleaved 2/5 kód.....	24
Obrázek 12 Kód 128.....	24
Obrázek 13 QR kód.....	25
Obrázek 14 Štítek EOS - 300.....	29
Obrázek 15 RFID brána.....	30
Obrázek 16 Vychystávací RFID brána.....	34
Obrázek 17 Pneumatiky opatřené pasivními tagy a RFID brána.....	37
Obrázek 18 Univerzitní laboratoř automatické identifikace.....	40
Obrázek 19 Tag ALN-9662 Short inlay.....	41
Obrázek 20 Tag Confidex carrier Pro M4QT.....	41
Obrázek 21 Etiketa Gaben.....	41
Obrázek 22 RFID tag umístěný nahoře.....	42
Obrázek 23 Uspořádání přepravek.....	42
Obrázek 24 Celkový počet načtení při poloze nahoře u přepravky.....	43
Obrázek 25 Tag umístěný na boku přepravky.....	43
Obrázek 26 Průměrný počet načtení při poloze na boku přepravky.....	44
Obrázek 27 Celkový počet načtení v obou polohách.....	44
Obrázek 28 Tag Confidex Silverline Slim M4QT ETSI.....	45
Obrázek 29 Tag Confidex Casey Slim G2iL.....	45
Obrázek 30 Tag Confidex Silverline M4QT ETSI.....	46
Obrázek 31 Tag umístěný uvnitř pneumatiky.....	46
Obrázek 32 Celkový počet načtení při poloze uvnitř pneumatiky.....	47

Obrázek 33 Tag umístěný na boku pneumatiky	47
Obrázek 34 Celkový počet načtení na boku	48
Obrázek 35 Aktuální rozmístění antén	49
Obrázek 36 Výsledky měření optimalizace počtu antén.....	49

SEZNAM ZKRATEK

EAS	Electronic Article Surveillance Elektronický článek dohledu
EAN	European Article Number Mezinárodní číslo obchodní položky
EPC	Electronic Product Key Elektronický klíč (kód) produktu
FIFO	first in first out První dovnitř první ven
HF	High Frequency Vysoká frekvence
LF	Low Frequency Nízká frekvence
QR	Quick response Rychlá odezva
RFID	Radio Frequency Identification Identifikace pomocí rádiové frekvence
RO	Read Only pouze čtení
RSSI	Received signal strength indicator Indikátor intenzity zpětného signálu
RTLS	real time location system Sledování v reálném čase
RW	Read Write zápis a čtení
UHF	Ultra High Frequency Ultra vysoká frekvence
WORM	Write once read many Jeden zápis více čtení

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha A Výsledky měření bedniček Confidex Carrier Pro M4QT

Příloha B Výsledky měření bedniček Etiketa Gaben

Příloha C Výsledky měření bedniček ALN-9662 Short Inlay

Příloha D Výsledky měření pneu Confidex Silverline M4QT ETSI

Příloha E Výsledky měření pneu Confidex Silverline Slim M4QT ETSI

Příloha F Výsledky měření pneu Confidex Casey Slim G2iL

Příloha G Výsledky měření optimalizace počtu antén

Příloha A Výsledky měření bedniček Confidex Carrier Pro M4QT

Confidex Carrier Pro M4QT																				
přepravka 1 (spodní)		přepravka 2				přepravka 3				přepravka 4				přepravka 5 (horní)						
poloha:	na boku		nahore		na boku		nahore		na boku		nahore		na boku		nahore					
	načtení:	RSSI	načtení:	RSSI	načtení:	RSSI	načtení:	RSSI	načtení:	RSSI	načtení:	RSSI	načtení:	RSSI	načtení:	RSSI				
Měření:																				
1	600	-59	648	-62	706	-55	780	-60	706	-57	638	-58	854	-56	747	-67	884	-58	978	-49
2	645	-59	632	-51	724	-54	760	-66	801	-59	560	-54	852	-61	728	-52	912	-58	989	-60
3	625	-58	611	-51	736	-60	600	-49	723	-60	816	-55	883	-68	778	-56	962	-59	1015	-50
4	631	-62	657	-51	698	-61	649	-51	794	-54	698	-58	720	-62	849	-53	883	-57	866	-49
5	598	-60	646	-63	754	-63	691	-57	780	-60	757	-66	798	-60	782	-63	822	-60	992	-55
6	667	-57	650	-67	735	-55	588	-55	767	-55	683	-64	813	-57	759	-54	878	-63	992	-66
7	684	-54	623	-64	687	-53	683	-59	789	-61	725	-56	834	-54	769	-55	923	-54	1022	-63
8	613	-63	560	-48	706	-52	700	-65	802	-63	710	-59	823	-55	812	-58	867	-56	970	-50
9	625	-57	636	-49	712	-57	752	-64	788	-57	677	-54	788	-63	800	55	899	-55	1030	-57
10	676	-55	650	-50	744	-60	664	-61	734	-59	666	-59	776	-59	820	-56	854	-50	988	-59
11	637	-62	634	-55	735	-62	720	-63	742	-59	789	-61	795	-62	835	-59	916	-64	987	-54
12	604	-61	628	-60	679	-61	750	-59	820	-57	765	-57	813	-62	796	-60	901	-61	995	-60
13	587	-59	615	-57	699	-56	695	-64	799	-53	713	-58	824	-61	853	-57	879	-60	1013	-61
14	657	-53	645	-53	715	-55	734	-59	756	-62	698	-55	867	-59	824	-61	907	-56	968	-56
15	633	-60	612	-63	728	-50	726	-53	773	-63	734	-60	812	-57	813	-55	916	-54	990	-53

Zdroj: autor

Příloha B Výsledky měření bedniček Etiketa Gaben

Etiketa Gaben																					
		přepravka 1 (spodní)			přepravka 2			přepravka 3			přepravka 4			přepravka 5 (horní)							
poloha:	Měření	na boku		nahore		na boku		nahore		na boku		nahore		na boku		nahore					
		načtení:	RSSI	načtení:	RSSI	načtení:	RSSI	načtení:	RSSI	načtení:	RSSI	načtení:	RSSI	načtení:	RSSI	načtení:	RSSI				
1		550	-57	330	-61	580	-59	490	-60	624	-54	362	-55	632	-51	632	-62	555	-50	707	-49
2		503	-57	380	-63	592	-52	456	-69	646	-58	446	-59	646	-52	578	-66	496	-52	650	-49
3		498	-57	358	-65	530	-61	516	-67	603	-59	390	-55	603	-53	660	-64	532	-55	728	-60
4		542	-60	378	-62	561	-59	425	-69	522	-64	472	-56	522	-62	560	-54	526	-58	690	-57
5		450	-61	402	-65	574	-59	500	-60	608	-48	440	-56	608	-61	550	-55	518	-60	646	-46
6		524	-59	423	-63	546	-60	433	-63	614	-55	456	-51	612	-60	619	-57	534	-62	668	-51
7		513	-62	367	-64	566	-55	458	-64	602	-55	432	-54	625	-55	598	-60	528	-55	713	-53
8		516	-60	374	-66	587	-61	513	-59	623	-57	401	-49	626	-67	562	-61	497	-57	682	-60
9		487	-57	349	-61	534	-62	501	-60	635	-54	389	-63	578	-54	602	-57	513	-62	658	-57
10		467	-61	331	-59	562	-57	441	-61	567	-62	421	-55	590	-57	588	-54	506	-61	698	-49
11		489	-62	386	-61	541	-58	469	-62	578	-61	489	-56	615	-57	623	-53	505	-60	676	-51
12		498	-60	364	-60	598	-62	480	-62	583	-59	443	-51	584	-60	615	-52	519	-66	687	-55
13		523	-59	404	-63	576	-62	456	-59	622	-57	396	-53	627	-54	597	-57	487	-58	713	-53
14		507	-57	396	-57	553	-60	493	-64	607	-63	412	-55	590	-64	564	-60	491	-57	702	-49
15		509	-60	389	-64	523	-59	506	-66	637	-63	432	-55	596	-60	588	-54	523	-59	669	-51

Zdroj: autor

Příloha C Výsledky měření bedniček ALN-9662 Short Inlay

ALN-9662 Short inlay																					
		přepravka 1 (spodní)				přepravka 2				přepravka 3				přepravka 4				přepravka 5 (horní)			
poloha:	Měření	na boku		nahore		na boku		nahore		na boku		nahore		na boku		nahore		na boku		nahore	
		načtení:	RSSI	načtení:	RSSI	načtení:	RSSI	načtení:	RSSI	načtení:	RSSI	načtení:	RSSI	načtení:	RSSI	načtení:	RSSI	načtení:	RSSI	načtení:	RSSI
1		680	-65	590	-57	691	-61	567	-60	760	-57	428	-61	862	-66	633	-63	850	-64	856	-63
2		760	-63	502	-59	648	-65	490	-60	726	-59	385	-60	732	-67	580	-58	815	-59	897	-60
3		665	-61	460	-60	713	-67	489	-57	743	-60	390	-61	808	-61	596	-55	732	-64	960	-68
4		661	-64	488	-60	730	-62	528	-63	817	-55	430	-57	756	-63	597	-60	850	-62	890	-64
5		663	-60	473	-53	655	-61	450	-54	733	-67	432	-50	788	-57	628	-56	823	-57	927	-66
6		648	-62	528	-50	644	-63	513	-59	765	-62	398	-53	744	-59	657	-57	788	-59	802	-59
7		713	-63	453	-61	701	-63	422	-53	758	-60	422	-60	752	-60	530	-53	796	-58	902	-57
8		702	-59	474	-62	697	-60	446	-63	789	-55	446	-61	768	-59	548	-61	813	-60	912	-63
9		689	-67	501	-51	687	-61	402	-55	742	-57	402	-63	803	-58	555	-62	804	-61	862	-60
10		733	-64	468	-67	710	-62	450	-55	766	-59	40	-57	823	-57	612	-60	823	-54	948	-65
11		724	-62	463	-59	653	-64	423	-57	801	-60	423	-58	795	-55	601	-52	777	-53	856	-62
12		675	-63	488	-57	638	-59	422	-61	810	-55	382	-59	814	-61	590	-59	832	-62	877	-61
13		651	-61	500	-60	720	-60	445	-60	798	-54	295	-53	774	-67	576	-60	816	-63	923	-59
14		704	-60	498	-61	681	-62	467	-62	762	-67	412	-62	823	-67	609	-59	791	-59	896	-64
15		728	-60	530	-59	672	-61	490	-63	739	-63	403	-67	831	-62	622	-58	764	-57	891	-64

Zdroj: autor

Příloha D Výsledky měření pneu Confidex Silverline M4QT ETSI

Confidex Silverline M4QT ETSI				
Měření číslo:	poloha uvnitř pneu		poloha na dezénu pneu	
	Počet načtení	RSSI	Počet načtení	RSSI
1	161	-66	299	-65
2	174	-64	328	-66
3	89	-67	345	-67
4	118	-66	254	-66
5	112	-65	283	-66
6	132	-63	346	-65
7	125	-60	288	-55
8	146	-65	296	-63
9	98	-59	325	-64
10	113	-64	313	-62
11	130	-63	278	-66
12	143	-62	336	-65
13	118	-66	309	-59
14	120	-65	298	-67
15	116	-66	323	-65

Zdroj: autor

Příloha E Výsledky měření pneu Confidex Silverline Slim M4QT ETSI

Confidex Silverline Slim M4QT ETSI				
Měření číslo:	poloha uvnitř pneu		poloha na dezénu pneu	
	Počet načtení	RSSI	Počet načtení	RSSI
1	1	-71	360	-68
2	14	-72	254	-69
3	21	-72	320	-71
4	0		282	-67
5	0		328	-69
6	8	-67	324	-64
7	6	-72	312	-62
8	3	-69	280	-64
9	12	-70	323	-66
10	0		298	-69
11	9	-68	324	-71
12	0		333	-70
13	0		297	-70
14	2	-69	267	-67
15	3	-70	276	-65

Zdroj: autor

Příloha F Výsledky měření pneu Confidex Casey Slim G2iL

Confidex Casey Slim G2iL				
Měření číslo:	poloha uvnitř pneu		poloha na dezénu pneu	
	Počet načtení	RSSI	Počet načtení	RSSI
1	0		593	-65
2	9	-71	562	-63
3	10	-70	486	-61
4	5	-69	512	-57
5	0		412	-62
6	0		456	-64
7	7	-68	478	-61
8	6	-69	505	-64
9	0		567	-62
10	11	-67	513	-59
11	5	-68	542	-60
12	2	-67	498	-62
13	0		514	-54
14	5	-68	515	-56
15	7	-69	490	-61

Zdroj: autor

Příloha G Výsledky měření optimalizace počtu antén

optimalizace počtu antén						
měření	zapnuté všechny antény				pouze boční	pouze horní
	celkem	Horní	levá	pravá		
1	676	294	164	218	463	835
2	679	259	196	224	434	919
3	650	296	180	174	477	683
4	496	190	114	192	488	881
5	566	275	105	186	463	928
6	613	268	180	165	501	763
7	625	270	160	195	475	810
8	598	220	170	208	438	837
9	663	240	202	221	497	865
10	606	285	161	160	521	812
11	634	293	176	165	476	798
12	578	224	155	199	434	803
13	655	287	155	213	484	892
14	621	236	157	228	512	823
15	586	256	140	190	457	791

Zdroj: autor