

**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE**  
**FAKULTA DOPRAVNÍ**

*Jakub Culek*

**LOKALIZACE A IDENTIFIKACE STOJANŮ VE VÝROBNÍM  
PODNIKU**

Diplomová práce

**2018**

## I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Culek** Jméno: **Jakub** Osobní číslo: **396839**  
Fakulta/ústav: **Fakulta dopravní**  
Zadávací katedra/ústav: **Ústav dopravní telematiky**  
Studijní program: **Technika a technologie v dopravě a spojích**  
Studijní obor: **Inteligentní dopravní systémy**

## II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce:

**Systém lokalizace a identifikace zařízení ve výrobním podniku**

Název diplomové práce anglicky:

**System for Localization and Identification of Equipment in a Factory Setting**

Pokyny pro vypracování:

Podrobně rozeberte metody lokalizace užívané ve výrobě? Popište místo využití a uveďte požadavky na systém? Vyberte vhodnou/vhodné metodu(y) a navrhnete realizaci? Ověřte zvolenou metodu v praxi

Seznam doporučené literatury:

Sam Polniak: The RFID case study book; ByteScout: Introduction Into Barcodes; Gwynne Richards: Warehouse Management

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) diplomové práce:

**Ing. Petr Bureš, Ph.D., ČVUT, FD, K620**

Jméno a pracoviště druhé(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) diplomové práce:

Datum zadání diplomové práce: **25.07.2017**

Termín odevzdání diplomové práce: **29.05.2018**

Platnost zadání diplomové práce: **05.05.2016**

\_\_\_\_\_  
Ing. Petr Bureš, Ph.D.  
podpis vedoucí(ho) práce

\_\_\_\_\_  
doc. Ing. Pavel Hrušeš, Ph.D.  
podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

\_\_\_\_\_  
doc. Ing. Pavel Hrušeš, Ph.D.  
podpis děkana(ky)

## III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Diplomant bere na vědomí, že je povinen vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v diplomové práci.

01.01.2016

Datum převzetí zadání

\_\_\_\_\_  
Podpis studenta

## Poděkování

Na tomto místě bych rád poděkoval všem, kteří mi poskytli podklady pro vypracování této práce. Panu inženýru Pavlu Pánkovi za poskytnutí podkladů o logistickém centru Budějovického Budvaru a také kolegům a vedení společnosti AGC Processing Teplice, za rady a prostor pro věnování se diplomové práci. Dále také Ing. Petru Burešovi, Ph.D. za odborné vedení diplomové práce. V poslední řadě také rodině a známým, kteří mi pomáhali při urovnání nápadů a závěrečné korektuře této práce.

## Prohlášení

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě diplomovou práci, zpracovanou na závěr studia na ČVUT v Praze Fakultě dopravní.

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl veškeré informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o etické přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

Nemám závažný důvod proti užití tohoto školního díla ve smyslu § 60 Zákona č. 121/2000 Sb, o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

V Praze dne

.....

podpis

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta dopravní

LOKALIZACE A IDENTIFIKACE STOJANŮ VE VÝROBNÍM  
PODNIKU

Diplomová práce

květen 2018

Jakub Culek

ABSTRAKT

Předmětem diplomové práce „Lokalizace a identifikace stojanů ve výrobním podniku“ je zmapování technologií sloužících pro automatickou identifikaci. Dále popisuji problém s hledáním výroby ve výrobním podniku AGC Processing Teplice a navrhuji systém, který by měl problém vyřešit.

ABSTRACT

The subject of this master thesis „Localization and identification of racks in factory“ is mapping of technologies for automatic identification. In next part i am trying to develop system which will solve problem witch finding racks with glass.

KLÍČOVÁ SLOVA

RFID, čárové kódy, UWB, lokalizace, automatizace

KEY WORDS

RFID, barcodes, UWB, localization, automatization

# Obsah

Obsah .....	4
1 Úvod.....	7
2 Současné identifikační technologie .....	8
2.1 Technologické možnosti .....	8
2.1.1 Ruční identifikace .....	8
2.1.2 Čárové kódy.....	8
2.1.3 RFID .....	16
2.1.4 UWB .....	20
2.2 Příklady aplikace identifikačních systémů.....	22
2.2.1 Sambular .....	22
2.2.2 Budějovický Budvar .....	23
3 AGC Processing Teplice.....	26
3.1 Výrobní prostory .....	26
3.2 Postup výroby.....	27
3.3 Plánování výroby .....	28
3.4 Důvod vytvoření systému automatické identifikace stojanů .....	28
3.5 Proběhlé úpravy pro snižování časů hledání .....	29
3.5.1 Systém interní logistiky .....	29
3.5.2 Reorganizace parkovišť .....	29
3.5.3 Parkovací tabule.....	30
4 Aktuální způsob identifikace stojanů a manipulace v podniku .....	30
4.1 Prvky systému .....	30
4.1.1 Výrobní zařízení .....	30
4.1.2 Výrobní stojan.....	30
4.1.3 Výrobní list .....	32
4.1.4 Vozič / manipulant.....	34
4.1.5 Manipulační prostředky .....	34
4.1.6 Parkoviště.....	35
4.1.7 Software .....	35
4.2 Převoz stojanů .....	35
4.2.1 Odvoz výroby .....	35
4.2.2 Navážení výroby .....	36
4.3 Diagram rybí kost.....	36
4.3.1 Aplikování diagramu .....	36

5	Návrh vlastního systému.....	37
5.1	Prvky systému .....	38
5.1.1	Přenosný terminál .....	38
5.1.2	Identifikační prostředky .....	42
5.1.3	Databáze.....	42
5.1.4	Software .....	44
5.2	Testování prvků systému.....	45
5.2.1	RFID .....	45
5.2.2	Čárové kódy.....	47
5.2.3	Software .....	51
6	Návrh fungování systému .....	55
6.1	Postup manipulace se stojany se zavedeným systémem .....	55
6.1.1	Odvoz výroby .....	55
6.1.2	Navážení výroby .....	56
6.2	Analýza navrhovaného systému.....	56
6.2.1	Přínosy systému .....	56
6.2.2	Rizika systému.....	57
7	Zavedení systému .....	57
7.1	Fáze 1 .....	57
7.2	Fáze 2 .....	57
7.3	Fáze 3 .....	57
7.4	Další možnosti využití systému .....	57
7.4.1	Komunikace s voziči.....	58
7.4.2	Sledování fyzických stojanů .....	58
7.4.3	Sledování činností voziče .....	58
7.4.4	Optimalizace parkovacích zón.....	58
7.4.5	Vizualizace parkovišť .....	59
8	Závěr .....	60
9	Použité zdroje .....	61
10	Seznam obrázků.....	63
11	Seznam tabulek.....	65

## SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

UPC	–	Universal Product Code
EAN	–	European Article Number
QR kód	–	Quick Response kód
RFID	–	Radio Frequency Identification
UWB	–	Ultra Wide Band
DPH	–	Daň z Přidané Hodnoty
PLF	–	Standardní formát skla o rozměru 3210 x 6000 mm
LF	–	Low Frequency
HF	–	High Frequency
UHF	–	Ultra High Frequency
VL	–	Výrobní List
SQL	–	Structured Query Language
GPIO	–	General Purpose Input Output

# 1 Úvod

Před začátkem magisterského studia jsem nastoupil do zaměstnání na částečný úvazek. Mou hlavní náplní práce je monitorování výrobních procesů při zpracování skla a určování výrobního času. Součástí sledování je také následná snaha o optimalizaci jak výroby samotné, tak i celkové režie okolo.

Při výběru tématu diplomové práce byla snaha nalézt téma, které souvisí s mými zájmy či zaměstnáním. Během mého dvouletého výkonu práce v AGC jsem měl již několik nápadů, jak činnosti ve výrobním podniku vylepšit. Rozhodl jsem se tedy některé z nich v této diplomové práci rozšířit.

V první části této diplomové práce se věnuji současným identifikačním technologiím a jejich využitím v jiných podnicích. Zúčastnil jsem se slavnostního otevření moderního logistického centra Sambular v Srbicích u Teplíc, kde jsem načerpal inspiraci pro možné řešení problematiky identifikace výrobků. Druhým podnikem, který mi přinesl inspiraci, byl Budějovický Budvar n.p. Díky komunikaci s vedoucím nákupu a logistiky Ing. Pavlem Pánkem jsem zjistil informace o nově vybudovaném logistickém centru, ve kterém probíhá uskladňování v plně automatickém režimu.

Následně jsem problematiku lokalizace a identifikace stojanů ve výrobním podniku popsal přímo pro závod AGC Processing Teplice. Tento závod zpracovává tabulové stavební sklo a sklo do dopravních prostředků. Výroba probíhá na několika výrobních zařízeních a trvá podle náročnosti i několik dní. Mezi jednotlivými operacemi se sklo umísťuje do parkovacích zón. V současnosti neprobíhá žádná evidence, kam byl rozpracovaný výrobek zaparkován a při další výrobě je nutné sklo hledat. Časté hledání stojanů může vést až k pozastavení výrobní linky a prostojům. Při výkonu mé práce jsem odhalil nedostatky ve způsobu převážení a parkování stojanů s výrobou, a proto jsem se této problematice začal věnovat podrobněji. Popsal jsem aktuální postup při manipulaci s výrobou a již provedené změny pro její optimalizaci. Prozkoumal jsem také aktuální prvky v systému převozu stojanů a jejich potencionální využití v mém návrhu na zlepšení. Na základě těchto zkušeností jsem si dal za cíl navrhnout systém, který by automaticky zaznamenával umístění přepravních stojanů.

Po prozkoumání jsem hledal, jaké prvky bych mohl použít pro systém automatického zápisu polohy. Po průzkumu trhu jsem si pořídil několik součástek nutných k vývoji prototypu. Dílčí části tohoto prototypu jsem následně podrobně otestoval v domácích i reálných provozních podmínkách. Během testování jsem se rovněž pokusil o vytvoření vlastního softwaru pro záznam a uchování pozic jednotlivých stojanů.

Celkový systém jsem analyzoval, určil jeho možné přínosy a rizika. V závěru jsem navrhl postup zavedení a možné způsoby rozšíření jeho funkcí.



## 2 Současné identifikační technologie

### 2.1 Technologické možnosti

#### 2.1.1 Ruční identifikace

Ruční identifikace je nejjednodušší a dlouhou dobu byl jediný způsob, jak zboží identifikovat. Bez pokročilých technologií pro automatickou identifikaci je kladen větší důraz na pořádek a organizaci systému.

Pro lepší identifikaci lze použít různá označení jako například identifikační značky či různé barvy. V AGC Processing Teplice jsou například zakázky vyráběné jako náhrady označovány výrobními listy na žlutém papíře. Tím je na první pohled jasné, že tyto zakázky mají prioritu.

I přes sebelepší organizaci je ruční identifikace či zadávání do systému pomalé a s pravděpodobnějsí chybou než při zavedení určitého stupně automatizace.

*„People writing numbers on pads of paper or keying strings of numbers into a keyboard is a bad sign.“ (1)*

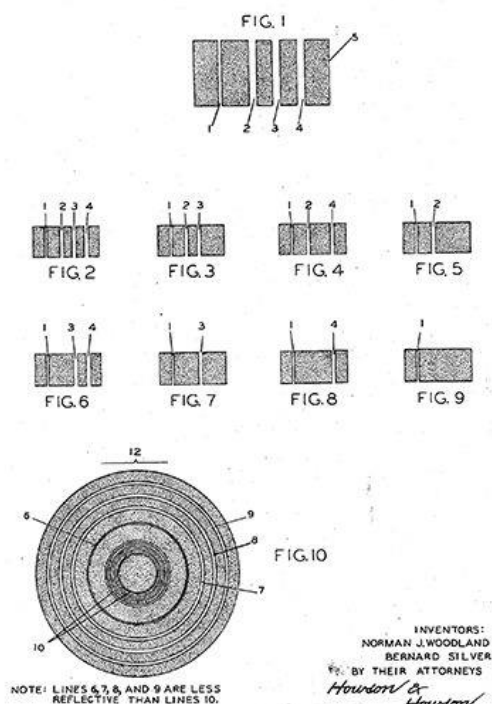
#### 2.1.2 Čárové kódy

##### 2.1.2.1 Historie

První čárový kód byl použit až roku 1974, nicméně první myšlenky na podobný systém vznikaly již o desítky let dříve. Již v roce 1932 uvažoval Wallace Flint nad systémem, který by automatizoval proces odbavení. Po čtyřiceti letech se Flint stal viceprezidentem asociace potravinových řetězců, jež měla zásadní podíl na vývoji kódů UPC.

Roku 1948 kontaktoval jeden z majitelů řetězce s potravinami místní Drexel University ve Filadelfii, s prosbou o vyvinutí metody na automatickou identifikaci produktů při pokladnách. Na projektu začali pracovat Bernard Silver a Norman Joseph Woodland. První návrh bylo použití barvy reagující na ultrafialové světlo. Byl vytvořen prototyp, který se ale z důvodu vysoké nespolehlivosti a ceny zamítnul.

S dalším řešením se Woodland nechal inspirovat kódováním morseovky. Když seděl na pláži, zabořil prsty do písku a z nějakého důvodu udělal čtyři čáry směrem k sobě. Namísto teček a čar vznikly slabé a silné čáry. Po chvíli zatočil prsty dokola, a tak vznikl identifikační kód zvaný býčí oko.



Obrázek 1 - Ukázka z patentu kódu Býčí oko. Převzato z: <https://thumbs-prod.s3.amazonaws.com/NMTBFcBhtydWfaCCRxeVLtTwW8c=/fit-in/1072x0/https://public-media.smithsonianmag.com/filer/cc/08/cc08d39a-0576-4794-a264-0eaf3a6923bb/barcode-patent.jpg>

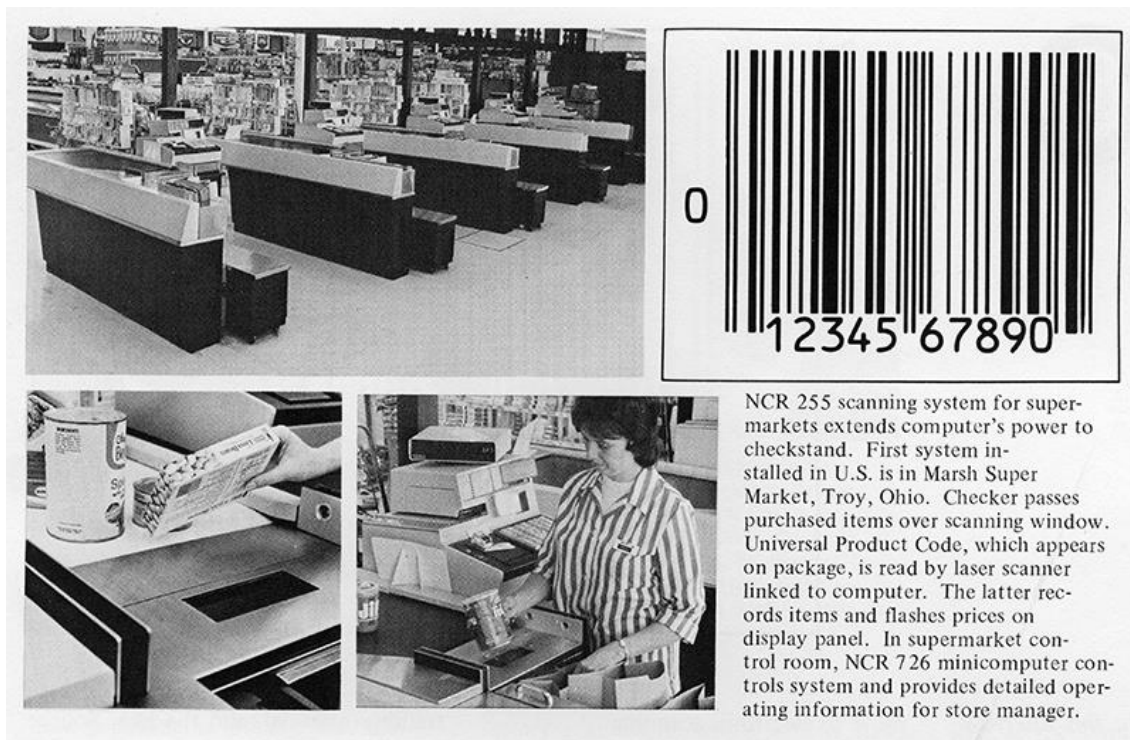
Štítek se osvítil pomocí výkonné lampy a dekodoval jeho odraz. Roku 1951 začal Woodland spolupracovat na vylepšení systému se společností IBM. Ta usoudila, že se jedná o velice zajímavý koncept, nicméně shledala, že nejsou k dispozici dostatečně pokročilé technologie pro čtení a zpracování dat v reálném provozu. Společníci patent na systém přeprodali a na několik let jeho výzkum ustal.

Roku 1966 americké Společenství obchodních řetězců začalo uvažovat o zavedení tzv. Universal Product Code, standardu, který by platil pro všechno zboží prodávané v supermarketech. Kód by měl obsahovat informace o druhu zboží, jeho výrobci a ceně. Tím se zahájil několikaletý proces několika společností, mimo jiné i IBM, které na daném standardu pracovaly.

V červnu 1972 byl zahájen dlouhodobý test systému používání býčího oka v jednom obchodě v Cincinnati. Kódy byly vytisknuty na malých přilnavých papírech a přidělovány na zboží během umísťování cenovek. Během testování se narazilo na závažný problém. Kruhový tvar poskytoval výhodu v tom, že nezáleželo na natočení zboží s kódem, nicméně tiskárny nebyly schopny vytisknout kruhové čáry s dostatečnou přesností a kód se stával nečitelný.

Mezitím inženýr ze společnosti IBM George Laurer s pomocí Woodlanda vyvíjel uživatelsky přívětivý kód, který by bylo možné jednoduše digitálně naskenovat. Chtěl vylepšit původní formát býčího oka a odstranit problém s tiskem. Postupnými pokusy se dopracoval k formátu obdélníkového kódu s rovnoběžnými jednobarevnými čarami. Při tisku v jednom směru může dojít maximálně k prodloužení jednotlivých čar.

Jiný tým inženýrů souběžně vyvinul prototyp čtečky využívající laser. Následně byl 3.4.1973 systém UPC společnosti IBM přijat za standard. První použití nového kódu bylo v supermarketu v Troy, sousedícím se závodem vyrábějícím vybavení pro systém UPC. 26. června 1974 proběhlo naskenování čárového kódu na balíček žvýkaček. Ten byl zvolen, aby se demonstrovalo, že kódy lze použít i v relativně malých formátech. Tyto žvýkačky jsou dnes vystaveny v muzeu ve Washingtonu, D.C. (2)

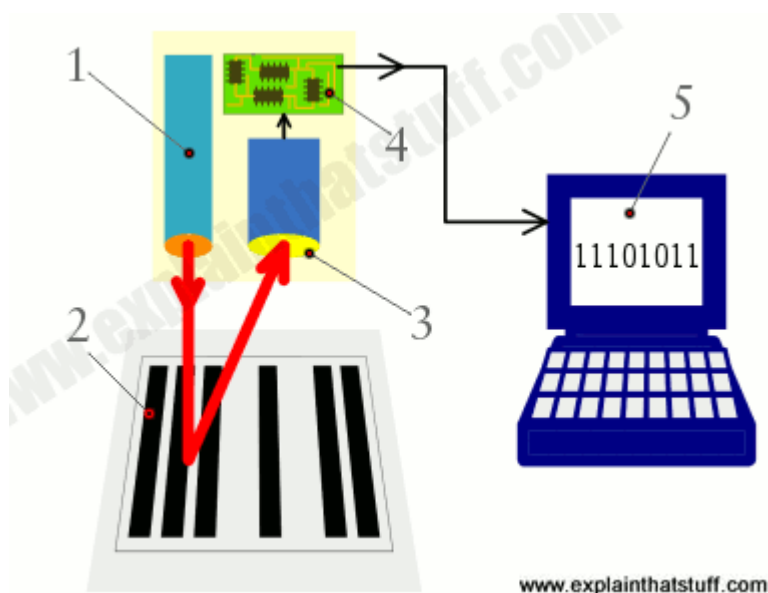


Obrázek 2 - Ukázka první prodejny využívající čárové kódy (Zveřejněno v Courtesy of Yale University Press).  
Převzato z: <https://www.smithsonianmag.com/innovation/history-bar-code-180956704/>

Po rozšíření systému se ukázalo, že jeho použití snížilo náklady a rychlost markování o 40 %. Dramaticky vzrostla také produktivita a přesnost identifikace zboží. Mezi lety 1796 a 1980 stoupl počet obchodů využívající technologii čárových kódů ze 104 na 2207. Postupně se systém rozšířil za hranice USA a v Evropě byl přijat upravený standard EAN.

### 2.1.2.2 Čtení čárových kódů

Většina čárových kódů vypadá na první pohled stejně. Obsahují vždy čáry dvou různých barev a definovaných šířek. Ve většině případů se tisknou černé kódy na bílé pozadí, nicméně standard pro čárové kódy dovoluje použití dalších barevných kombinací. Tyto dvě barvy představují binární informaci. Pro snímání se v současnosti nejvíce používají laserové čtečky. Ty vysílají paprsek světla vůči štítku s kódem. Odražené světlo je detekováno senzorem a tím, jak se paprsek pohybuje, jsou generovány impulsy. Speciální obvod je následně převede do binárního kódu a odešle do počítače, který jej vyhodnotí.



Obrázek 3 - Schéma čtení čárových kódů. Převzato z: <https://www.explainthatstuff.com/barcodescanners.html>

Druhou možností je využití kamery a softwaru pro rozpoznávání obrazců. Takto lze dekódovat i vícerozměrné kódy. Navíc dnes každý mobilní telefon je vybaven kamerou a dekódování čárových kódů je tak dostupné prakticky pro kohokoliv. Obrovskou výhodou čteček oproti ručnímu zadávání je kromě vyšší rychlosti také přesnost. Pro čtečky je udávána jedna chyba na 70 milionů čtení. U ruční identifikace každý stý znak. (2)

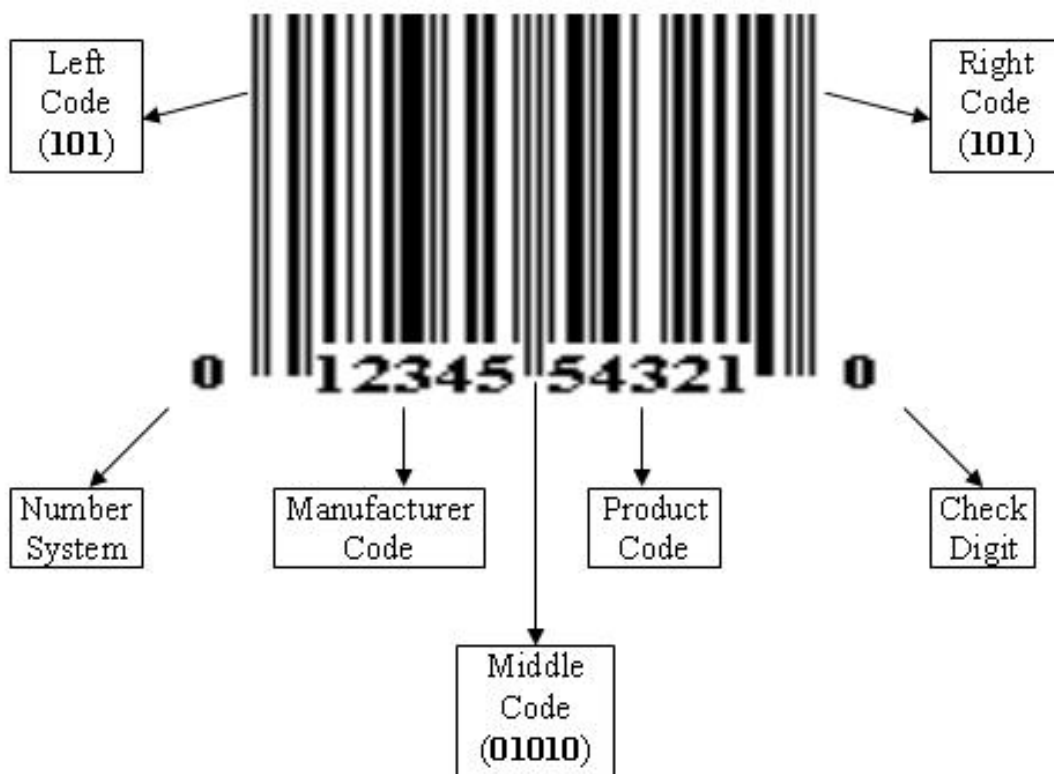
### 2.1.2.3 Druhy čárových kódů

#### UPC – EAN

Tyto kódy se primárně využívají pro identifikaci zboží v obchodech ve Spojených státech, Kanadě, Velké Británii, Austrálii a na Novém Zélandu. Universal Product Code je unikátní číslo přiřazené ke každému produktu. Navíc každý druh balení musí mít vlastní dvanáctimístný kód. První číslice udává systém, dalších 5 je identifikační číslo výrobce, dalších 5 je číslo výrobku a poslední číslice je kontrolní znak.

Kód EAN (European Article Numbering) je obdoba systému UPC používaného pro Evropu. Snímače EAN mohou dekódovat UPC, opačně to ale platit nemusí. Pro evropský systém se používají dvě verze. EAN 13 obsahuje třináct číslic a EAN 8 číslic osm. Tyto kódy pro Evropu spravuje nekomerční organizace sídlící v Belgii. Pro české výrobce je přiřazeno trojčíslí 859.

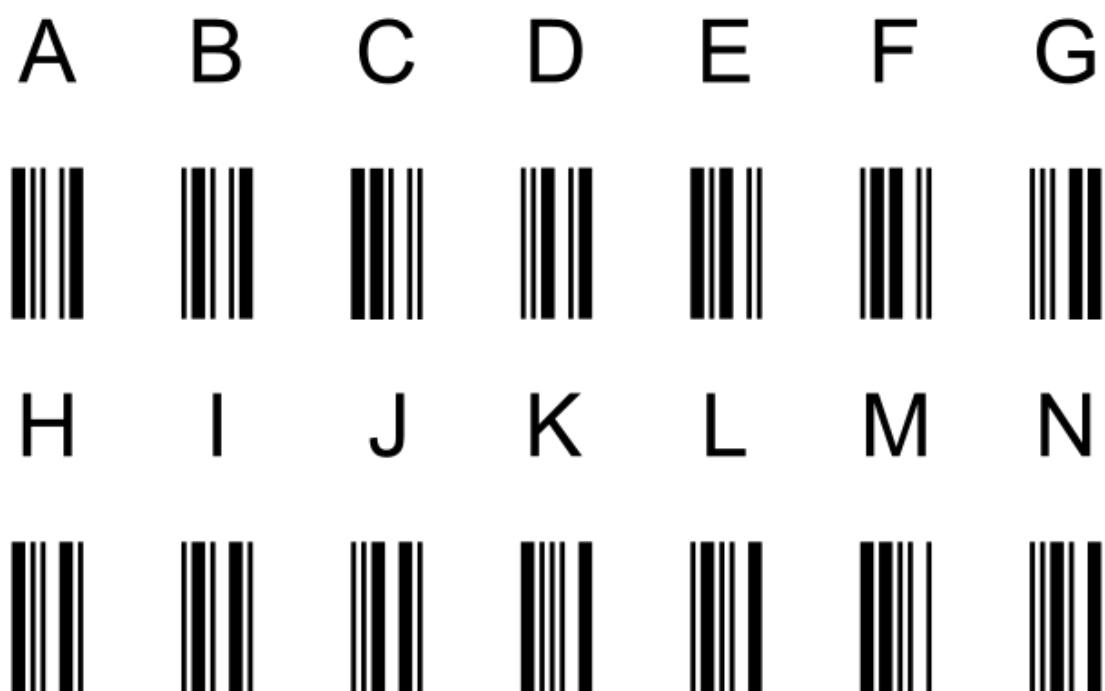
Samotný čárový kód přímo neodpovídá číslicím a je potřeba jej při čtení nejprve dekódovat. Vzhledem k pevné délce a pouze desíti možným znakům se příliš nehodí pro jiné účely kde je potřeba větší variace.



Obrázek 4 - Složení kódu UPC. Převzato z: [https://www.codeproject.com/KB/java/Asti\\_Spumante\\_Bar\\_Code/upca\\_structure\\_detail.jpg](https://www.codeproject.com/KB/java/Asti_Spumante_Bar_Code/upca_structure_detail.jpg)

### CODE 39

Tento kód byl vyvinut roku 1974 jako první s možností využití písmen a speciálních znaků. Díky tomu se jedná o nejčastěji používanou symboliku čárových kódů. Každý znak obsahuje pět čar a čtyři mezery. Z těchto prvků jsou vždy tři silné a šest úzkých. Celkem lze tak zapsat 42 různých znaků. Symboly se zapisují přímo pomocí převodní tabulky, a navíc díky prostému skládání symbolů za sebou není omezena délka kódu. Jedinou podmínkou je ohraničení z obou stran znakem hvězdičky. Díky těmto vlastnostem lze generovat kódy prostou změnou kódu. S větší otevřeností může vzniknout také více chyb. To lze částečně ošetřit použitím nepovinného kontrolního znaku. (3)

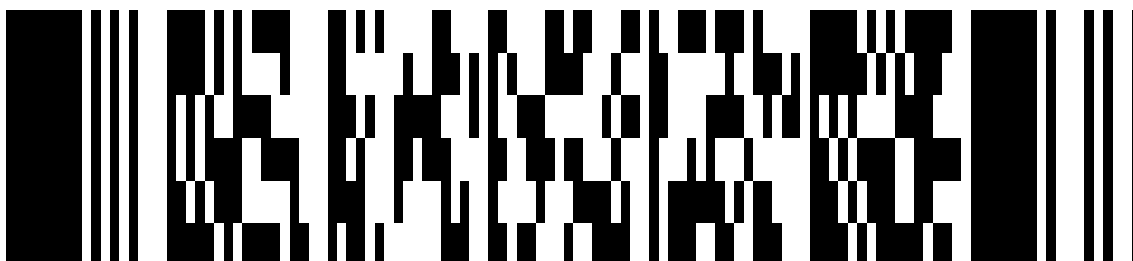


Obrázek 5 - Část převodní tabulky pro Code39. Převzato z:  
[https://en.wikipedia.org/wiki/Code\\_39#/media/File:Free\\_3\\_of\\_9\\_\(Code\\_39\\_barcode\).svg](https://en.wikipedia.org/wiki/Code_39#/media/File:Free_3_of_9_(Code_39_barcode).svg)

PDF 417

Použitím výše popsaných čárových kódů lze zapsat poměrně málo informací, případně je kód velmi dlouhý. Pro koncentrovanější záznam se používají takzvané 2D kódy. Jedním z takových je kód PDF 417. Nabízí velmi vysokou informační kapacitu a v případě přerušení kódu i detekci a opravu chyb. Zkratka vychází z názvu Portable Data File a číslice 417 značí, že každé kódové slovo se skládá ze čtyř čar a čtyř mezer o šířce minimálně jednoho a maximálně šesti modulů. Celkově je však modulů ve slově vždy 17. Tento kód může obsahovat nejen text, ale i grafiku nebo programovací instrukce. Velikost obsahu může být až 1,1 kB. Navíc lze zvolit úroveň korekce chyb. Čím větší úroveň, tím lze zlepšit čitelnost i při částečném poškození. Výhodou tohoto kódu je, že ho lze číst lineární laserovou čtečkou. Pro orientaci je každý řádek na začátku označen číslem. (3)

Tento formát se používá například v letecké přepravě jako standard pro označování letenek, či se tiskne ve Spojených státech na řidičská oprávnění.



Obrázek 6 - Ukázka kódu typu PDF417.

## QR kód

Quick Response Code je symbolika kódu vyvinutá společností Toyota. Tento kód může obsahovat až 4300 znaků. Informace je kódována pomocí bílých a černých čtverců, které jsou uspořádány do matice. Velikost se může lišit od 21x21 do 177x177 bodů. Do kódu lze uložit libovolnou textovou informaci. Součástí je rovněž integrovaná korekce chyb, díky které lze přečíst i mírně poškozený obraz. Čtení probíhá primárně pomocí kamery a speciálního softwaru pro rozpoznávání obrazců. V dnešní době již téměř každý mobilní telefon obsahuje kameru a s použitím volně dostupných aplikací pro čtení těchto kódů je systém velice dostupný pro širokou veřejnost.



*Obrázek 7 - Ukázka QR kódu odkazující na stránky Fakulty dopravní ČVUT.*

## 4D kódy

Použití 4D kódů je nová technologie pro optický přenos dat mezi jednotlivými zařízeními. Data jsou zakódována ve čtyřech rozměrech. V šířce a délce jako standardní 2D kódy a navíc ještě v čase a barvě. Proměnné barevné 2D kódy jsou zobrazovány na displeji a snímány mobilním zařízením. Nahrávka je následně rozdělena na jednotlivé snímky a ty jsou dekodovány. Použití této technologie si jistě najde uplatnění, nicméně její primární učení není již pro základní identifikaci. (4)



Obrázek 8 - Ukázka zobrazení a zachycení 4D kódu. Převzato z: (4)

### 2.1.2.4 Použití čárových kódů

Postupem času se našlo uplatnění čárových kódů nejen pro označování zboží v obchodech a skladovacích zařízeních, ale také v celé řadě dalších odvětví. Díky mobilním telefonům s kamerou jsou čárové kódy dnes již dostupné prakticky pro každého.

#### Výhody

- Rychlost a přesnost – Automatické čtení probíhá prakticky okamžitě s vysokou spolehlivostí.
- Univerzálnost – Čárové kódy lze vytisknout na různé materiály, a proto je lze použít nejen v extrémních teplotách, ale i například na materiálech odolných vlhkosti, kyselinám nebo extrémní námaze.
- Cena – Pořizovací cena základních štítků je minimální, prakticky stačí jakákoliv tiskárna.



## Nevýhody

- Nutnost přímé viditelnosti – Jedna z největších nevýhod čárových kódů je ta, že čtečka musí snímat kód přímo, štítek tak musí být umístěn vždy na viditelném místě.
- Rychlost čtení – S výše uvedeným bodem souvisí i rychlost čtení. Každý štítek se musí načíst zvlášť a musí být jasně určeno jeho umístění.
- Odolnost – V případě papírových či plastových štítků může dojít ke snadnému poškození. Štítek poté nelze načíst.
- Pouze ke čtení – Vytisknutý štítek již nelze dále upravovat.



Obrázek 9 - QR kód vytvořený zelení. Převzato z <https://www.digitaltrends.com/mobile/giant-qr-code-made-of-trees/>

### 2.1.3 RFID

Radio Frequency Identification je technologie, která se v dnešní době používá již ve stovkách případů. Od platby mýta bez nutnosti zastavení, přes automatický přístup do budov a až po automatickou výpůjčku knih v knihovně. Velmi široké uplatnění je především v logistice a skladování. Pojem RFID označuje rádiovou komunikaci na krátkou vzdálenost mezi mobilním a statickým, či dvěma pohybujícími se objekty.

### 2.1.3.1 Historie

První práce zabývající se využitím principu RFID „Communication by Means of Reflected Power“ byla vydána již roku 1948. Harry Stockman zde došel k závěru, že pro použitelnou komunikaci na principu odražené energie je potřeba několik let výzkumu a vyvinutí nových technologií. Na konci šedesátých let byl vyvinut systém elektronického dozoru hlídající zboží proti krádeži. Systém používal jednobitové tagy a dokázal pouze rozlišit přítomnost či nepřítomnost objektu. Jednalo se tak o první komerční využití RFID většího rozsahu.

Výzkum probíhal na několika institucích a roku 1975 byla prezentována práce „Short-Range Radio-Telemetry for Electronic Identification Using Modulated Backscatter“. Výsledkem práce bylo vyvinutí pasivních tagů se čtecí vzdáleností několik desítek metrů. Patent pro technologii RFID získal roku 1983 vynálezce Charles Walton. V osmdesátých letech došlo již k implementaci RFID v různých odvětvích po celém světě. V několika státech Evropy byla snaha o zavedení systému výběru mýtného pomocí RFID. Velkým přínosem pro rozvoj technologií bylo vyvinutí osobních počítačů, které umožnilo a především zjednodušilo automatický sběr dat. První automatický systém pro výběr mýta byl nakonec otevřen v Oklahomě roku 1991. Vývoj na této technologii neustále pokračuje a technologický pokrok umožňuje použití miniaturních čipů a přede vším klesající náklady umožnily rozšíření technologie pro široké použití. (5)

### 2.1.3.2 Používané frekvence

Komunikace v rámci RFID systému probíhá pomocí elektromagnetických vln na několika frekvencích.

#### Low frequency

Nízkofrekvenční systémy komunikují v pásmu 30–300 KHz. Většinou na frekvenci 125 KHz. Čtecí vzdálenost v tomto pásmu je maximálně několik desítek centimetrů a oproti vyšším frekvencím jsou přenosové rychlosti menší. Výhodou je menší rušení od kovových povrchů. Nejčastější využití je v přístupových systémech a pro identifikaci dobytka.

#### High frequency

Vysokofrekvenční pásmo je v rozmezí od 3 do 30 MHz. Pro RFID systémy se nejčastěji využívá frekvence 13,56 MHz. S vyšší frekvencí lze dosáhnout vzdálenosti od 10 cm do 1 m a také rychlejšího přenosu dat. Nevýhodou je větší náchylnost k rušení. Toto pásmo se používá například v systému NFC, který slouží pro výměnu dat na krátké vzdálenosti. Další využití je u bezdrátových karet.

#### Ultra High Frequency

Pásmo ultra vysokých frekvencí je mezi 300 MHz a 3GHz. Tyto systémy dosahují čtecích vzdáleností až 12 m a vysokých přenosových rychlostí. Zároveň jsou ale nejvíce náchylné k rušení. Pasivní tagy jsou velmi levné, nicméně oproti nižším frekvencím jsou zde vyšší nároky na čtecí zařízení. Pro dosažení dostatečné čtecí vzdálenosti je potřeba vyšší výkon antény a pořizovací cena čteček je vyšší. (6)

### 2.1.3.3 Rozdělení podle typu tagů

Základ každého systému tvoří čtecí zařízení, anténa a identifikační tagy. Podle druhu použitých tagů se systémy dělí na pasivní a aktivní.

#### Pasivní RFID

Pasivní tag se skládá pouze z antény a integrovaného obvodu. Sám o sobě nevysílá žádné signály a funguje pouze při dodání externí energie. Při přiblížení tagu do pole vysílaného čtecím zařízením se v pasivním čipu indukuje napětí, které poté slouží k napájení integrovaného obvodu. V obvodu proběhne modulace signálu a ten je odeslán zpět do čtecího zařízení. Z daného způsobu modulace poté čtečka dekóduje identifikační adresu daného čipu. Kromě čtení identifikačního čísla tagů, obsahují některé typy paměť, kterou lze přepisovat. Vysokofrekvenční čipy mají kapacitu maximálně 2 kb a čipy UHF až 64 kB.

Pasivní tagy mohou mít schránku různého tvaru a materiálu. Od jednoduchých nálepek, přes klasické plastové karty až po průmyslově využívané kovové štítky. Vzhledem k jejich jednoduché konstrukci jsou poměrně levné a jednoduché na výrobu.



Obrázek 10 - Pasivní RFID tag složený z antény a integrovaného obvodu.

#### Semiaktivní RFID

Semiaktivní tagy komunikují na stejném principu jako v pasivním systému. Tagy navíc obsahují baterii, která slouží pouze k napájení antény při vysílání a dosahuje se tím delších komunikačních vzdáleností. Výdrž baterie závisí na četnosti vysílání, při obvyklém užívání se udává více jak pět let.

#### Aktivní RFID

Aktivní tagy obsahují navíc kromě baterie také vlastní vysílač. Vysílají nejen svoje ID, ale také další informace uložené v paměti. Nejčastěji komunikují v pásmu UHF a lze dosáhnout vzdáleností až 100 m. Vzhledem ke složitější konstrukci jsou větší a především dražší. Využívají se například pro označení velkých objektů, jako například kontejnery či různá vozidla a manipulační prostředky. Některé čipy mohou navíc díky baterii složit jako data logery a zaznamenávat data například o teplotě či vlhkosti. Využití lze nalézt v přepravě pro sledování podmínek uvnitř kontejnerů.

Tyto tagy se dále dělí na dva typy: odpovídače a majáky. Odpovídače čekají na signál od čtecího zařízení a vysílají pouze pokud jsou inicializovány. Mimo vysílání jsou v úsporném režimu. Využívají se například ve vozidlech pro platbu mýta. Na druhou stranu tzv. majáky nepotřebují žádnou výzvu a samy vysílají informace v pravidelných intervalech. Tento systém je vhodný pro použití v systémech sledujících polohu v reálném čase, například UWB. (6)



Obrázek 11 - Porovnání velikosti aktivního (modrý) a pasivního tagu. Převzato z: <https://blog.atlasrfidstore.com/active-rfid-vs-passive-rfid>

#### Výhody

- Čtení bez přímé viditelnosti – Největší výhodou oproti čárovým kódům je, že pro čtení není nutná přímá viditelnost. Díky tomu lze například pro lokalizaci v průmyslu umístit tagy do podlahy a docílit tak jejich větší odolnosti, či pro použití karetního přístupového je mnohem pohodlnější nemuset čipy přikládat přímo.



Obrázek 12 - RFID tag umístěný do podlahy. Převzato z: [https://acsgroup.co.id/eng/products/rfid/rfid\\_tags/index.html](https://acsgroup.co.id/eng/products/rfid/rfid_tags/index.html)

- Hromadné čtení – S předchozím bodem souvisí i schopnost systému číst více tagů zároveň. Díky tomu je hromadné čtení rychlejší.
- Modifikovatelnost – Čárové kódy se po vytvoření již nedají změnit. Oproti tomu některé tagy obsahují paměť, kterou lze snadno přepisovat.
- Odolnost – Průmyslově využívané tagy jsou velice odolné vůči vnějším vlivům jako vlhkost, teplota, či tlak.

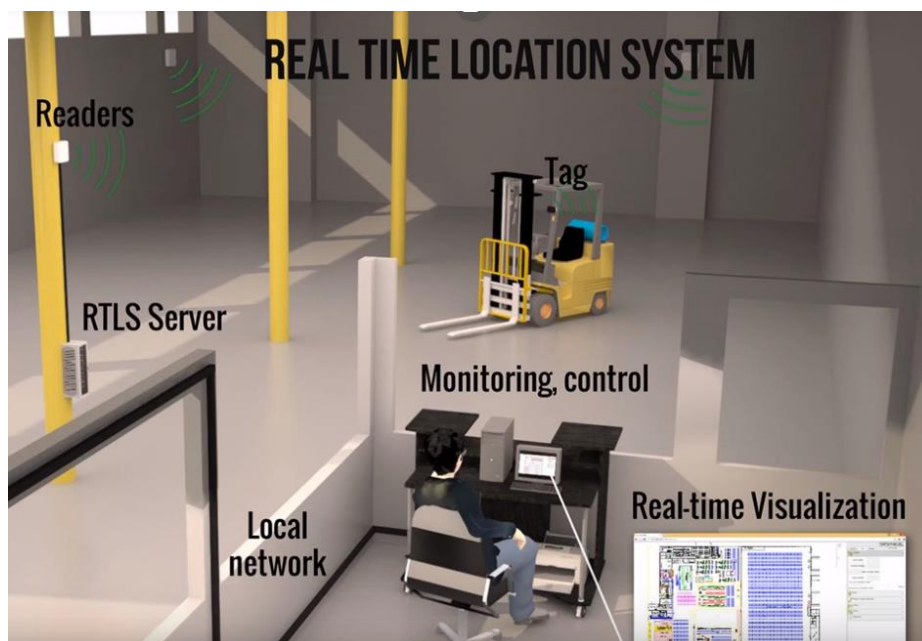
Nevýhody

Technologie RFID je prakticky ve všech ohledech výhodnější než použití čárových kódů. Jednou z předností čárových kódů mohou být náklady na zavedení systému a finančně náročnější identifikační štítky. Čtečku čárových telefonů vlastní dnes prakticky každý v mobilním telefonu a díky tomu je technologie čárových kódů dostupnější pro širokou veřejnost.

#### 2.1.4 UWB

Ultra Wideband je nová technologie využívající vysokofrekvenční rádiové vlny s malým výkonem pro velmi přesnou lokalizaci uvnitř budov. Místo modulované sinusové vlny je vysílána řada impulsů o délce pod dvě nanosekundy. Řadí se do standardu IEEE 802.15.4a z roku 2011. Ve Spojených státech je pro tuto technologii vyhrazeno pásmo 3,1 – 10,6 GHz, pro Evropu 6,0 – 8,5 GHz. Šířka jednoho kanálu je 500 MHz. Vzhledem k povaze signálu je technologie odolná vůči rušení a tzv. multipath efektu.

System se skládá z vysílačů signálu, tzv. *kotev*, aktivních identifikačních tagů a vyhodnocovací jednotky. Důležitou podmínkou pro fungování systému je přesná časová synchronizace všech jeho součástí. Aktivní tag po určitém časovém intervalu vysílá signál obsahující časovou informaci. Tento signál přijme několik kotev a předají jej vyhodnocovací jednotce. Ta určí zpoždění signálu mezi jeho vysláním a přijetím. Na základě triangulace a známé lokaci kotev určí pomocí triangulace přesnou polohu vysílače. (7)



Obrázek 13 - Ukázka rozmístění prvků systému UWB. Převzato z: (6)

Jedním z předních dodavatelů této technologie je česká společnost Sewio. Ta udává, že její systém je schopný lokalizace až na 50 metrů s přesností na jednotky centimetrů. Pro fungování systému je potřeba alespoň pěti přijímačů a jedné výpočetní jednotky. Veškerá komunikace v systému probíhá přes ethernetové rozhraní. Na výběr jsou dva druhy tagů. Osobní tag Piccolino je menší verze určená k identifikaci osob. Tento tag obsahuje i akcelerometr a detektor pohybu. V případě, že není delší dobu detekován pohyb, přejde automaticky do režimu spánku. Při vteřinovém vysílacím intervalu je udávaní výdrž baterie jeden rok. Větší tag Imu je navíc vybaven senzory tlaku, teploty a magnetometrem. U tohoto modelu je možnost nabíjení za provozu přes mini USB.

Základní set, který údajně vystačí pro sledování 4 zařízení na ploše 400 m<sup>2</sup>, obsahuje 5 kotev, 2 tagy Piccolino, 2 tagy Imu a licenci pro vyhodnocovací software. Tuto sadu nabízí společnost za 2850 eur bez DPH. Verzi s bezdrátovými kotvami lze pořídit za 3500 eur bez DPH.



Obrázek 14 - Základní set komponent dodávaný společností Sewio. Převzato z: <https://www.sewio.net/product/rtls-tdoa-kit/>

Společnost již dodala tuto technologii pro řadu projektů. Mimo Budějovický Budvar (popisovaný níže), například pro Škodu Auto do projektu Pick-by-Vision. Ten spočívá v optimalizaci hledání dílů pomocí brýlí s rozšířenou realitou. Jako největší výhodu vidí zástupce společnosti v jednoduchosti instalace a možnosti přizpůsobení lokalizačního systému. Společnost PwC instalovala lokalizační systém ve svém zákaznickém centru pro sledování klientů během pořádaných akcí.

Výhody

- Vysoká přesnost – na úrovni centimetrů
- Snadná rozšiřitelnost – pro rozšíření oblast stačí přidat další kotvy
- Neinterferuje s ostatními technologiemi
- Odolnost vůči šumu
- Široká oblast uplatnění

Nevýhody

- Nutnost přímé viditelnosti – signál špatně překonává velké kovové překážky, v rozmanitém prostoru je potřeba více kotev
- Cena – Oproti systému využívajícím čárové kódy či RFID tagy je cena UWB vyšší.

## 2.2 Příklady aplikace identifikačních systémů

### 2.2.1 Sambular

Sambular s.r.o. je moderní česká společnost v oblastech dopravy (pozemní, letecká, námořní i železniční) a logistiky. Vlastní vozový park, který čítá cca 50 nákladních vozidel a spolupracuje se širokou škálou českých i zahraničních dopravců pro zajištění veškerých požadavků zákazníků. Na jaře letošního roku jsem se zúčastnil slavnostního otevření nového logistického terminálu v Srbcích u Teplic. Skladová hala má plochu až 2500 m<sup>2</sup> s kapacitou 3800 europalet a je nejmodernější v Ústeckém kraji. (8)

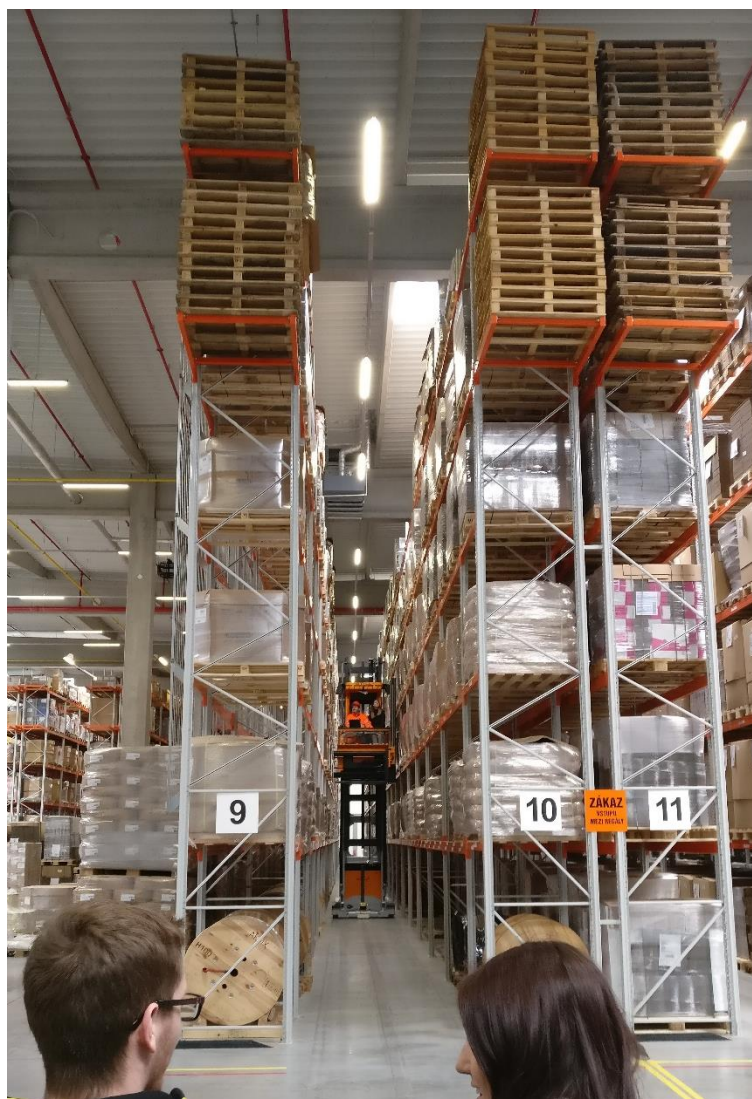
Hlavní skladovací prostor je tvořen řadami několikapatrových regálů, které jsou obsluhovány v poloautomatickém režimu. Vysokozdvížené vozíky se pohybují uličkami autonomně a informaci o přesné poloze získávají z magnetické pásky zabudované v zemi. U každé řady regálů je na zemi několik slotů, které slouží jako předávací stanoviště. Na rozdíl od plně automatických skladů je pro chod vozíků potřeba přítomnost obsluhy.

Celý sklad je řízen komplexním skladovacím systémem, který na základě poptávky řídí celý proces manipulace. Sekvence kroků (nalož x na místě y, vylož na místě z) jsou rozesílány do terminálů jednotlivých vozíků. Ke komunikaci se využívá technologie Wi-Fi.

Po obdržení instrukcí najede manipulant na začátek dané uličky. Vozík zjistí přesnou polohu z magnetické pásky a sám se zarovná na střed mezi regály. Výška, ve které se vozík nachází je odečítána z otáček elektromotoru zvedajícího kabinu. Přesnost lokalizace je údajně na jednotky centimetrů. Poté již manipulant pouze drží klávesu pro krok vpřed a celý proces probíhá automaticky. Vozík sám najede na určené místo a nabere požadovanou paletu. Poté ji vyloží na daný předávací slot. Odtud je paleta převezena pomocí ručně vedeného vozíku na místo určení, například do zóny nakládky. Zavážení

do skladu probíhá obdobně. Paleta je ručním vozíkem umístěna na systému určené předávací místo a vysokozdvizný vozík ji automaticky uloží do příslušného regálu.

Díky použití automatického pohybu a zakládání vozíků lze docílit vyšší přesnost umístění palety. Jednotlivé pozice na regálech mohou být koncentrovanější a zmenšením uliček mezi regály je dosaženo maximálního využití plochy. Dodavatelem systému a manipulační techniky je společnost Still a realizační náklady se pohybují v řádech desítek milionů korun.



*Obrázek 15 - Logistické centrum Sambular. Poloautonomní vozík projíždí mezi regály. Vepředu lze vidět předávací zóny.*

### 2.2.2 Budějovický Budvar

Národní podnik Budějovický Budvar je čtvrtým největším producentem piva v ČR. Zhruba před deseti lety vyvolal růst vývozu potřebu ke zvýšení kapacity expedičního skladu. Součástí modernizace bylo také změna organizace skladování, a především jeho automatizace. Projekt počítal se zavedením nového systému řízení skladového prostoru. Jako hlavní dodavatel technologií byla vybrána společnost SSI Schäfer. Nejprve se počítalo se systémem pouze pro nový automatizovaný sklad, následně ale bylo



rozhodnuto zahrnout do jednoho systému i sklad obsluhovaný manuálně. Jako hlavní cíl bylo mimo zvětšení kapacity také zajištění vyšší aktuálnosti dat pro lepší přehled o stavu skladu. V manuální části proběhlo zavedení informačního a řídicího systému s online řízením skladových pracovníků prostřednictvím mobilních terminálů a online propojením se stávajícími podnikovými systémy. V rámci zavedení systému se rozhodovalo o způsobu plánování realizování a potvrzování manipulací s paletami. Protože byly již všechny palety označovány paletovou etiketou s čárovým kódem, nabízelo se použití vozíkových mobilních terminálů s ručními snímači čárových kódů. To by představovalo prodloužení manipulačních časů, a navíc bylo použití čárových kódů pro identifikaci vozíků v blokových lokacích vyhodnoceno jako nevhodné.

Po diskuzích bylo proto navrženo řešení s technologií RFID. Na všechny lokace ve skladu a v předávacích místech (konce dopravníků palet z výroby a zakladačů) byly umístěny pasivní RFID tagy a za přední nápravu vozíků antény. Čtení probíhá na frekvenci 13,56 MHz. V případě, že systém detekuje přítomnost vozíku na dané lokaci, předá na jeho terminál nový manipulační příkaz, či zkontroluje, že je již zadaný příkaz vykonán správně. V České Republice se jednalo o vůbec první větší použití technologie a vycházelo především z realizací v Evropě.

Samotný automatický sklad obsluhují tři regálové zakladače o výšce 26 m s celkovou kapacitou 3000 paletových míst. Modernizace přinesla maximální využití dostupných prostor uvnitř podniku a zvýšení celkové skladovací kapacity. Nový skladovací systém vytvořil podmínky pro snížení počtu manipulačních vozíků i pracovníků při zvýšení počtu přijatých i expedovaných palet a zkrácení časů nakládky vozidel. (9)



Obrázek 16 - Manipulace s paletami v Budějovickém Budvaru. Zdroj Ing. Pavel Pánek, vedoucí oddělení nákupu a logistiky Budějovického Budvaru

Časem vznikaly stále větší nároky na skladovací zařízení a Budvar pokračoval v investicích do dalšího rozšíření systému. V březnu letošního roku spustil Budějovický Budvar provoz nového logistického zařízení. Propojil sousední logistický areál s výrobou pomocí unikátní automatické dráhy. Veškeré skladování se tak přesune do vedlejšího areálu a v provozu vznikne prostor pro další rozšiřování. Výjimkou je akorát automatický sklad vybudovaný v roce 2009. Ten má sloužit jako vyrovnávací sklad mezi expedicí a výrobou a v případě mimořádností v logistické části vystačí k pokrytí poptávky na dva až tři dny.

Logistický provoz začíná svou práci na konci balicích linek ve chvíli, kdy je hotová paleta označena klasickou paletovou etiketou EAN 128. Systém pro řízení skladu WMS okamžitě dostává informaci, že do systému vstoupila paleta s určitými parametry. Údaje posílá přes MFS (material flow system) pro veškeré dopravníky i zakladače a přidává informaci o trase, kterou paleta poputuje. Trasa je přesně definována, rozdělena na jednotlivé sekce a systém naplánuje zaskladnění každé konkrétní palety. Paleta vstupuje do nové části logistického systému ve výrobním areálu, odkud dráha pokračuje přes výtahy na technologický most s monorailovou dráhou do logistického areálu přes ulici.

Na všech pracovištích trasy jsou rozmístěny skenery, které snímají každou paletu a zaznamenávají její pozici. Jednotlivé palety i celý tok zboží se zobrazují v systému WAMAS. Díky tomu mají logistika a údržba pivovaru dokonalý přehled o tom, kde se každá paleta v daném okamžiku nachází, odhalují se poruchové stavy a informace putují k příslušným pracovníkům.

V plně automatizované části s gravitačními dopravníky funguje princip samo nakládky, kdy si řidič kamionu sám odebírá palety, při čemž jej navádí signalizace. Pomocí nízkozdvižného vozíku nabere paletu a projíždí s ní do vozidla branou, ve které je umístěna automatická čtečka. Zde je také poslední místo, kde se kontroluje čárový kód, proto se na paletových etiketách používá 2D kód, aby ho čtečka dokázala přečíst, i když je paleta v pohybu. Řidiči proto musí mít oprávnění k manipulaci s nízkozdvižným vozíkem, dostane se jim krátkého zaškolení a pak již nakládají sami. (10)

V Budějovickém Budvaru neplánují další zavedení systému RFID. Místo toho se používá systém UWB a to zejména při lokalizaci vratných obalů. Dle vedoucího logistiky Pavla Pánka je tento systém spolehlivější a flexibilnější. Potvrzení polohy vozíku lze určit s přesností na 30 cm.



*Obrázek 17 - Pohled na rozestavěné logistické centrum Budějovického Budvaru. Zdroj Ing. Pavel Pánek, vedoucí oddělení nákupu a logistiky Budějovického Budvaru*

## 3 AGC Processing Teplice

Společnost AGC Processing Teplice a.s. je členem AGC Group. Tato nadnárodní skupina je předním světovým výrobcem plochého skla. V České Republice je celkem 17 poboček různého zaměření. Evropská větev disponuje rozsáhlou výrobní, zpracovatelskou a distribuční sítí více než 100 závodů, která sahá od Španělska po Rusko a dodává sklářské produkty pro stavebnictví a automobilový průmysl. Zaměstnává přes 10000 zaměstnanců.

Samotný závod Processing zaměstnává 306 lidí. Tento závod nabízí komplexní řešení pro celé projekty. Zabývá se zpracováním plochého skla s širokým využitím nejen ve stavebnictví, ale i v dopravním průmyslu. Základní paleta produktů obsahuje izolační zasklení, speciální skleněné aplikace pro zasklení ve veřejných budovách, ale i sklo pro interiérové aplikace. Historie společnosti sahá až do roku 1925.



Obrázek 18 - Výrobní závod AGC Processing Teplice. Převzato z: <http://www.agc-processing.cz/home/profil-agc-processing-teplice.html>

### 3.1 Výrobní prostory

Výrobní hala se skládá ze tří lodí oddělených tenkou zdí. Tato výrobní hala měří okolo 260 m na délku a 70 m na šířku. Výrobní zařízení jsou v hale rozmístěna tak, aby byl tok skla veden jedním směrem.

V tomto podniku se skleněné tabule přímo nevyrábí, ale pouze zpracovávají. Sklo se ve většině případů dováží ve formě bloků. Tyto bloky obsahují několik tabulí ve formátu PLF. Formát PLF představuje standardizovaný rozměr tabulí 6000x3210 mm. Tento rozměr je dán způsobem výroby. Z tavicích pecí vychází nekonečný pruh skla o šířce právě 3210 mm a ten se následně dělí na úseky po 6000 mm. Pro jejich uložení slouží distribuční sklad na začátku výrobní haly.

V AGC Processing se zpracovává několik typů skel. Obyčejné čiré sklo, takzvaný float, skla se speciální kovovou vrstvou zlepšující izolační vlastnosti, skla různých barev a povrchů (ornamenty) či lepená skla, které tvoří několik skleněných tabulí, mezi kterými je speciální folie. Kombinací druhů a několika sil (zpracovává se sklo o síle 3–19 mm) vzniká obrovské množství kombinací. Záleží vždy na přání zákazníka.



*Obrázek 19 - Bloky skel v distribučním skladu.*

### 3.2 Postup výroby

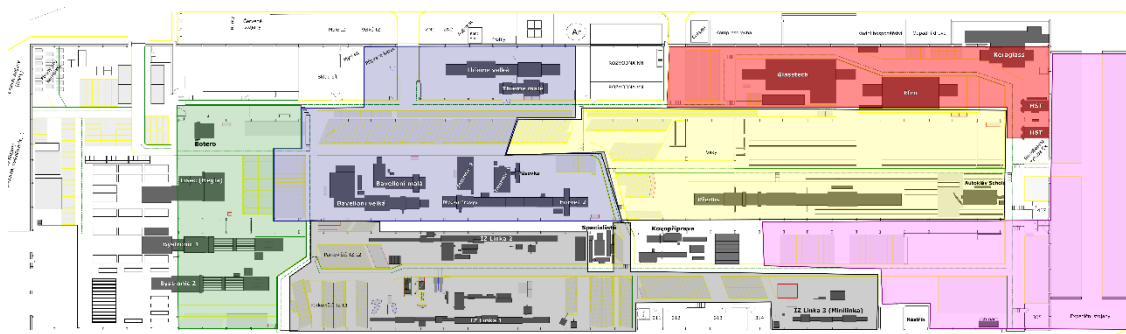
S výjimkou malého počtu externích skel začíná výrobní proces nařezáním skleněných tabulí v prostoru řezárny. K dispozici jsou tři řezací linky napojené na distribuční sklad. Pokládání tabulí na vstup linek probíhá automaticky a sklad je stavebně oddělený od zbytku výrobní haly. První výrobní operace končí naložením tabulí na stojan podle předem daného rozpisu. Následné zpracování záleží na zvolené výrobní cestě.

Dalším výrobním úsekem je provoz Restex, zabývající se opracováním. V tomto úseku se u tabulí brousí hrany a případně vrtají otvory či frézují výřezy. Součástí úseku je i oblast potisku, kde se pomocí sítotisku nanáší vzory různých barev a typů dle přání zákazníka. Kalení skla probíhá v kalicích pecích, kdy dojde zahřátím tabulí na teplotu více než 600 °C a prudkým zchlazením k vnitřnímu pnutí ve skle. Součástí kalení může být i proces ohýbání. Díky kalení se sklo vytvrdí a lze pak použít jako bezpečnostní sklo u výplní dveří či do oken dopravních prostředků.

Další provoz Conex se zabývá výrobou vlastního lepeného skla. Mezi tabule skla se vkládá speciální fólie a celá tabule následně projede lisem, kde jsou po zahřátí vrstvy přitlačeny k sobě. Po vylisování se skla musí umístit do přetlakové komory, ve které dojde po několika hodinách za působení vysokého tlaku a teploty k vytlačení zbytkového vzduchu.

Velkou část výroby tvoří izolační skla. Tento typ skel je nejčastěji využíván pro zasklívání budov, jako výplň do oken či do dopravních prostředků. Izolační sklo se skládá ze dvou či tří tabulí, mezi kterými je distanční rámeček. Vzduch v komorách je nahrazen vzácným plynem, nejčastěji argonem. Celé dvojsklo či trojsklo je po složení zatmeleno po celém obvodu. Skla se skládají na dlouhých linkách, které mají několik stanovišť. Do sestavy skla lze použít libovolná skla a výsledných možných kombinací je obrovské množství. Jednotlivé tabule mohou procházet různými výrobními cestami. Například může být jedna tabule z obyčejného řezaného skla a druhá lepené sklo, které je navíc s potiskem a kalené. To je také důvodem, proč je provoz IZ na plánování a intralogistiku nejnáročnější.

Hotová výroba se převážně nakonec výrobní haly, kde se přeloží na expediční stojany či zabalí do určených obalů a expeduje k zákazníkovi.



Obrázek 20 - Rozdělení výrobní haly na jednotlivé provozy. Zelená - řezárna, Modrá - restex opracování, Červená - restex kalení, Žlutá - conex, Šedá - izolační skla, Růžová - balení a expedice.

### 3.3 Plánování výroby

Po přijetí zakázky je potřeba celý výrobní postup naplánovat. Po založení objednávky do systému se na základě požadovaného zpracování určí výrobní cesta. Tato cesta představuje jasně danou posloupnost, přes jaká konkrétní zařízení bude výroba probíhat. U každého zařízení se na základě určitých podmínek automaticky vygeneruje čas potřebný na výrobu každého kusu zakázky. Po přiřazení časů se následně tvoří plány pro jednotlivá zařízení. Tím se k výrobní cestě určí datum výrobních operací. Celá výroba se plánuje tak, aby byly mezi operacemi mezery a následné zpracování bylo nejdříve na další směně.

### 3.4 Důvod vytvoření systému automatické identifikace stojanů

Právě z důvodu rozmanitosti výroby a malé sériovosti je systematizace a optimalizace náročná. Některá zařízení zpracují i desítky různých výrobků za osmi hodinovou směnu. Velký vliv má i sezónnost. Během zimních měsíců bývá výroby méně, a naopak během léta dochází až k přehlcení výroby.

Pro zlepšení efektivity lze rozdělit čas zpracování na dvě části. Samotný výrobní čas, který je učen technologií a bez razantního zásahu do výroby, jako je například úprava či dokonce výměna zařízení, se těžce zkracuje. Druhou část tvoří čas, kdy se z nějakého důvodu nevyrábí, takzvané prostoje. Ty mohou být plánované a nutné jako například úklid či technická údržba zařízení. Nicméně je také spousta prostojů, které jsou nechtěné, jako například seřizování a nastavování linek na jiný typ výroby či právě čekání na navezení a odvoz stojanů se sklem. Na některých výrobních zařízeních tvoří prostoje i přes 30 % času. Času, při kterém se nevyrábí a tím pádem i negeneruje zisk. Zde je dle mého prostor na zefektivnění.

Zejména na provozu IZ, kde se páruje více různých tabulí, ale i jinde se stává, že není úplně jasné umístění stojanu a je potřeba jej hledat. Vzhledem k tomu, že u zařízení může pracovat až pět zaměstnanců, tak i několik minut prostojů za směnu tvoří v součtu několik člověkohodin denně či týdně.

Mnou navržený systém by měl časy na hledání stojanů eliminovat a tím celkový výrobní čas zefektivnit. Důležitou podmínkou je, aby systém byl co nejvíce autonomní bez nutnosti přílišného zásahu obsluhy. Když nebudou vznikat prostoje z důvodu nepořádku, vznikne tak prostor na vlastní uspořádání stojanů a docílí se plynulejší výroby.

## 3.5 Proběhlé úpravy pro snižování časů hledání

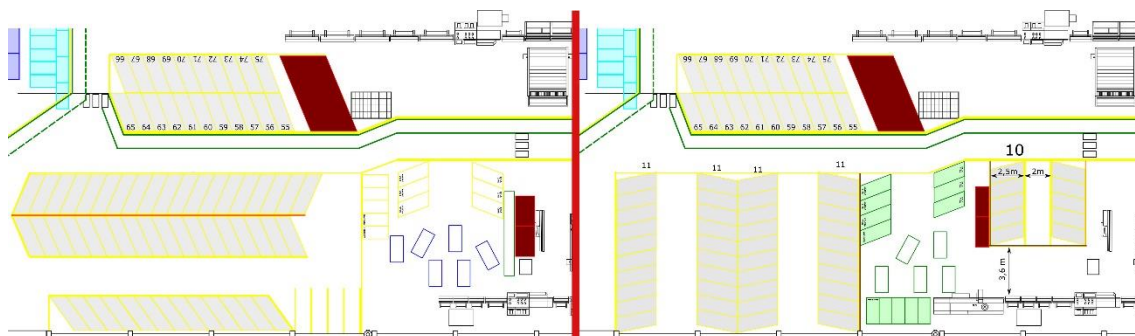
### 3.5.1 Systém interní logistiky

Prvním krokem pro zlepšení výroby bylo zavedení systému interní logistiky. Před zavedením si převážně přiváželi a odváželi výrobu od výrobní linky operátoři sami. Mnohdy docházelo k tomu, že bylo nutné kvůli manipulaci pozastavit výrobu. Snahou tohoto systému bylo prostoje na navázení výroby minimalizovat a byla ustanovena skupina speciálních pracovníků obsluhujících celé výrobní úseky. Další nespornou výhodou je, že tito specializovaní pracovníci mají lepší přehled kde se jaký stojan nachází a sníží se tím čas na hledání. Právě voziči by měli hrát důležitou roli v provozu vyvíjeného identifikačního systému. Na základě mých zkušeností byly stanoveny čtyři úseky, ve kterých by se měl pohybovat vždy jeden vozič. V případě nutnosti lze úseky vždy sloučit, či propojit.

### 3.5.2 Reorganizace parkovišť

V současné době probíhá plánování nahrazení několika výrobních zařízení a s tím související přestavba značné části výrobní haly. Během plánování se bere v úvahu také nové umístění a optimalizace parkovacích zón. Vzhledem k nedostatku prostoru je potřeba využít oblasti pro parkování stojanů co nejefektivněji. Zároveň pro lepší orientaci by měly být zóny rozděleny na jednotlivá parkovací místa, ta jednoznačně označena a do budoucna vybavena identifikačním čipem pro automatické určování polohy. Navíc bude do budoucna potřeba jasně označit a vybavit identifikátorem vstupní a výstupní oblasti u jednotlivých výrobních zařízení.

Některé parkovací zóny již splňují podmínky pro lepší organizaci a možnou budoucí integraci do lokalizačního systému. Jako poslední prošla úpravami parkovací zóna u jedné z linek na výrobu izolačních skel. Díky této změně se podařilo vměstnat stejný počet parkovacích míst na menší plochu a také zlepšit přístupnost k jednotlivým slotům.



Obrázek 21 - Porovnání rozvržení parkovišť u linky izolačních skel. Vlevo původní varianta, vpravo nové rozvržení.

### 3.5.3 Parkovací tabule

V minulosti již byl pokus o zavedení informací o přesném umístění jednotlivých stojanů. Systém fungoval na principu magnetických tabulí s vyznačenými parkovacími sloty. Při zaparkování stojanu se číslo zakázky napsalo na magnetický proužek a ten se umístil do příslušného políčka. Tento systém se příliš neosvědčil, jelikož nefungoval ještě ani systém vozičů a časem vznikl na tabuli zmatek. Občas některý magnet spadl, či jej pracovník umístil na špatné místo. Poté vznikl na tabuli akorát chaos. Proto je dle mého názoru důležité vyvinout nový systém. Ten by byl co nejjednodušší a s co největší mírou automatizace, protože jako u spousty jiných systémů vidím i zde nejslabším článkem lidský faktor.

## 4 Aktuální způsob identifikace stojanů a manipulace v podniku

### 4.1 Prvky systému

#### 4.1.1 Výrobní zařízení

Výrobní zařízení je stroj, který slouží k opracování skla. Na každém výrobním zařízení probíhá jedna výrobní operace. Většina zařízení má jasně danou oblast vstupu a výstupu. Výjimkou jsou řezací linky, které mají vstup z automatického skladu. Ten je prostorově oddělen od zbytku výrobní haly. Osádku tvoří jeden až pět zaměstnanců podle velikosti linky. Cílem celého systému je, aby zařízení pracovalo s maximální vytížeností a minimálními prostoji.

#### 4.1.2 Výrobní stojan

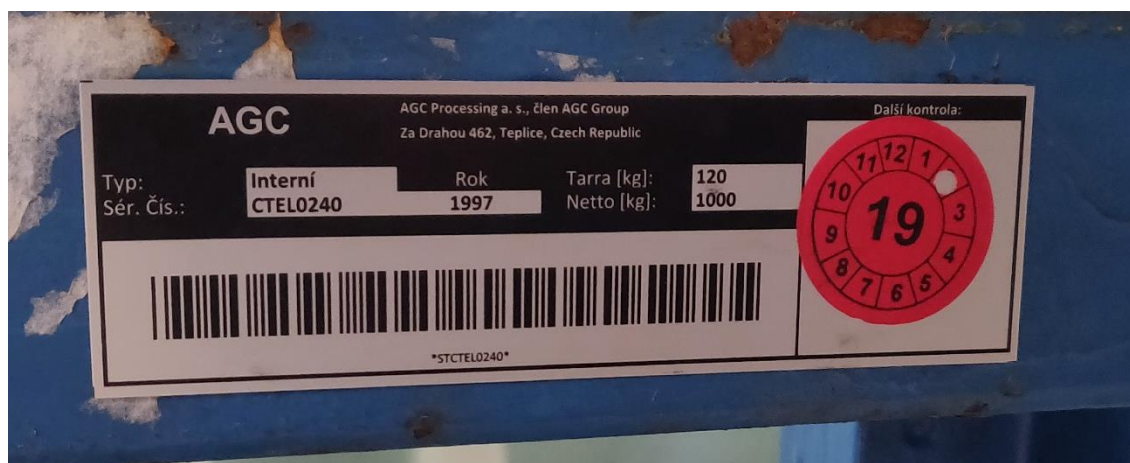
##### 4.1.2.1 Fyzický stojan

Výrobní stojan je speciální kovová konstrukce určená k ukládání a převozu skleněných tabulí. Stojany se dělí do dvou kategorií. Expediční stojany jsou určeny pro převoz skel k zákazníkům a podléhají vlastní evidenci. Ve výrobní hale se používají stojany interní, které neopouští výrobní halu. Hlavním poznávacím znakem je vyvýšená úložná plocha

pro použití manipulační techniky se speciální nástavbou. Ve výrobním podniku se používá několik typů stojanů. Jednotlivé druhy se liší velikostí, nosností, či jinou speciální úpravou. Některé typy se používají pouze v určitých úsecích výroby, a tudíž se použitý stojan na vstupu a výstupu může lišit. Součástí každého stojanu jsou jistící prostředky sloužící k zajišťování tabulí proti pádu. Původní provazy jsou postupně nahrazovány či doplňovány speciálními tyčemi.

Právě kvůli skladování stojanů na venkovních zónách, a ne příliš šetrné manipulaci je problém s výdrží identifikačních prvků. Jakékoliv samolepky či laminované papíry vydrží na stojanech pouze několik měsíců. Na základě požadavku na identifikaci a katalogizaci jsem všem stojanům přiřadil unikátní identifikační čísla a navrhnul unifikované plechové štítky, které obsahují následující informace:

- **Unikátní ID stojanu** – skládá se z kategorie stojanu a identifikačního čísla
- **Nosnost** – U základních stojanů je v rozmezí 750–1500 kg
- **Hmotnost**
- **Rok výroby stojanu**
- **Čárový kód** (code 39) – Pro možnost identifikace stojanu pomocí čtečky
- **Revizní známku** – Obsahuje informaci o příští kontrole stojanu



Obrázek 22 - Identifikační štítek

Štítky jsou postupně na stojany přidělovány pomocí speciálního lepidla. Bohužel nebylo předem určeno jasné umístění štítku a ty tak jsou přilepovány libovolně. Při kontrole jsem narazil i na štítek, který byl otočen „vzhůru nohama“. To znemožňuje vyšší interakci a automatizaci při snímání čárových kódů.



Aktuálně je k dispozici okolo 1200 interních stojanů. Nejpoužívanějšími stojany jsou stojany ve tvaru lavice s nosností 1250 kg a „A“ stojan s úložnou plochou na dvou stranách a nosností 1500 kg. Maximální počet skel na jednom stojanu závisí na hmotnosti a rozměrech jednotlivých tabulí. 1 metr čtvereční skla síly 6 mm váží 15 kg.



Obrázek 23 - Ve výrobním podniku se používají stojany různých velikostí a typů.

#### 4.1.2.2 Plánovaný stojan

Plánovaný stojan je základní manipulační jednotka. Tento stojan představuje skupinu skel, která prochází celým výrobním procesem pohromadě. Naplánovaná výroba je automaticky rozdělena na stojany podle určitých pravidel. V potaz se bere hlavně nosnost a ložná plocha použitých fyzických stojanů. U každého plánovaného stojanu musí být od začátku do konce výrobního procesu přiložen *výrobní list*. U výrobních operací, kde se páruje více skel k sobě (vrstvení, výroba izolačních skel) plánovaný stojan včetně VL zaniká a vzniká stojan s novým číslem a výrobním listem. V rámci úspory stojanů se stává, že na jednom stojanu fyzickém může být více plánovaných.

#### 4.1.3 Výrobní list

Výrobní list je automaticky generovaný dokument ke každému stojanu. Přikládá ho při první výrobní operaci operátor na výstupu zařízení. Přikládá se při první výrobní operaci a prochází spolu se stojanem celou *výrobní cestou*. Aktuálně není jasně určeno umístění listů mezi operacemi. Každý výrobní list obsahuje informace potřebné k identifikaci a správnému opracování skla:

- Výrobní cesta – Posloupnost jednotlivých výrobních operací
- Číslo výrobní dávky / stojanu – Unikátní identifikátor stojanu
- Čárový kód – Jedna z možností identifikace pro vyvíjený systém
- Konečné místo a datum dodání – Místo určení po poslední výrobní operaci
- Poznámky – dodatečné informace k výrobě
- Rozpis – pro jednotlivé výrobní operace, včetně plánovaného datumu
- Potvrzení výroby – po dokončení operace operátor přidá datum a podpis

Čárový kód je Obrázek 24 - Ukázka výrobního listu, červeně jsou popsány důležité prvky.

ve formátu Code39 včetně kontrolního symbolu. Každý čárový kód obsahuje několik informací. Například kód z výrobního listu uvedeného níže je po dekódování: LR55720180515C0076. Pro identifikaci jsou důležité především znaky na pozici 3,4,5 (výrobní dávka) a 16,17,18 (číslo stojanu). Tento čárový kód se na některých provozech využívá pro automatické potvrzení výroby. Pomocí čtečky s pamětí jsou jednotlivé kódy naskenovány a poté hromadně nahrány do systému.

TGP_PR0201_R01	<b>Výrobní list</b>	AGC Processing Teplice a.s.
25.05.2018 13:20, CZ099455		Strana 1 ze 28

Zakázka / Výroba / Stojan: 2611800237 / 15.05.2018 557 / C 76 / 136

Výrobní cesta: 412T

- 1 TRBYS1E
- 2 TBINTERM1
- 3 TKEFCO

**Výrobní cesta**

**Výrobní dávka / číslo stojanu**

**557 / 076**

**Unikátní čárový kód**



**Finální místo určení**

Předat na: **CX TCPREDLIS2 22.05.2018 ÚTERÝ**

Poznámka 2611800237 nakládká: 29.05.2018, příjemce: 4005699 SIPRAL a.s., místo dodání: Sipral, a.s., Projekt: Nine Elms London

KA tolerance místního prohnutí max. 0,2mm / 300mm. !!  
kalit stejným směrem označte stranu která jde první do pece.

Výr. sekv.	Dokument	Č. pol	I Z	L G	Rozměr	plocha	Váha 1 ks	Kusy	Poznámka	Fólie	
Proces:	RE TRBYS1E	Řezací stroj BYSTRONIC 1 EXT			Dat. plánování/sm./int.:	Od: 17.05.2018	2	1	Do: 17.05.2018	2	1

**Rozpis pro výrobní operace**

Výrobek: F06000		Planibel Clearlite 6 mm									
136	2611800237	1	1	2	165 x 404	0,07	1	1			↑
137	2611800237	2	1	2	165 x 404	0,07	1	1			↑
138	2611800237	56	1	2	165 x 1.100	0,18	3	1			↑
139	2611800237	3	1	2	165 x 1.100	0,18	3	1			↑
140	2611800237	4	1	2	165 x 1.759	0,29	4	1			↑
141	2611800237	57	1	2	165 x 1.759	0,29	4	1			↑
142	2611800237	5	1	2	210 x 404	0,09	1	1			↑
143	2611800237	6	1	2	210 x 1.100	0,23	3	1			↑
144	2611800237	7	1	2	210 x 1.759	0,37	5	1			↑
145	2611800237	58	1	2	238 x 404	0,10	1	1			↑
146	2611800237	8	1	2	238 x 404	0,10	1	1			↑
147	2611800237	59	1	2	238 x 1.100	0,26	4	1			↑
148	2611800237	9	1	2	238 x 1.100	0,26	4	1			↑
149	2611800237	10	1	2	238 x 1.759	0,42	6	1			↑
150	2611800237	60	1	2	238 x 1.759	0,42	6	1			↑
<b>CELKEM</b>						3,33	47	15		1,26 min.	

**Čas na zpracování stojanu**

Proces:	BR TBINTERM1	Intermac 1	Dat. plánování/sm./int.:	Od: 18.05.2018	2	1	Do: 18.05.2018	2	1
---------	--------------	------------	--------------------------	----------------	---	---	----------------	---	---

Výrobek: F06000		Planibel Clearlite 6 mm									
136	2611800237	1	1	2	161 x 400	0,07	1	1	S-31097 GM-TY HRANA: 4I/4I/4I/4I Typ: C Vel: 4 Poc: 1		↓
137	2611800237	2	1	2	161 x 400	0,07	1	1	S-31098 GM-TY HRANA: 4I/4I/4I/4I		↓
138	2611800237	56	1	2	161 x 1.096	0,18	3	1	S-31005 GM-TY HRANA: 4I/4I/4I/4I		↓
139	2611800237	3	1	2	161 x 1.096	0,18	3	1	S-31005 GM-TY HRANA: 4I/4I/4I/4I		↓
140	2611800237	4	1	2	161 x 1.755	0,29	4	1	S-31096 GM-TY HRANA: 4I/4I/4I/4I		↓
141	2611800237	57	1	2	161 x 1.755	0,29	4	1	S-31096 GM-TY HRANA: 4I/4I/4I/4I		↓

Při složité výrobě, například pokud je do skla potřeba vyfrézovat otvory, se navíc přikládá technický výkres.

#### 4.1.4 Vozič / manipulant

Vozič je pracovník starající se o navážení a odvoz stojanů od jednotlivých výrobních zařízení. Mezi jeho další činnosti patří zajišťování pořádku na parkovištích a dodržování parkovacího plánu i na místech, kde se stojany odkládají. Odvoz prázdných stojanů a odpadu. A také celková kontrola stojanů, pokud nalezne poškozený stojan, odveze jej na parkoviště stojanů na opravu a nahlásí zodpovědné osobě.

#### 4.1.5 Manipulační prostředky

##### 4.1.5.1 Nízkozdvižné vozíky

Hlavním manipulačním prostředkem se používají speciálně upravené nízkozdvižné vozíky. Každý z nich má kovovou nástavbu pro manipulaci s interními stojany. Voziči převáží stojany mezi jednotlivými parkovišti pomocí velkých vozíků. Při používání těchto vozíků jejich obsluha sedí uvnitř a řídí pomocí volantu. Pro navážení k výroby k linkám slouží menší, ručně vedené vozíky. Všechny vozíky mají elektrický pohon, a tudíž by bylo možné použít jejich baterie také pro napájení plánovaného identifikačního systému. Umístění antény pro čtecí zařízení by bylo možné ze spodní nástavby vozíku. Na všech vozících jsou znatelné známky poničení po celém obvodu, a proto by toto umístění zamezilo poškození čtecího zařízení. Další výhodou tohoto umístění je malá vzdálenost od země a tím pádem i od identifikačního čipu.



Obrázek 25 - Nízkozdvižný vozík s vlastním pohonem.

##### 4.1.5.2 Vysokozdvižné vozíky

V provozu se používají také vysokozdvižné vozíky. Ty však neslouží pro převoz stojanů s výrobou, ale pro ostatní manipulaci. Například pro odvoz kontejnerů na odpad, či odvoz prázdných stojanů na venkovní parkoviště. Vzhledem k tomu, že se do interní logistiky příliš nezapojují, není potřeba je systémem osadit.

#### 4.1.6 Parkoviště

Parkovací zóny jsou rozmístěny po celé výrobní hale, vždy co nejbližší k danému výrobnímu zařízení. Většina parkovišť je rozdělena na parkovací sloty. Slot je zpravidla široký 90 cm a dlouhý 3 m. Každý slot je pod mírným úhlem zkosen. To je z důvodu lepšího najetí a vyjetí manipulačních vozíků do řady slotů. Nejvíce slotů je u linek pro IZ skla. Pro hlavní linku je k dispozici 5 řad po 8 slotech. I tak se při velkém množství výroby naráží na problém s nedostatkem parkovacích míst.



Obrázek 26 - Parkoviště rozdělené na jednotlivé parkovací sloty.

#### 4.1.7 Software

Pro celý proces výroby se používá speciální software Garps. Tento software je vyvíjen interně pouze pro konkrétní společnost. Garps slouží mimo jiné jako databáze veškerých zakázek a jejich plán výroby. Následně zde probíhá odepisování hotové výroby pro jednotlivá zařízení a sledování výrobních časů. Software se neustále vylepšuje a rozšiřuje. Dle mého názoru by byla integrace systému lokalizace náročná, nevím, jestli vůbec možná.

### 4.2 Převoz stojanů

Manipulaci se stojany lze rozdělit na dva druhy: odvoz výroby a navážení výroby.

#### 4.2.1 Odvoz výroby

##### 4.2.1.1 Stojan připraven k odvozu

Pracovník na výstupu daného zařízení po dokončení výroby zajistí tabule pomocí jisticích prostředků a přiloží potvrzený výrobní list. Pokud není stojan ihned odvezen, přesune jej pracovník mimo výstupní zónu a pokračuje v nakládání dalšího stojanu. Aktuálně nejsou výstupní zóny ani zóny pro odložení hotového stojanu přesně určeny.

##### 4.2.1.2 Naložení stojanu

Vozič pravidelně projíždí okolo výrobních linek a hledá stojany připravené k odvozu. Před naložením stojanu vozič z výrobního listu zjistí následující výrobní operaci.

#### 4.2.1.3 *Převoz na parkoviště*

Stojan je poté převezen do parkovací zóny pro následující výrobu.

Vozič zaparkuje stojan na libovolný volný slot v parkovací zóně a vrací se zpět k výrobním zařízením.

### 4.2.2 Navážení výroby

#### 4.2.2.1 *Vyžádání výroby*

Vozič obdrží na začátku své směny od směnového předáka přibližný plán výroby pro aktuální den (popřípadě mu jej předá vozič předchozí směny, pokud nedochází ke změně). Poté mu osádky jednotlivých výrobních zařízení v dostatečném předstihu nahlašují další výrobu a vozič naveze stojany do příslušných zón. V případě nedostatku skla na vstupních zónách, upozorní předák úseku voziče na mobilní telefon.

#### 4.2.2.2 *Vyhledání stojanu*

Následně se vozič přesune do parkovací zóny pro danou výrobu a stojan vyhledá. Řídí se pouze informacemi o stojanu jako jsou rozměry tabulí, jejich síla a počet.

#### 4.2.2.3 *Naložení stojanu*

Po vyhledání stojanu jej pracovník naloží manipulačním vozíkem.

#### 4.2.2.4 *Vyložení stojanu u výrobního zařízení*

Stojan je přivezen na vstup daného zařízení. Pokud se zde nachází ještě předchozí stojan s rozdělanou výrobou, umístí vozič nový stojan do okolí vstupu. Pracovníci zařízení následně stojan přesunou pomocí ručního vozíku blíže ke vstupu linky.

Prázdné stojany jsou zároveň přesunuty mimo vstup a vozič je při dalším průjezdu převeze na výstup zařízení, případně do zóny pro prázdné stojany.

## 4.3 Diagram rybí kost

Neboli Išikavův diagram je jednoduchý nástroj pro vizualizaci a sumarizaci při řešení problémů. Díky své podobě je také nazýván jako diagram „Rybí kost“. Je jedním ze sedmi základních nástrojů při zlepšování kvality. Tvorba tohoto diagramu většinou probíhá formou brainstormingu. Prvním krokem je definování následku, tudíž problému, který se snažíme vyřešit. Následně se hledají příčiny, které ovlivňují následek z různých hledisek a zařazují se do jednotlivých kategorií. Tyto kategorie tvoří tzv. střední kosti a v průmyslu jsou se používají: Machine (vybavení, technologie), Methods (výrobní procesy, postupy), Material (materiál – výrobní i spotřební, informace), Manpower (lidské zdroje), Measurement (získávání a vyhodnocování kvalitativních údajů) a Enviroment (prostředí).

### 4.3.1 Aplikování diagramu

#### **Method**

- Nesystémové označování stojanů

#### **Machine**

- Různorodost manipulačních prostředků

#### **Materials**

- Nedostatek informací pro voziče
- Žádný automatický systém

## Manpower

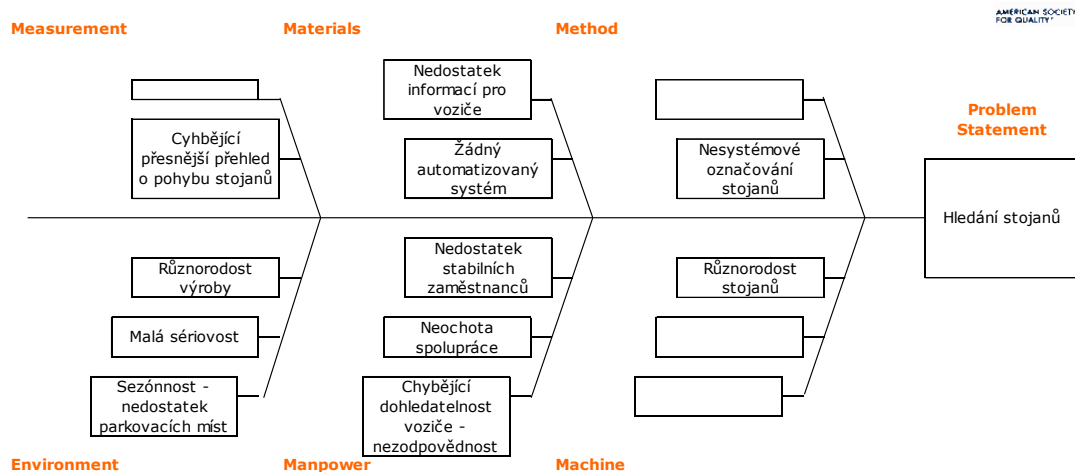
- Nedostatek stabilních zaměstnanců
- Neochota spolupracovat mezi sebou
- Chybějící dohledatelnost voziče

## Measurement

- Chybějící přesnější přehled o pohybu stojanů

## Environment

- Různorodost výroby
- Malá sériovost
- Sezónnost – nedostatek parkovacích míst



Obrázek 27 - Diagram "rybí kost" pro problém hledání stojanů. Nástroj dostupný z: <http://asq.org/learn-about-quality/cause-analysis-tools/overview/fishbone.html>

## 5 Návrh vlastního systému

Výše popsané systémy jsou budovány velkými dodavatelskými společnostmi v oblasti logistiky a jsou výsledkem investic v řádech milionů korun.

AGC Processing Teplice je poměrně specifický druh výroby, a především svou rozmanitostí si žádá vybudování systému na míru. V současné době jsou jiné priority na investice než do rozsáhlého budování logistického systému. Nicméně zavedení lokalizace a určitého stupně automatizace má řadu výhod. Proto snaha o návrh možného řešení a pokus o zavedení základních prvků systému jsou ve společnosti vítány. Celý projekt je financován pouze z mých vlastních zdrojů, a proto mám snahu využít prvky s co nejnižší pořizovací cenou při zachování dostatečné kvality.

Celý systém by měl být uživatelsky přívětivý. Důležité je zobrazovat všechny potřebné informace, ale je potřeba se vyhnout přehlcení informacemi.

## 5.1 Prvky systému

Hlavní technologické prvky pro navrhovaný systém identifikace a lokalizace jsou: přenosný terminál, identifikační prostředky, databáze a software.

### 5.1.1 Přenosný terminál

#### 5.1.1.1 Výpočetní jednotka

Jako základ pro přenosný terminál jsem zvolil jednodeskový počítač *Raspberry Pi*. Jeho hlavní výhodou je dostatečný výkon a přenositelnost při zachování velmi malých rozměrů (zhruba velikost kreditní karty). Minipočítač je osazen čtyřmi USB a jedním GPIO portem. V kombinaci s otevřeným operačním systémem postaveném na základě Linux nabízí nespočetné množství využití. Okolo tohoto systému existuje velice široká komunita a spoustu řešení lze dohledat online.

Na rozdíl od jednodušších počítačů Arduino, je přímo součástí základní desky HDMI grafický výstup. Dále také zvukový jack konektor a síťový LAN vstup. Počítač nemá vlastní paměť a veškerá data včetně operačního systému jsou uložena na SD kartě.

Napájet lze přes micro USB konektor z nejrůznějších zdrojů. Napětí by mělo být alespoň 5,1 V. Potřebný proud záleží na připojeném příslušenství. Výrobce udává, že kvalitní zdroj dodávající 2,5 A vystačuje běžnému využití. Při nedostatečném napětí se v pravém horním rohu zobrazí ikona blesku.

Pro testování a sestavení prototypu byl zvolen nejnovější model 3B. Ten byl nově vybaven 64 bitovým procesorem o frekvenci 1,2 GHz a 1 Gb operační paměti. Jeden z hlavních argumentů pro tento model byl integrovaný Bluetooth a Wi-Fi modul. Pro napájení byl používán neoriginální zdroj s udávaným maximálním výstupem 2A.



Obrázek 28 - Jednodeskový počítač Raspberry Pi 3B

### 5.1.1.2 Zobrazovací zařízení

Pro zobrazení výstupu a zpětnou vazbu systému je potřeba použít zobrazovací zařízení. Do sestavy prototypu byl použit displej o úhlopříčce 7 palců. Na trhu existují monitory s úhlopříčkou již od dvou palců, nicméně pro zobrazení dostatečného množství informací byl tento displej vzhledem k ceně nejvhodnější. Výrobce navíc nabízí stojánek na míru s přípravou na připevnění jednotky přímo k displeji. Ten je připojen pomocí HDMI kabelu a napájen přímo z USB portu na počítači. Pořizovací cena mnou vybraného modelu byla mírně vyšší. Bez poštovného displej stál zhruba 1500 korun.



Obrázek 29 - Displej vhodný pro využití v systému.

### 5.1.1.3 Vstupní zařízení

#### 5.1.1.3.1 Uživatelský vstup

Díky kapacitnímu displeji je vhodné ovládat systém pomocí dotyků obrazovky. Uživatelské prostředí je navrženo tak, aby byla minimalizována potřeba klávesnice a myši. Dotykové ovládání funguje ihned po připojení obrazovky k počítači. Není potřeba žádného dalšího nastavování ani instalování ovladačů.

V případě nutnosti lze použít jakoukoliv USB myš a klávesnici.

#### 5.1.1.3.2 Čtečka čárových kódů

Pro čtení čárových kódů jsem uvažoval dvě varianty.

##### **Skener**

Jednou z variant je použití laserového zařízení. Pro účely testování jsem si v práci zapůjčil ruční čtečku čárových kódů MS5145 Eclipse. Použití této čtečky je velice jednoduché. Po zapojení do USB a automatickém nainstalování příslušných ovladačů lze ihned načítat čárové kódy. Díky dlouhému kabelu je použití jednoduché a pohodlné. Čtečka je standardně ve vyhledávacím režimu, který je znázorněn pulzováním laseru. V případě, že čtečka zaznamená čárový kód, laser zůstane stabilně svítit. Při stisknutí



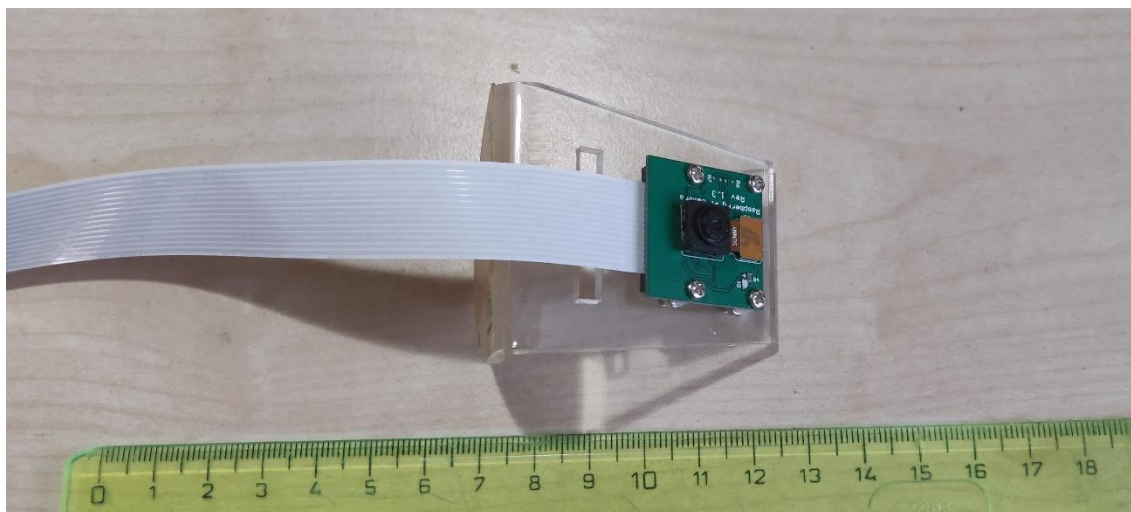
tlačítka jej čtecí pistole automaticky dekóduje a odešle do počítače ve formě řady znaků. Při testování se ukázalo, že nelze číst kódy na obrazovce monitoru, či displeje telefonu. Tuto čtečku plánuji využít pro čtení čárových kódů. Její cena se pohybuje okolo 1200 Kč. (11)



Obrázek 30 - Ruční laserový skener Honeywell Eclipse MS5145.

## Kamera

Čárové kódy lze také číst pomocí kamery a speciálního softwaru. Ke snímání lze použít prakticky jakýkoliv snímač obrazu. Do sestavy jsem zvolil kameru určenou přímo pro počítače Raspberry. Kamera snímá video v kvalitě až 1080p při třiceti snímcích za vteřinu a pro připojení k základní desce slouží speciální konektor. Pořizovací cena kamery byla 140 Kč.



Obrázek 31 - Kamerový modul Raspicam.

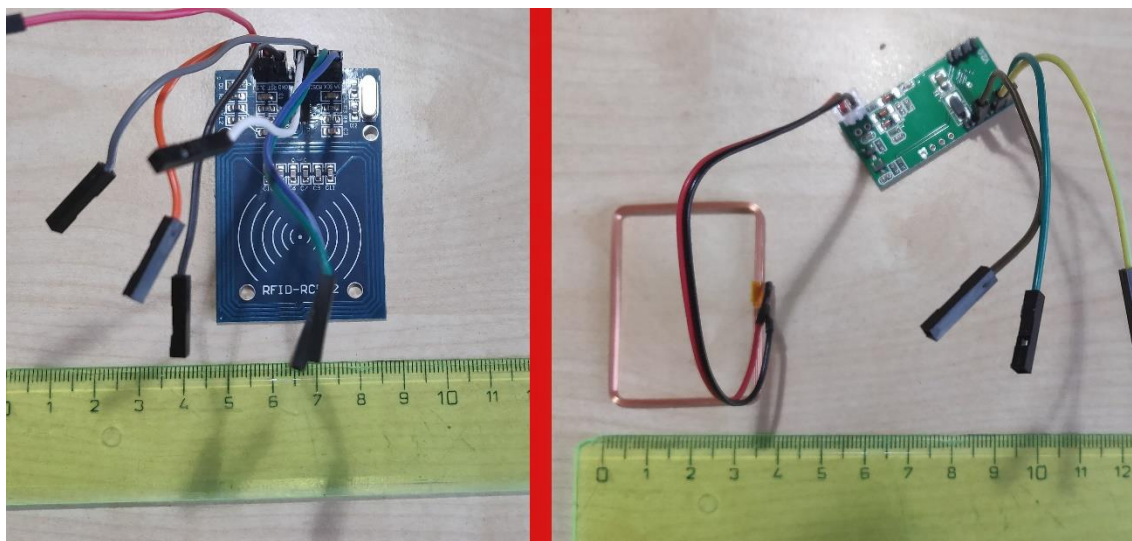
K dekódování čárových kódů existuje řada programů. Po dlouhém průzkumu se jako nejvhodnější jevil software Zbar. Jedná se o multiplatformní program dostupný v několika jazycích. K dispozici je plně zdarma na adrese: <https://github.com/ZBar/ZBar>. Pro tento software jsem se rozhodl zejména z důvodu, že je dostupný i v jazyce Python a na webu existuje řada návodů, jak jej nainstalovat přímo pro počítače Raspberry. I přes to jsem narazil na problém při nastavování komunikace mezi programem a kamerou. Řešení trvalo několik dní a bylo potřeba upravit několik věcí v nastavení samotného operačního systému a speciálních ovladačů. Software poté dokázal rozpoznat základní druhy čárových kódů jako UPC/EAN, Code39/128 a také QR kód.

Při testování se ukázalo, že použitá kamera nemá automatické zaostřování a minimální čtecí vzdálenost byla 50 cm. Při této vzdálenosti je potřeba, aby kódy byly dostatečně velké a jednotlivé čáry pro kameru rozlišitelné. U snímání výrobních listů s tím byl problém a je využití kamery a softwaru vhodné k jiným účelům. Například k identifikaci místa.

#### 5.1.1.3.3 RFID

Pro čtení RFID čipů byly pořízeny dva snímače o různých frekvencích. Vzhledem k omezenému rozpočtu se jedná o moduly s cenou v řádech desítek korun. Obě periferie se připojují pomocí GPIO. Nízkofrekvenční (LF) modul RDM6300 se skládá z malé obvodové desky a externí antény. Následně lze pomocí jednoduchého kódu v jazyce python číst adresy přiložených čipů. Pořizovací cena byla okolo 40 Kč a výrobce udává čtecí vzdálenost do 5 cm. Tento modul se při následném testování jevil jako méně spolehlivý oproti druhému zařízení.

Jako druhý modul pro čtení byl pořízen model RC522. S cenou okolo 50 Kč se jedná o nejprodávanější RFID senzor v dané kategorii. Hlavní rozdíl oproti druhému modelu je ve frekvenci (13,56 MHz) a v integrované anténě. Ta má rozměry 4 x 4 cm. Udávaný dosah je do 10 cm.



Obrázek 32 - Čtečky RFID. Vlevo modul RC522, vpravo RDM6300.

## 5.1.2 Identifikační prostředky

### 5.1.2.1 Čárové kódy

Čárové kódy se mohou vytisknout na libovolné tiskárně. V případě potřeby větší odolnosti lze použít laminovací folii. Pro velmi náročné prostředí, jako je například vliv klimatických podmínek a častá manipulace se používají štítky plechové.

Jako nejvhodnější druh kódu se jeví Code39. V některých případech se již používá a výhodou je především přímý převod znaků na kód. Mezi čárovým kódem a symboly tak lze přepínat změnou použitého fontu. Ke správnému čtení je potřeba přidat kontrolní znak. Pro tyto účely jsem vypracoval generátor v excelu.

### 5.1.2.2 RFID

Pro účely testování jsem pořídil několik druhů tagů. Pro frekvenci 13,26 MHz, přívěšky na klíče používané především pro přístup do budov a také dva druhy velmi tenkých čipů. Jeden ve tvaru kruhu o průměru 2,5 cm a druhý o velikosti platební karty. Pro frekvenci 125 kHz tagy ve formátu silnostěnné platební karty, u kterých výrobce uváděl lepší čtecí vzdálenost. Všechny čipy se prodávají v minimálním počtu deseti kusů a ze serveru Aliexpress byly pořízeny v průměru 40 Kč za sadu.

Tyto tagy by měly být umístěny na jednotlivá parkovací místa. Načtením tagu se jednoznačně určí pozice vozíku. Druh tagů jsem vybíral také s ohledem na jejich odolnost.



Obrázek 33 - Pasivní RFID tagy pořízené pro testování systému.

## 5.1.3 Databáze

Jádem celého systému je databáze uchovávající veškeré informace. Hlavní částí je tabulka parkovacích slotů pro přiřazení jednotlivých stojanů.

### ID

Unikátní ID slotu. Slouží jako primární klíč tabulky.

### CipID

Identifikační číslo RFID tagu na daném slotu. Při načtení tohoto tagu je převážen stojan zapsán k přiřazenému slotu.

## Typ

Určení typu slotu pro rozhodovací podmínky. 0 značí parkoviště, 1 vstupní slot a 2 výstupní slot zařízení.

## Zóna

Parkovací zóna obsahující daný slot. Slouží pro především pro lepší orientaci při převozu stojanů.

## VL1-3

Čísla výrobních listů umístěných na stojanech, které stojí na tomto slotu.

## Zapsal

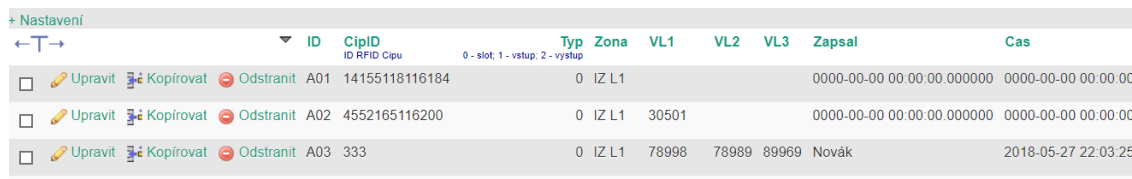
Jméno pracovníka, který stojan zavezl.

## Kdy

Automaticky zaznamenaná časová známka poslední změny.

Pro návrh databáze se nejvíce hodí jazyk SQL. Databáze v tomto jazyce nabízejí účinné nástroje pro ovládání od základních až ve vysoce komplexní projekty.

Pro ovládání databáze, kromě přímého zadávání příkazů, lze použít některý z grafických editorů. Mně osobně se nejvíce osvědčil phpMyAdmin. Jedná se o webové rozhraní v jazyce PHP. Umožňuje vytvářet či rušit databáze a tabulky, provádět SQL příkazy a celou strukturu databází graficky zobrazit. Celý program je nainstalovaný na hostitelském serveru a pro jeho použití není potřeba stahovat žádné další soubory do počítače, ze kterého se přistupuje.



	ID	CipID ID RFID Cipu	Typ 0 - slot, 1 - vstup, 2 - vystup	Zona	VL1	VL2	VL3	Zapsal	Cas
<input type="checkbox"/>	A01	14155118116184	0	IZ L1				0000-00-00 00:00:00.000000	0000-00-00 00:00:00
<input type="checkbox"/>	A02	4552165116200	0	IZ L1	30501			0000-00-00 00:00:00.000000	0000-00-00 00:00:00
<input type="checkbox"/>	A03	333	0	IZ L1	78998	78989	89969	Novák	2018-05-27 22:03:25

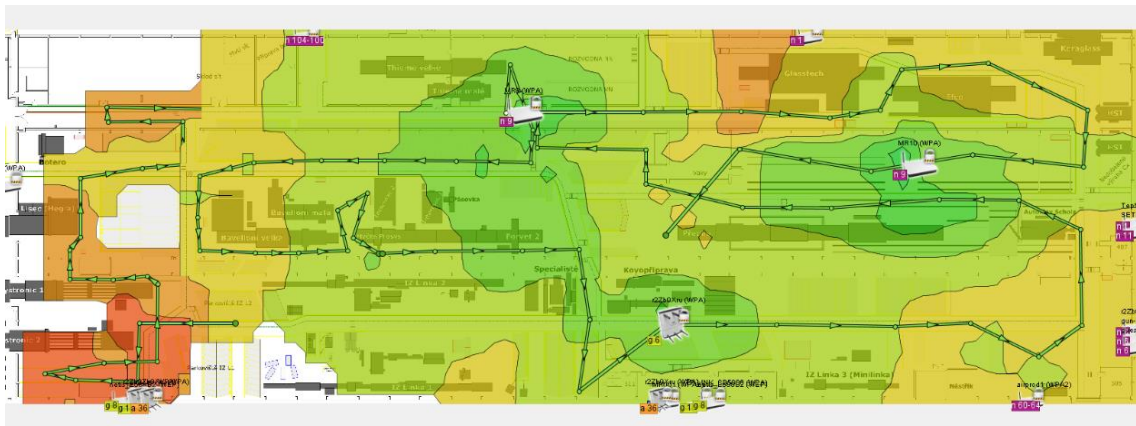
Obrázek 34 - Hlavní tabulka databáze.

### 5.1.3.1 Server

Vzhledem k tomu, že podniková síť je poměrně uzavřená, tak pro chod databáze a sběr dat je potřeba samostatný server. Nároky na hardware nejsou nijak vysoké. Velmi často se používají pro běh jednoduchých serverů počítače Raspberry.

Komunikace mezi jednotlivými terminály probíhá přes Wi-Fi. Již dnes je v hale rozmístěno několik přístupových bodů, ale z mnou naměřených dat vyplývá, že pokrytí signálem není dostatečné. Některé vysílače navíc slouží k přístupu do jiné, než vnitropodnikové sítě a nelze je tedy pro systém využít. Nicméně se do budoucna počítá i s jinými projekty vyžadujícími připojení do sítě, a tak signál bude potřeba rozšířit.

Pokrytí signálem jsem měřil pomocí softwaru Ekahau Heatmapper. Do programu jsem nahrál schéma výrobní haly a při procházení jsem určoval kliknutím myši aktuální pozici. Software následně vygeneroval mapu pokrytí signálem.



Obrázek 35 - Schéma síly signálu wifi. Stupnice barev je od červené (nejslabší signál) po zelenou (nejsilnější signál).

## 5.1.4 Software

Jak ve společnosti Sambular, tak i v Budějovickém Budvaru stojí za celým systémem komplexní řídicí software. V logistických podnicích se tyto systémy obecně nazývají Warehouse Management System.

### 5.1.4.1 Neřízený sklad

Jedná se o sklady, či skladovací zařízení, kde není žádný skladovací systém. Pokud je nějaký systém zaveden, slouží jako databáze uložených položek. Jedná se o případ výrobního podniku AGC Processing. Software v tomto režimu skladu neurčuje manipulační procesy a pouze reaguje na požadavky obsluhy. Tento systém je vhodný do skladovacích ploch s menší kapacitou a nižší nutností optimalizace.

I tak jsou nároky na systém vysoké a po dlouhé době strávené nad snahou o vytvoření vlastního softwaru jsem došel názoru, že sám nejsem schopen jej naprogramovat. Zaměřil jsem se tedy na dílčí programy sloužící pro získání dat ze senzorů, návrhu databáze a grafické rozhraní pomocí kterého lze zapisovat či získávat data z databáze. Tyto návrhy jsou popsány v části testování prvků systému.

Při průzkumu na internetu jsem našel bakalářskou práci Jana Kohlíčka na téma Skladové hospodářství pomocí RFID a Raspberry Pi. V této práci se autor zabývá možnostmi využití RFID pro skladové hospodářství. Jelikož je práce zpracována na katedře informatiky a výpočetní techniky Západočeské univerzity v Plzni, tak se autor zabývá přímým vývojem aplikace a komunikačního prostředí. (12) Mým cílem je spíše průzkum možných technologií a celkový návrh systému na konkrétní výrobní podnik, který je svou výrobou velmi specifický.

### 5.1.4.2 Řízený sklad

Vyšší úrovní skladování jsou tzv. řízené sklady. V tomto režimu jsou ještě vyšší nároky na řídicí software. Systém v těchto případech obstarává celý chod skladu od plánování, řízení, sledování až po vyhodnocování manipulačních procesů. Díky tomu lze ovlivnit rychlost, přesnost a efektivitu práce. V těchto skladech je velká míra automatizace a umožňují pohyb autonomních vozíků. Jednotliví pracovníci a automatická zařízení dostávají jasně daný seznam úkolů. Dojedť na určené místo, naber daný sortiment, vylož na místě. Výhodou tohoto principu je také to, že pracovník nemusí procesy sám plánovat a může se tak více soustředit na daný úkol.

## 5.2 Testování prvků systému

### 5.2.1 RFID

#### 5.2.1.1 Testovací soustava

Pro testování jsem použil stejnou sestavu jako kterou plánuji využít do budoucího systému. Počítač Raspberry Pi 3 s dotykovým monitorem a připojenými čtečkami čipů.

Na měření čtecí vzdálenosti jsem vytvořil v grafickém programu vzor několika soustředných kružnic s rozstupem poloměrů 10 mm. Následně jsem vytiskl několik kopií tohoto vzoru, aby se na ně daly naměřené hodnoty zapisovat.

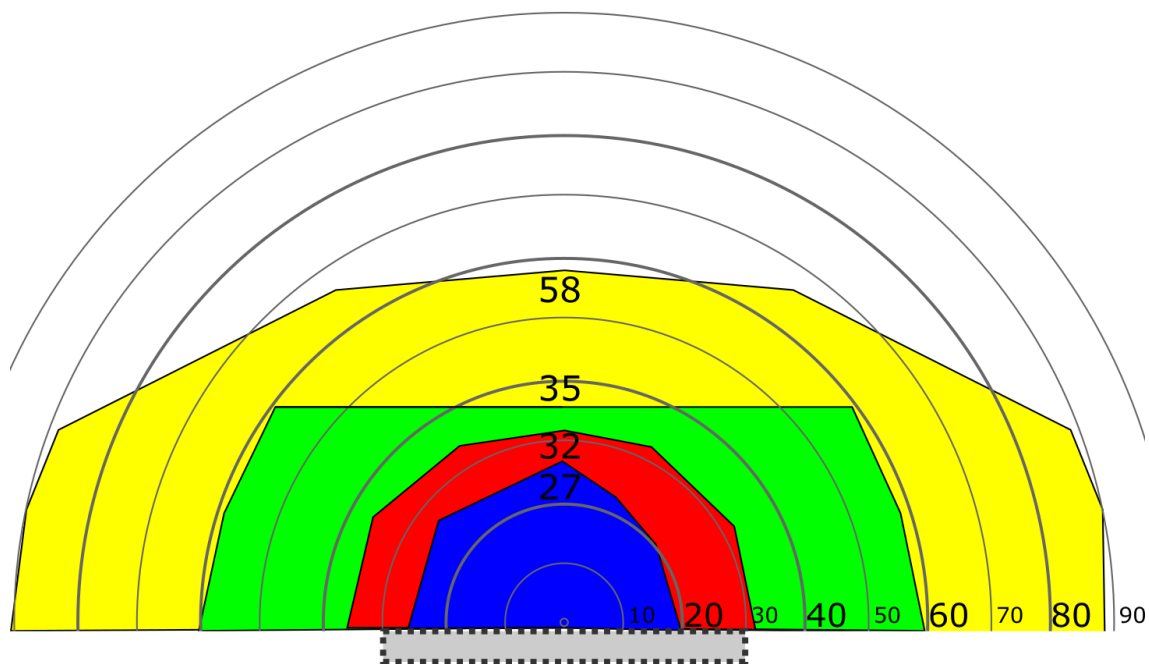
Čtecí zařízení bylo pevně umístěno na střed kruhů a spuštěn program pro snímání. Tag jsem přiložil k papíru se vzorem a postupně jej přibližoval k anténě čtečky. V okamžiku, kdy byl čip čtečkou načten, jsem zakreslil jeho obrys. Tímto způsobem jsem zaznamenal nejen maximální čtecí vzdálenost, ale i potřebnou velikost překrývajících se ploch, která je pro zaznamenání potřeba.

#### 5.2.1.2 Testování dosahu čtecího modulu pro jednotlivé čipy

Při tomto měření jsem se zabýval čtecí vzdáleností jednotlivých tagů. Jako zdroj napájení byl použit univerzální zdroj napájení s výstupním proudem 2A. Displej byl napájen ze základní desky počítače.

Tabulka 1 - Tabulka maximálních čtecích vzdáleností jednotlivých čipů.

Frekvence	Čip	Maximální čtecí vzdálenost
13,56 MHz	„karta“	58 mm
125 kHz	„karta“	35 mm
13,56 MHz	„klíčenka“	32 mm
13,56 MHz	„kulatý čip“	27 mm



Obrázek 36 - Plošné znázornění čtecích vzdáleností jednotlivých RFID tagů. Modrá = kulatý čip, červená = klíčenka, zelená = karta 125 kHz, žlutá = karta 13,56 MHz.

Z měření vyplývá známá souvislost mezi čtecí vzdáleností a velikostí antény. Menší čipy nedosahují takových vzdáleností jako větší karty.

Při stejných velikostech čipů vyšlo čtení lépe u vysokofrekvenční karty.

Jako nevhodnější se tak jeví z mnou testovaných čip ve tvaru karty a frekvence 13,56 MHz. Pro ještě lepší výsledek by bylo potřeba pořídit čipy s co největší anténou. Tím by se i vyřešil problém v nutnosti přesného přejetí manipulačního vozíku nad tagem. Nicméně pro nabití větších pasivních tagů je potřeba více energie a tím pádem vyšší výkon čtecího zařízení.

#### 5.2.1.3 Testování dosahu čtečky v závislosti na zdroji napájení

Dosah čtení je také ovlivněn výkonem antény. V dalším testu jsem se zaměřil na vliv zdroje napájení vůči dosahu čtení. Měření probíhalo na stejném principu jako měření dosahu jednotlivých tagů. Použil jsem čtečku s frekvencí 13,56 MHz a čip ve formě karty.

Změřeny byly tyto zdroje:

1. Powerbanka s výstupním proudem až 2 A a displejem připojeným k externímu zdroji napájení.
2. Powerbanka s displejem napájeným ze základní desky
3. Univerzální 220v zdroj napájení o výstupním proudu do 2 A
4. Univerzální zdroj napájení s výstupním proudem pouze 1 A

Tabulka 2 - Vliv výkonu zdroje na čtecí vzdálenost.

Zdroj	Maximální čtecí vzdálenost	Indikace nedostatečného napětí
Powerbanka	62 mm	NE
Powerbanka s připojeným displejem	58 mm	NE
Zdroj 2 A	49 mm	NE
Zdroj 1 A	45 mm	ANO

Z měření vyplývá, že čtecí vzdálenost závisí na výkonu antény. Čtečka je napájena přes GPIO rozhraní s napětím 3,3V. Při nedostatečně výkonném zdroji napájení je celý systém pomalejší, a i dosah antény menší.

#### 5.2.1.4 Závěr měření

Maximální čtecí vzdálenost 58 mm nemusí být pro bezproblémové čtení dostatečná. Pro testování a prototyp byly použity velmi levné čtečky a pro nasazení do reálného systému by bylo vhodné použít kvalitnější zařízení s větší čtecí vzdáleností.

Při hledání vhodnějšího zařízení jsem našel čtecí zařízení od společnosti UHPOTE. Tato čtečka vysílá na frekvenci 125KHz a pro napájení je potřeba externí zdroj o napětí 12 V. Pro komunikaci slouží konektor Wiegand se kterým nemám zkušenosti, ale lze nalézt řadu návodů, jak jej připojit do rozhraní GPIO počítače Raspberry. Výrobce udává čtecí vzdálenost 30–100 cm. Na portálu Amazon lze tuto čtečku pořídit za 66 liber, tedy necelých 2000 korun.



Obrázek 37 - Udávané čtecí vzdálenosti výkonnějšího čtecího zařízení. Převzato z: <https://www.amazon.co.uk/UHPOTE-Reading-Distance-Wiegand-Parking/dp/B00UX03QAS>

## 5.2.2 Čárové kódy

### 5.2.2.1 Laserová čtečka čárových kódů

V tomto testu jsem zjišťoval čtecí vzdálenost a schopnosti zařízení Honeywell Eclipse.

Na papír formátu A4 jsem vytiskl výběr některých 1D čárových kódů a z větší vzdálenosti přibližoval čtečku. V momentě, kdy byl kód načten, jsem zaznamenal maximální čtecí vzdálenost. Výrobce udává 140 mm, při mém testování zaznamenala čtečka poprvé kód ve 150 milimetrech.



Pro určení minimální vzdálenosti jsem naopak přiložil čtecí zařízení přímo k čárovému kódu a postupně oddaloval. Ve všech případech byl kód načten v okamžiku, kdy jej bylo možné zaznamenat v celé délce. Ve vzdálenosti 100 mm byla šířka čtecího paprsku zhruba 130 mm.

Čtečka dekodovala kromě kódu Postnet všechny druhy vytištěné na testovacím listě. V defaultním nastavení čtečka dekóduje některé kódy bez nutnosti kontrolního znaku. V případě, že je kontrolní znak obsažen, dekóduje jej jako standardní znak. Jelikož se ve výrobním podniku již používají čárové kódy typu Code39 včetně kontrolního znaku, nastavil jsem u této čtečky režim, ve kterém je číslice vyžadována, ale samotný znak není v odesílaném řetězci. Nastavení probíhá načtením speciálního čárového kódu.



Obrázek 38 - Testovací přehled několika druhů čárových kódů. Převzato z: <https://www.onlinelabels.com/articles/introduction-to-barcodes.htm>

Pro kódy s neomezenou délkou udává výrobce maximální počet 80 znaků. S roztečí 68° odpovídá maximální záběr šířce 188 mm. Pokud by bylo třeba zakódovat takto dlouho informaci, bylo by vhodnější použít dvourozměrný kód. Druhý problém vidím v rozlišení kódu. V případě Code39 vychází šířka na jeden znak 2,35 mm. Pět čar a čtyři mezery by musely být tak úzké, že by byl problém je nejen přečíst, ale i vytisknout. Rozhodl jsem se provést měření nejmenší šíře jednoho znaku. Vytvořil jsem skupinu jednoduchých čárových kódů různé velikosti. Levé číslo značí šířku jednoho znaku, pravé potom teoretický počet znaků při maximální délce 188 mm. Hodnota je ponížena o okrajové znaky hvězdičky. Nejmenší šířka znaku, kterou bylo možné přečíst je 1,5 mm. Výrobce udává rozlišení 0,102 mm, není ale zřejmé, co hodnota znamená.

### 5.2.2.2 Kamera a rozpoznávací software

Druhou uvažovanou variantou, jak lokalizovat manipulační vozík je použití čárových kódů. Čtení by probíhalo kamerou pevně připevněnou na manipulačním vozíku a vyhodnocení počítačem pomocí vlastního programu využívající modul ZBar.

Pro označení jednotlivých slotů by poté sloužily vytištěné čárové kódy připevněné na začátku parkovacího místa. Z předchozích zkušeností představuje umístění jakýchkoliv identifikačních prostředků problém. Na vodorovném značení jsou již po několika měsících patrné známky poškození a znečištění způsobené provozem manipulačních vozíků a sunutím stojanů po podlaze výrobní haly. Provozem pravidelně projíždí čisticí vozík, který kartáči a tlakem vody může značení poškodit. U jakéhokoli vystouplého značení, jako by byly i štítky s čárovým kódem je riziko poničení daleko vyšší.

Rozhodl jsem se pro dlouhodobý test a vytvořil několik štítků různých velikostí a s rozdílnými čárovými kódy. Tyto štítky jsem po vytištění nechal zalaminovat do dvou vrstev folie.

Pátého března jsem štítky rozmístil na několik vytipovaných míst. Zvolil jsem pár slotů na parkovišti stojanů pro provoz IZ a jeden štítek jsem umístil na výstup linky. Toto místo jsem vybral, jelikož zde probíhá vysoká frekvence pohybu stojanů. Manipulační vozík přes toto místo přejede i více než desetkrát denně. Štítky jsem přidělal pomocí silikonového tmelu, používaného k uzavření izolačních skel.



Obrázek 39 - Rozmístění štítků pro testování odolnosti.

Prvotní snímání dopadlo nad očekávání dobře. Načtení kódu proběhlo téměř okamžitě po sejmutí kamerou. Čtení bylo úspěšné i za plynulého pohybu od vzdálenosti půl metru. Velké štítky o formátu A5 s QR kódem a typem Code39 se dařilo snímat ze vzdálenosti až čtyř metrů. V tomto případě se jeví jako nejvhodnější druh QR kód. Čáry jsou oproti čtvercům po zašpinění hůře čitelné a další výhodou QR kódů je vyšší stupeň redundance umožňující dekodovat i poškozený obraz.

Již po měsíci byly na štítkách známky poškození, zejména na místě výstupu z linky. Nicméně se čtením nebyl problém.

Po dvou měsících jsou štítky umístěné v parkovištích stále čitelné a pouze mírně poškozené. Štítek na výstupu linky je již velice poškozen, a navíc ušpiněn zejména

tmelem pro uzavření izolačních skel. Právě zašpinění již znemožňuje bezproblémové čtení kódu a je jen otázkou času, kdy štítek nebude čitelný vůbec. Vzhledem k vysokému počtu parkovacích míst je tak malá odolnost a nutnost časté výměny problém. Řešením



Obrázek 40 - Poškozený štítek na výstupu z linky izolačních skel.

by bylo použití plechových štítků jako v případě stojanů, ale ani u těch nelze vyloučit zašpinění. Cena takového štítku se navíc pohybuje již v rádech desítek korun a systém RFID se tak jeví jako vhodnější i z důvodu nižších nákladů na označení.

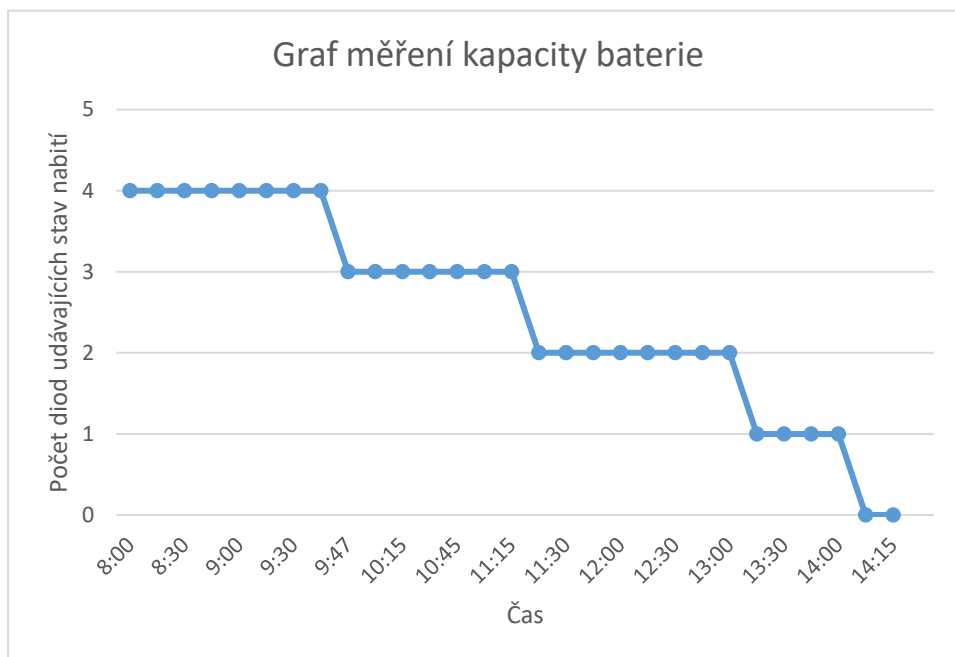
### 5.2.2.3 Napájení

Při měření a testování prototypu jsem často používal pro napájení powerbanku. Díky ní jsem mohl sestavu jednoduše přenášet a používat v terénu. Další test, který jsem provedl, bylo velice orientační zjištění spotřeby. Zejména u ručně vedených vozíků může být problém k připojení elektriny, a tak by se dalo využít napájení z externích zdrojů.

Mnou použitá powerbanka je od společnosti Xiaomi s kapacitou 10000 mAh. Tento model indikuje stav nabití pomocí čtyř led diod. Ve většině případů připojený počítač nedetekoval nedostatečné napětí.

Počítač jsem připojil k plně nabité baterii a spustil programy pro snímání čárových kódů a RFID. Displej byl připojen přímo k počítači a zakázal jsem režim spánku či spořič baterie. Tím jsem nasimuloval intenzivní použití při provozu.

Po celou dobu jsem powerbanku nahrával kamerou se zrychleným záznamem a vloženým časovým údajem. Počítač se vypl po šesti hodinách a čtrnácti minutách. Průběh vybíjení je znázorněn na následujícím grafu:



Obrázek 41 - Graf kapacity baterie.

## 5.2.3 Software

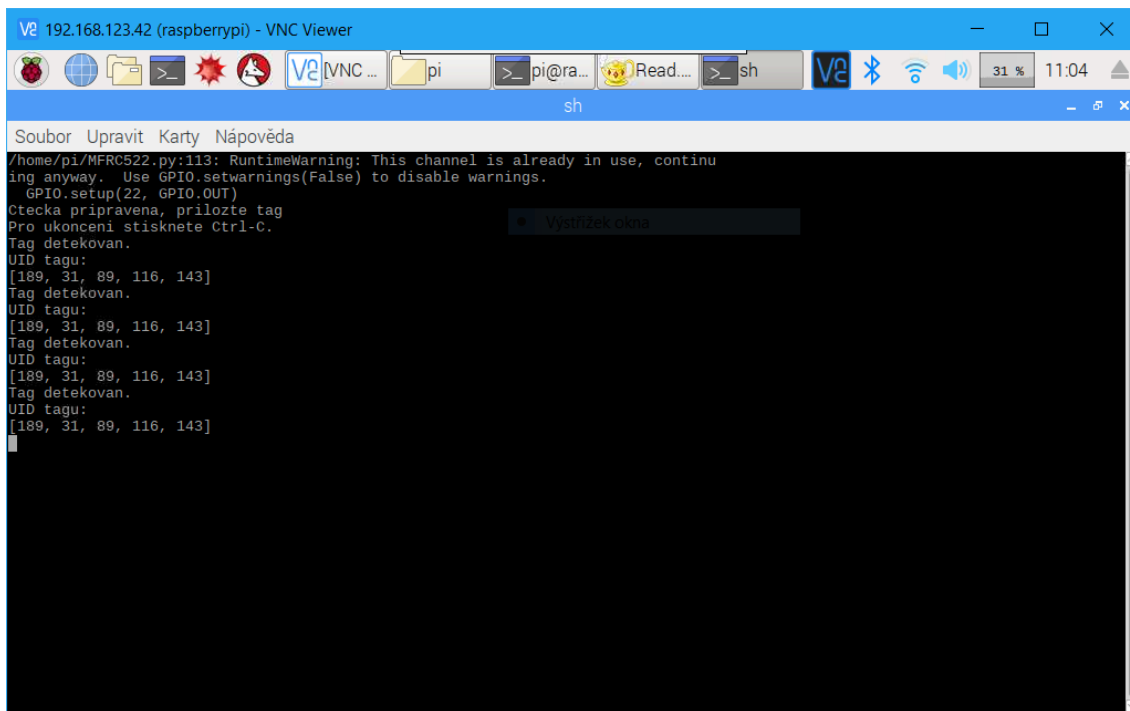
### 5.2.3.1 Programovací jazyk

Pro veškeré programy, které jsem vytvářel jsem se rozhodl použít programovací jazyk Python. S tímto jazykem mám již zkušenosti díky online kurzu, který jsem plnil v rámci práce na projektu. Tento jazyk je poměrně jednoduchý pro tvorbu základního a mírně komplexního softwaru. Podporuje tzv. moduly, což jsou již vytvořené komplexní programy jako například modul pro čtení čárových kódů ZBar. Při psaní vlastního programu už poté stačí pouze na daný modul odkázat a použít jeho funkce. Díky velmi rozsáhlé komunitě lze zdarma získat nespočet modulů a také návodů pro jednotlivá řešení. Výhodu v jazyku Python vidím v tom, že není potřeba programy kompilovat a lze je rovnou spustit.

Operační systém Raspbian používaný na počítač Raspberry Pi umožňuje snadnou instalaci jednotlivých modelů pomocí příkazového řádku.

### 5.2.3.2 Čtení RFID

Čtecí modul RC522 pro frekvenci 13,56 MHz je jeden z nejpoužívanějších pro amatérské čtení RFID tagů. Přímou pro Raspberry existuje řada podrobných návodů, jak čtečku zprovoznit. K dispozici je také celý balík softwaru umožňující čtení. Nejdříve je potřeba nainstalovat knihovnu pro správnou komunikaci čtečky s počítačem a poté samotný program na čtení tagů. Ten jsem následně upravil a zjednodušil, aby při přiblížení tagu automaticky zobrazil jeho unikátní ID.



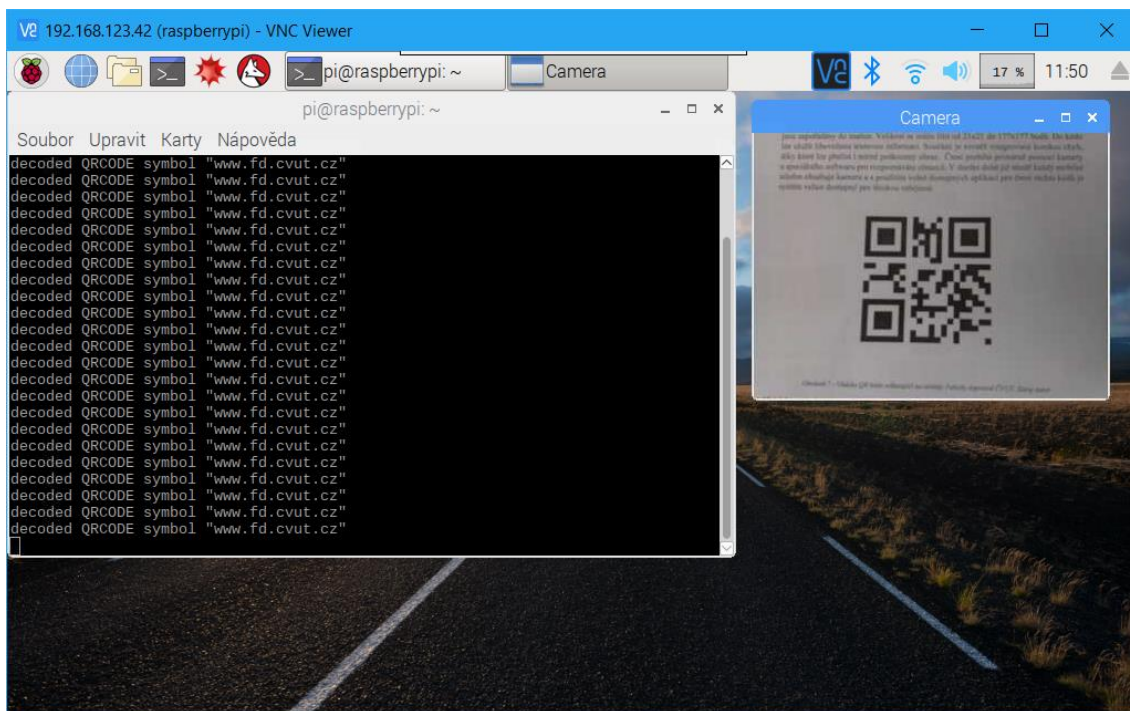
```
192.168.123.42 (raspberrypi) - VNC Viewer
/home/pi/MFRC522.py:113: RuntimeWarning: This channel is already in use, continuing anyway. Use GPIO.setwarnings(False) to disable warnings.
  GPIO.setup(22, GPIO.OUT)
Čtečka připravena, přiložte tag
Pro ukončení stisknete Ctrl-C.
Tag detekován.
UID tagu:
[189, 31, 89, 116, 143]
Tag detekován.
UID tagu:
[189, 31, 89, 116, 143]
Tag detekován.
UID tagu:
[189, 31, 89, 116, 143]
Tag detekován.
UID tagu:
[189, 31, 89, 116, 143]
```

Obrázek 42 - Výstup z programu pro čtení RFID tagů.

Druhá použitá čtečka komunikuje přes sériové rozhraní RS232. Pro použití této čtečky jsem musel nejprve v nastavení systému tento typ komunikace povolit a stáhnout modul Serial pro jazyk Python. Poté jsem pomocí několika návodů napsal program, který také při kontaktu s RFID čipem vypíše jeho ID. Od začátku jsem měl problém se správným zapojením čtečky a také, že většina návodů byla již několik let stará. Dosáhnout správného načtení mi trvalo několik dnů, a i z hlediska softwaru a spolehlivosti čtení se mi jeví předchozí řešení jako vhodnější.

### 5.2.3.3 Čárové kódy

Při několika pokusech o sestavení čistě vlastního programu pro čtení čárových kódů jsem narážel na to, že obraz byl velmi trhaný a dekodování štítků s několika vteřinovým zpožděním. Při hledání řešení jsem zjistil, že tento problém je velmi častý. V jedné diskuzi jsem našel zdrojový kód programu, který zpoždění minimalizuje. Při spuštění tohoto programu se zobrazí náhledové okno kamery a při sejmutí čárového kódu je vypsán jeho druh a obsah. (13)



Obrázek 43 - Snímání čárových kódů pomocí kamery a programu s modulem ZBar.

#### 5.2.3.4 Server

Pro testování databáze a komunikace se serverem jsem na svůj osobní počítač nainstaloval balík programů XAMPP. Tento program umožňuje vytvořit lokální webový server pro vývoj a testování. Balík obsahuje kromě samotné serverové aplikace také server pro databázi a skriptovací jazyk PHP. Součástí je předinstalovaný doplněk PHPMyAdmin, který slouží pro snadné ovládání databáze. XAMPP je velmi podobný „živým“ serverům a tím lze poté přenést všechna nastavení do ostrého provozu.

Připojení k serveru jsem zkoušel nejprve ze stejného počítače, na kterém byl spuštěn. Následně jsem testoval funkci v rámci domácí sítě a také z lokální sítě vytvořené z hostujícího počítače. V režimu hotspot. Po drobných úpravách v nastavení a správném zadání adresy IP hostujícího počítače probíhalo připojení ve všech případech bez problému.

#### 5.2.3.5 Uživatelská aplikace

Uživatelská aplikace je rozhraní, díky kterému lze komunikovat s databází. Hlavní funkcí je automatické zapisování polohy parkovaných stojanů a zobrazení slotu při jejich hledání.

Pro komunikaci s pracovníkem jsem se snažil vyvinout základní grafické prostředí. Důležitou podmínkou je maximální přehlednost a jednoduchost a zároveň zobrazení všech potřebných údajů. Pro prostředí by mělo být vyvíjeno s ohledem na použití dotykového displeje a tím by mělo být ovládání intuitivnější. S vývojem grafického prostředí jsem neměl žádné zkušenosti a vše se učil během vývoje. Pro vývoj GUI v jazyce python existuje velké množství nástrojů a frameworků. Základní vývojové prostředí má již v sobě zabudovanou knihovnu Tkinter. Výhodou tohoto rozhraní je poměrně snadné použití a možnost rozšíření o tzv. widgety. Navíc díky přímému zabudování do vývojové

platformy python je zaručena kompatibilita napříč systémy. Vývoj pomocí této knihovny probíhá přímým psaním poměrně jednoduchého zdrojového kódu.

Ovládání systému by mělo probíhat pomocí několika obrazovek. Vzhledem k tomu, že je v systému žádoucí, aby byl u jednotlivých manipulačních operací uveden pracovník, který stojan převezl. To lze docílit přihlašováním do systému pod uživatelským účtem jako je tomu například v operačním systému windows. Samotné přihlášení by mohlo probíhat několika způsoby, například klasickým zadáním uživatelského hesla. Vhodnější způsob by dle mého byl ten, že každý pracovník by vlastnil štítek s čárovým kódem a jeho naskenováním by se do systému přihlásil.

**Systém uzamčen**  
přihlašte se pomocí naskenování osobního štítku a hesla

ID:

Heslo:

**PŘIHLÁSIT**

Obrázek 44 - Přihlašovací obrazovka do uživatelského rozhraní.

Hlavní okno slouží pro zobrazování informací v režimu převozu stojanů. Při najetí na parkovací slot a načtení RFID tagu se zobrazí seznam výrobních listů na právě naloženém stojanu. Při zjetí vozíku na následující parkovací místo se automaticky vyplní aktuální parkovací slot. Stisknutím tlačítka zapsat by se prove záznam v databázi. Se zápisem zaparkovaných stojanů se automaticky vyplní i informace o času poslední změny a kdo ji provedl.

76 tk

AGC 13:56

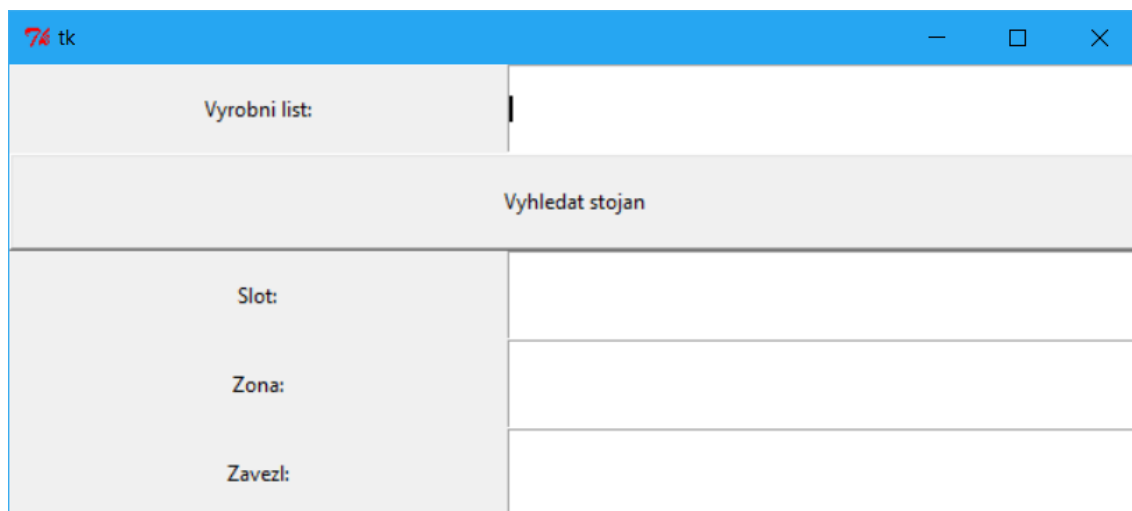
Nalozene stojany:

Slot:

zpet      nacist      zapsat

Obrázek 45 - Ukázka hlavního okna uživatelského rozhraní.

Vyhledávat stojany lze pomocí samostatného okna. Pracovník naskenuje laserovou pistolí čárový kód hledaného stojanu a stisknutím tlačítka vyhledat stojan se ve spodní části zobrazí číslo slotu, kde je vyhledávaný stojan umístěn. Pro lepší orientaci ve výrobní hale se dalším poli zobrazí parkovací zóna a čas zavezení daného stojanu. V případě, že pracovník nebude mít k dispozici čárový kód stojanu, který potřebuje vyhledat, zadá číslo stojanu pomocí softwarové klávesnice zobrazené na displeji.



74 tk	
Vyrobní list:	
Vyhledat stojan	
Slot:	
Zona:	
Zavezl:	

Obrázek 46 - Okno pro hledání stojanů.

## 6 Návrh fungování systému

Pro správné fungování systémů je potřeba upravit některé parkovací zóny. Ne všechny jsou rozděleny na parkovací sloty. U všech slotů by bylo potřeba před zavedením systému změnit označení, aby souhlasilo s databází. V současné době jsou místa označena pouze číslem, které není unikátní, nebo značení úplně chybí.

### 6.1 Postup manipulace se stojany se zavedeným systémem

#### 6.1.1 Odvoz výroby

##### 6.1.1.1 Stojan připraven k odvozu

Stojan, na který je ukládána hotová výroba je umístěn do slotu u výstupní zóny daného výrobního zařízení. Sloty jsou jasně určeny velikostí a místem. Jinde stojan nesmí stát. Tento slot je rovněž vybaven identifikačním čipem.

Po zajištění stojanu načte pracovník na výstupu z daného výrobního zařízení čárový kód na výrobním listu a tím uloží do databáze jednoznačnou informaci o daném stojanu. Zároveň vozič obdrží na terminál zprávu, že je stojan připraven k odvozu.

##### 6.1.1.2 Naložení stojanu

Tím, že je stojan se slotem již spárován, nemusí vozič dále načítat výrobní listy. Při najetí manipulačního vozíku na daný parkovací slot se automaticky načte adresa slotu a daný výrobní stojan se v databázi přiřadí k manipulačnímu vozíku.



### 6.1.1.3 *Převoz na parkovací slot*

Vozič převezve stojan do parkovací zóny pro následující operaci. Při najetí vozíku do parkovacího slotu dojde k načtení RFID čipu a v databázi se k danému místu přiřadí přivážený stojan. Zároveň automaticky dojde k zápisu do databáze, kdo a kdy stojan navezl.

## 6.1.2 Navážení výroby

### 6.1.2.1 *Vyžádání výroby*

Na začátku směny obdrží vozíč od směnového předáka přibližný plán výroby pro jednotlivá zařízení. Součástí tohoto plánu budou také čárové kódy jednotlivých stojanů pro snadnější zadávání do systému vyhledávání. Poté mu osádky strojů v dostatečném předstihu nahlašují plánovanou výrobu.

### 6.1.2.2 *Vyhledání výroby*

Pro vyhledání stojanu přepne vozíč uživatelské prostředí do režimu vyhledávání. Pomocí čtečky čárových kódů naskenuje z plánu kód vyhledávaného stojanu. Po stisknutí tlačítka *vyhledat* se zobrazí slot, kde je stojan umístěn.

### 6.1.2.3 *Naložení stojanu*

Při najetí do slotu s vyhledávaným stojanem se automaticky zruší párování s daným parkovacím místem a stojan se přiřadí k manipulačnímu vozíku.

### 6.1.2.4 *Vyložení stojanu u výrobního zařízení*

Při vyložení stojanu u linky je potřeba najet přesně do určené oblasti, aby došlo k načtení daného čipu a zaznamenání změny v databázi. Výsledkem je přesun stojanu z vozíku ke konkrétnímu výrobnímu zařízení. Prázdné stojany převezve vozíč na výstup z linky, či na parkoviště prázdných stojanů. Tyto převozy bez výroby se v databázi nezaznamenávají.

## 6.2 Analýza navrhovaného systému

### 6.2.1 Přínosy systému

#### **Minimalizace času na navážení stojanů**

Hlavní přínos v systému automatického sledování stojanů vidím v odpadnutí hledání stojanů. Díky tomu jsou časy na navážení minimální a nevzniknou prostoje pro nedostatek výroby.

#### **Přehled o umístění stojanů**

Již několikrát se stalo, že bylo z různých důvodů potřeba nalézt určitý stojan se sklem a ten byl jinde, než na předpokládaném parkovišti. Při zavedení systému by stačilo zadat číslo stojanu do systému a ihned by se vědělo, kde stojan stojí.

#### **Přehled o manipulačních pracovnících**

Díky automatickému zaznamenávání pracovníka, který stojan zavezl, lze v případě problémů ihned dohledat viníka. Tím dojde i k tomu, že sami pracovníci budou více dodržovat nastavená pravidla.

## 6.2.2 Rizika systému

### Nezaznamenání stojanu

V případě, že nedojde k zaznamenání změny umístění stojanu, dojde k vypadnutí daného stojanu ze systému sledování. Před následující výrobní operací bude potřeba nalézt stojan ručně.

### Výpadek systému, poškození

Pro manipulaci stojanů je potřeba vždy použít vozík osazený čtečkou a přístupovým terminálem. Pokud se bude například odvážet z parkoviště stojan, nedojde k zrušení párování stojanu se slotem a celý systém bude nefunkční.

### Neodborná obsluha

Ve výrobním podniku se u některých pracovníků setkáváme s nedostatečnou gramotností při práci s počítači. I přes snahu vytvořit systém co nejvíce uživatelsky přátelský může nastat u pracovníků problém s ovládním.

# 7 Zavedení systému

Pro rozložení nákladů lze zavádět systém v několika fázích.

## 7.1 Fáze 1

Před samotným zavedením do výroby je potřeba podrobně naplánovat funkce systému a provést další testování. Dále vyvinout prototyp pro reálné použití a naprogramovat software.

## 7.2 Fáze 2

V první fázi by byla potřeba zavedení potřebné infrastruktury jako vytvoření serveru a zkvalitnění pokrytí Wi-Fi.

Jako první bych pro nový systém navrhoval parkoviště mezi řezárnou a provozem IZ. V této oblasti je hledání stojanů nečastější. Označení parkovacích míst RFID tagy nebude finančně náročné a pro začátek by stačilo osadit systémem dva manipulační vozíky. Jeden, který slouží pro rozvoz stojanů z oblasti řezárny a druhý, kterým by se navázela výroba z parkoviště k linkám IZ.

## 7.3 Fáze 3

Při uvolnění dalších finančních prostředků lze do systému zahrnout zbytek výroby. Základní infrastruktura pro fungování systému byla již vytvořena a rozšíření již nebude tak finančně náročné.

## 7.4 Další možnosti využití systému

Zavedený systém nabízí spoustu možností, jak jej využít k dalším účelům. Díky hardwaru na jednotlivých vozících a funkční komunikaci lze systém vylepšit o řadu funkcí.

#### 7.4.1 Komunikace s voziči

V současné době lze v případě potřeby kontaktovat voziče pouze pomocí mobilního telefonu či ústně. Přenosný terminál by se dal využít pro komunikaci s vozičem pomocí zasílání zpráv přímo na displej.

Dále by tímto způsobem mohli i pracovníci na jednotlivých výrobních zařízeních kontaktovat voziče a určit jaký stojan má přivést.

#### 7.4.2 Sledování fyzických stojanů

System by mohl být také použit pro evidenci fyzických stojanů. Při načtení čárových kódů stojanů lze ukládat do databáze informace o četnosti používání stojanů a jejich umístění.

V případě potřeby nalezení stojanu, například z důvodu opravy, či provedení revize lze poté stojan jednoduše dohledat.

Dalším přínosem by bylo zautomatizování inventury stojanů. Z té lze poté vytvořit přehled jaké druhy se nejčastěji využívají a jaké naopak minimálně. Tyto data by mohly sloužit jako podklady pro rozhodování o investicích do nových stojanů.

#### 7.4.3 Sledování činností voziče

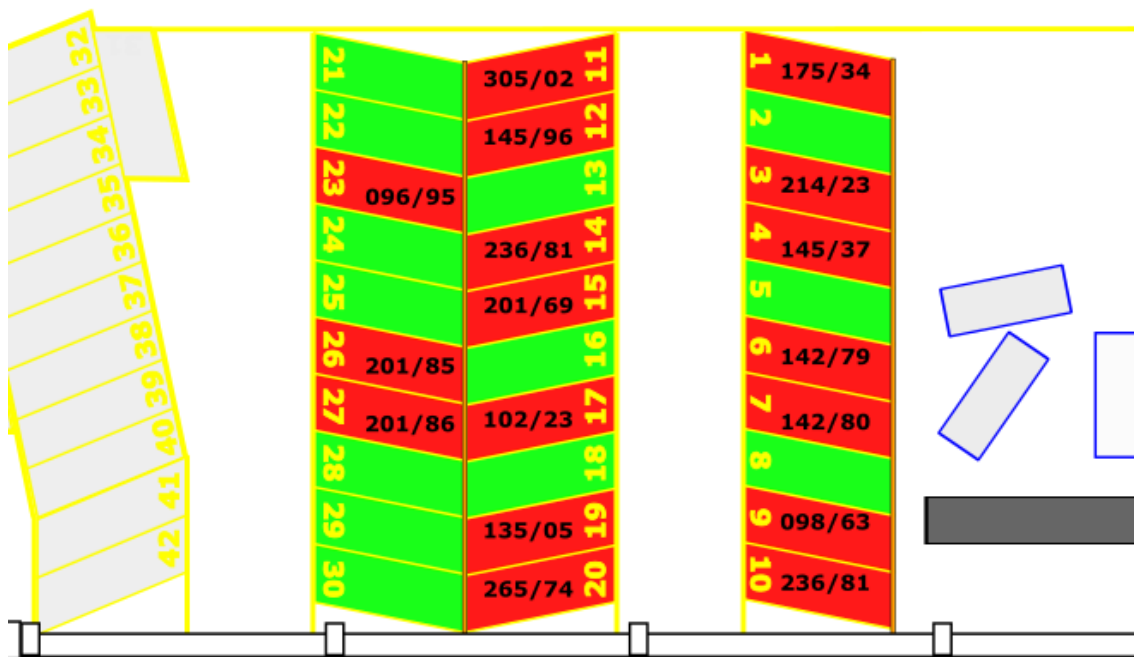
Veškeré činnosti vozičů lze zaznamenávat ve formě logů. Díky tomuto sledování by se dalo snadno dohledat kde se vozič během směny pohyboval a kolik stojanů převezl. Tyto data lze následně využít i ve finančním ohodnocení pracovníků.

#### 7.4.4 Optimalizace parkovacích zón

Při prvotním zavedení systému by sami voziči rozhodovali, na které volné místo stojan umístí. Upgradem řídicího softwaru lze manipulační operace částečně plánovat jako v režimu řízeného skladu. Po naložení stojanu by systém voziči určil, na jaké místo má stojan umístit. System by se mohl řídit pomocí daných pravidel a tím i umístění na jednotlivých parkovištích optimalizovat.

### 7.4.5 Vizualizace parkovišť

Pro lepší přehled o jednotlivých parkovištích lze vyvinout grafické prostředí, kde by bylo znázorněno, jaké sloty jsou volné a jaké stojany stojí na obsazených pozicích. Nahlédnout do tohoto přehledu by šlo například na speciální webové stránce nebo by u každého parkoviště mohl být displej s příslušným layoutem.



Obrázek 47 - Návrh vizualizace parkovišť. Zelená – volno, červená – obsazeno a číslo stojanu.

## 8 Závěr

V diplomové práci jsem prozkoumal technologie sloužící pro identifikaci zboží a jejich využití v praxi. Jako příklad jsem uvedl dva podniky, které disponují jednou z nejmodernějších lokalizačních technologií v České Republice.

Cílem této diplomové práce bylo popsání a návrh řešení problému s lokalizací stojanů ve výrobním podniku AGC Processing Teplice, kde se denně s tímto problémem setkávám při výkonu mého zaměstnání. Z dílčích součástí jsem vytvořil prototyp terminálu, který je schopný snímat čárové kódy a číst RFID čipy. Tyto technologie jsem následně podrobil několika testům. Zaměřoval jsem se na získání dat, která by vypovídala o vhodnosti použití v navrhovaném systému. Na základě těchto výsledků jsem určil jako vhodné řešení pro lokalizaci zaparkovaných stojanů technologii RFID. Pro čtení informací o jednotlivých sklech je vhodné použít čtečku čárových kódů a již zavedený systém označování výrobních listů.

Rovněž jsem se pokusil o vývoj vlastního softwaru pro zaznamenávání polohy a párování stojanu s parkovacím místem. Podařilo se mi vytvořit dílčí části softwaru, včetně návrhu centrální databáze parkovacích míst. Během vývoje jsem se naučil spoustu nových věcí ohledně technologií a programování, jako například vytvoření vlastního grafického prostředí. Nicméně nároky na celkový řídicí systém přesahují mé programovací schopnosti.

S nápadem zavedení systému identifikace a lokalizace stojanů ve společnosti AGC Processing se mi dostalo velice kladného přijetí jak ze strany kolegů, tak od vedení společnosti. Tento problém se již nějakou dobu snažíme vyřešit, nicméně jsou v tuto chvíli prioritnější oblasti pro investice. Tuto práci chci použít také k prezentaci aktuálních možností lokalizace ve výrobě pro vedení firmy. Na základě mnou získaných poznatků lze poté plánovat další postup ve zdokonalování systému interní logistiky. Vzhledem k vysokým nárokům na systém si ale myslím, že pro finální řešení je potřeba profesionálního dodavatele systému. Mně osobně se velice zamlouvalo řešení od společnosti Sewio a myslím si, že v budoucnu při dostatku finančních prostředků lze využít jejich služeb.

## 9 Použité zdroje

- (1) MCKNIGHT, Denny. Best Practices in Today's Distribution Center. *Inbound Logistics* [online]. b.r. Dostupné také z: <http://www.inboundlogistics.com/cms/article/best-practices-in-todays-distribution-center/>
- (2) History of Barcodes. *BarcodesInc - Barcode Printer, Barcode Scanner, Point of Sale, Mobile Computing and RFID Experts* [online]. b.r.
- (3) How do barcodes and barcode scanners work?. *Explain that Stuff* [online]. b.r. Dostupné také z: <https://www.explainthatstuff.com/barcodescanners.html>
- (4) Čárové kódy (teorie). *GABEN, spol. s r.o* [online]. b.r. Dostupné také z: <http://www.gaben.cz/cz/faq/carove-kody-teorie>
- (5) LANGLOTZ, Tobias a Oliver BIMBER. *Unsynchronized 4D Barcodes* [online]. b.r. Dostupné také z: <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:gbv:wim2-20111215-8531>
- (6) LANDT, J. The history of RFID. *IEEE Potentials*. 2005, **24**(4), 8-11. DOI: 10.1109/MP.2005.1549751. ISSN 0278-6648.
- (7) *Different Types of RFID Systems* [online]. b.r. Dostupné také z: <https://www.impinj.com/about-rfid/types-of-rfid-systems/>
- (8) *Milan Šimek, Sewio, IQRf Conference 2016* [online]. b.r. Dostupné také z: <https://www.youtube.com/watch?v=WaFGknJQjjs>
- (9) *O nás: Společnost SAMBULAR s. r. o.* [online]. b.r. Dostupné také z: <http://www.sambular.cz/o-nas>
- (10) ICZ, . *Expediční sklad lahvého piva: Budějovický Budvar, n.p.* Referenční list. b.r.
- (11) TOMAN, Pavel. Budvar propojil své areály unikátním mostem. *Logistika* [online]. b.r. Dostupné také z: <https://logistika.ihned.cz/c1-66092090-budvar-propojil-sve-arealy-unikatnim-mostem>
- (12) Čtečky čárových kódů. *Heureka* [online]. b.r. Dostupné také z: <https://ctecky-carovych-kodu.heureka.cz/honeywell-mk-5145-eclipse/>
- (13) KOHLÍČEK, Jan. *Skladové hospodářství pomocí RFID a RaspberryPi* [online]. Plzeň, 2017. Dostupné také z: <http://hdl.handle.net/11025/27710>. Bakalářská. Západočeská univerzita v Plzni. Vedoucí práce Svoboda Lukáš, Ing.

(14) Python - Scanning QR Code via zbar and Raspicam modul. *Stack Overflow*  
[online]. b.r. Dostupné také z:  
<https://stackoverflow.com/questions/23538522/scanning-qr-code-via-zbar-and-raspicam-modul>

## 10 Seznam obrázků

Obrázek 1 - Ukázka z patentu kódu Býčí oko. Převzato z: <a href="https://thumbs-prod.si-cdn.com/NMTBFcBhtydWfaCCRxeVLtTwW8c=/fit-in/1072x0/https://public-media.smithsonianmag.com/filer/cc/08/cc08d39a-0576-4794-a264-0eaf3a6923bb/barcode-patent.jpg">https://thumbs-prod.si-cdn.com/NMTBFcBhtydWfaCCRxeVLtTwW8c=/fit-in/1072x0/https://public-media.smithsonianmag.com/filer/cc/08/cc08d39a-0576-4794-a264-0eaf3a6923bb/barcode-patent.jpg</a> .....	9
Obrázek 2 - Ukázka první prodejny využívající čárové kódy (Zveřejněno v Courtesy of Yale University Press). Převzato z: <a href="https://www.smithsonianmag.com/innovation/history-bar-code-180956704/">https://www.smithsonianmag.com/innovation/history-bar-code-180956704/</a> .....	10
Obrázek 3 - Schéma čtení čárových kódů. Převzato z: <a href="https://www.explainthatstuff.com/barcodescanners.html">https://www.explainthatstuff.com/barcodescanners.html</a> .....	11
Obrázek 4 - Složení kódu UPC. Převzato z: <a href="https://www.codeproject.com/KB/java/Asti_Spumante_Bar_Code/upca_structure_detail.jpg">https://www.codeproject.com/KB/java/Asti_Spumante_Bar_Code/upca_structure_detail.jpg</a> .....	12
Obrázek 5 - Část převodní tabulky pro Code39. Převzato z: <a href="https://en.wikipedia.org/wiki/Code_39#/media/File:Free_3_of_9_(Code_39_barcode).svg">https://en.wikipedia.org/wiki/Code_39#/media/File:Free_3_of_9_(Code_39_barcode).svg</a> .....	13
Obrázek 6 - Ukázka kódu typu PDF417. ....	13
Obrázek 7 - Ukázka QR kódu odkazující na stránky Fakulty dopravní ČVUT. ....	14
Obrázek 8 - Ukázka zobrazení a zachycení 4D kódu. Převzato z: (4).....	15
Obrázek 9 - QR kód vytvořený zelení. Převzato z <a href="https://www.digitaltrends.com/mobile/giant-qr-code-made-of-trees/">https://www.digitaltrends.com/mobile/giant-qr-code-made-of-trees/</a> .....	16
Obrázek 10 - Pasivní RFID tag složený z antény a integrovaného obvodu. ....	18
Obrázek 11 - Porovnání velikosti aktivního (modrý) a pasivního tagu. Převzato z: <a href="https://blog.atlasrfidstore.com/active-rfid-vs-passive-rfid">https://blog.atlasrfidstore.com/active-rfid-vs-passive-rfid</a> .....	19
Obrázek 12 - RFID tag umístitelný do podlahy. Převzato z: <a href="https://acsgroup.co.id/eng/products/rfid/rfid_tags/index.html">https://acsgroup.co.id/eng/products/rfid/rfid_tags/index.html</a> .....	19
Obrázek 13 - Ukázka rozmístění prvků systému UWB. Převzato z: (6) .....	20
Obrázek 14 - Základní set komponent dodávaný společností Sewio. Převzato z: <a href="https://www.sewio.net/product/rtls-tdoa-kit/">https://www.sewio.net/product/rtls-tdoa-kit/</a> .....	21
Obrázek 15 - Logistické centrum Sambular. Poloautonomní vozík projíždí mezi regály. Vepředu lze vidět předávací zóny.....	23
Obrázek 16 - Manipulace s paletami v Budějovickém Budvaru. Zdroj Ing. Pavel Pánek, vedoucí oddělení nákupu a logistiky Budějovického Budvaru .....	24
Obrázek 17 - Pohled na rozestavěné logistické centrum Budějovického Budvaru. Zdroj Ing. Pavel Pánek, vedoucí oddělení nákupu a logistiky Budějovického Budvaru .....	25
Obrázek 18 - Výrobní závod AGC Processing Teplice. Převzato z: <a href="http://www.agc-processing.cz/home/profil-agc-processing-teplice.html">http://www.agc-processing.cz/home/profil-agc-processing-teplice.html</a> .....	26
Obrázek 19 - Bloky skel v distribučním skladu.....	27
Obrázek 20 - Rozdělení výrobní haly na jednotlivé provozy. Zelená - řezárna, Modrá - restex opracování, Červená - restex kalení, Žlutá - conex, Šedá - izolační skla, Růžová - balení a expedice.....	28
Obrázek 21 - Porovnání rozvržení parkovišť u linky izolačních skel. Vlevo původní varianta, vpravo nové rozvržení.....	30
Obrázek 22 - Identifikační štítek .....	31
Obrázek 23 - Ve výrobním podniku se používají stojany různých velikostí a typů. ....	32



Čárový kód je Obrázek 24 - Ukázka výrobního listu, červeně jsou popsány důležité prvky. ....	33
Obrázek 25 - Nízkozdvižný vozík s vlastním pohonem. ....	34
Obrázek 26 - Parkoviště rozdělené na jednotlivé parkovací sloty. ....	35
Obrázek 27 - Diagram "rybí kost" pro problém hledání stojanů. Nástroj dostupný z: <a href="http://asq.org/learn-about-quality/cause-analysis-tools/overview/fishbone.html">http://asq.org/learn-about-quality/cause-analysis-tools/overview/fishbone.html</a> .....	37
Obrázek 28 - Jednodeskový počítač Raspberry Pi 3B .....	38
Obrázek 29 - Displej vhodný pro využití v systému. ....	39
Obrázek 30 - Ruční laserový skener Honeywell Eclipse MS5145. ....	40
Obrázek 31 - Kamerový modul Raspicam. ....	40
Obrázek 32 - Čtečky RFID. Vlevo modul RC522, vpravo RDM6300. ....	41
Obrázek 33 - Pasivní RFID tagy pořízené pro testování systému. ....	42
Obrázek 34 - Hlavní tabulka databáze. ....	43
Obrázek 35 - Schéma síly signálu wifi. Stupnice barev je od červené (nejslabší signál) po zelenou (nejsilnější signál). ....	44
Obrázek 36 - Plošné znázornění čtecích vzdáleností jednotlivých RFID tagů. Modrá = kulatý čip, červená = klíčenka, zelená = karta 125 kHz, žlutá = karta 13,56 MHz. ....	45
Obrázek 37 - Udávané čtecí vzdálenosti výkonnějšího čtecího zařízení. Převzato z: <a href="https://www.amazon.co.uk/UHPPOTE-Reading-Distance-Wiegand-Parking/dp/B00UX03QAS">https://www.amazon.co.uk/UHPPOTE-Reading-Distance-Wiegand-Parking/dp/B00UX03QAS</a> .....	47
Obrázek 38 - Testovací přehled několika druhů čárových kódů. Převzato z: <a href="https://www.onlinelabels.com/articles/introduction-to-barcodes.htm">https://www.onlinelabels.com/articles/introduction-to-barcodes.htm</a> .....	48
Obrázek 39 - Rozmístění štítků pro testování odolnosti. ....	49
Obrázek 40 - Poškozený štítek na výstupu z linky izolačních skel. ....	50
Obrázek 41 - Graf kapacity baterie. ....	51
Obrázek 42 - Výstup z programu pro čtení RFID tagů. ....	52
Obrázek 43 - Snímání čárových kódů pomocí kamery a programu s modulem ZBar. ..	53
Obrázek 44 - Přihlašovací obrazovka do uživatelského rozhraní. ....	54
Obrázek 45 - Ukázka hlavního okna uživatelského rozhraní. ....	54
Obrázek 46 - Okno pro hledání stojanů. ....	55
Obrázek 47 - Návrh vizualizace parkovišť. Zelená – volno, červená – obsazeno a číslo stojanu. ....	59

# 11 Seznam tabulek

Tabulka 1 - Tabulka maximálních čtecích vzdáleností jednotlivých čipů.....	46
Tabulka 2 - Vliv výkonu zdroje na čtecí vzdálenost.....	47