

Vysoká škola logistiky o.p.s.

**Inteligentní Wi-Fi pokrytí skladů pro
čtečky a terminály**

(Bakalářská práce)

Přerov 2023

Jan Hubík



Vysoká škola
logistiky
o.p.s.

Zadání bakalářské práce

student

Jan Hubík

studijní program
specializace

LOGISTIKA
Informatika pro logistiku

Vedoucí Katedry bakalářského studia Vám ve smyslu čl. 22 Studijního a zkušebního řádu Vysoké školy logistiky o.p.s. pro studium v bakalářském studijním programu určuje tuto bakalářskou práci:

Název tématu: **Inteligentní Wi-Fi pokrytí skladů pro čtečky a terminály**

Cíl práce:

Na základě vlastností komunikační technologie WiFi a informačních procesů v systémech WMS ukázat na typových příkladech aplikační potenciál zařízení pro práci s informacemi v prostředí skladovacích areálů.

Zásady pro vypracování:

Využijte teoretických východisek oboru logistika. Čerpejte z literatury doporučené vedoucím práce a při zpracování práce postupujte v souladu s pokyny VŠLG a doporučeními vedoucího práce. Části práce využívající neveřejné informace uveďte v samostatné příloze.

Bakalářskou práci zpracujte v těchto bodech:

Úvod

1. Skladovací procesy
2. Informační a komunikační technologie
3. Prostředí skladovacího areálu
4. Typové příklady
5. Zhodnocení

Závěr

Rozsah práce: 35 – 50 normostran textu

Seznam odborné literatury:

GROS, Ivan, BARANČÍK, Ivan, ČUJAN, Zdeněk: Velká kniha logistiky. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2016. ISBN 978-80-7080-952-5.

KUBASÁKOVÁ, Iveta, Peter KOLAROVSKÍ a Ondrej STOPKA. Logistické informačné systémy. 1. vydání. Žilina: Žilinská univerzita v Žiline: EDIS-vydavateľské centrum ŽU 2017, 2017. 181 s. ISBN 978-80-554-1389-1.

IEEE 802: Lokální bezdrátové sítě. [on-line] dostupné z https://cs.wikipedia.org/wiki/IEEE_802.11 [cit. 22.6.2022]

Vedoucí bakalářské práce:

doc. Dr. Ing. Oldřich Kodým


Datum zadání bakalářské práce:

31. 10. 2022

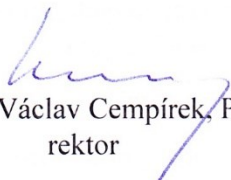
Datum odevzdání bakalářské práce:

29. 4. 2023

Přerov 31. 10. 2022


Ing. et Ing. Iveta Dočkalíková, Ph.D.
vedoucí katedry

ko


prof. Ing. Václav Cempírek, Ph.D.
rektor

Čestné prohlášení

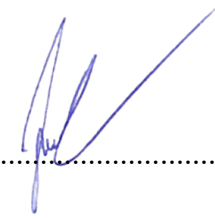
Prohlašuji, že předložená bakalářská práce je původní, a že jsem ji vypracoval samostatně. Prohlašuji, že citace použitých pramenů je úplná, a že jsem v práci neporušil autorská práva ve smyslu zákona č. 121/2000 Sb.; o autorském právu, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších předpisů.

Prohlašuji, že jsem byl také seznámen s tím, že se na mou bakalářskou práci plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, zejména § 60 – školní dílo. Beru na vědomí, že Vysoká škola logistiky o.p.s. nezasahuje do mých autorských práv užitím mé bakalářské práce pro pedagogické, vědecké a prezentační účely školy. Užiji-li svou bakalářskou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat předtím o této skutečnosti prorektora pro vzdělávání Vysoké školy logistiky o.p.s.

Prohlašuji, že jsem byl poučen o tom, že bakalářská práce je veřejná ve smyslu zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, zejména § 47b. Taktéž dávám souhlas Vysoké škole logistiky o.p.s. ke zpřístupnění mnou zpracované bakalářské práce v její tištěné i elektronické verzi. Souhlasím s případným použitím této práce Vysokou školou logistiky o.p.s. pro pedagogické, vědecké a prezentační účely.

Prohlašuji, že odevzdaná tištěná verze bakalářské práce a verze nahraná do informačního systému školy jsou totožné.

V Přerově, dne 29. 04. 2023



.....

podpis

Poděkování

Rád bych zde poděkoval panu doc. Dr. Ing. Oldřichu Kodymovi za cenné rady a pomoc při vedení mé bakalářské práce. Mé poděkování věnuji také panu Bc. Petru Jordánovi, který mi poskytl zázemí pro praktickou část práce a v neposlední řadě mým blízkým za podporu.

Anotace

Předmětem bakalářské práce je problematika skladování a skladovací techniky s využitím technologie Wi-Fi ve společnosti KASSEX s.r.o. Na základě studie a zjištěných poznatků jsou vytvořeny návrhy pro zefektivnění současného skladovacího procesu za pomoci Wi-Fi technologie. Cílem bakalářské práce je návrh řešení na zlepšení funkčnosti Wi-Fi sítě pro pokrytí skladu a kancelářských prostor.

Klíčová slova

logistika, skladování, síť, Wi-Fi, roaming

Annotation

The subject of the bachelor thesis is the issue of warehousing and storage technology using Wi-Fi technology in the company KASSEX s.r.o. Based on the study and the findings, suggestions are made for streamlining the current warehousing process using Wi-Fi technology. The aim of the bachelor thesis is to propose a solution to improve the functionality of the Wi-Fi network to cover the warehouse and office space.

Keywords

logistic, warehousing, network, Wi-Fi, roaming

Obsah

Úvod.....	10
1 Skladovací procesy	11
1.1 Sklad.....	11
1.2 Rozdělení skladů	13
1.2.1 Druhy skladů.....	13
1.2.2 Distribuční centrum	14
1.2.3 Sklady dle konstrukce	14
1.2.4 Sklady na volné ploše	15
1.2.5 Nádrže a sila.....	15
1.2.6 Sklady v budovách a halách.....	15
1.3 Skladovací procesy.....	17
1.3.1 Příjem.....	18
1.3.2 Automatická identifikace	18
1.3.3 Uskladnění a skladování	21
1.3.4 Cross-docking	21
1.3.5 Vyskladnění a kompletace	22
1.3.6 Expedice a balení	23
2 Informační a komunikační technologie	24
2.1 Logistický informační systém	25
2.1.1 Systém příjmu a zpracování objednávek	27
2.1.2 Systém předpovědi poptávky.....	28
2.1.3 Systém logistického plánování	28
2.1.4 Systém řízení zásob	29
2.1.5 Systém operativního řízení	29
2.1.6 Systém řízení skladu WMS.....	29
2.1.7 Řízení logistického informačního systému.....	31

2.2	Komunikační technologie	31
2.2.1	Ethernet	32
2.2.2	Wi-Fi	32
2.2.3	Wi-Fi architektura	33
2.2.4	Wi-Fi vývoj	34
2.2.5	Wi-Fi omezení komunikace	35
2.2.6	Wi-Fi bezpečnost	36
2.2.7	Wi-Fi roaming	37
3	Prostředí skladovacího areálu	38
3.1	Prostředí haly	38
3.2	Prostředí systému	41
3.3	Aktuální stav firmy	41
3.4	Potřeby firmy	41
4	Typové příklady	42
4.1	Typové řešení LAN	43
4.2	Typové řešení roaming	44
4.3	Typové řešení mesh	44
4.4	Výběr řešení	45
4.5	Test řešení	46
4.5.1	Postup prvotního zapojení a konfigurace	46
4.5.2	Postup testovací realizace	49
4.5.3	Vyhodnocení signálu – měření	51
5	Zhodnocení	55
5.1	Úspora nákladů pomocí mesh	55
5.2	Další rozvoj	56
5.3	Zhodnocení technologie	57
5.4	Ekonomické zhodnocení	58

Závěr	59
Seznam zdrojů.....	60
Seznam grafických objektů.....	63
Seznam zkratk	65
Seznam příloh	68

Úvod

Skladování je v dnešní době důležitou součástí logistických procesů, kde správná implementace skladovacích technologií vede nejenom k zefektivnění produktivity zaměstnanců skladu, ale v první řadě k navýšení spokojenosti koncových zákazníků. Dynamický vývoj a pokrok v oblasti moderních informačních a automatizačních technologií je důležitou součástí nejen v procesu skladování. Cílem společností je v co nejkratším čase uspokojit požadavky zákazníků. Důraz je kladen na zkvalitňování a zrychlování procesů, které reagují na měnící se individuální požadavky zákazníků. Pro udržení konkurenčního postavení společnosti je nezbytné navazovat a prohlubovat vztahy se zákazníky. Společnost musí být schopna se přizpůsobit současným podmínkám na trhu a využít veškerých budoucích příležitostí. Jednou z těchto možností je využití bezdrátových technologií. Nové generace bezdrátových technologií se stávají stále výkonnějšími a rychlejšími, a proto je důležité zkoumat jejich vliv na současný i budoucí vývoj společností v oblasti informačních technologií. Bezdrátové technologie dokážou propojit téměř všechno se vším na velké vzdálenosti a také v prostředí, kde není možné instalovat datovou kabeláž z nejrůznějších důvodů. Cílem bakalářské práce je zhodnocení současného stavu se zaměřením a využitím bezdrátové technologie ve společnosti KASSEX s.r.o. Výsledkem práce jsou typová řešení a návrhy změn pro zvýšení kvality dostupnosti a obslužnosti bezdrátovou technologií nejenom ve skladovém prostředí firmy, ale také v jiných částech společnosti s možností napojení na další technologické prvky. Bakalářská práce je rozdělena do čtyř kapitol, kde jsou dvě úvodní kapitoly věnovány teoretickým východiskům pro skladování, informační a komunikační technologie. Definovány jsou základní logistické pojmy, kterými jsou druhy skladů a procesy probíhající ve skladech. V teoretické rovině je specifikován logistický informační systém a jeho subsystémy a následně práce přibližuje bezdrátové komunikační technologie se zaměřením na Wi-Fi sítě a normy 802.11. V praktické části práce je detailně popsáno prostředí a aktuální technologické řešení firmy. Předposlední kapitola bakalářské práce je věnována vyhodnocení získaných informací z přechodících kapitol s několika návrhy pro zlepšení bezdrátové technologie včetně zkušební realizace nové Wi-Fi sítě. Předložené řešení mohou i nemusí být akceptovány vedením společnosti, nicméně tyto návrhy by mělo být možné aplikovat v dalších obdobných prostorách nebo společnostech s podobným skladovacím zázemím.

1 Skladovací procesy

Tato kapitola objasní funkce skladu a procesy, které ve skladech probíhají. Z dnešního pohledu je sklad klíčovým místem a je neoddělitelnou součástí logistického systému. Definovat skladování je možno následovně *„zabezpečuje uskladnění produktů (např. surovin, dílů, hotových výrobků) v místech jejich vzniku a mezi místem vzniku a místem spotřeby a poskytuje managementu informace o stavu, podmínkách a rozmístění skladových produktů.“* [1, s. 19]

1.1 Sklad

Sklad by měl být vnímán jako dočasné místo pro uchování zásob a jako jakýsi zásobník v dodavatelském řetězci. Funguje jako statická jednotka, která především přizpůsobuje dostupnost produktu poptávce spotřebitelů a odběratelů. Jako taková má primární cíl, kterým je usnadnit pohyb zboží od dodavatelů směrem k zákazníkům, uspokojit poptávku včas, efektivně a s minimálními náklady. [2]

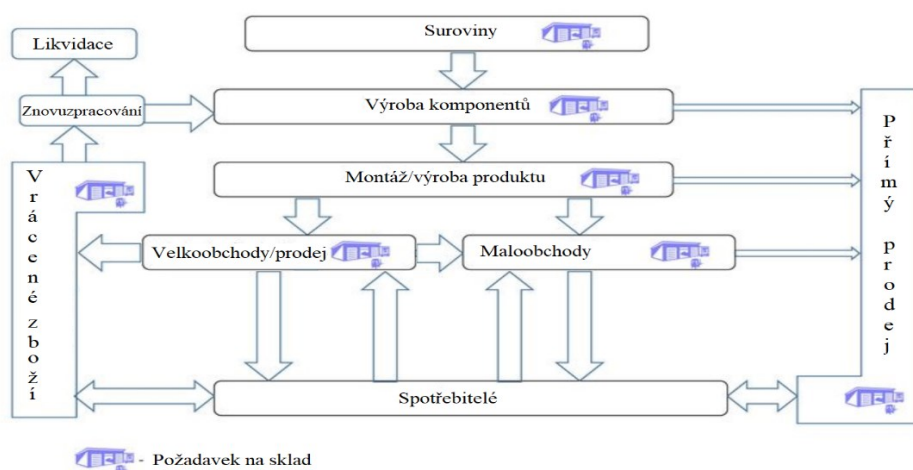
Pojem zásoby je možno definovat jako již uskladněné hotové výrobky nebo produkty. Zásoby se v podniku využívají pro dosažení úspor s ohledem na rozsah výroby, vyrovnaní nabídky a poptávku trhu, specializaci výroby, ochranu před nečekanou poptávkou, poskytnutí nárazníku v kritických místech distribučního řetězce. [3]

Sekundární funkcí skladu je uchování zásob v požadovaném množství pro pokrytí plánovaných i neplánovaných potřeb. Sklad je místem, kde se uchovává a skladuje materiál a zásoby, což je nezbytné pro výrobní a obchodní činnost. Proto je možno se domnívat, že sklady zde musí být od počátku obchodování. Historie skladů se vyvíjela spolu s vývojem obchodu a rozmachem výroby. Ještě nedávno byl sklad chápán pouze jako zbytečné nákladové středisko. V novodobém pojetí je správně fungující sklad konkurenční výhodou. Proto je mnoho důvodů, proč by měly být sklady v různých místech logistického řetězce. Sklady různých typů se tak vyskytují u výrobců, distributorů, prodejců, ale i koncových zákazníků. [4]

„V tradičním pojetí slouží sklad jako bod, který absorbuje nadměrnou produkci, vyrovnává výkyvy mezi produkcí a odbytem (princip tlaku). V současném tahovém pojetí

slouží sklad jako průtokové centrum, které posouvá na vyšší úroveň zákaznický, odběratelský servis, neboť přesouvá zásoby blíže k zákazníkovi.“ [5, s. 221]

Existují důvody, proč společnosti skladují produkty, včetně snahy o úsporu nákladů na přepravu, využití množstevních slev nebo nákupů do zásoby, udržení dodavatelského zdroje, vylepšení podpory v oblasti zákaznického servisu, reakce na měnící se podmínky na trhu, překlenutí časových rozdílů mezi výrobcem a spotřebitelem, zajištění nejnižších celkových nákladů logistiky a zároveň požadované úrovně zákaznického servisu, podpory programů JIT (Just-In-Time) u dodavatelů nebo zákazníků a poskytování komplexního sortimentu produktů zákazníkům. Skladování také může sloužit pro dočasné uskladnění materiálů, které jsou určeny k likvidaci nebo recyklaci. [6] Skladování rovněž zabezpečuje ochranu funkcí surovin, komponentů a produktů a v neposlední řadě ve skladech také probíhají technologické pauzy ve výrobě. Na obrázku Obr. 1.1 je přehledně znázorněn tok celého dodavatelského řetězce od výroby přes prodej až po likvidaci. Proces začíná dodávkou surovin, které jsou výrobou přeměněny v komponenty, následně jsou komponenty přeměněny v produkty a produkty jsou expedovány do velkoobchodů a maloobchodů nebo je realizován jejich přímý prodej jak spotřebitelům, tak i zákazníkům a další možný tok zboží nazpět pro případnou recyklaci nebo reklamaci. Tento tok obalů, produktů i zboží nazpět se nazývá reverzní logistikou.



Obr. 1.1 Skladování v dodavatelském řetězci

Zdroj: vlastní zpracování dle [2 s. 8]

Z obrázku Obr. 1.1 lze také vyčíst, že sklady jsou nedílnou součástí většiny typů výroby a zpracování produktů, přičemž se nachází ve většině míst dodavatelského řetězce. Z toho plyne, že v logistice jsou používány různé druhy skladů s různým typem dělení.

1.2 Rozdělení skladů

1.2.1 Druhy skladů

Tab. 1.1 Rozdělení skladů dle různých kritérií

Druhy skladů a dělení podle	
Umístění ve výrobním procesu	zásobovací sklad
	mezisklad
	distribuční sklad
Vlastnictví	veřejné
	soukromé
	smluvní
Zásobovaná oblast	centrální
	lokální
Konstrukce	pevné skladové budovy
	přenosné, provizorní skladové haly
	otevřené
	speciální sklady, např. sila, nádrže
Druh zásob	materiál a suroviny
	rozpracovaná výroba
	hotové výrobky
	rezervní stroje a zařízení
	odpady
	pomocné sklady nářadí, součástek
Organizace soustavy	centralizovaný
	decentralizovaný
	kombinovaný
Účel	obchodní
	odbytový
	nájemný nebo veřejný
	tranzitní
	konsignační
	zásobovací
Provedení	uzavřený
	krytý
	otevřený
	výškový
	halový
	etážový
Stupeň mechanizace	plně automatizovaný
	automatizovaný
	vysoce mechanizovaný
	mechanizovaný
	ruční

Zdroj: vlastní zpracování dle [3, s. 152-154]

Dle tabulky Tab. 1.1 se sklady dělí podle množství různých kritérií. V rámci této práce bude nejpodstatnější dělení dle konstrukce a částečně také dle druhu zásob a provedení.

1.2.2 Distribuční centrum

Poměrně často se v logistice vyskytuje také pojem distribuční centrum dále jako DC. Sklad zajišťuje skladování všech druhů zásob, kdežto DC je jakýmsi zrychleným průtokovým skladem, ve kterém se skladují pouze minimální zásoby produktů, které mají vysokou obrátkovost. V DC je snahou dosáhnout co nejvyšších zisků na rozdíl od skladů, kde je snahou dosáhnout co nejmenších provozních nákladů. V DC se skladová data zpracovávají v reálném čase, ve skladech pak spíše dávkově. Ze skladovacích procesů v DC probíhají pouze některé a to příjem, krátkodobé uskladnění a následná expedice zboží, která má zajistit urychlení dodávek zboží do určitých oblastí nebo zemí. [6]

DC jsou obvykle svou rozlohou větší než sklady. Mezi největší DC na světě se řadí Amazon MQY1 Fulfillment Centre nacházející se ve státě Tennessee v USA. Disponuje rozlohou 334 000 m², což je pro lepší představu plocha 63 fotbalových hřišť. Toto centrum má pět pater a je vysoce automatizované. [7]



Obr. 1.2 Vnitřní prostory distribučního centra Amazon, Tennessee

Zdroj: [8]

1.2.3 Sklady dle konstrukce

Skladovat materiály, zboží a výrobky je možno na různých místech. Jako příklad lze uvést otevřené sklady na volné ploše, zděné skladové budovy, skladové haly z různých materiálů, sila nebo nádrže a zásobníky.

1.2.4 Sklady na volné ploše

V otevřených skladech se na volné ploše obvykle skladují stavební a hutní materiály, různé sypké materiály, dřevo a obdobné suroviny. Otevřená plocha může také sloužit jako skládka pro odpad a dalším významným využitím otevřené plochy jsou kontejnerová překladiště. Na otevřené ploše se také běžně skladuje kolová technika. Volná plocha by měla být viditelně ohraničena a její povrch by měl být zpevněný. Prostor na volné ploše je možno zastřešit. Výhodou je dle typu povrchu téměř neomezená hmotnost, výška skladování bez limitu a levné náklady na plochu skladovacího prostoru. Mezi nevýhody se řadí vliv povětrnostních podmínek, komplikovanější úroveň zabezpečení oproti uzavřeným skladům a omezení v typech skladovaných produktů. [4]

1.2.5 Nádrže a sila

Skladovací nádrže jsou používány pro uskladnění kapalin jako ropa, oleje a voda ve velkých objemech. Nádrže se dělí dle typu umístění na nadzemní, zapuštěné a podzemní. Podzemní zásobníky jsou specifické pro Českou republiku. Využívají se pro uskladnění plynu a na území ČR disponují kapacitou v řádech stovek milionů m³. V silách se uskladňuje obilí, polymery a sypké stavební hmoty. Sila i nádrže obsahují ukazatele stavu naplnění a mnohé bezpečnostní prvky. Výhodou je vysoká skladovací kapacita a snížení nákladů na obalový materiál a manipulaci. Nevýhodou je vysoká finanční náročnost výstavby. [4]

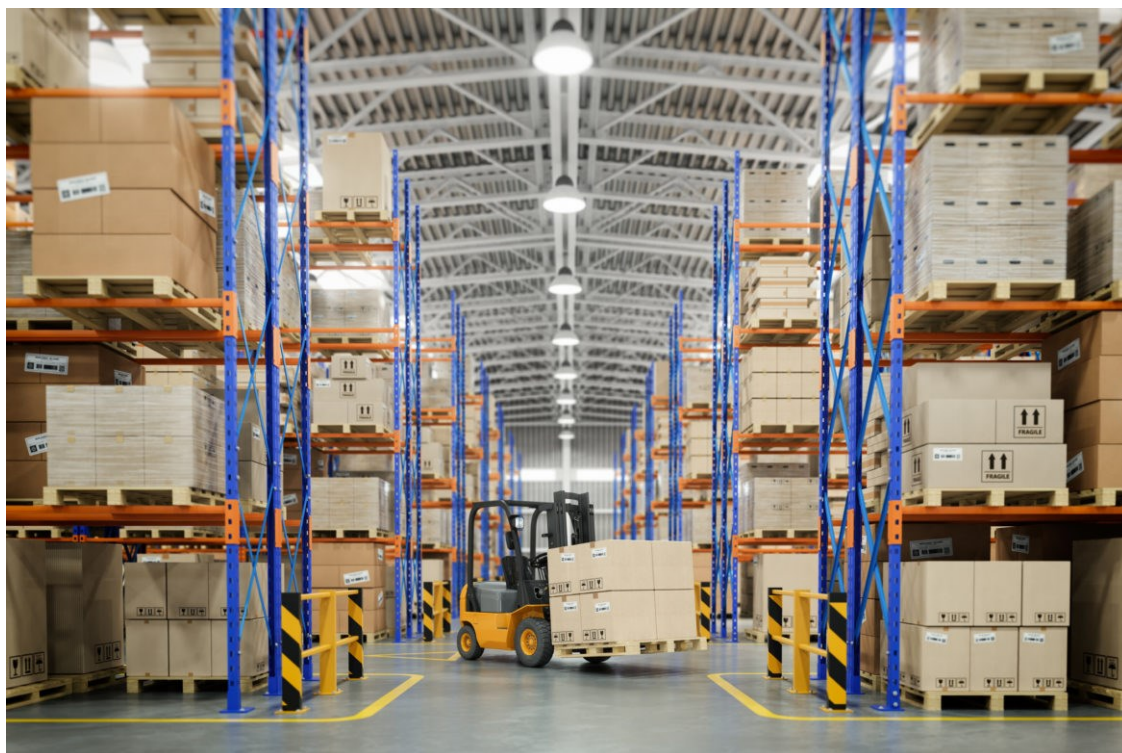
1.2.6 Sklady v budovách a halách

Ve zděných skladových budovách nebo halách jsou pro efektivní využití omezeného místa používány regálové systémy. Regálové systémy jsou konstrukce používané k uložení produktů a zboží. Můžou být vyrobeny z různých materiálů, jako je ocel, hliník nebo plast.

Policové regály jsou regály s jednoduchou konstrukcí vybavené pevně umístěnými policemi nebo policemi s nastavitelnou výškou pro ukládání zboží o různých velikostech a hmotnostech. Do těchto regálů se tedy ukládá drobné zboží nebo díly v manipulačních obalech jako jsou krabice, bedny nebo jiné pevné obaly. Nastavitelné police lze upravit dle velikosti skladované manipulační jednotky. Nejběžněji rozšířené jsou jednopatrové regály o výšce 2 m s ohledem na manuální obsluhu skladovaných položek. Vyskytují se však i regály vyšší, s maximální výškou 4,5 m, ke kterým je pak zapotřebí využít

pomocný manipulační prostředek pro obsluhu. S policovými regály se lidé setkávají na denní bázi téměř v každém obchodě neméně však ve skladech. Tyto regály se dají různé modifikovat a doplnit o zásuvky, dveře a různé úchyty i přesto je však využitelnost skladovací plochy při použití policových regálů nízká. [4]

Paletové regály jsou dle názvu využívány pro uskladnění široké škály produktů, které je možno uložit na paletu. Paleta je v těchto regálech manipulační jednotkou. Euro paletu definuje rozměr 1200 x 800 mm. Paletové regály patří mezi nejčteněji využívané v budovách i halách, ale také na volné ploše. Výška regálů je v rozmezí 7 až 45 m. Výhodou těchto regálů jsou nízké pořizovací náklady a možnost využití mechanizačních a automatizačních prostředků. Uvádí se, že využitelnost skladu je pouze 50 % prostoru z důvodu nutnosti vytvoření uliček pro manipulační prostředky. Šířku uliček je nutno přizpůsobit dle použitých manipulačních prostředků, těmi nejběžnějšími jsou vysokozdvizné vozíky. Tato šířka se určuje dle poloměru otočení vysokozdvizného vozíku a velikosti používaných palet. Až 25 % úspory prostor skladu je možno dosáhnout použitím hlubších regálů. [4]



Obr. 1.3 Paletové regály ve skladu

Zdroj: [7]

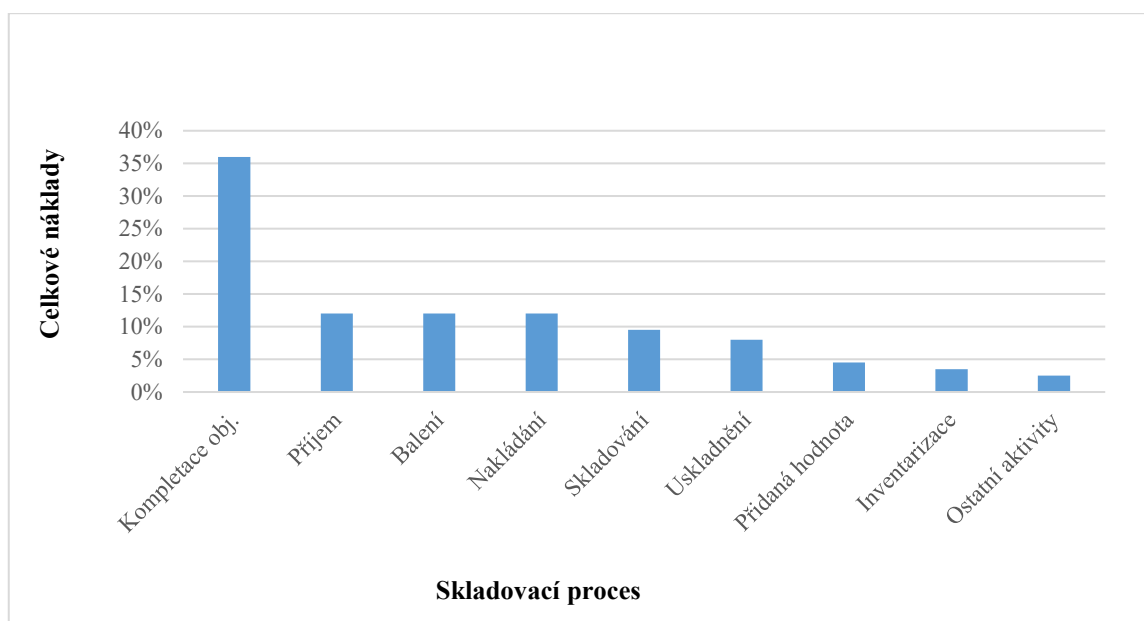
Dále jsou známy regály vjezdové, průjezdové, konzolové, spádové neboli gravitační, zásuvné, stromečkové, mobilní, karuselové, regály s páternosterovými. [4]

1.3 Skladovací procesy

Ve skladech probíhají různé skladovací procesy neboli operace. „Každá operace týkající se uskladnění a vychystávání ze skladu zahrnuje dvě samostatné akce: fyzickou operaci a záznam ve skladové evidenci.“ [5, s. 222] Skladováním jsou řešeny tři základní funkce. Řadí se mezi ně:

- přesun produktů,
- uskladnění produktů,
- přenos informací o produktech.

První dvě funkce jsou fyzického charakteru a při vykonávání těchto procesů dochází k manipulaci s produkty. V grafu Graf 1.1 jsou vyobrazeny jednotlivé skladovací procesy. Do funkce přesunu produktů dle grafu Graf 1.1 je možno zařadit následující procesy: kompletace objednávky, příjem, balení, nakládání a skladování. Je také zřejmé, že tyto procesy vyžadující manipulaci jsou nejvíce nákladnými v provozování skladu. [6]



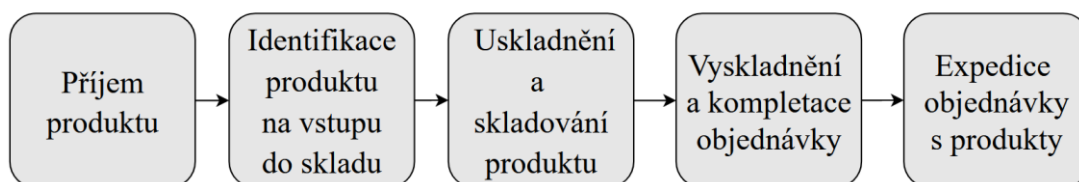
Graf 1.1 Celkové provozní náklady dle skladovacích procesů

Zdroj: vlastní zpracování dle [2, s. 59]

Přestože se sklady odlišují v různých parametrech jako velikost, konstrukce, umístění, vlastnictví nebo účel, základní procesy v nich zůstávají stejné.

1.3.1 Příjem

Pokud se přesuneme od výroby a zpracování materiálů s přeměnou v polotovary spíše k provozu distribučních logistických center, bude skladovací proces vypadat ve většině skladů následovně.



Obr. 1.4 Skladovací procesy
Zdroj: vlastní zpracování

Příjem nebo přejímka produktů je prvním a stěžejním procesem ve skladu. Je potřeba zajistit, aby byl přijat správný produkt, ve správném množství, stavu i čase. Příjem zahrnuje fyzickou vykládku přepravních jednotek z dopravního prostředku a případné vybalení zboží z přepravního obalu. Jelikož je v tomto okamžiku na sklad přenesena odpovědnost za stav přijímaných produktů, která trvá až do okamžiku expedice, musí pracovník skladu, dále jen skladník, dodávku zkontrolovat, ověřit správnost dodaných kusů produktů dle systému a zabezpečit aktualizaci skladových záznamů. Příjmu předchází proces objednávky, ve které jsou vyspecifikovány dodací podmínky. V momentu, kdy dorazí dodávka na sklad, provádí skladník příjem produktů a souběžnou kontrolu průvodní dokumentace, tedy dodacího listu. Dodací list se vztahuje k objednávce, která je obvykle již předem zaevidována v informačním systému v opačném případě dochází ke zdržení procesu a možným nesrovnalostem. [2]

1.3.2 Automatická identifikace

Pro zjednodušení příjmu produktu ve skladech je používána automatická identifikace, která je technologií používanou ke zpracování a ukládání informací o produktech bez nutnosti manuálního zadání vstupních dat. Cílem automatické identifikace je zefektivnit procesy a snížit chyby spojené s ručním zadáváním dat. S pojmem automatické identifikace AI (Automatic Identification) se pojí také pojem sběru dat DC (Data Collection), dohromady pak jako AIDC. Existují různé druhy technologií, které

dokážou zajistit automatickou identifikaci. Ke sběru těchto dat jsou nejběžněji využívány zařízení, jako jsou čtečky čárových kódů, QR kódů a RFID signálů. [9]

Lineární čárové kódy

Jedním z nejrozšířenějších prvků pro automatickou identifikaci je čárový kód. Aktuálně se vyskytuje přes 200 druhů těchto kódů, přičemž nejznámější jsou označeny těmito zkratkami: U.P.C. A, EAN 8, EAN 13, Code 39, Code 93, Code 128, GS1. Jedná se o strojově čitelný kód tvořený mezerami a různě širokými čarami. Čáry s různou šířkou představují informaci o číslech nebo znacích, které dále poskytují informace o produktu a jeho toku. Pomocí čtečky čárových kódů lze tato data snadno a rychle načíst a přenést do informačního systému skladu. [4]

Čárový kód EAN 8



Čárový kód EAN 13



Obr. 1.5 Čárový kód EAN 8 a EAN 13

Zdroj: vlastní zpracování

V praxi se používají kódy EAN 13 celosvětově, kódy U.P.C. A se používají převážně v USA.

Dvozměrné kódy

Z důvodu potřeby zakódování více informací vznikly dvoudimenzionální kódy. Tyto kódy jsou známy jako DataMatrix a QR kód. Pro srovnání kód EAN 13 umí zakódovat 13 číslic, kód DataMatrix až 3116 číslic a QR kód až 7089 číslic. DataMatrix je využíván především ve zdravotnictví například pro identifikace léků. QR kód umožňuje vložení velkého objemu dat. [10]

Čárový kód DataMatrix



QR kód



Obr. 1.6 Příklady dvoudimenzionálních kódů

Zdroj: vlastní zpracování

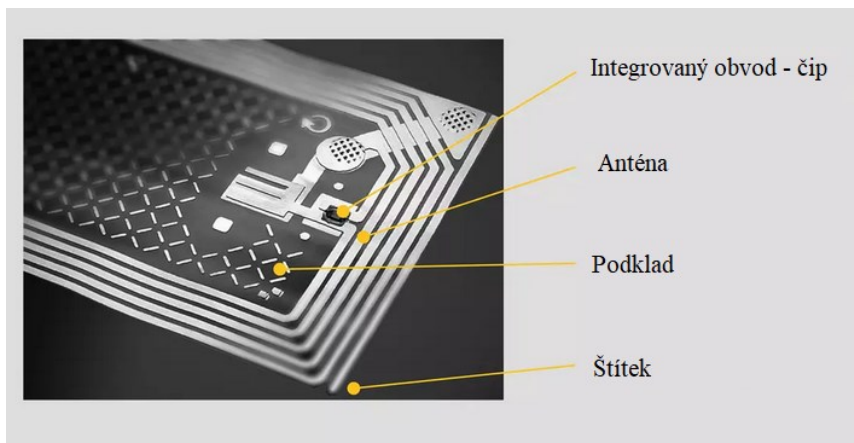
RFID

Radiofrekvenční identifikace, zkráceně RFID, je bezkontaktní výměna dat mezi štítkem neboli RFID tagem a čtečkou těchto tagů. Výhodou této identifikace je velmi rychlý a přesný přenos dat bez nutnosti kontaktu nebo přímé viditelnosti mezi štítkem a čtečkou. RFID štítky pracují ve 3 různých frekvenčních pásmech od nízké frekvence 125 kHz přes vysokou frekvenci 13,56 MHz a také jako ultra krátké vlny na UHF frekvencích 860–950 MHz. Štítky se dále dělí na aktivní, semi-pasivní a pasivní. Typ štítku se odvíjí od výrobního řešení. Aktivní a semi-pasivní štítky mají pro napájení obvodů zabudovanou baterii, kdežto pasivní štítky využívají energie vyzářené ze čtečky formou elektromagnetického pole. Aktivní štítky pracující na UHF frekvencích je možno načítat až do vzdálenosti 100 m. Pasivní štítky jsou s ohledem na absenci vlastního napájení výrazně levnější a načítat se dají na vzdálenost do 6 m od čtečky. Aktuálně se pohybuje cena pasivního štítku v přepočtu okolo 1 Kč, což činí tuto technologii velmi dostupnou pro použití v dodavatelském řetězci.

Pasivní štítky dále dělíme dle typu zápisu:

- pouze pro čtení,
- jeden zápis s neomezeným počtem načítání,
- neomezené počty zápisů i načítání.

Řešení RFID se používá v celém dodavatelském řetězci, od výroby zboží až po jeho distribuci a následný prodej. [11]



Obr. 1.7 RFID štítek a jeho složení

Zdroj: vlastní zpracování dle [11]

1.3.3 Uskladnění a skladování

Proces uskladnění se dá ohraničit jako fáze přesunu produktu z místa příjmu do místa uskladnění, zatímco skladováním se rozumí uskladnění na různě dlouhou dobu dle potřeby. Před samotným uskladněním musí být produkty řádně označeny. Jednou z běžných metod označení je nalepení etikety s čárovým kódem nebo umístění RFID štítku na produkt. Správné označení ulehčuje vyhledání produktu, kontrolu a umožňuje sledovat jeho tok celým logistickým řetězcem. Poté dochází k přesunu do adresné lokace ve skladu. Volba neoptimálnějšího umístění ovlivňuje efektivitu skladových činností a náklady související s uskladněním a skladováním. Jedněmi z hlavních faktorů jsou vzdálenost přemístění mezi místem příjmu a lokací uskladnění, náročnost umístění produktu, ale i použitá manipulační technika a její stupeň mechanizace či automatizace. Tyto faktory pak společně hrají roli v době potřebné pro uskladnění i vyskladnění. Výhody optimálního umístění jsou:

- rychlé a efektivní uskladnění produktu,
- minimalizace potřebného času,
- bezpečnost produktů, ale i zaměstnanců,
- maximalizace využití skladových prostor,
- snazší vyhledání a rychlejší vyskladnění. [3]

1.3.4 Cross-docking

Výjimkou, při které nedochází k uskladnění produktů je použití tzv. systému cross-docking. Distribuční centrum je začleněno do dodavatelského řetězce. Při použití

tohoto systému jsou splněny cíle každého skladu, jelikož se produkty přesunou z fáze příjmu rovnou do fáze expedice, což zrychlí průchod skladem a sníží množství držených zásob. Nutno dodat, že tato technologie vyžaduje vysokou úroveň koordinace a komunikace mezi dodavateli, je velmi technicky náročný, vyžaduje dostatek místa pro překládku produktů a perfektní načasování. [2]

1.3.5 Vyskladnění a kompletace

Vyskladnění je procesem opačným k uskladnění a předchází mu ve většině případů odběratelská objednávka. V tomto kroku dochází ke shromáždění všech položek, které jsou součástí jedné objednávky. Cílem je zajistit, aby zkompletovaná objednávka obsahovala všechny správné produkty ve správném množství, kvalitě a byla dodána odběrateli v požadovaném čase. Dle grafu Graf 1.1 je proces kompletace nejnákladnějším ze všech procesů probíhajících ve skladu, přičemž představuje více než jednu třetinu provozních nákladů na sklad. U vychystávání jsou nejčastěji používány čtečky čárových kódů, dále také hlasové či světelné technologie „pick by light“. Skladník je dnes již běžně vybaven přenosnou čtečkou čárových kódů nebo mobilním terminálem, kterým online v reálném čase přenáší data do skladového systému. V závislosti na stupni automatizace skladu může kompletace probíhat různě. Nejčastější je ruční vychystání položek skladníkem z regálů ve formě vyhledání položky ve skladu, načtení kódu a přesunu k místu expedice s možností využít různých typů vozíků pro ulehčení transferu. Činnost skladníka může být usnadněna za pomoci navigace pro pohyb ve skladu s optimalizací trasy k produktu umístěnou v dotykovém tabletu, který může zároveň sloužit i jako čtečka čárových kódů. Méně častou, vzhledem k pořizovacím nákladům, je automatická kompletace využívající automatizované systémy, mezi které se řadí dopravníky a robotické kolové vozíky s různým typem navádění. Případně je využívána kombinace ručního i automatického vychystání. [2]

Při vychystávání zboží se doporučuje dle typu produktů použít jeden ze systémů:

- FIFO (First In, First Out),
- LIFO (Last In, First Out),
- FEFO (First Expired, First Out).

Zatímco systémy FIFO a LIFO jsou běžně známé zkratky systémů používaných ve skladech, systém FEFO je strategií, při které se produkty vyskladňují podle data jejich expirace bez ohledu na umístění ve skladu nebo datum naskladnění. [6]

1.3.6 Expedice a balení

Expedice je finálním navazujícím procesem, ve kterém se zkompletované položky zabalí, přesunou do výdejní části skladu a naloží do dopravních prostředků, pomocí kterých jsou dopraveny do dalších distribučních míst nebo přímo k odběratelům. Jednou z možností je také osobní odběr v místě skladu. Za expedici odpovídá vedoucí skladu. Při dnešní náročnosti požadavků ze stran odběratelů jde především o co největší možné zkrácení času od přijetí objednávky do samotné expedice. Aby mohla být objednávka považována za vyřízenou, musí k odběrateli dorazit bezchybně zkompletovaná, včas, ve správném množství a nepoškozená. Dříve než však dojde k expedici je nutné položky objednávky zabalit, nalepit přepravní štítky a v případě potřeby připojit dodací list, fakturu nebo jinou dokumentaci jako třeba návod. Položky mohou být umístěny do různých obalů třeba krabic, ve kterých se vyplní zbytek prostoru pomocí různých materiálů jako polystyrenová výplň, vlnitý papír, bublinkové fólie nebo vzduchem plněné igelitové sáčky. Krabice jsou pak uzavřeny lepicí páskou a obaleny smrštitelnou stretch fólií. Ve skladech jsou k obalení používány ovinovací balící stroje. Krabice i obalový materiál tak plní ochranou funkci před poškozením, prachem a vlhkostí během transferu, ale i skladování. Správně zvolený obal také usnadňuje manipulaci a zlepšuje úroveň zákaznického servisu. [6]

Ve skladech musí na pozadí probíhat další podpůrné procesy zajišťující jeho chod, viz doplňování produktů, jejich inventarizace, zpracování vratek nebo procesy s přidanou hodnotou, mezi které patří přeznačení produktů, umístění nové etikety, sdružování produktů (bundle), přebalení do jiného obalu až po opravu nebo renovaci. [2]



Obr. 1.8 Expedice a moderní technologie

Zdroj: [12]

2 Informační a komunikační technologie

Logistické informační systémy (LIS) a jejich využití v dnešní podobě logistiky. Je možné se domnívat, že v dnešním světě nemůže existovat podnik bez logistického systému, a právě tento systém musí být podporován logistickým informačním systémem. Hlavním důvodem pro použití LIS je potřeba spravovat informace, pomocí kterých bude možné plánovat, koordinovat a řídit toky v logistickém řetězci. „LIS je ucelenou množinou funkcí, pomocí kterých je možné plánovat, řídit a vyhodnocovat logistické procesy a přijímat opatření na jejich optimalizaci, případně nechat systém tyto optimalizace přepočítávat a navrhnout automaticky.“ [13, s. 63]

Bezdrátové komunikační technologie jsou již dlouho aktuálním tématem. Tyto řešení nabízí flexibilitu a pohodlí při používání. Mezi nejznámější bezdrátové komunikační technologie se řadí:

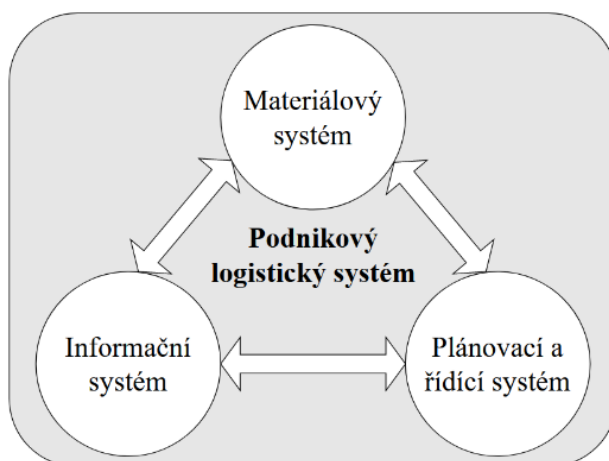
- NFC technologie s velmi krátkým dosahem do 4 cm je využívána především v mobilních telefonech a smart hodinkách pro uskutečnění bezkontaktního platebního styku a přenosu multimediálního obsahu,
- Bluetooth, technologie s krátkým dosahem v řádu metrů, umožňuje přenos dat mezi počítači, mobilními telefony, periferními zařízeními jako jsou klávesnice, myši a dnes používanými bezdrátovými sluchátky a reproduktory. Je popsán v rámci standardu IEEE 802.15 (Institute of Electrical and Electronics Engineers),
- Zigbee, technologie s velmi nízkou spotřebou energie a dosahem do 75 m, která se často používá v chytrých domech (Smart Home) nebo pro zabezpečovací systémy,
- 4G neboli LTE technologie poskytuje mobilní připojení k internetu na vzdálenosti v řádu kilometrů. Jejím nástupcem je technologie 5G, která poskytuje podstatně rychlejší datový přenos a snížení doby odezvy,
- IoT je koncept propojení fyzických zařízení a věcí jako jsou senzory, přístroje a další s internetem. Pracovat bude v sítích 4G i 5G. Pomocí propojení dochází ke sběru dat a informací, což povede k efektivnějšímu řízení a optimalizaci procesů v různých oblastech. Možnosti využití jsou i vzhledem k dosahu až 20 km velmi široké,
- Wi-Fi, technologie umožňující vysokorychlostní přenos dat, je využívána na vzdálenosti od jednotek metrů až po několik kilometrů. [14]

2.1 Logistický informační systém

System a systémové pojetí řízení logistiky v podnicích je alfou a omegou základů logistiky. Podnikový logistický systém je tvořen vzájemně propojenými systémy zobrazenými na obrázku Obr. 2.2. Tento systém integruje informace z různých oblastí podniku, jako jsou nákup, výroba, skladování, doprava, prodej a umožňuje efektivní plánování a koordinaci logistických operací. Pomocí tohoto systému může podnik reagovat na změny poptávky a dodávek, optimalizovat využití zdrojů a snížit náklady. Systém musí umožňovat sledování zásob a zpracování objednávek v reálném čase, což umožňuje podniku rychlé a spolehlivé vyřizování dodávek. Jako hlavní prvky systému bývají uváděny následující subsystémy:

- materiálový systém, který zahrnuje transformaci vstupních surovin přes výrobu až po dokončení finálního produktu a jeho doručení zákazníkovi a nezbytné skladovací procesy,
- plánovací a řídicí systém materiálového toku s požadavkem dosáhnout co nejlepších logistických cílů,
- informační systém zabezpečující zpracování dat, obousměrný tok informací od dodavatele k zákazníkovi a nazpět,
- komunikační systém umožňuje efektivní výměnu informací mezi různými částmi podniku a zajišťuje, aby se všechny části podniku řídily společnými cíli a strategiemi.

[15]

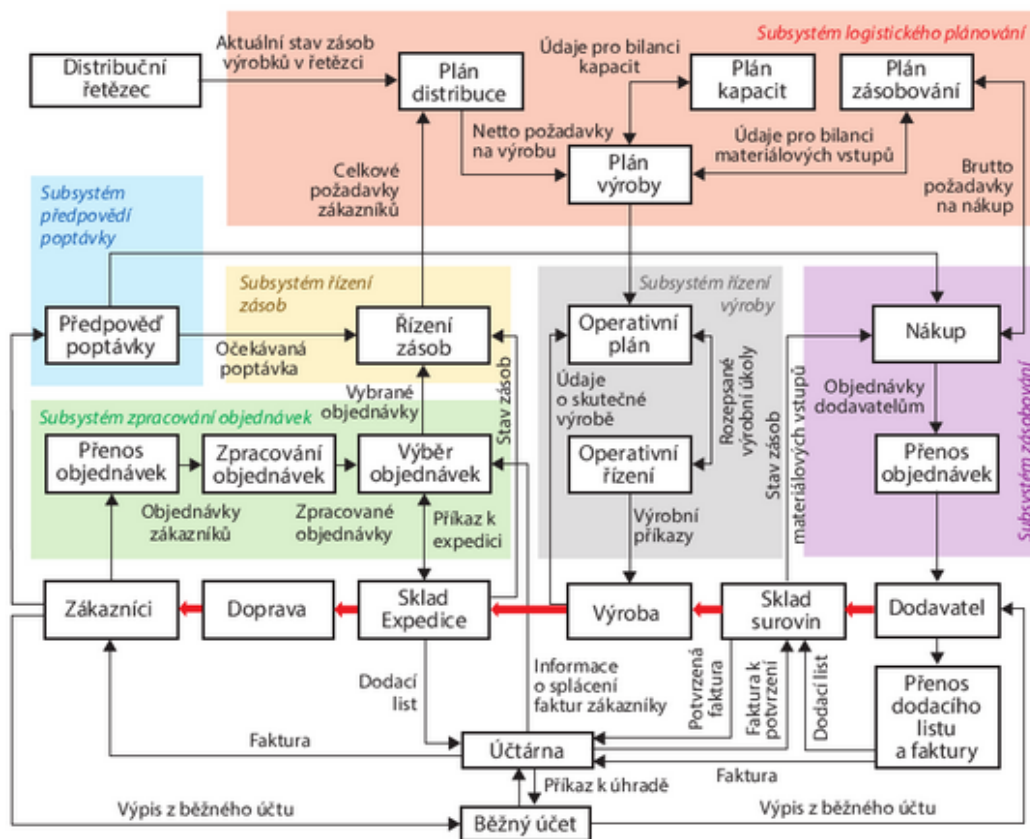


Obr. 2.1 Podnikový logistický systém

Zdroj: vlastní zpracování

Správné a rychlé informační toky jsou klíčem pro úspěch a konkurenceschopnost podniků. Právě tyto toky musí zabezpečit vhodně zvolený LIS, který tak obstarává výměnu dat mezi různými subsystemy, které podniky využívají, ale také zabezpečuje úplnost a aktuálnost dat ze kterých následně vycházejí různá rozhodnutí a opatření, které jsou pro podniky strategickými. Jedním z úkolů LIS je zabezpečení řízení hmotných toků. LIS je softwarové prostředí poskytující informace na základě, kterých je možno se správně rozhodovat a vyhodnocovat další účinné plánování toků spolu s koordinací ostatní procesů souvisejících s jejich řízením. Tyto systémy obsahují moduly pro:

- příjem a zpracování objednávek,
- předpověď poptávky,
- logistické plánování,
- řízení zásob,
- operativní řízení. [13]



Obr. 2.2 Logistický informační systém

Zdroj: [4, s. 390]

2.1.1 Systém příjmu a zpracování objednávek

Jednou z funkcí logistického systému je zpracování objednávek v co nejvyšší možné kvalitě. Objednávky se dělí na odběratelské tedy přijaté od zákazníků a odběratelů a objednávky, které systém sám vystaví. V současnosti je možno vnímat neustále se zvyšující nároky zákazníků, kteří kladou důraz na informovanost o průběžném stavu zpracování jejich objednávky, aktuálnosti dat o stavech produktů ve skladech dodavatele, dodacích lhůtách a mnohých dalších faktorech na základě kterých se rozhodují, zda uskuteční objednávku. [1]

Rovněž podniky cílí na maximalizaci zisku a minimalizaci nákladů, což jsou jedny z primárních záměrů podnikání. Přijatá objednávka spustí celý koloběh navazujících procesů a akcí a bez správně fungujícího LIS by objednávka obsahovala pouze složitě zpracovatelná data. Systém příjmu objednávek musí zabezpečit:

- sběr informací o objednávkách s co nejrychlejším přenesením do IS podniku, objednávky mohou být přijaty různými způsoby: telefonicky, e-mailově nebo ideálně pomocí EDI (Electronic Data Interchange),
- sumarizaci položek z objednávek s následnou selekcí dle produktů, požadavků na termín vyřízení, míst doručení objednávek,
- ověření dostupnosti množství objednaných produktů s ohledem na stav zásob na skladě. Pokud je možné objednávku dodat, systém vygeneruje příkaz k expedici, pokud ne, odešle informaci do systému řízení zásob pro zajištění výroby nebo objednání chybějících produktů,
- vytvoření průvodek a další dokumentace,
- informovanost o stavu objednávky v reálném čase tedy on-line.

LIS tedy pomáhá se zpracováním dat z objednávek a rovněž poskytuje informace o tom, jakým způsobem objednávku co možná nejlépe vyřídit. [4]

Na místě je nasazení moderních technologií pro přenos a zpracování dat se snahou co nejvíce zkrátit dobu jejich přenosu a eliminovat ruční zpracování, při kterém by mohlo dojít ke zpomalení a chybovosti vlivem lidského faktoru. [13]

Zpracování objednávek je definováno jako tržně orientované řízení materiálových a informačních toků od dodavatele surovin ke koncovému zákazníkovi. [16]

2.1.2 System předpovědi poptávky

Předpověď poptávky je možno definovat jako: „*Systematický postup vedoucí k odhadu velikosti poptávky na zvolené období opírající se o využití intuitivních, metodických, matematických a statistických metod.*“ [4, s. 391]

Předpověď poptávky je klíčová pro úspěšné řízení toků materiálů a zboží a je důležitým faktorem v logistice obecně. Kromě již přijatých objednávek představují předpovědi poptávky základní informace pro úspěšné plánování výroby a minimalizování rizika nedostatečného zásobování. Vzhledem k dynamicky se měnící povaze poptávky je její předpověď stále výzvou a existuje mnoho metod a nástrojů pro realizaci předpovědi. Predikce se odlišuje od předpovědi tím, že poskytuje jednoznačné určení budoucího stavu předvídané poptávky, prognóza pak poskytuje různé varianty budoucího vývoje. Pro vytvoření kvalitní předpovědi je nutnost vycházet z kvalitních statistických dat z předchozích období a ve výpočtu zohlednit trendy prodeje, sezónnost, nepravidelnost a další faktory ovlivňující poptávku. Mezi předpovědi poptávky bývají uváděny následující metody:

- metoda klouzavých průměrů,
- vyrovnání časových řad vhodnou regresivní křivkou,
- odhad sezónní poptávky,
- odhad sporadické poptávky,
- intervalový odhad poptávky. [4]

2.1.3 System logistického plánování

Výstupem plánování s využitím IS je podnikový plán. Podnikový plán je tvořen čtyřmi částmi, a to plánem distribuce, výroby, zásobování a plánem kapacit. K vytvoření plánu se vychází z přijatých objednávek a předpovědi poptávky na období o délce 1–3 měsíců s korekcí o stav zásob již hotových výrobků. Takto sestavený plán musí být:

- komplexní se zohledněním požadavků zákazníků a vnitřních cílů podniku,
- stabilní pro kvalitní řízení výroby a využití dostupných zdrojů,
- reálný tak, aby reflektoval záměry podniku, jeho kapacitu a rozložení v čase,
- dynamický tedy schopný operativně reagovat na změny podmínek. [13]

2.1.4 Systém řízení zásob

„Cílem řízení stavu zásob je zvyšovat rentabilitu podniku, předvídat dopad podnikových strategií na stav zásob a minimalizovat celkové náklady logistických činností při současném uspokojování požadavků na zákaznický servis.“ [1, s. 17]

Systém řízení zásob je klíčovým procesem logistického řetězce, který se zabývá správou a kontrolou zásob v rámci podniku. Cílem je koordinace procesu pro zajištění nejoptimálnější úrovně skladových zásob, pro kterou lze použít principy a nástroje řízení dodavatelského řetězce SCM (Supply Chain Management). SCM představuje SW balíček, který je propojen s prostředky výpočetních a komunikačních technologií a zároveň propojuje všechny články dodavatelského řetězce. Některé z nejčastěji používaných řešení k řízení zásob podniku jsou například koncept JIT a metoda ABC. Cílem konceptu JIT je snaha minimalizovat objem zásob ve skladech na nulu. Cílem metody ABC je rozdělení zásob do tří skupin dle Paretova pravidla, kdy nejdůležitější skupinou pro podnik je skupina A. Systém musí především poskytovat přesnou a úplnou evidenci skladových zásob a možnost zásoby analyzovat dle požadovaných kritérií. [13]

2.1.5 Systém operativního řízení

Operativní řízení logistiky se týká provozních činností, které jsou spojeny s řízením a plánováním toku zboží a materiálů v rámci podniku. Cílem je zabezpečit plynulost výroby při efektivním využití vstupů. Úkolem systému je napomocť s rozhodnutím a řešením operativního problému ve výrobě. Pomocí systému je zabezpečeno zpracování operativního plánu v několika různých variantách a také navržení dílčích změn a nové operativní úkoly. [13]

2.1.6 Systém řízení skladu WMS

WMS (Warehouse Management System) je možno přeložit jako systém řízení skladu. Cílem systému WMS je pomáhat při řízení objednávek zákazníků, příjmu a pohybu zásob v rámci skladu nebo DC a propojení s interními a externími aplikacemi nebo moduly, které generují data a informace potřebné pro efektivní systém WMS. Pomocí WMS musí být zabezpečeno snížení zásob a zlepšení úrovně zákaznických služeb, čehož je možno dosáhnout redukcí přímé práce, zvýšením efektivity manipulačních zařízení a lepším využitím skladových prostor. [13]

Dalším důležitým způsobem zvýšení úrovně služeb je snížení objemu reklamací špatně vyřízených objednávek. WMS pro aktuální potřeby rozvíjejících se firem by měl splňovat následující požadavky:

- záznam skladových operací v reálném čase,
- funkcionalitu pro všechny standardní logistické operace,
- efektivní řízení a kontrolu provozu skladu až na dílčí procesy, měřitelnost aktivit, nákladů i výkonnosti,
- dodržování pravidel FIFO, LIFO, FEFO a dalších,
- automatickou identifikaci čárovým kódem nebo RFID tagem prostřednictvím mobilních terminálů,
- integrační rozhraní pro celopodnikové systémy EAI (Enterprise Application Integration) a různé technologie,
- optimalizaci tras pro pohyb obsluhy skladu a vytváření optimalizačních algoritmů pro umístování zásob ve strukturovaném skladu,
- automatizaci a zrychlení inventarizačních procesů,
- analýzu a vyhodnocení všech logistických dat. [17]

Tab. 2.1 Výzvy pro WMS

Potřeba	Řešení
Snižování nákladů	Zvýšení produktivity práce, lepší využití prostor, personálu a vybavení
Dosažení perfektních objednávek - KPI: Perfect Order 100%	Odstranit nepřesnosti, lidské chyby a zastaralé informační systémy
Zkracování času vyskladnění objednávky	Zaměření se na optimalizaci / zjednodušování procesů, a tím zvyšování produktivity
Prodej více kanály a nárůst menších objednávek	Implementace lepších vyskladňovacích strategií s využitím moderních technologií
Řešení výkyvů poptávky	Flexibilní pracovní doba a vylepšené plánování kapacit
Nárůst skladových položek (SKU)	Zapojení moderních způsobů skladování - (automatické sklady, karusely a průtokové regály)
Snížení nákladů na lidskou pracovní sílu a její dostupnost	Zaměřit důraz na kvalitu pracovního prostředí, pružnou pracovní dobu, školení a růst efektivity práce
Úspory za energie a požadavky na ochranu životního prostředí	Důraz na efektivní využívání energií a efektivnější hospodaření s odpady
Přesnost a rychlost přenosu dat	Využitím moderních WMS pracujících online a v reálném čase poskytujících potřebná a přesná data

Zdroj: vlastní zpracování dle [2, s. 44]

2.1.7 Řízení logistického informačního systému

Klíčovou roli v řízení LIS hraje sběr, zpracování a analýza dat. Systém musí být schopen shromážďovat data o stavu zásob, pohybu zboží, plánování a organizaci dopravy a dalších informacích souvisejících s logistickými operacemi. Tyto data následně vyhodnotit a poskytnou závěry potřebné pro rozhodování. Rozlišují se tři základní úrovně řízení LIS:

- operační řízení, krátkodobý horizont, kterým je zabezpečeno plánování příjmu a výdeje zboží, sledování zásob, řízení objednávek a plánování dopravy. V této úrovni řízení se často využívá ERP (Enterprise Resource Planning) systémů,
- taktické řízení, střednědobý horizont, kterým je zabezpečeno plánování kapacity, plánování výroby a distribuce, řízení zásob a plánování zdrojů. V této úrovni řízení se často využívají APS (Advanced Planning and Scheduling) systémy,
- strategické řízení, dlouhodobý horizont, kterým je zabezpečeno plánování výrobních kapacit, výběr dodavatelů a distribučních kanálů, plánování strategie skladování a plánování rozvoje logistické infrastruktury. V této úrovni řízení se často využívají BI (Business Intelligence) systémy. [13]

Správná architektura LIS by měla umožnit propojení těchto nástrojů a systémů a zajistit efektivní sběr a výměnu dat mezi nimi, aby se celý logistický řetězec mohl řídit co nejefektivněji.

2.2 Komunikační technologie

Bezdrátové komunikační technologie zabezpečují přenos dat v síti bez kabelů. Oproti tomu je síť LAN (Local Area Network) vytvořena z minimálně dvou kabelem propojených zařízení, které je možno nazvat uzly sítě. Z počátku byly bezdrátové technologie použity pro hlasovou komunikaci ve formě mobilních sítí pro telefony. Myšlenka výhod bezdrátového přenosu dat byla rychle implementována i do LAN a vzniká tak pojem bezdrátová síť WLAN (Wireless Local Area Network). WLAN je obecným pojmem jakékoliv bezdrátové sítě v určitém prostoru. Mobilní síť a síť WLAN spolu prvotně nekomunikovali. Brzy však nastala potřeba, prostřednictvím mobilních sítí kromě hlasu přenášet i data a pomocí LAN i WLAN kromě dat přenášet i hlasovou komunikaci, díky čemuž dochází k vývoji konvergovaných sítí. Konvergované sítě umožňují přenášet všechny druhy provozu tedy hlas, data, video a další. [18]

2.2.1 Ethernet

Ethernet významnou mírou přispěl k rozšíření LAN mezi širokou veřejnost. Ethernet je rodina technologií pro kabelové počítačové sítě, které se běžně používají v LAN, metropolitních MAN a rozsáhlých WAN sítích. Byl komerčně zaveden v roce 1980 a poté standardizován organizací IEEE roku 1983 jako IEEE 802.3. Ethernet jako médium pro přenos dat mezi zařízeními v síti používá měděné kabely s kroucenou dvojlinkou a optické kabely. V běžné praxi počítač připojený k síti kabelem nejčastěji komunikuje rychlostí 100 Mbps nebo 1 Gbps, přičemž maximální přenosová rychlost skrze Ethernet je až 400 Gbps. Ethernet je nejrozšířenější technologie pro počítačové sítě na světě a je kompatibilní s mnoha dalšími síťovými protokoly a zařízeními. V síti Ethernet jsou data rozdělena na pakety, přičemž každý paket je přenášen pomocí algoritmu CSMA/CD, dokud nedorazí na místo určení, tak aby nedošlo ke kolizi s jiným paketem. Ethernet umožňuje souběžně s přenosem dat také napájení zařízení pomocí technologie PoE popsány normou 802.3af (Power over Ethernet). [19]

2.2.2 Wi-Fi

Wi-Fi (Wireless Fidelity) doslovně přeložena jako „bezdrátová věrnost“ je typem sítě WLAN založená na normách IEEE 802.11, která umožňuje vysokorychlostní přenos dat na kratší vzdálenosti pomocí vysílání rádiových vln tedy elektromagnetického vlnění. Informace přenášená po rádiových vlnách se na nosnou frekvenci přidává různými modulacemi. Wi-Fi se stala celosvětově synonymem pro bezdrátový Ethernet, se kterým je kompatibilní. Název Wi-Fi je rovněž ochrannou známkou organizace Wi-Fi Alliance. Wi-Fi síť pomáhá:

- rozšířit dosah pro připojení k síti,
- snížit náklady na vybudování sítě,
- zabezpečit připojení k síti pro přenosná zařízení,
- provést poměrně rychlou instalaci pokrytí signálem pro velký počet současně připojených zařízení,
- pokrýt místa, ve kterých není možnost instalace kabelové struktury,
- pokrýt signálem rozlehlé prostory jako sklady, výrobní haly, kancelářské prostory, ale i datově propojit odlehlé budovy. [20]

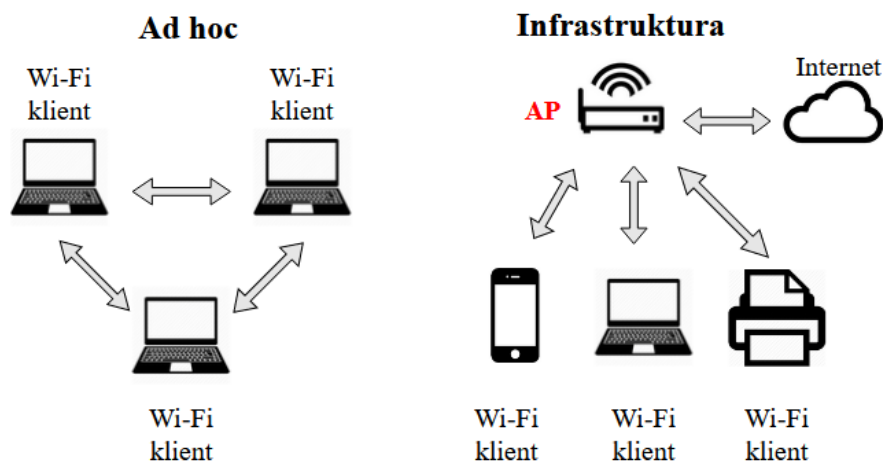
Přenosovým médiem pro Wi-Fi je vzduch. Ve Wi-Fi síti je využit algoritmus CSMA/CA. Stejně jako u CSMA/CD je podstatou obou algoritmu minimalizovat vznik kolizí

přenášených dat. Metoda CSMA/CD se snaží minimalizovat kolize detekcí a následným zastavením vysílání, zatímco metoda CSMA/CA se snaží minimalizovat kolize pomocí náhodného opoždění vysílání a vyčkávání. [18]

2.2.3 Wi-Fi architektura

BSS (Basic Service Set) neboli buňka je základní jednotkou tvořenou skupinou zařízení komunikujících s jedním přístupovým bodem ve Wi-Fi síti. BSS v normě 802.11 podporuje dvě bezdrátové základní architektury:

- Ad hoc je první architekturou sítě, kde jsou zařízení vybavené Wi-Fi síťovou kartou propojeny napřímo bez potřeby přístupového bodu. Tento režim je využíván spíše okrajově pro přenos dat mezi počítači,
- Infrastruktura je druhým typem architektury, ve které hraje nezaměnitelnou roli přístupový bod AP (Access Point). AP je staticky umístěným vysílačem Wi-Fi signálu, který je většinou připojen pomocí ethernet kabelu k LAN a je použit pro vytvoření trvalého pokrytí vymezeného prostoru Wi-Fi signálem. Funkcí AP je zabezpečení komunikace mezi klienty v rámci Wi-Fi sítě a také přemostění jejich komunikace do sítě LAN nebo internetu.



Obr. 2.3 Znázornění bezdrátové architektury

Zdroj: vlastní zpracování

Identifikátor BSSID (Basic Service Set Identifier) určuje konkrétní přístupový bod v rámci dané BSS. BSSID je tvořeno HW MAC (Media Access Control) adresou zařízení, která je definována přímo výrobcem AP a umožňuje doručení paketů na správné AP. SSID je uživatelsky nastavitelný logický název sítě vysílaný AP. Pro připojení zařízení

k síti je nutné znát správné SSID (Service Set Identifier). Jeden AP může vysílat několik různých SSID nebo SSID vysílat skrytě (Hidden SSID). [18]

2.2.4 Wi-Fi vývoj

Wi-Fi prochází vývojem stejně jako Ethernet. Cílem vývoje u Wi-Fi sítí je dosáhnout především:

- nárůstu přenosové rychlosti (propustnosti),
- zlepšení odezvy (latence),
- větší bezpečnosti přenášených dat a samotného připojení k síti,
- zvětšení dosahu sítě a její stability.

Tabulka Tab. 2.2 zřehledňuje nové značení Wi-Fi norem, kde písmena za 802.11 uvádí danou normu. Pro mnoho uživatelů je rozsáhlá řada norem Wi-Fi na trhu matoucí, proto došlo ke zjednodušení značení norem zásahem organizace Wi-Fi Alliance.

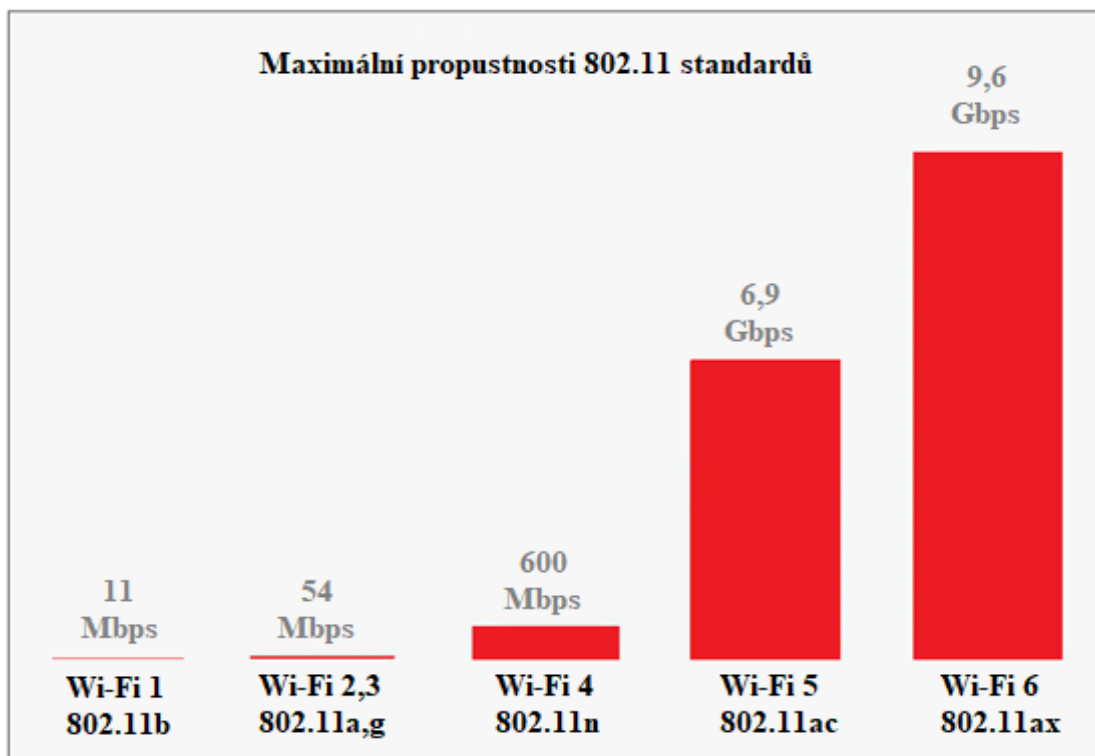
Tab. 2.2 Přehled Wi-Fi norem

Norma	Název	Frekvence přenosu GHz	Maximální propustnost	Max. šířka kanálu MHz	Mechanismus přenosu	Rok vzniku
802.11	Wi-Fi 0	2,4	2 Mbps	22	DSSS / FHSS	1997
802.11b	Wi-Fi 1	2,4	11 Mbps	22	DSSS	1999
802.11a	Wi-Fi 2	5	54 Mbps	20	OFDM	1999
802.11g	Wi-Fi 3	2,4	54 Mbps	20	OFDM	2001
802.11n	Wi-Fi 4	2,4; 5	600 Mbps	40	MIMO OFDM	2009
802.11ac	Wi-Fi 5	5	6,9 Gbps	160	MU-MIMO OFDM	2013
802.11ax	Wi-Fi 6	2,4; 5	9,6 Gbps	160	MU-MIMO OFDMA	2019
	Wi-Fi 6e	2,4; 5; 6				2020

Zdroj: vlastní zpracování dle [20]

Pomocí grafu Graf 2.1 je znázorněn nárůst maximální teoretické propustnosti v závislosti na normě použitého AP. Markantní je především nárůst přenosových rychlostí v horizontu dvou desítek let.

Nejnovější mechanismus MU-MIMO umožňuje komunikovat AP s více klientskými zařízeními naráz. Mechanismus OFDMA rozděluje kanál na menší části a umožňuje AP posílat data na více zařízení najednou na různých částech kanálu, což zvyšuje rychlost a snižuje zpoždění přenosu dat. [21]



Graf 2.1 Srovnání propustnosti Wi-Fi dle norem

Zdroj: vlastní zpracování

2.2.5 Wi-Fi omezení komunikace

Na kvalitu připojení přes Wi-Fi síť působí mnoho různých faktorů, které způsobují při přenosu dat jevy jako zpomalení rychlosti, výpadky nebo ztrátu spojení. Těmito nežádoucími faktory jsou:

- překážky při šíření signálu způsobují pokles úrovně signálu. V zájmu zachování spojení dochází s poklesem úrovně signálu ke snížení modulace, což má za následek snížení propustnosti až po úplnou nefunkčnost. Průchodnost signálu je závislá na síle a materiálu překážky. Překážkami jsou myšleny fyzické bariéry jako stěny, stropy, statické objekty v prostoru viz kovové regály, dopravníkové pásy, ale i pohybující se objekty, kterými mohou být vysokozdvizné vozíky nebo jiná manipulační technika,
- interference neboli rušení je převážně způsobeno jinými Wi-Fi sítěmi a zařízeními pracujícími ve stejné frekvenci jako samotná síť tedy Bluetooth zařízeními, bezdrátovými telefony nebo mnohdy špatně nakonfigurovanou Wi-Fi sítí s více AP. V uzavřených prostorách jako jsou skladové haly, může k interferencím docházet i vlivem odrazu signálu od kovových stěn a překážek,

- nedostatečný výkon má za následek snížení dosahu sítě, příčinou může být problém s anténou AP, vadný router nebo nevhodně umístění router,
- vysoký počet současně připojených klientů má vliv na výpočetní výkon procesoru AP, který při vysokém zatížení pomaleji zpracovává přenášená data,
- omezená šířka pásma plyne z nutnosti dodržovat stanovené normy. Pro každou frekvenci je stanovený rozsah kmitočtového pásma. V nižší frekvenci 2,4 GHz signál lépe prochází přes překážky nicméně je zde limit pro využití pouze 13 kanálů o šířce 5 MHz, snadno tedy dojde k zaplnění pásma a překrytí signálů. Ve vyšší frekvenci 5 GHz a 6 GHz situaci výrazně zlepšuje vyšší počet využitelných kanálů a vyšší povolený vyzařovací výkon, avšak platí, že s vyšší frekvencí se zkracuje vlnová délka a o to hůře tento signál prochází přes překážku. [18]

2.2.6 Wi-Fi bezpečnost

Existuje řada možností, jak přistupovat k zabezpečení Wi-Fi. Sítě mohou být provozovány jako otevřené bez zabezpečení nebo se zabezpečením pomocí autentizace či certifikátu. K otevřené síti se může připojit jakékoliv zařízení v dosahu, což sebou přináší bezpečnostní rizika, proto je zabezpečení Wi-Fi sítě nutností. Bezpečnost Wi-Fi jde ruku v ruce s vývojovou větví jednotlivých norem 802.11. Zpočátku se Wi-Fi zabezpečovala také pomocí Access listu, ve kterém byl zanesen seznam MAC adres zařízení oprávněných se k síti připojovat. Toto řešení je však nepraktické z důvodu velkého počtu zařízení, přičemž zejména mobilní telefony mohou na své bezdrátové kartě nahodile MAC adresu měnit. Nejjednodušším zabezpečením je nastavení hesla, jehož znalost je potřebná pro připojení. U rodiny standardů WPA s příznakem Personal je minimální délka hesla 8 znaků. Logicky delší heslo činí síť bezpečnější. Existuje však také možnost autentizace WPA s příznakem Enterprise, kdy uživatel pokoušející se připojit k síti ověřuje skrze autentizační RADIUS server, pomocí svého uživatelského jména a hesla spravovaného třeba v Active Directory (AD). Výhodou tohoto nastavení je možnost využití skupinových politik, čímž se každému přihlášenému uživateli mohou definovat různé úrovně oprávnění přístupu v síti. Následující standardy jsou používány pro zabezpečení Wi-Fi:

- WEP (Wired Equivalent Privacy) první, dnes již zastaralý protokol vyvinutý v roce 1997. WEP šifruje data přenášená v bezdrátové síti na základě statického klíče. Šifrovacím algoritmem je proudová šifra RC4. Vzhledem k mnoha zranitelnostem byl

v roce 2004 organizací Wi-Fi Alliance oficiálně vyřazen, přesto je však možné jej při konfiguraci AP stále nastavit,

- WPA (Wi-Fi Protected Access) byl vyvinut v roce 2003 a rok poté začleněn pod normu 802.11i. Využívá šifrování TKIP se stejnou šifrou RC4 jako WEP, protokol však šifruje každé spojení jedinečným šifrovacím klíčem. Tento standard je mnohem bezpečnější než WEP, přesto však jeho použití již není aktuálním,
- WPA2 je vylepšenou verzí WPA. Využívá protokol CCMP tzn. šifrování pomocí 128bitového klíče s dynamicky generovanými klíči. Dále je použit symetrický algoritmus šifrování přenášených dat AES (Advanced Encryption Standard). Spolu s dalšími funkcemi je zajištěno utajení a integrita dat. Zavedením povinných prvků 802.11i do WPA2 došlo k vytvoření základního rámce pro bezproblémový roaming,
- WPA3 je posledním nejaktuálnějším protokolem představeným v roce 2018. Výrobci pro získání certifikace AP normou Wi-Fi 6, musí do svých zařízení podporu WPA3 implementovat. Významným posunem v bezpečnosti je nahrazení PSK autentizace za SAE, která je odolná vůči slovníkovým útokům na prolomení hesla. Jsou možná nastavení zajišťující zpětnou kompatibilitu s WPA2. [18]

Doporučením je na AP nastavit a využívat minimálně normu WPA2 AES.

2.2.7 Wi-Fi roaming

Roaming je užitečnou síťovou funkcí. K jeho využití dochází, když se bezdrátové zařízení přesune mimo použitelný dosah AP a připojí se k jinému AP se silnějším signálem, přičemž podstatou je automatická funkčnost bez zásahu uživatele. Pro využití roamingu je zapotřebí mít v daném prostoru nainstalované nejméně dvě AP, které musí být nakonfigurovány tak, aby vysílali stejné SSID a měly stejné autentizační parametry, zároveň musí jak AP, tak klientské zařízení splňovat standard 802.11r. Princip spočívá v přepojení zařízení na jiné AP bez nutnosti opětovné autentizace. Další standardy 802.11k a 802.11v pak zabezpečují především výměnu informací o síle signálu klienta a možnostech přepojení mezi zařízeníem a AP. Přepojení na AP s lepším signálem je však do značné míry řízeno samotným klientským zařízením a výrobcem přednastavenými parametry. [21]

3 Prostředí skladovacího areálu

Společnost Kassex s.r.o. byla založena v roce 1992 a zaměřuje se na kompletní dodávky materiálů pro strukturované kabeláže a technicky mimořádně náročná a komplikovaná řešení v oboru kabelážních systémů. Následně v roce 1993 firma získala statut prvního oficiálního distributora firmy BELDEN v České republice. V roce 1994 se stala distributorem další americké firmy PANDUIT. Nabízí pasivní i aktivní komponenty např. metalické kabely, optické kabely, průmyslové kabely, konektory, datové rozvaděče, switche, routery a IP kamery. [22]



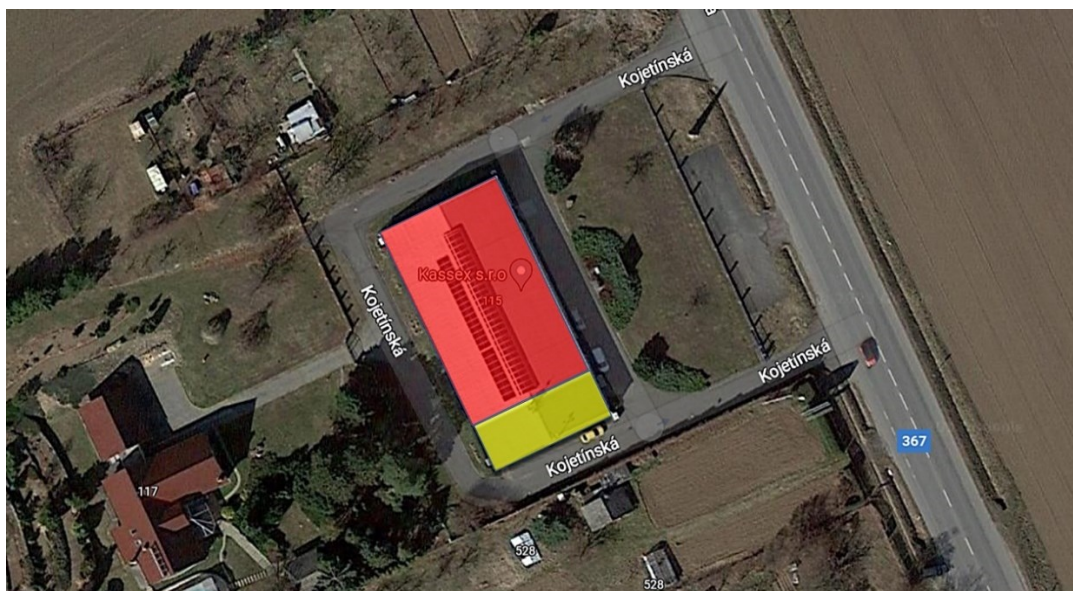
Obr. 3.1 Čelní pohled na halu firmy Kassex s.r.o.

Zdroj: vlastní zpracování

3.1 Prostředí haly

Firma disponuje vlastní, zhruba 25 let starou, plechovou halou ve městě Kroměříž na ulici Kojetínská o ploše 1000 m². Pozice haly je umístěna do těsné blízkosti dálnice D1. Hala je uvnitř rozdělena pomocí zděné příčky do dvou částí. První část o velikosti 200 m² obsahuje kancelářské prostory včetně sociálního zázemí pro zaměstnance, expedice a serverovny (žlutá část obrázku Obr. 3.2). Druhá část haly zhruba 800 m² je využívána jako skladovací prostor pro nabízený sortiment (červená část obrázku Obr. 3.2). Konec druhé části je využit pro technické zázemí a materiál údržby. Hala je osazena světlíky,

zářivkovými svítidly a vytápěním zavěšeným pod střešou haly. V rámci skladových prostor firma disponuje poměrně nízkým počtem regálové zástavby. Velká část prodávaného sortimentu je uskladněna v jedné nebo dvou úrovních na zbývajících volných plošech s využitím palet či stohování palet. Skladová hala není aktuálně pokryta žádným Wi-Fi signálem a také v ní chybí rozvod strukturované kabeláže. Kanceláře pokrývá jeden běžný Wi-Fi AP pracující v normě Wi-Fi 4 na frekvenci 2,4 GHz.



Obr. 3.2 Letecký snímek skladové haly

Zdroj: vlastní zpracování (snímek z maps.google.com)



Obr. 3.3 Snímek skladové haly – pohled směrem ke kancelářím

Zdroj: vlastní zpracování

Na následujícím obrázku Obr. 3.4 je pomocí barevného rozlišení znázorněno rozdělení kanceláří a skladové haly. Stejně jako v Obr. 3.2 je žlutě znázorněn prostor pro kanceláře včetně zázemí, červeně pak plocha pro skladování a údržbu.



Obr. 3.4 Půdorys haly firmy

Zdroj: vlastní zpracování

3.2 Prostředí systému

Firma používá ERP systém ABRA Gen, ve kterém vede účetnictví, eviduje nákup a prodej, finance, CRM (Customer relationship management) a v neposlední řadě zásoby na skladu. Aktuálně zaměstnanci firmy přijímají zboží do systému převážně ručně na základě dodacích listů v okamžiku přijetí dodávky. Rovněž expedice obnáší manuální proces zadávání fakturovaných položek do systému pracovníkem. Tyto procesy probíhají na několika počítačových pracovištích připojených terminálově k ERP, které jsou umístěny v kancelářích. Při vyšším počtu přijímaných položek firma využívá čtečku čárových kódů s napojením na ERP systém. Čtečka čárových kódů pracuje v off-line režimu. Využívá se dávkové zpracování a přenos dat do ERP. Synchronizace může probíhat pouze v kancelářích po připojení čtečky k počítači kabelem nebo po připojení čtečky k Wi-Fi síti.

3.3 Aktuální stav firmy

Firma se na podzim roku 2022 stala výhradním distributorem nové značky sortimentu, přičemž došlo nárůstu poptávky a zrychlení obrátkovosti položek ve skladu. Některé z nových položek sortimentu obsahují sériové číslo, se kterým je potřeba nově pracovat v rámci ERP systému. Stávající řešení začalo být neefektivní. Z tohoto důvodu zvažuje majitel firmy modernizaci a vylepšení technologie skladového hospodářství. Součástí plánu je mimo jiné rozšíření regálové zástavby. Z výše uvedených důvodů je nutná změna procesů v režimu skladu a také technologického vybavení firmy.

3.4 Potřeby firmy

Především je zapotřebí urychlit proces příjmu a vyskladnění zboží a minimalizovat případnou chybovost při práci. Možným řešením je zvýšení počtu pracovníků ve skladě a vylepšení skladovacího systému. Dalším z požadavků firmy je nasazení moderního Wi-Fi systému umožňujícího roaming a centrální správu sítě včetně monitoringu stavu klientů připojených na bezdrátovou síť. Posledním požadavkem je vytvoření sekundární Wi-Fi sítě pro hosty, která bude oddělená od podnikové sítě z důvodu bezpečnosti.

4 Typové příklady

Firma stála před rozhodnutím, jakým způsobem změní technologii fungování WMS. Nasnadě je výběr z několika možností.

Přechod na RFID

Varianta přechodu na RFID je technicky náročná. Současný ERP systém sice podporuje rozhraní pro tuto variantu práce se zbožím, ale přechod na něj sebou přináší jisté náležitosti. Pro zavedení RFID systému jsou vyžadovány komponenty jako antény, čtečky, sběrné brány signálu, což sebou nese nevýhody v podobě vysokých pořizovacích nákladů. Byť RFID využívají EAN, z pohledu předávaných dat je tedy načítání položek podobné jako u čteček čárových kódů, bylo by třeba middlewarem čtečky řešit násobná čtení. Také by muselo dojít k zaškolení zaměstnanců na nové řešení.

Využití čteček čárových kódů v režimu off-line

Varianta využití čteček v off-line režimu zvyšuje časovou náročnost manipulace se skladovanými produkty. Před zahájením jakékoliv skladové operace je nutno provést synchronizaci čteček se systémem. Synchronizace může proběhnout buďto bezdrátově v dosahu Wi-Fi sítě nebo propojením čtečky s počítačem připojeným k firemnímu systému. Vzhledem k absenci Wi-Fi pokrytí haly by se musela synchronizace realizovat v zázemí kanceláří. Možností by také bylo vybudování statického terminálu se systémem přímo ve skladové hale.

Využití čteček čárových kódů v režimu online

Varianta využití čteček v online režimu přináší výhody v podobě automatického zápisu dat do systému, součinnosti více pracovníků, nepřetržitého sledování stavu přípravy objednávky a práce v reálném čase. Čtečky se v tomto případě připojí pomocí svého bezdrátového rozhraní k firemní síti a nemusí se nárazově synchronizovat, jelikož se každý provedený úkon ověřuje a zapisuje rovnou do ERP systému. Čtečky jsou náchylné na výpadky spojení, protože při nich může dojít k přerušení navázané komunikace se systémem. Vzhledem k velikosti skladových prostor a plánované regálové zástavby bude nutné instalovat více Wi-Fi AP pro zabezpečení dostatečného pokrytí

a spolehlivého přenosu dat bez výpadků. V případě instalace několika samostatných AP by mohlo docházet k vzájemnému rušení signálu a nutnosti spravovat každý AP individuálně. Rovněž několik samostatných AP, které nejsou nijak řízené, nemohou vytvořit síť s jedním SSID a funkcí roamingu, která je potřebná pro udržení spojení čtečky se sítí při pohybu skladníka po různých místech skladu.

4.1 Typové řešení LAN

Jednou z možností off-line řešení je instalace datových rozvodů do skladu firmy, což se považuje za velmi spolehlivé řešení. Ve většině hal dochází k vytvoření datové struktury až po jejich vybudování. Rozvod se proto vede po bočních stěnách hal nebo různých lávkách či převisích ve stropních částech a instaluje se do žlabů k tomu určených. Přitom by měl být umístěn v chráničkách. Po realizaci rozvodů by v případě firmy bylo dále potřeba vytvořit několik stacionárních pracovišť ve skladu. Pracoviště by musely obsahovat stůl, přívod elektrické a datové sítě a počítač vybavený čtečkou. Počítač by byl trvale připojen pomocí sítě k ERP a skladník by musel zboží přesouvat ke svému pracovišti, u kterého by jej pomocí čtečky načel do příjemky nebo výdejky dle typu operace ve skladě. V případě firmy je toto řešení realizovatelné, jelikož již vlastní vybudovanou datovou síť v kancelářích a disponuje serverovnou a rackem, ve kterém by se rozšíření datové sítě skladu zakončilo. Toto řešení má řadu benefitů, ale také několik nevýhod.

Výhody LAN řešení:

- rychlost přenosu dat, běžným rozvodem bývá dosahováno rychlosti 1 Gbps,
- spolehlivost přenosu dat přes kabel se přibližuje k 100 %,
- nízká latence a kybernetická bezpečnost přenosu dat.

Nevýhody LAN řešení:

- vysoké náklady na instalaci datové sítě, i zřízení každého pracoviště,
- omezená mobilita z důvodu instalace datových zásuvek do statických míst ve skladu, se kterou souvisí nárůst manipulace se zbožím a z něj plynoucí navýšení času zpracování jednotlivých skladovacích operací,
- omezená flexibilita, která pramení z nemožnosti připojit čtečku rovnou na ethernet kabel,
- omezená rozšiřitelnost počtu připojených zařízení odvislých na počtu zásuvek.

4.2 Typové řešení roaming

Při výběru vhodného online řešení je potřeba navrhnout takový systém, který bude podporovat funkce roamingu a který bude možno kontrolovat pomocí jedné centrální správy. Pro zabezpečení plného Wi-Fi pokrytí haly je nutností použít vícero AP. Zároveň je vhodné přihlídnout k novým trendům v oblasti Wi-Fi technologií a zvolit tak AP podporující novou normu Wi-Fi 6. Jelikož sklad firmy je převážně otevřenou plochou, bude v něm docházet k dobrému šíření jak nižší frekvence 2,4 GHz tak vyšší frekvence 5 GHz, což Wi-Fi 6 perfektně splňuje, jelikož tyto AP vysílají souběžně v obou frekvencích. Dalším doporučením, proč zvolit AP s normou Wi-Fi 6, je také budoucí technologická udržitelnost a oddálení další brzkých investic do modernizace Wi-Fi sítě. Tyto parametry splňuje samozřejmě HW řady různých výrobců prvků Wi-Fi sítí, například jsou to MikroTik, Ubiquiti, Ruckus Wireless, HPE Aruba a další.

4.3 Typové řešení mesh

Technologie mesh bývá často zaměňována s technologií roaming. Oba tyto pojmy souvisí s vysíláním vícero AP souběžně pro rozšíření pokrytí zamýšleného prostoru například skladové haly jedním SSID. Nicméně jsou to dvě různé technologie. Pro připomenutí u technologie sítě využívající roaming je každý AP připojen ethernetem do LAN sítě. Zatímco technologie mesh využívá decentralizovanou topologii, kde se jedno AP připojuje k jinému AP pomocí již existující bezdrátové sítě. V řešení mesh tedy odpadá nutnost mít každé AP připojené kabelem do LAN sítě. Jedinou potřebou je přívod elektrické energie, do jejíž blízkosti se umístí PoE napaječ a AP se připojí krátkým ethernet kabelem. Rovněž AP připojené pomocí mesh musí být nainstalováno v místě dobrého dosahu signálu bezdrátové sítě, kterou má rozšiřovat. Technologie mesh i roaming se dají také kombinovat.

Výhody mesh sítě:

- odpadá nutnost instalace kabeláže mezi serverovnou a každým AP,
- možnost využití v místech, kde by nebylo reálné instalovat datový rozvod z důvodu složitosti nebo velké vzdálenosti od některého z hlavních uzlů sítě,
- nižší pořizovací náklady.

Nevýhody mesh sítě:

- nižší propustnost a vyšší latence,
- v případě špatného rozmístění AP může dojít ke snížení výkonu celé sítě.

4.4 Výběr řešení

Vzhledem k potřebám firmy jsem po konzultaci s majitelem navrhnul bezdrátové řešení, které obnáší vybudování Wi-Fi sítě a práci skladníků v online režimu, což by mělo zkvalitnit přesnost a rychlost práce a také usnadnit orientaci ve skladu. Zmiňovaní výrobci Wi-Fi zařízení nabízí své produkty v různých cenových hladinách a také s různou náročností konfigurace a úrovní centrální správy. Mezi cenově dostupné je možno zmínit technologie firem MikroTik a Ubiquiti.

Technologie Ruckus Wireless a HPE Aruba jsou považovány za velmi profesionální řešení vhodné pro vysoké zatížení a množství klientů přenášejících velké objemy dat. Tyto potřeby vznikají ve velkých kancelářích s mnoha zaměstnanci nebo při pokrytí venkovních prostor se stovkami připojených zařízení, což odráží vyšší pořizovací cena. Také obsahují technologie, které se pro Wi-Fi síť ve skladě nevyužijí. Vzhledem k cenovému očekávání majitele proběhlo rozhodování mezi technologií Mikrotik a Ubiquiti.

MikroTik je lotyšská společnost založená v roce 1996, jejímž hlavním produktem je SW systém RouterOS a HW řešení RouterBOARD. Specializuje se na vývoj a výrobu řešení pro datové sítě, především routery, switche a AP. CAPsMAN server je komponenta MikroTik RouterOS, která umožňuje správu několika bezdrátových přístupových bodů z jednoho místa. Každý bezdrátový přístupový bod je nakonfigurován jako CAPsMAN klient a připojuje se ke CAPsMAN serveru. Server pak zastává roli kontroléru a řídí všechny připojené klienty, kteří vysílají v dané oblasti.

Ubiquiti Networks je americká společnost založená v roce 2003 se specializací na vývoj a výrobu síťových řešení. Vyznačuje se moderním designem svých produktů a inovativními technologiemi. Mezi její nejpopulárnější produkty patří rovněž routery, switche a AP. Distribuuje celou řadu výrobků podporujících centrální správu, tedy konfiguraci, monitoring a ovládání pomocí kontroléru, pod označením UniFi Controller. Svoji technologii umožňující dohled a řízení koncových zařízení v síti pojmenovala společnost názvem UniFi SDN (Software-Defined Networking).

MikroTik a jeho kontrolér CAPsMAN se spravuje pomocí utility WinBox, kdežto Ubiquiti a jeho kontrolér se spravuje pomocí univerzálního web rozhraní. MikroTik je otevřenou platformou, která disponuje řadou možností individuálních konfigurací a velmi detailních nastavení s možností např. automatizovaně spouštět různé skripty.

Především pro jednoduchost konfigurace a uživatelsky příjemný management s možností přístupu do správy přes cloud jsem pro test doporučil systém od výrobce Ubiquiti.

4.5 Test řešení

Firmou jsem byl poté požádán o provedení testu navrhnutého Wi-Fi řešení. Pro potřeby testování byly firmou zapůjčeny komponenty uvedené v tabulce Tab. 4.1. Pomocí těchto síťových komponentů jsem provedl zkušební instalaci.

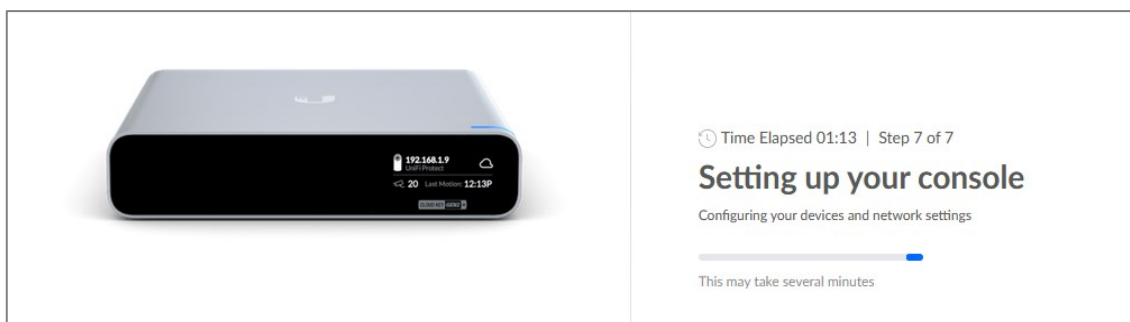
Tab. 4.1 Komponenty pro test pokrytí haly

Produkt	Počet ks	Cena za ks s DPH	Celková cena s DPH	Účel
Ubiquiti UniFi Switch Pro 48	1	15 900 Kč	15 900 Kč	Propojení s datovou sítí firmy a napájení AP pomocí PoE
Ubiquiti UniFi 6 Long Range	4	5 022 Kč	20 088 Kč	Wi-Fi s normou 6 pro pokrytí skladové haly
Ubiquiti UniFi Cloud Key Gen2 Plus	1	5 264 Kč	5 264 Kč	cloudový kontrolér s centrální správou
Příslušenství ethernet kabel a konektory	1	1 000 Kč	1 000 Kč	datový kabel pro napájení a připojení Wi-Fi AP
Cena celkem		42 252 Kč s DPH		

Zdroj: vlastní zpracování, orientační ceny dle prodejce www.i4wifi.cz

4.5.1 Postup prvotního zapojení a konfigurace

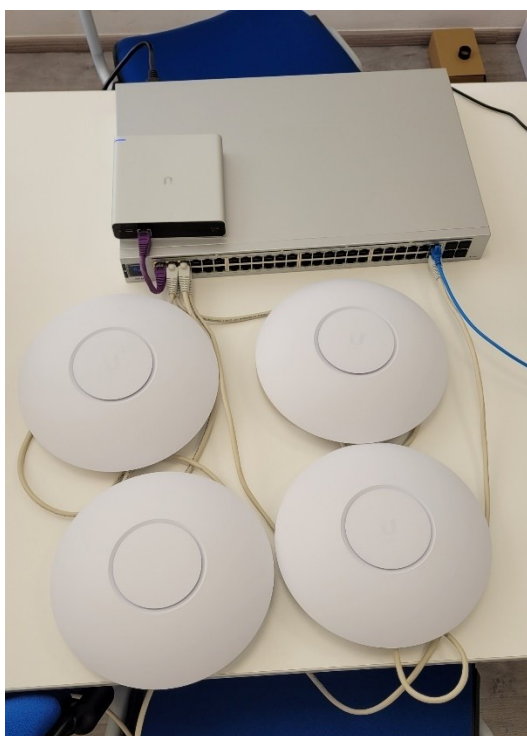
V prvním kroku jsem propojil PoE switch, kontrolér a počítač. Pomocí počítače s operačním systémem Windows jsem nakonfiguroval pouze kontrolér. Konfigurace kontroléru je poměrně jednoduchá, skládá se ze sedmi kroků, přičemž je vhodné si vytvořit online účet u výrobce. Samotná konfigurace probíhá přes www rozhraní prohlížeče pomocí IP adresy, jenž se zobrazuje na displeji kontroléru. Switch se pak nastavuje a řídí právě pomocí webového rozhraní kontroléru a nemá své vlastní webové rozhraní.



Obr. 4.1 Detail kontroléru

Zdroj: vlastní zpracování

Následně doporučuji provést aktualizaci firmware kontroléru v menu jeho správy. Dalším krokem konfigurace bylo propojení čtyř kusů AP pomocí ethernet kabelu se switchem.



Obr. 4.2 Propojení všech prvků Wi-Fi sítě pro konfiguraci

Zdroj: vlastní zpracování

AP signalizují své zapnutí kruhovým led osvětlením bílé barvy. Nezbytným krokem je asociace (adoption), což je proces osvojení switchu a AP v menu kontroléru. V okamžiku dokončení asociace a ověření funkčnosti spojení s internetem dojde u AP ke změně led osvětlení na modrou barvu. V tomto okamžiku je možné všechny prvky sítě řídit a monitorovat pomocí kontroléru. Rovněž následná konfigurace probíhá centrálně.

TYPE	NAME	STATUS	IP ADDRESS	CONNECTION	NETWORK	EXPERIENCE	FIRMWARE STATUS
USW-48-PoE	USW-48-PoE	Online	192.168.88.140	Wired	LAN	GbE	Up to date
U6-LR	U6-LR	Online	192.168.88.172	Wired	LAN	No Clients	Up to date
U6-LR	U6-LR	Online	192.168.88.106	Wired	LAN	No Clients	Up to date
U6-LR	U6-LR	Online	192.168.88.239	Wired	LAN	No Clients	Up to date
U6-LR	U6-LR	Online	192.168.88.176	Wired	LAN	No Clients	Up to date

Obr. 4.3 Přehled prvků po asociaci ke kontroléru

Zdroj: vlastní zpracování

V rámci konfigurace Wi-Fi parametrů byla v kontroléru vytvořena síť s SSID: Kassex a zvoleno šifrování dvanáctimístným WPA klíčem: Kromeriz2023.

NASTAVENÍ

- Umístění
- Bezdrátové síť**
- Sítě
- Směrování & Firewall
- Threat Management
- Hloubková analýza (DPI)
- Kontrola hostů
- Profily
- Služby
- Skupiny uživatelů
- Controller
- User Interface

Bezdrátové síť

VYTVOŘIT NOVOU BEZDRÁTOVOU SÍŤ

Název/SSID:

Povoleno: Povolit tuto bezdrátovou síť

Zabezpečení: Otevřená WEP WPA Personal WPA Enterprise
 Hotspot 2 OSEN

Sdílený klíč:

WPA3: Support WPA3 connections

For APs that do not support WPA3, this will be treated as WPA2 if WPA3 Tran

WPA3 Transition Mode: Support WPA2 connections on same SSID

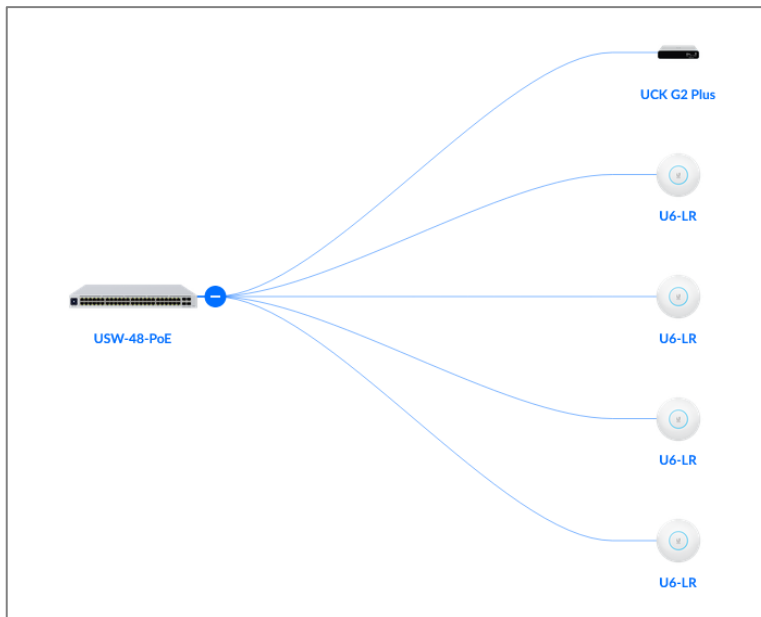
Zásady pro hosty: Použít zásady pro hosty (captive portál, ověřování hostů, přístup)

Network:

Obr. 4.4 Konfigurace Wi-Fi sítě v kontroléru

Zdroj: vlastní zpracování

Kontrolér pak všechny předem nadefinované parametry požadované sítě nastaví do připojených AP, které po automatickém restartu začnou vysílat novou bezdrátovou síť s předdefinovanými parametry. Tento krok je možné opakovat pro další SSID, které mohou sloužit jako síť pro hosty a návštěvy. Tuto síť pro hosty nebo i jiné SSID lze nakonfigurovat s možností oddělení datového provozu od provozu firmy pomocí technologie VLAN, jejíž podpora je u profesionálních řešení samozřejmostí. Kontrolér velmi přehledně zobrazuje topologii prvků zapojených v LAN síti na obrázku Obr. 4.5.



Obr. 4.5 Topologie prvků sítě

Zdroj: vlastní zpracování

4.5.2 Postup testovací realizace

V druhé fázi jsem provedl zkušební realizaci ve skladě, přičemž jsem kladl důraz na správné rozmístění jednotlivých AP, což hraje klíčovou roli v následné kvalitě Wi-Fi pokrytí haly. HW včetně počítače byl přemístěn do haly firmy a pomocí různě dlouhých ethernetových kabelů byly AP připojeny a rozmístěny po skladu.



Obr. 4.6 Zkušební realizace v hale

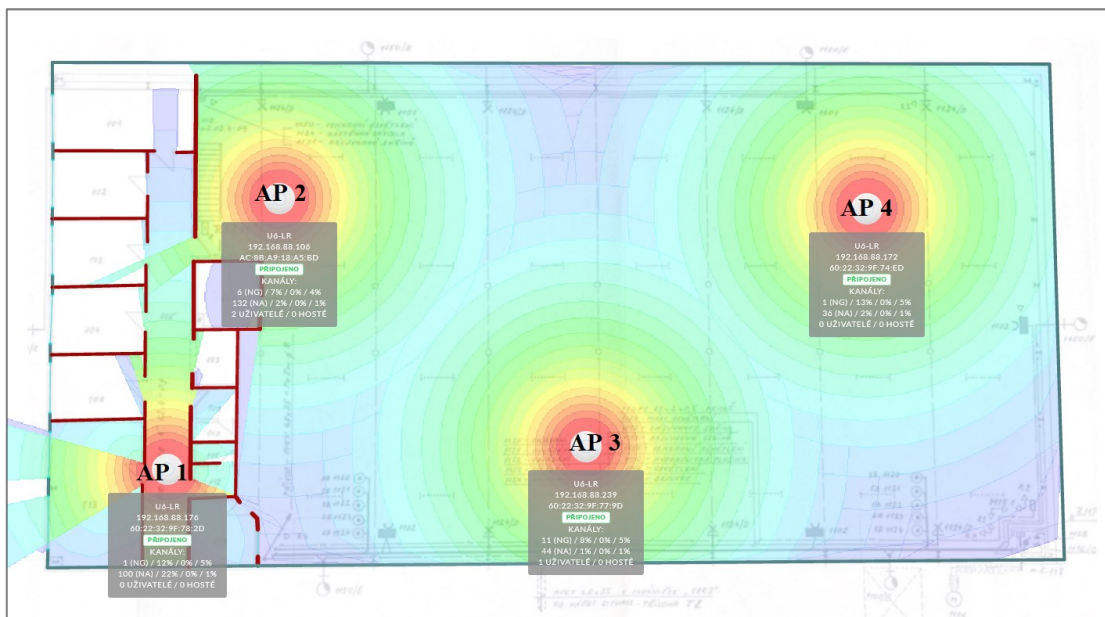
Zdroj: vlastní zpracování

Otázkou tedy zůstává, jakým způsobem vybrat vhodné umístění pro jednotlivé AP. Požadavkem firmy bylo zajistit pokrytí haly i kancelářských prostor. Využitý kontrolér nabízí řešení v podobě vytvoření plánu podlaží (Floorplan). Pro vytvoření plánu byl použit půdorys z obrázku Obr. 3.4. Do něj byly pomocí menu vloženy jednotlivé materiály, ze kterých je hala složena, tedy obvod z plechu, příčky zděné z cihel a v rámci kancelářských prostor také okna. Při vkládání příček se zvolí i jejich tloušťka, což následně definuje útlum pro vysílaný signál v prostředí haly.

● sádkokarton (3 dB / 4 dB)	● cihly (12 dB / 20 dB)	● dvojitě pokovené sklo (13 dB / 20 dB)
● přepážka (3.5 dB / 7.5 dB)	● beton (12 dB / 20 dB)	● neprůstředné sklo (10 dB / 20 dB)
● dřevě (3.5 dB / 6.5 dB)	● sklo (2.5 dB / 7 dB)	● ocel (16 dB / 28.5 dB)

Obr. 4.7 Definované útlumy Wi-Fi signálu při průchodu překážkou

Zdroj: vlastní zpracování



Obr. 4.8 Plán podlaží s pokrytím Wi-Fi signálem

Zdroj: vlastní zpracování

Plán podlaží tedy může napomoci, jak s výběrem vhodného umístění, tak s automatickou konfigurací kanálů a výkonu pro vysílání jednotlivých AP, aby bylo zajištěno co nejlepší pokrytí bez vzájemného rušení mezi AP.

Tab. 4.2 Přehled využití kmitočtového spektra

Vysílač	Kanál 2,4 GHz	Šířka kanálu	Kanál 5GHz	Šířka kanálu
AP 1	1	20 MHz	100	40 MHz
AP 2	6	20 MHz	132	40 MHz
AP 3	11	20 MHz	44	40 MHz
AP 4	1	20 MHz	36	40 MHz

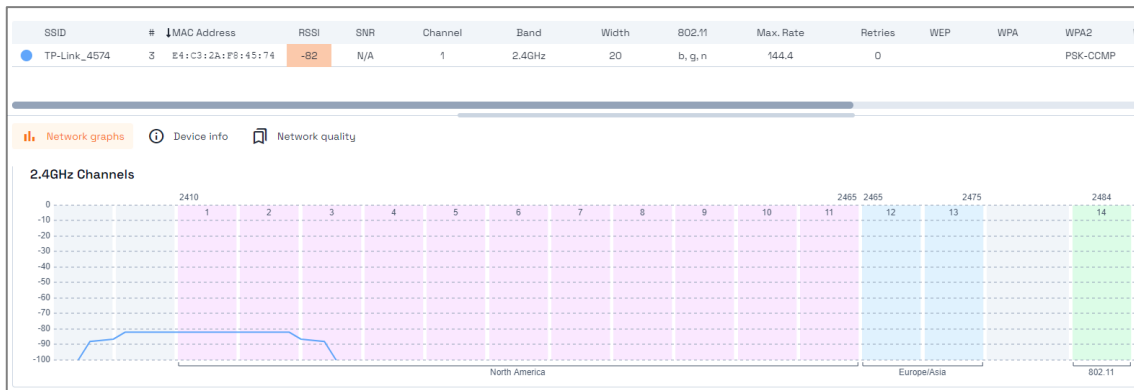
Zdroj: vlastní zpracování

Tabulka Tab. 4.2 znázorňuje rozložení kanálů, které bylo automaticky zvoleno kalkulací kontroléru, na základě rozmístění a vzájemné vzdálenosti jednotlivých AP, s ohledem na možnost vzájemného rušení a potřebu vytvořit jednu homogenní síť s co nejlepšími parametry. Kalkulace proběhla pro obě vysílané frekvence, přičemž lze podotknout velmi výhodně zvolené automatické nastavení kanálů. AP 1 a AP 4 mezi sebou nemají bezdrátovou viditelnost, a proto mohou vysílat ve frekvenci 2,4 GHz na stejném kanálu. V pásmu 5 GHz pak lze dle čísel kanálů odvodit optimální využití celé šířky spektra.

Ať už v případě automatické konfigurace nebo manuálního nastavení je doporučeno zvolit takové frekvence kanálů, aby nedocházelo k vzájemnému překrývání kanálů. [21]

4.5.3 Vyhodnocení signálu – měření

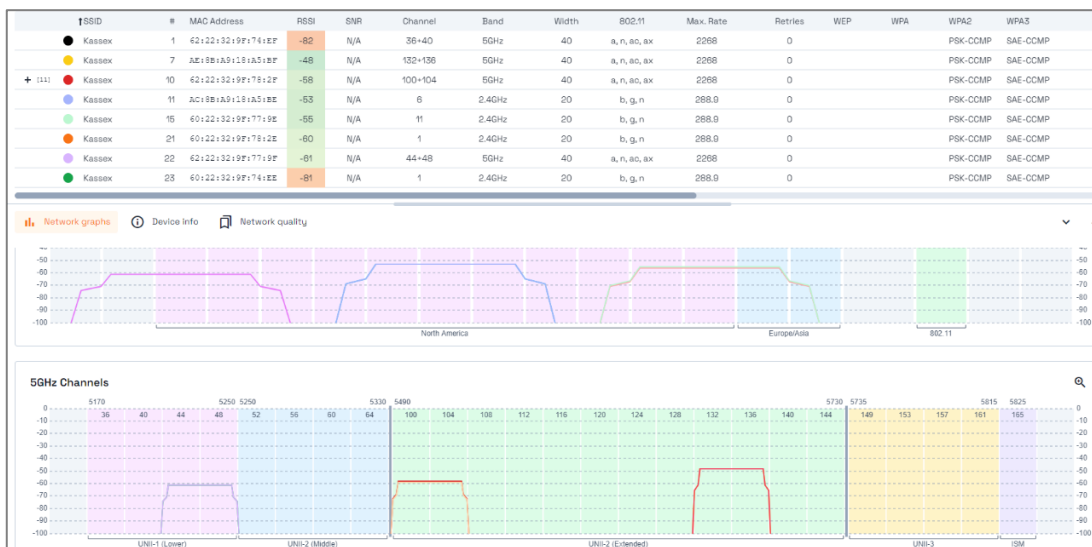
Samotné využití pásma bylo ověřeno měřením pomocí bezdrátové karty v počítači a bezplatného měřicího SW. První proběhlo měření původního pokrytí na opačném konci haly, kde byla doposud přijímaná úroveň Wi-Fi routeru umístěného v kancelářských prostorách okolo hodnoty RSSI -82 dBm (Received Signal Strength Indication). Toto měření je zachyceno na obrázku Obr. 4.9. Nový Wi-Fi systém byl okamžiku tohoto měření vypnut. Pozice měření byla poblíž umístění AP 4. Naměřená přijímaná úroveň RSSI signalizuje nemožnost využití připojení pro čtečky nebo jiné komunikační zařízení. Z důvodu nízké úrovně signálu by docházelo k velmi výraznému zpomalení přenosu dat a poměrně častým výpadkům. Měření také zachytilo několik cizích bezdrátových sítí vysílajících ve venkovním prostoru, nicméně úroveň jejich RSSI byla natolik nízká, že neovlivňovala funkčnost nové sítě.



Obr. 4.9 Wi-Fi sken dosahu sítě z kancelářských prostor – první měření

Zdroj: vlastní zpracování

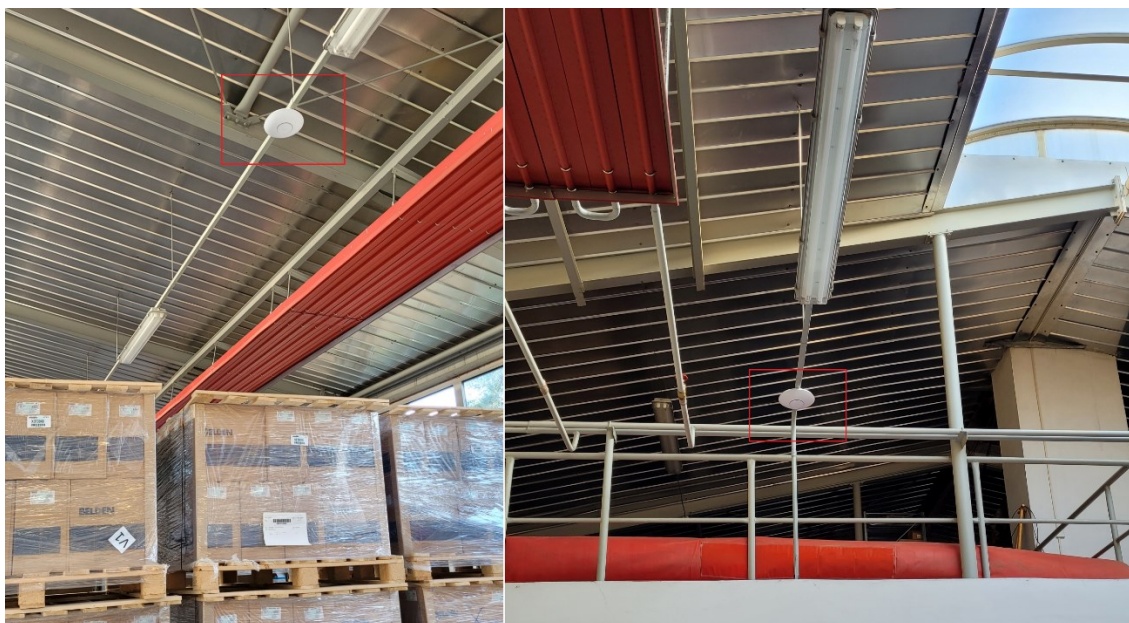
Následně byl deaktivován původní AP a spuštěn nový Wi-Fi systém. Poté jsem provedl další měření ve stejném místě. Výsledek měření zobrazuje obrázek Obr. 4.10.



Obr. 4.10 Wi-Fi sken dosahu nové sítě – druhé měření

Zdroj: vlastní zpracování

Na druhém měření jsem zaznamenal přijímanou úroveň signálu okolo RSSI -48 dBm, což je optimální úroveň pro maximální propustnost Wi-Fi sítě a stabilitu tohoto spojení. Jednotlivé AP byly umístěny co nejbližší pozicím dle rozložení v plánu podlaží na různých k tomu vhodných místech. Trvalému umístění by mělo předcházet měření signálu ve všech místech s požadavkem na spolehlivé pokrytí. Umístění je možno provést dvěma způsoby, a to dle hlavního směru vyzařování z AP buďto ve vertikální nebo horizontální rovině. Obrázek Obr. 4.11 zachycuje umístění AP ve vertikálním směru montáže. Obrázek Obr. 4.12 pak zachycuje horizontální montáž.



Obr. 4.11 Umístění AP, vertikální montáž

Zdroj: vlastní zpracování



Obr. 4.12 Umístění AP, horizontální montáž

Zdroj: vlastní zpracování

V obou případech AP vysílají jakýsi pomyslný kužel signálu, tudíž zde neprobíhá vysílání v jedné nebo druhé polaritě, ale hlavní vyzářovací lalok je směřován právě dle typu instalace. Optimální úroveň hodnot RSSI se pohybuje v rozmezí od -40 do -70 dBm. Úrovně RSSI silnější než -40 dBm mohou způsobovat interference signálu. Naopak úrovně slabší, než je RSSI -80 dBm mohou způsobovat opakující se výpadky a zpomalení přenosu dat po síti až po trvalý výpadek z důvodu odpojení klientského zařízení od sítě.

Výhody roaming sítě:

- vyšší propustnost a stabilita,
- nízká latence,
- optimální parametry výkonnosti celé sítě.

Nevýhody roaming sítě:

- nutnost instalace kabeláže mezi serverovnou a každým AP,
- vyšší pořizovací náklady.

5 Zhodnocení

Navržený inteligentní systém Wi-Fi pokrytím daných prostor splnil potřeby firmy. Cenový rozpočet byl stanoven dle tabulky Tab. 4.1 na 42 252 Kč. K ceně skutečné realizace ve variantě čistého roaming řešení je však zapotřebí přičíst náklady na rozvedení strukturované kabeláže pro čtyři kusy AP. Odhadovaný rozpočet na realizaci datové kabeláže zachycuje tabulka Tab. 5.1.

Tab. 5.1 Kalkulace cen datové kabeláže pro Wi-Fi AP

Vysílač	Délka kabeláže pro připojení	Kabeláž; instalace	Montáž AP
AP 1	10 m	800 Kč	1 000 Kč
AP 2	20 m	1 600 Kč	1 000 Kč
AP 3	25 m	2 000 Kč	1 000 Kč
AP 4	50 m	4 000 Kč	1 000 Kč
Celkové náklady		12 400 Kč s DPH	

Zdroj: vlastní zpracování

Celkové náklady na realizaci sítě se čtyřmi kusy AP tak jsou v součtu na sumě 54 652 Kč.

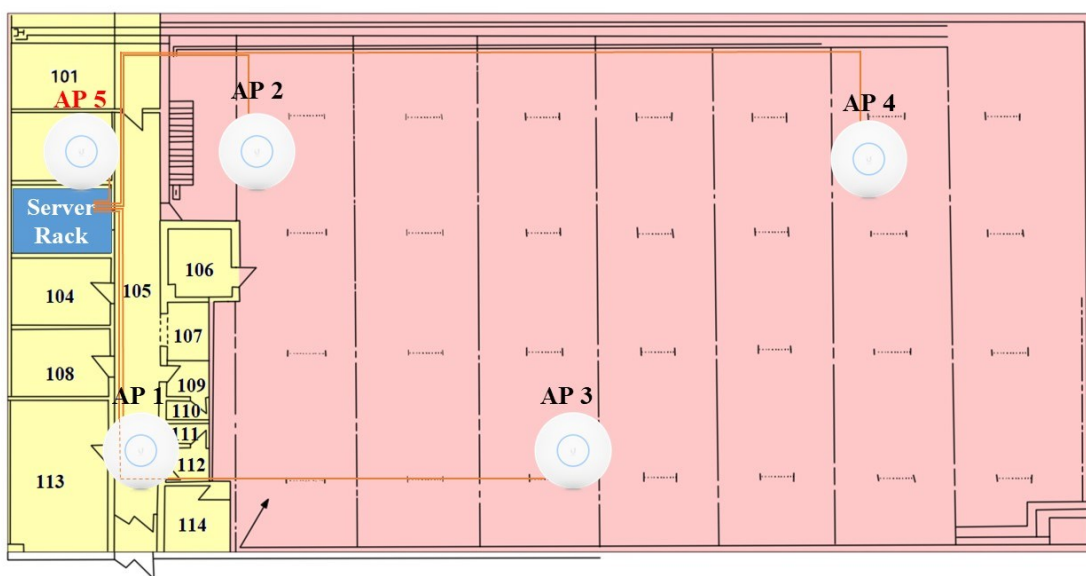
5.1 Úspora nákladů pomocí mesh

Existuje varianta hybridní sítě, která kombinuje výhody technologií roaming i mesh včetně úspor nákladů na realizaci. V případě firmy by se AP 1 a AP 2 umístěné nejbližší k serverovně připojily ethernet kabelem a začali by vysílat nadefinovanou síť Kassex. AP 3 a AP 4 by se připojily k této existující bezdrátové síti pomocí technologie mesh a začali by vysílat identické SSID, čímž by došlo opět k plnému pokrytí haly Wi-Fi signálem. V tomto řešení má firma zabezpečenou maximální propustnost Wi-Fi sítě pro klienty připojené k AP 1 a AP 2. Propustnost sítě přes AP 3 a AP 4 (mesh) je o něco nižší, nicméně pro potřeby práce ve skladě je dostačující, jelikož čtečky nepřenáší velký objem dat. Prioritou je pro ně stále co nejlepší pokrytí všech míst ve skladu. Odpadají tak náklady na vybudování strukturované kabeláže pro připojení vzdálenějších AP se zachováním dostačující kvality sítě pro potřeby skladu.

5.2 Další rozvoj

V průběhu testu jsem provedl několik dalších měření pokrytí a síly signálu. Signály v rámci skladové haly byly pro připojení čteček dostatečné. Situace se šířením signálu se může do jisté míry změnit po instalaci nové regálové zástavby. Navržený systém díky výběru robustního switchu a jednoduché centrální správě umožňuje pohodlné přidání dalších AP, které by doplnily pokrytí signálem v blízkosti regálů.

Další fakt, který jsem zjistil při měření, byl, že i přes rozmístění čtyř kusů AP nedošlo k pokrytí kancelářských prostor č. 101 až 104. Z provedeného měření byl znatelný pokles úrovně signálu v těchto místnostech způsobený průchodem signálu přes několik stěn. V místnosti č. 103 je umístěna serverovna firmy. Mým návrhem na opatření pro zajištění plného pokrytí je přidání pátého kusu vysílače (AP5) znázorněného na obrázku Obr. 5.1, ten by zajistil dodatečné pokrytí zbývajících kancelářských prostor.



Obr. 5.1 Schéma vedení kabeláže a umístění pátého AP

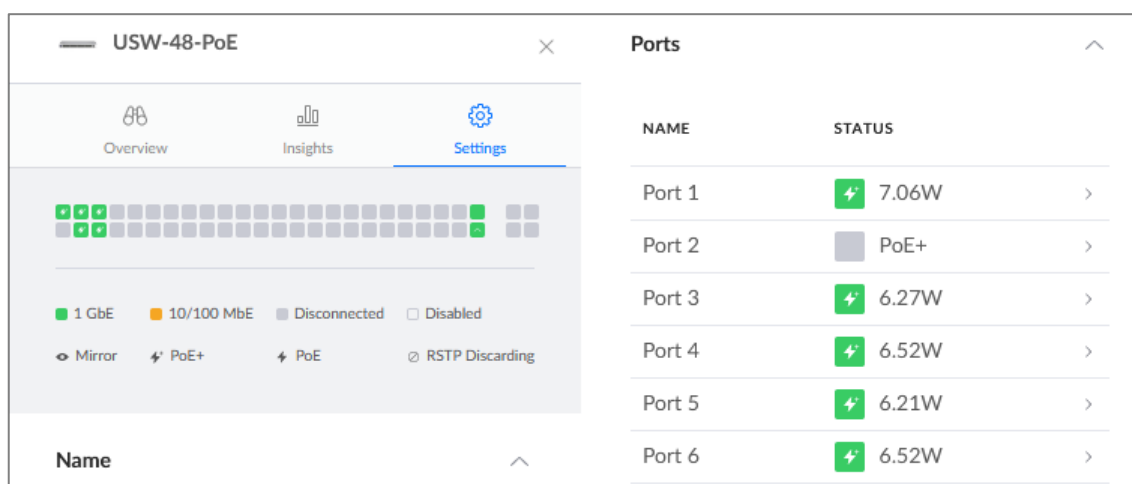
Zdroj: vlastní zpracování

Instalace AP 5 by tak dotvořila kompletní pokrytí vnitřních prostor firmy. Odhadovaná investice je celkem 6 342 Kč složená z částky 5 022 Kč za koupi jednoho kusu AP a částky 1 320 Kč za instalaci a natažení kabelu pro jeho připojení. Cena instalace je nízká s ohledem na malou vzdálenost od PoE switchu umístěného v racku.

5.3 Zhodnocení technologie

Testované AP nesou označení LR (Long Range), tedy AP s prodlouženým dosahem, kterého je dosaženo větším vysílaným výkonem. Výrobce je řadí do kategorie Wi-Fi 6. Z podrobnějšího zkoumání uváděných parametrů jsem zjistil, že AP podporují Wi-Fi 6 pouze ve frekvenci 5 GHz. Pokud by firma potřebovala využít výhody technologie Wi-Fi 6 i v pásmu 2,4 GHz, musela by zvolit vyšší modelovou řadu, kterou výrobce distribuuje pod označením U6 Pro nebo U6 Enterprise.

Testovaný switch podporuje PoE o celkovém zatížení 195 W. Výrobce stanovuje maximální spotřebu jednoho AP na hodnotu 18,5 W. Měřením na switchi dle obrázku Obr. 5.2 však byl zjištěn odběr zhruba o 60 % nižší, tedy do 6,5 W. Výpočtem lze tedy odvodit možnost připojení až 27 kusů AP, přičemž je vhodné ponechat jistou výkonovou rezervu a nezatěžovat zdroj switche na plný výkon. Jako nevýhodu tohoto switche musím zmínit absenci webového rozhraní.



Obr. 5.2 Spotřeba elektrické energie jednotlivých AP dle switche

Zdroj: vlastní zpracování

Testovaný HW kontrolér při připojení čtyř kusů AP a deseti klientských zařízení na každém AP dosahuje zatížení procesoru okolo 7 %. Dle hodnot z PoE switche vykazoval spotřebu okolo 7 W. Je tedy energeticky nenáročný a dobře výkonově naddimenzovaný. Kontrolér obsahuje předinstalovaný SW umožňující správu kamerového systému pro maximálně 20 kusů IP kamer a je vybaven vestavěným pevným diskem s kapacitou 1 TB. Těto funkcionality může firma využít pro monitorování potřebných prostor skladu a dohledávání tak případných chyb při příjmu nebo expedici zboží nebo také jako opatření pro zvýšení bezpečnosti v okolí skladu.

Výrobce kontroléru poskytuje jako alternativu také bezplatný SW pro správu svých zařízení nahrazující HW kontrolér. Tento SW lze instalovat na operační systémy Windows, macOS a Debian (Ubuntu). V průběhu testování jsem tento SW nainstaloval na jeden z firemních počítačů se systémem Windows 10. Pro chod aplikace je zapotřebí nainstalovat také balíček OpenJDK na platformě Java. Počítač po instalaci a spuštění aplikace začal vykazovat vyšší zatížení CPU. To s sebou také přináší nárůst spotřeby elektrické energie, která se při chodu zařízení 24/7 promítne do provozních nákladů. SW řešení má další nevýhody z pohledu absence automatických aktualizací firmware a jeví se tak pro firmu jako nevýhodné.

5.4 Ekonomické zhodnocení

Přínos Wi-Fi technologie a její zhodnocení pro firmu spočívá především ve zrychlení celého procesu manipulace se zbožím. Při každé manipulaci tak odpadá skladníkům nutnost připojování čteček k PC nebo přechodu k místu s dosahem původní Wi-Fi, což přináší úsporu v řádu desítek sekund pro každou započatou skladovou operaci. Na základě této optimalizace tak firma nemusela obsadit poslední zamýšlené místo skladníka. Díky přechodu do online režimu zpracování příjmu a expedice zboží dojde k omezení chyb lidského faktoru, kterých by se skladník mohl dopustit odebráním špatného zboží nebo zboží alokovaného do jiné objednávky. Pokud by firma chtěla využít řešení LAN, musela by investovat do každého stacionárního pracoviště v řádu desítek tisíců korun za vybavení nábytkem a počítačem. Práce se čtečkami je také energeticky úspornější oproti práci na pracovištích s PC terminálem. Předpokládá se tak dá, že návratnost investice do Wi-Fi systému proběhne v řádu necelého roku. Další výhodou je možnost rozšíření Wi-Fi sítě do venkovních prostor firmy, díky kterému by mohl skladník v případě potřeby zahájit přejímku zboží na samém okraji haly nebo přímo v dopravním prostředku dodavatele. Wi-Fi technologie však může přinést úspory i v případě, že by se firma rozhodla instalovat kamerový systém pro zabezpečení objektu nebo pro sledování manipulace se zbožím. Podobně jako u mesh technologie by se kamery snímající požadovaný prostor mohly připojit bezdrátově k Wi-Fi síti, čímž by došlo k úspoře na strukturované kabeláži a vznikla by možnost variabilnějšího umístění kamer. Pokud by firma chtěla důkladně zvážit výši investic do Wi-Fi systému, doporučoval bych otestovat i řešení jiných výrobců s obdobně zvolenými parametry prvků budované bezdrátové sítě.

Závěr

Pro vypracování této bakalářské práce bylo zvoleno téma „Inteligentní Wi-Fi pokrytí skladů pro čtečky a terminály“.

Firma, která poskytla prostředí pro provedení zkušební realizace, se zabývá distribucí strukturované kabeláže a síťových komponent, přesto však vznikla potřeba modernizovat její WMS systém.

V prvních dvou kapitolách byla popsána základní teoretická východiska týkající se skladu a skladových procesů. Dále byly vysvětleny pojmy logistický informační systém a komunikační technologie, především ty bezdrátové se zaměřením na Wi-Fi.

Třetí kapitola představuje konkrétní popis prostředí firmy KASSEX s.r.o. se zaměřením na aktuální stav jejich datové sítě a nastalou situaci, která vyžaduje zefektivnění činnosti ve skladu.

Čtvrtá kapitola popisuje několik typových řešení, které měly za úkol nastínit porovnání kabelové a bezdrátové technologie sloužící pro rozvod datové sítě firmy. V této kapitole byla rovněž zpracována praktická část práce obsahující realizaci Wi-Fi sítě s cílem úplného pokrytí skladu signálem, kterého bylo dosaženo díky vhodnému rozmístění AP.

Pátá kapitola obsahuje vyčíslení celkových nákladů potřebných pro realizaci Wi-Fi sítě včetně návrhu na instalaci dalšího AP, který by doplnil pokrytí kanceláří.

Cílem bakalářské práce byla deskripce několika typových řešení se zaměřením na přínos bezdrátových technologií v prostředí skladovacích areálů a jejich využití pro efektivnější WMS. Funkčnost jednoho z navržených typových řešení byla ověřena praktickým testem ve skladu firmy. S důrazem na volbu optimálního počtu AP lze obdobný Wi-Fi systém instalovat v různých skladových halách nebo rozlehlých kancelářích. Tímto řešením lze zajistit trvalé připojení k bezdrátové síti i při změně polohy klientských zařízení bez nutnosti zásahu ze strany uživatele a maximalizovat tak komfort a efektivnost používání.

Bezdrátové sítě jsou trendem posledních let. Usnadňují každodenní lidské činnosti a zabezpečují rychlý přístup k informacím. Vzhledem k citlivosti a charakteru přenášených dat je však nutno dbát na co nejlepší možné kybernetické zabezpečení Wi-Fi sítí.

Seznam zdrojů

- [1] DRAHOTSKÝ, Ivo a ŘEZNÍČEK, Bohumil. *Logistika - procesy a jejich řízení*. Brno : Computer Press, 2003. ISBN 80-7226-521-0.
- [2] RICHARDS, Gwynne. *Warehouse Management : A Complete Guide to Improving Efficiency and Minimizing Costs in the Modern Warehouse 2nd. 2.* London : Kogan Page, 2014. ISBN 978-0-7494-6934-4.
- [3] KUBASÁKOVÁ, Iveta a ŠULGAN, Marián. *Logistika pre zasielateľstvo a cestnú dopravu*. Žilina : Žilinská univerzita v Žiline, 2013. ISBN 978-80- 554-0740-1.
- [4] GROS, Ivan. *Velká kniha logistiky*. Praha : Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2016. ISBN 978-80-7080-952-5.
- [5] MACUROVÁ, Pavla, KLABUSAYOVÁ, Naděžda a TVRDOŇ, Leo. *Logistika. 2. upravené a doplněné vydání*. Ostrava : VŠB-TU Ostrava, 2018. ISBN 978-80-248-4158-8.
- [6] LAMBERT, Douglas M., STOCK, James R. a ELLRAM, Lisa M. *Logistika: příkladové studie, řízení zásob, přeprava a skladování, balení zboží*. [překl.] Eva NEVRLÁ. Praha : Computer Press, 2000. ISBN 80-7226-221-1.
- [7] SCOTT, Alice. The Largest 10 Warehouses in the World – All Things Supply Chain. [Online] All things supply chain, Červen 21, 2021. [Cited: Prosinec 28, 2022.] <https://www.allthingsupplychain.com/the-largest-10-warehouses-in-the-world/>.
- [8] Amazon MQY1 Fulfilment Centre: Inside One of the Largest Warehouses in the World:. [Online] Fractal Tech S.L, 14. Říjen 2022. [Citace: 28. Prosinec 2022.] <https://www.fractal.com/en/blog/amazon-mqy1-fulfilment-centre>.
- [9] Automatic Identification and Data Capture (AIDC). *What is Automatic Identification and Data Capture (AIDC)?* [Online] TechTarget. [Citace: 10. Leden 2023.] <https://www.techtarget.com/searcherp/definition/Automatic-Identification-and-Data-Capture-AIDC>.
- [10] Čárový kód – vše, co potřebujete vědět. [Online] ESP holding a.s. [Citace: 30. Prosinec 2022.] <https://esp.cz/cs/blog/carovy-kod-vse-potrebujete-vedet-moderni-automaticke-identifikaci>.

- [11] Technologie RFID a její výhody | smart-TEC. [Online] [Citace: 31. Prosinec 2022.] <https://www.smart-tec.com/cs/auto-id-svet/technologie-rfid>.
- [12] VEBR, Radek. Expedici zrychlují moderní technologie. *Expedici zrychlují moderní technologie | Hospodářské noviny (HN.cz)*. [Online] Economia, a.s., , 13. Červenec 2018. [Citace: 15. Leden 2023.] <https://logistika.ekonom.cz/c1-66199390-expedici-zrychluji-moderni-technologie>.
- [13] KUBASÁKOVÁ, Iveta, KOLAROVŠKI, Peter a STOPKA, Ondrej. *Logistické informačné systémy*. Žilina : Žilinská univerzita v Žiline, 2017. ISBN 978-80-554-1389-1.
- [14] *Jak se vyznat v bezdrátových sítích pro IoT*. [Online] České Radiokomunikace a.s., 7. Listopad 2019. [Citace: 2. Březen 2023.] <https://www.iotport.cz/iot-novinky/lorawan/jak-se-vyznat-v-bezdratovych-sitich-pro-iot>.
- [15] KUBÁT, Jiří a LÍBAL, Vladimír . *ABC logistiky v podnikání*. Praha : Nakladatelství dopravy a turistiky, 1994. ISBN 80-85884-11-9.
- [16] PFOHL, Hans Christian. *Logistics Systems Business Fundamentals*. Berlin : Springer-Verlag, 2022. ISBN 978-3-662-64348-8.
- [17] DAVID, Radek. *Jak rozlišit systém pro řízení skladu (WMS) od adresné skladové evidence?* [Online] EDIZone, 6. Srpen 2012. [Citace: 24. Únor 2023.] <https://www.edizone.cz/oborova-reseni/jak-rozlisit-system-pro-rizeni-skladu-wms-od-adresne-skladove-evidence/>.
- [18] PUŽMANOVÁ, Rita. *Bezpečnost bezdrátové komunikace: jak zabezpečit Wi-Fi, Bluetooth, GPRS či 3G*. Brno : CP Books, a.s., 2005. ISBN 80-251-0791-4.
- [19] What Is Ethernet? - Cisco. [Online] Cisco Systems, Inc. [Cited: Březen 1, 2023.] <https://www.cisco.com/c/en/us/solutions/enterprise-networks/what-is-ethernet.html>.
- [20] TRULOVE, James. *Sítě LAN: hardware, instalace a zapojení*. Praha : Grada Publishing, a.s., 2009. ISBN 978-80-247-2098-2.
- [21] FLEISHMAN, Glenn. *Take control of Wi-Fi networking and security*. Saskatoon : alt concepts, 2022. ISBN 978-1-990783-23-4.
- [22] Úvodní strana. *KASSEX S.R.O.* . [Online] 12. Březen 2023. [Citace: 12. Březen 2023.] <https://www.kassex.cz/>.

[23] SIXTA, Josef a MAČÁT, Václav. *Logistika: teorie a praxe*. Brno : Computer Press, a.s., 2005. ISBN 80-251-0573-3.

[24] GÁLA, Libor, POUR , Jan a ŠEDIVÁ, Zuzana . *Podniková informatika. 2., přeprac. a aktualiz. vyd.* Praha : Grada Publishing, a.s., 2009. ISBN 978-80-247-2615-1.

Seznam grafických objektů

Grafy

Graf 1.1 Celkové provozní náklady dle skladovacích procesů.....	17
Graf 2.1 Srovnání propustnosti Wi-Fi dle norem	35

Obrázky

Obr. 1.1 Skladování v dodavatelském řetězci.....	12
Obr. 1.2 Vnitřní prostory distribučního centra Amazon, Tennessee	14
Obr. 1.3 Paletové regály ve skladu	16
Obr. 1.4 Skladovací procesy Zdroj: vlastní zpracování.....	18
Obr. 1.5 Čárový kód EAN 8 a EAN 13	19
Obr. 1.6 Příklady dvoudimenzionálních kódů.....	20
Obr. 1.7 RFID štítek a jeho složení	21
Obr. 1.8 Expedice a moderní technologie.....	23
Obr. 2.1 Podnikový logistický systém	25
Obr. 2.2 Logistický informační systém	26
Obr. 2.3 Znázornění bezdrátové architektury	33
Obr. 3.1 Čelní pohled na halu firmy Kassex s.r.o.....	38
Obr. 3.2 Letecký snímek skladové haly.....	39
Obr. 3.3 Snímek skladové haly – pohled směrem ke kancelářím.....	39
Obr. 3.4 Půdorys haly firmy	40
Obr. 4.1 Detail kontroléru.....	47
Obr. 4.2 Propojení všech prvků Wi-Fi sítě pro konfiguraci	47
Obr. 4.3 Přehled prvků po asociaci ke kontroléru	48
Obr. 4.4 Konfigurace Wi-Fi sítě v kontroléru	48
Obr. 4.5 Topologie prvků sítě.....	49
Obr. 4.6 Zkušební realizace v hale	49
Obr. 4.7 Definované útlumy Wi-Fi signálu při průchodu překážkou.....	50
Obr. 4.8 Plán podlaží s pokrytím Wi-Fi signálem	50
Obr. 4.9 Wi-Fi sken dosahu sítě z kancelářských prostor – první měření.....	52
Obr. 4.10 Wi-Fi sken dosahu nové sítě – druhé měření	52

Obr. 4.11 Umístění AP, vertikální montáž	53
Obr. 4.12 Umístění AP, horizontální montáž	53
Obr. 5.1 Schéma vedení kabeláže a umístění pátého AP.....	56
Obr. 5.2 Spotřeba elektrické energie jednotlivých AP dle switchu	57

Tabulky

Tab. 1.1 Rozdělení skladů dle různých kritérií.....	13
Tab. 2.1 Výzvy pro WMS.....	30
Tab. 2.2 Přehled Wi-Fi norem	34
Tab. 4.1 Komponenty pro test pokrytí halý	46
Tab. 4.2 Přehled využití kmitočtového spektra	51
Tab. 5.1 Kalkulace cen datové kabeláže pro Wi-Fi AP	55

Seznam zkratek

4G	4. generace
5G	5. generace
AD	Active Directory
AES	Advanced Encryption Standard
AI	Automatic Identification (automatická identifikace)
AIDC	Automatic Identification Data Collection
AP	Access Point
APS	Advanced Planning and Scheduling (pokročilé plánování)
BI	Business Intelligence
BSS	Basic Service Set
BSSID	Basic Service Set Identifier
CCMP	Counter Cipher Mode Protocol
Code	Kód
CRM	Customer relationship management
CSMA/CA	Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance
CSMA/CD	Carrier Sense Multiple Access/Collision Detection
ČR	Česká republika
dBm	Decibel na 1 miliwatt
DC	Data Collection (sběr dat)
DC	Distribution Center (distribuční centrum)
DW	Dataware
EAI	Enterprise Application Integration (integrační rozhraní)
EAN	European Article Number
EDI	Electronic Data Interchange (elektronická výměna dat)

ERP	Enterprise Resource Planning (plánování podnikových zdrojů)
FEFO	First Expired First Out
FIFO	First In First Out
Gbps	Gigabit per second
GS1	Global Standards 1
HW	Hardware
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
IoT	Internet of Things
IS	Informační systém
IT	Informační technologie
JIT	Just-In-Time
Kč	Koruna česká
kHz	kilohertz
KPI	Key Performance Indicator (klíčový ukazatel výkonnosti)
LAN	Local Area Network (místní síť)
LIFO	Last In First Out
LIS	Logistický informační systém
LR	Long Range (dlouhý dosah)
LTE	Long Term Evolution
MAC	Media Access Control
MAN	Metropolitan Area Network
Mbps	Megabit per second
MHz	Megahertz
NFC	Near Field Communication
OW	Orgware
PoE	Power over Ethernet

PSK	Pre Shared Key
PW	Peopleware
QR	Quick Response
RC4	Rivest Cipher 4
RFID	Rádiofrekvenční identifikace
RSSI	Received Signal Strength Indication
RW	Real World
SAE	Simultaneous Authentication of Equals
SCM	Supply Chain Management (řízení dodavatelského řetězce)
SDN	Software Defined Networking
SSID	Service Set Identifier
SW	Software
TB	Terabyte
U.P.C. A	Universal Product Code A
UHF	Ultra High Frequency (ultra vysoká frekvence)
USA	United States of America
VLAN	Virtual Local Area Network
WAN	Wide Area Network
WEP	Wired Equivalent Privacy
Wi-Fi	Wireless Fidelity
WLAN	Wireless Local Area Network
WMS	Warehouse Management System (systém řízení skladu)
WPA	Wi-Fi Protected Access

Seznam příloh

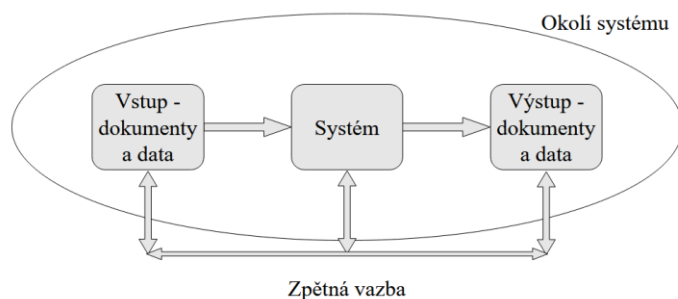
Příloha A Informační systém

Informační systém

Hlavní částí LIS je informační systém dále IS, který je přizpůsobený na logistické potřeby každého podniku. „*Informační systém je soubor lidí, technických prostředků a metod (programů), zabezpečujících sběr, přenos, zpracování, uchování dat, za účelem prezentace informací pro potřeby uživatelů činných v systémech řízení.*“ [23, s. 269]

Komponenty, ze kterých je IS tvořen jsou následující:

- Hardware – HW představuje počítačové systémy, obvykle hlavní server, který je propojen datovou kabelovou LAN sítí s okolními počítači, které jsou klientskými stanicemi. LAN síť obsahuje svůj specifický HW pro přenos datové komunikace. Server může také poskytovat sdílené datové úložiště a prostor pro umístění databáze. Dále HW obsahuje skupinu zařízení pro vstup do systému: čtečky, terminály, skenery a jejich následný výstup: monitory, tiskárny atd.,
- Software – SW představuje programové vybavení, které řídí chod HW obsahující operační systém, LIS, databázový SW, SW pro organizaci dat, jejich zabezpečení a také komunikaci systému s reálným světem,
- Orgware – OW jsou pravidla používání IS v podniku,
- Peopeware – PW odkazuje na lidskou roli v informačních technologiích IT a IS, je tvořen lidmi a jejich skupinami, projektovými týmy, firmami, vývojáři a koncovými uživateli,
- Dataware – DW v prostředí IT reprezentuje datový sklad čili data warehouse systém,
- Reálný svět – RW zahrnuje informační zdroje, zákonné normy, legislativní nařízení a omezení. [23]



Obr. A.1 Schéma informačního systému

Zdroj: vlastní zpracování

Data

Z reálného světa je možno sbírat údaje čili data. Pro potřeby dnešní logistiky jsou to data v digitální podobě. Data obsahují hodnoty v podobě čísel, textu, obrazu nebo zvuku. Data se často využívají v různých oborech, jako je například věda, obchod, marketing i logistika, kde fungují jako základ pro výzkum, analýzu nebo rozhodování. Pokud se podíváme do minulosti, tak už před nástupem Průmyslu 3.0 a počítačové éry se s daty jako takovými pracovalo. Byly vedeny záznamy o financích, skladech a o dalších logistických ukazatelích v písemných papírových evidencích tzv. kartotékách. Tato evidence sice měla jednotnou strukturu, ale data nebyla nijak propojená. To vše se změnilo s příchodem digitálního věku. Data se začala třídit, elektronicky evidovat a zapisovat do tabulek a databází a zpracovávat v LIS. [1]

Informace

Pojem informace může být více chápán různými způsoby. Data jsou však vždy podkladem pro její vznik. Informace je interpretací dat, která poskytne datům význam pro jejich majitele a díky němuž pak majitel dat získá potřebné znalosti. Informace je zároveň obnovitelným specifickým zdrojem, který se sám generuje. S přibývajícím časem od vzniku mohou informace ztrácet na své užité hodnotě. *„Informace je zpráva o nastalém jevu, která u nás (příjemců) snižuje míru neznalosti o tomto jevu. Informace se společně s uloženými pravidly stávají znalostmi.“* [24, s. 22-23]

Databáze

Databáze (z anglického data base, základna pro data) je soubor systémově uspořádaných dat. Pro jejich správu je nutný informační systém IS. Daná struktura databází a tabulek napomáhá velmi snadno s daty pracovat například je filtrovat pomocí databázových dotazů a získat tak požadovanou konkrétní informaci. [1]

Existují různé typy databází, včetně relačních, nerelačních, dokumentových a grafových databází. Každý typ databáze má své vlastní výhody a použití v závislosti na typu dat, které jsou ukládány, a na účelu, pro který jsou databáze používány. Mezi databázové systémy se řadí: MySQL, Oracle, Microsoft SQL, Microsoft Access a jiné.

System

„System je účelově definovaná neprázdná množina prvků a množina vazeb mezi nimi, přičemž vlastnosti prvků a vazeb mezi nimi určují vlastnosti (chování) celku.“ [24, s. 23]

System neboli soustava je skupina navazujících prvků spojených do smysluplného celku. Vlastnosti systému mohou být popsány takto:

- je složen z určitých prvků,
- prvky jsou dále prakticky dělitelné,
- popisuje vztahy mezi těmito prvky,
- je součástí nadřazeného systému,
- může existovat bez nutnosti koexistence jiného systému,
- je propojen se svým okolím, na které dynamicky reaguje.

V logistice jsou využívány systémy s předem definovaným účelem tedy systémy s cílovým chováním. System musí neustále plnit svůj cíl. [23]

Autor/ka BP	Jan Hubík
Název BP	Inteligentní Wi-Fi pokrytí skladů pro čtečky a terminály
Studijní program	IPL
Rok obhajoby BP	2023
Počet stran	50
Počet příloh	1
Vedoucí BP	doc. Dr. Ing. Oldřich Kodým
Anotace	Deskripce a návrh pro zefektivnění skladovacího procesu za pomoci využití Wi-Fi technologie. Posouzení několika typových řešení obsahujících kabelové a různé bezdrátové technologie.
Klíčová slova	logistika, skladování, síť, Wi-Fi, roaming
Místo uložení	ITC (knihovna) Vysoké školy logistiky v Přerově
Signatura	