



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

STANOVENÍ RIZIK, PŘÍNOSŮ A EFEKTIVITY PŘI IMPLEMENTACI INFORMAČNÍHO VÝROBNÍHO SYSTÉMU MES VE VÝROBĚ

DETERMINATION OF RISKS, BENEFITS AND EFFICIENCY IN THE IMPLEMENTATION OF THE
INFORMATION MANUFACTURING SYSTEM MES IN PRODUCTION

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Milan Hladík

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Karel Osička, Ph.D.

BRNO 2023

Zadání diplomové práce

Ústav:	Ústav strojírenské technologie
Student:	Bc. Milan Hladík
Studijní program:	Strojírenská technologie
Studijní obor:	Strojírenská technologie a průmyslový management
Vedoucí práce:	Ing. Karel Osička, Ph.D.
Akademický rok:	2022/23

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma diplomové práce:

Stanovení rizik, přínosů a efektivity při implementaci informačního výrobního systému MES ve výrobě

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Rozbor základních výrobních systémů – rozbor informačního výrobního systému MES. Rozbor a zmapování aktuálních procesů ve výrobě. Určení benefitů, úspor, navýšení efektivity a návratnosti investice.

Cíle diplomové práce:

Rozbor možností informačního výrobního systému MES.
Zmapování výrobního sortimentu a technologických možností.
Určení největšího potenciálu pro implementaci MES.
Zmapování toku materiálu ve výrobě.
Měření časů ve výrobě.
Výpočet úspor, navýšení efektivity, benefitů a návratnosti investice.

Seznam doporučené literatury:

JUROVÁ, M. Řízení výroby I, Část 1. 2. přepracované a doplněné vydání. Brno: Akademické nakladatelství CERM, s.r.o., 2005. 81 s. ISBN 80-214-3066-4.

JUROVÁ, M. Řízení výroby I, Část 2. 2. přepracované a doplněné vydání. Brno: Akademické nakladatelství CERM, s.r.o., 2006. 138 s. ISBN 80-214-3134-2.

BAUER, M. Kaizen: cesta ke štíhlé a flexibilní firmě. 1. vyd. Brno: BizBooks, 2012. 193 s. ISBN 978-80-265-0029-2.

SUTORMINA, E., M. JUROVÁ. a Z. BROŽ. Mechanismus univerzálního hodnocení vnitřních informačních toků pro malé a střední podniky. In International workshop for PhD students. Brno, Czech Republic: Brno University of Technology, Faculty of Business and Management, 2010. s. 115-120. ISBN 978-80-214-4194- 1.

JUROVÁ, M. Logistika. 1. vydání. Brno: Vysoká škola Karla Engliš, 2010. 48 s. ISBN 978-80-86710-17- 4.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2022/23

V Brně, dne

L. S.

Ing. Jan Zouhar, Ph.D.
ředitel ústavu

doc. Ing. Jiří Hlinka, Ph.D.
děkan fakulty

ABSTRAKT

Tato diplomová práce se zabývá rozbořem možností implementace informačního výrobního systému MES ve společnosti, která se zaměřuje na výrobu zdravotnických prostředků. Práce je rozdělena do několika dílčích částí. Nejprve jsou popsána teoretická východiska práce a následně podrobně zmapována současná situace ve společnosti, zejména oblast používání papírové dokumentace tzv. DHR. V praktické části práce jsou poté vyčísleny časové a z nich finanční úspory pro společnost v případě implementace systému a zároveň je vyčíslena cena investice. Následně jsou určeny benefity a rizika, která v takto rozsáhlém projektu mohou nastat a současně navržena opatření, jak tato rizika zcela eliminovat, nebo zmenšit jejich dopad. Součástí je i návrh časové dotace, nezbytné pro implementaci včetně rozdělení do jednotlivých fází, ve kterých by se systém na výrobu nasazoval. V závěru práce je proveden výpočet návratnosti investice a návrh řešení.

Klíčová slova

MES, digitalizace, výroba, implementace, benefity, rizika, návratnost

ABSTRACT

This master thesis deals with the analysis of the possibilities of implementing the MES manufacturing information system in a company that focuses on the production of medical devices. The thesis is divided into several parts. Firstly, the theoretical background of the thesis is described and then the current situation in the company is mapped out in detail, especially the area of using paper documentation, the so-called DHR. In the practical part of the thesis, the time and financial savings for the company in case of implementation of the system are then quantified, as well as the cost of the investment. Subsequently, the benefits and risks that may arise in such a large-scale project are identified, and at the same time measures are proposed to eliminate these risks completely or reduce their impact. It also includes a proposal for the time allocation necessary for implementation, including the division into individual phases in which the system would be deployed for production. The thesis concludes with a calculation of the return on investment and a proposal for a solution.

Keywords

MES, digitalization, production, implementation, benefits, risks, returns

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

HLADÍK, Milan. *Stanovení rizik, přínosů a efektivity při implementaci informačního výrobního systému MES ve výrobě* [online]. Brno, 2023. Dostupné z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/149683>. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav strojírenské technologie. Vedoucí práce Karel Osička.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma Stanovení rizik, přínosů a efektivity při implementaci informačního výrobního systému MES ve výrobě vypracoval samostatně s využitím uvedené literatury a podkladů, na základě konzultací a pod vedením vedoucího práce.

Brno, 24.5.2023

místo, datum

Milan Hladík

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji tímto Ing. Karlu Osičkovi, Ph.D za cenné připomínky a rady, které mi poskytl při vypracování diplomové práce a rodině za podporu při psaní této závěrečné práce i po celou dobu studia.

OBSAH

ZADÁNÍ PRÁCE

ABSTRAKT

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

PROHLÁŠENÍ

PODĚKOVÁNÍ

ÚVOD	9
1 PRŮMYSL 4.0	10
1.1 Základní informace o firmě	10
2 SYSTÉM MES	11
2.1 Další systémy v kontextu s MES systémem	12
2.2 Základní funkcionality MES systémů	13
2.3 Funkce MES systémů	15
3 PRAKTICKÁ ČÁST DIPLOMOVÉ PRÁCE	19
3.1 Mapování trhu dodavatelů MES systému	19
3.2 Hodnocení dodavatelů	20
3.3 Proof of Concept	21
3.4 Value Streamy ve firmě	25
3.5 Popis naskladňování a přípravy materiálu v čistém skladu	26
3.6 Podrobné monitorování výroby	27
3.6.1 Popis úkonů jednotlivých pozic	27
3.6.2 Měření časů jednotlivých pozic	28
3.7 Kontrolní výpočet pro určení správnosti měření:	33
3.8 Výpočet úspor pro Čistý sklad	34
3.9 Definice toku objednávky	38
3.10 Benefity systému MES pro společnost	39
3.11 Výpočet úspor ve výrobě při implementaci systému MES	41
3.12 Investice do hardware vybavení	47
4 RIZIKA IMPLEMENTACE SYSTÉMU MES	49
5 NÁVRH IMPLEMENTAČNÍHO PLÁNU SYSTÉMU MES	54
5.1 Navýšení efektivity	55
6 VYHODNOCENÍ DODAVATELE C V RÁMCI POC	56
6.1 Vyhodnocení Proof of Concept ve společnosti s Dodavatel C	57
6.2 Dotazníkové šetření na použitelnost MESu ve společnosti	58
7 NÁVRATNOST INVESTICE	62
7.1 Návrh nového řešení	63
ZÁVĚR	65
SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	
SEZNAM PŘÍLOH	

ÚVOD

Průmysl 4.0 je v dnešní době velmi skloňované slovo. Vyjadřuje moderní firmu na vrcholu technologie a komunikace mezi systémy i mezi ostatními firmami. Jedním ze základních kamenů průmyslu 4.0 je systém MES (Manufacturing Execution System), propojující ERP systém (Enterprise Resource Planning) a systémy pro řízení výrobních procesů a sběru dat. Slouží pro shromažďování, zobrazování a sběr potřebných dat dle požadavků výroby a tyto data předávat dál.

Tato diplomová práce se zabývá rozbořem implementace informačního výrobního systému MES ve společnosti, která provozuje výrobu zdravotnických prostředků. Vymezuje teoretické základy, na kterých je dále stavěno v praktické části pojednávající o průmyslu 4.0 s využitím výrobních informačních systémů (anglicky Manufacturing Execution System, MES), jejich uplatnění v praxi a rozdělení na jednotlivé moduly.

Firma ve výrobních procesech používá téměř všude papírovou dokumentaci, která obsahuje veškeré informace o zakázce (číslo zakázky, pick list, dokumenty pro zápis výroby atd.) tzv. DHR (Device History Record). V rámci ušetření finančních a jiných nákladů, které společnost vynakládá na práci a nezbytnou archivaci papírové dokumentace a zároveň v rámci navýšení kvality výroby, firma začala přemýšlet o zavedení digitální podoby této dokumentace a celkové digitalizace výroby.

Firma se rozhodla pro fázi Proof of Concept (PoC – ověření konceptu) nasazení MES systému na vybraný value stream pro ověření smyslu konceptu, funkčnost systému, určení hrozeb implementace, benefitů a návratnosti investice. Před PoC je provedena analýza dodavatelů systému a vybrán nejvhodnější. Po vybrání dodavatele systému jsou určeny hrozby pro PoC, které jsou během konceptu vyhodnoceny. Tato fáze zahrnuje testování systému na úzkém vzorku výrobního procesu, resp. na omezeném počtu výrobků. V rámci PoC je systém testován o kolik bude na daném value streamu proces rychlejší oproti stávajícímu stavu, traceabilitu (dohledatelnost dat), práci se systémem a celkovou práci včetně pochopitelnosti systému.

Následně je provedeno mapování výrobních procesů, určení nejvhodnějšího výrobního procesu pro PoC a implementaci MESu. Zmapování toku materiálu a toku objednávky v systémech je provedeno pro určení všech podkladů potřebných pro výrobu s následným měřením časů ve výrobě pro určení časové náročnosti a zatíženosti pracovníka při vyplňování a práci s papírovou dokumentací, které jsou porovnány s časy s MES systémem a určeny časové úspory, které jsou přepočítány na finanční úspory. Dále je navržen optimální počet hardwaru a jeho cena tak, aby výroba i systém MES fungovaly co nejlépe. Průběžně během PoC byly definované hrozby a jejich případné opatření pro implementaci systému. Pro implementaci MES systému je navržený implementační plán rozložen do 4 fází. Po ukončení PoC je provedeno vyhodnocení dodavatele, jak je vhodný pro implementaci jejich MES systému pro firmu. Zároveň je vyhodnocen anonymní dotazník spokojenosti zaměstnanců se systémem, jeho vizualizace, práce s ním a jeho využití ve výrobě. V poslední části diplomové práce je výpočet návratnosti investice pro implementaci MES systému ve společnosti a návrh řešení.

1 PRŮMYSL 4.0

Slovní spojení "průmysl 4.0" vzniklo poprvé v roce 2011 v Německu jako hightech platforma a oficiálně byla představena široké veřejnosti na veletrhu, který se uskutečnil v Hannoveru roku 2013. „Chytré továrny“ využívající kyberneticko-fyzikální systémy byly hlavní myšlenkou tohoto konceptu. Označení 4.0 vychází z tzv. čtvrté průmyslové revoluce vycházející ze třech předchozích.

Klíčovým pojmem pro 1. průmyslovou revoluci je industrializace. Započala v Anglii koncem 18. století a zasahovala i do 19. století, přechodem z ruční výroby v manufakturách na strojní velkovýrobu. Hlavním vynálezem pro tuto průmyslovou revoluci byl parní stroj, využívající tlak teplé páry k vytvoření mechanické energie. Tato energie postupně nahrazovala lidskou sílu. 2. průmyslová revoluce spojená s elektrifikací a se vznikem montážních a pohyblivých linek navazuje bezprostředně na 1. průmyslovou revoluci, tudíž na konec 19. století. Edisonův vynález žárovky (rok 1879) a instalace první montážní linky s dělbou práce ve společnosti Circinnati (rok 1870) se považují za dva důležité aspekty pro prudký rozvoj masové výroby této revoluce. Docházelo také k rozvoji komunikačních technologií a dopravy. 3. průmyslová revoluce spojená s automatizací, elektronikou a rozmachem informačních technologií započala okolo poloviny 20. století (rok 1969 první programovatelný logický automat – PLC). PLC řídí jednotku pro automatizaci procesů v reálných časech, program se vykonává v tzv. cyklech. [1; 2; 3; 4;]

Průmysl 4.0 lze definovat jako integrovaný internetový a digitální ekosystém, který je optimalizován ve všech výrobních oblastech. Dává smysl, bude-li zaveden v globalizovaném prostředí. Výrobní proces se může stát flexibilnějším, pokud korporace začne používat zcela automatizované linky propojené sítí, pro návrhy výrobků používá virtuální prototypy namísto fyzických a využíváním robotů a výroby ke sdílení informací a rozhodování o konkrétních procesech. Kyberneticko-fyzické systémy (CPS – systém umožňující propojení všech ostatních systémů a nástrojů v rámci průmyslu 4.0) jsou požadavkem a základem inteligentních továren vyměňujících si informace. Systém musí spouštět jednotlivé procesy pro nezávislé monitorování. Ten je tvořen hodnotovým řetězcem, který zahrnuje všechny systémy informačních technologií, strojní zařízení a senzory. CPS by měl být založen na webu a schopen využívat komunikační protokoly k analýze dat. Na základě těchto dat pak mohou určit případné závady a poruchy výrobních strojů. Předpokládá se také využití robotů se schopností učit se. Rovněž tak odpadne rostoucí potřeba najímání programátorů. Aby mohla být výroba automatizována, musí být stroje vybaveny čipy, senzory a softwarem, které jsou vzájemně interoperabilní a kompatibilní uvnitř výrobních zařízení. Počítačové řízení výroby bude na prvním místě. V současné době mohou tyto počítače nahradit malé čipy, které mohou zpracovávat a přenášet informace z výroby. Ve výrobě se budou používat také senzory, které zajistí přesné řízení, a tím i vyšší efektivitu výroby. Zákazník a výroba budou propojeni v reálném čase díky komunikaci se stroji, což umožní i individuální úpravy výrobního procesu. V důsledku toho nebude třeba vytvářet žádné zásoby a sníží se množství neprodejného zboží, protože každá položka bude mít svého odběratele. To bude mít vliv na cenu i výrobní strukturu. [5; 6; 7]

1.1 Základní informace o firmě

Jedná se o globální společnost, která se zaměřuje na výrobu zdravotnických zařízení, jako jsou lékařské nástroje, katetry a další zdravotnické pomůcky. Společnost investuje do nejmodernějších výrobních technologií a zaměstnává špičkové odborníky v oboru, aby zajistila vysokou kvalitu svých výrobků. Kromě výroby katetrů a dalších zdravotnických pomůcek se zabývá výzkumem a vývojem nových produktů a technologií. Cílem společnosti je poskytovat pacientům a zdravotnickým pracovníkům nejlepší možnou péči a zlepšovat kvalitu jejich života. Z důvodu citlivých dat, např. doby trvání jednotlivých výrobních a nevýrobních operací není společnost v práci konkrétně uvedena. [8]

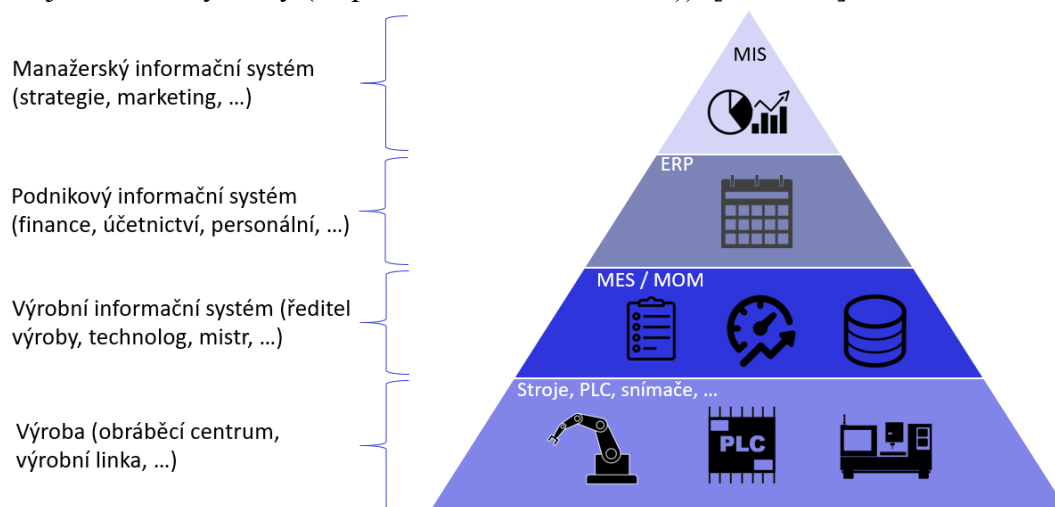
2 SYSTÉM MES

MES vychází z anglického označení Manufacturing Execution system – volně přeloženo do češtiny Výrobní informační systém, jehož primárním cílem je zvýšit efektivitu výroby. Jedná se o systémy využívající výpočetní techniku pro řízení a monitoring výrobních procesů, které vedou k přeměně vstupních surovin na hotové výrobky. Zároveň napomáhá řídicím pracovníkům ve výrobě přijímat důležité rozhodnutí, či odhalit případný problém co nejdříve, což vede ke zvyšování kvality, transparentnosti a efektivity výrobních procesů. Tato rozhodnutí vyplývají z řízení a monitorování výrobních procesů v reálném čase. Jedním z cílů je omezení papírové dokumentace ve výrobě. [9; 10]

Správa výrobních postupů a příkazů, správa prostojů na strojích, řízení procesů kvality, plánování a rozvrhování výroby, dohledatelnost materiálu či OEE (Overall Equipment Efficiency) jsou typickými příklady oblastí, v kterých MES systémy mohou napomáhat podnikům. Přínosy MES systémů, díky poskytnutí správných dat na správném místě jsou: zlepšení výrobních procesů, zajištění přesných výrobních dat a zprostředkování jednotného pohledu na tyto data, dohledatelnost výroby a všech technologických kroků, snížení prostojů, zkrácení seřizovacích časů, zvýšení efektivity zařízení, snížení skladových zásob (lean výroba), bezpapírová výroba či zhodnocení ekonomické stránky výroby. Zasazení MES systému do struktury podnikových systémů lze vidět na obrázku 1. [9; 10]

Eliminace lidské chyby zápisu ve výrobě je jedním z dalších aspektů MES systémů, která se zajišťuje kvalitní kontrolou dat, sledování výnosů, automatické vynucování specifikací, obchodních pravidel, sledovatelnost šarží, dávek, zařízení nebo jednotek v reálném čase s reálnými daty. Sledují podrobné informace o výrobcích a objednávkách ve výrobním provozu. Shromažďují data pro zprávy do finančních a plánovacích systémů, elektronicky poskytují data pro odesílání objednávek a výrobní návody zaměstnancům. [9; 10; 11]

Bez ohledu na velikost výrobního provozu může systém MES přispět k celkové produktivitě a ziskovosti tím, že výrobní proces bude řízen reálnými informacemi vyplývající z výroby v reálném čase. Výhodou jsou zejména regulovaná odvětví, jako je farmaceutický průmysl, potravinářský a nápojový průmysl, výroba zdravotnických prostředků, letectví a kosmonautika, obrana a biotechnologie – protože regulované společnosti musí dodržovat přísné předpisy, aby zajistily soulad s dohledatelností. Musí zajistit vhodnou dokumentaci postupů při vytváření konečných výrobků, aby výsledné výrobky mohly být v případě potřeby snadno staženy z trhu. MES systém tvoří vazbu mezi podnikovými informačními systémy (nejčastěji reprezentované jako ERP – Enterprise Resource Planning) a systémy pro řízení výrobních procesů a sběru dat (nejčastěji SCADA systémy (dispečerské řízení a sběr dat)). [9; 10; 11]

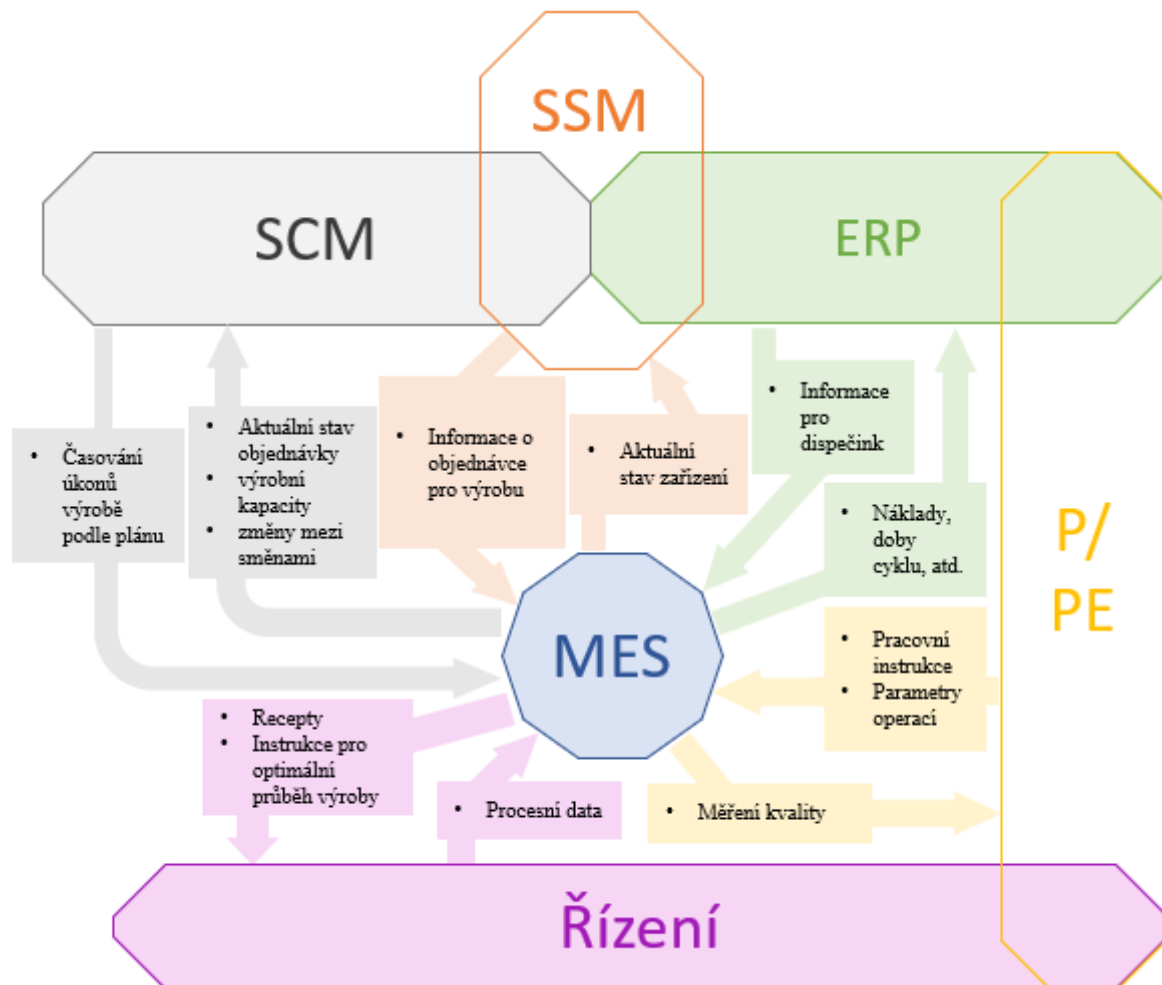


Obr. 1 Struktura podnikových systémů [2].

2.1 Další systémy v kontextu s MES systémem

MES patří mezi několik hlavních typů informačních systémů cílených na výrobu společnosti. Každý z těchto systémů obsahuje různé funkce a typy produktů. Níže jsou uvedeny jednotlivé systémy a jejich stručný popis. Na obrázku 2 je znázorněna jejich návaznost na systém MES. Další systémy v kontextu s MES systémy [11; 12]:

- **SCM** (Supply Chain Management – Řízení dodavatelského řetězce) – týká se předpovědi, logistiky, distribuce, řízení dopravy, elektronického obchodu a pokročilých plánovacích systémů (APS)
- **SSM** (Sales and Service Management – Řízení prodeje a služeb) – obsahuje SW pro automatizaci prodeje, definici služeb, konfiguraci produktů, produktovou návratnost atd.
- **ERP** (Enterprise Resource Planning – Plánování podnikových zdrojů) – zahrnuje plánování výroby a materiálů, správu objednávek, finance a související funkce
- **P/PE** (Product and Process Engineering – Výrobní a procesní inženýrství) – součástí jsou CAD/ CAM software, modelování produktů a správa dat o produktech
- **Řízení** (Controls) – SW/ HW hybridní systémy, zahrnující PLC, DCS, DNC a SCADA systémy a jiné automatizované jednotky pro řízení procesů



Obr. 2 Typy systémů se spolupráci s MES systémem.

Většina společností potřebuje některé schopnosti z těchto šesti kategorií spolu se systémem MES. Každá kategorie aplikací má odlišné funkční požadavky v závislosti na druhu výroby a použité metodě plánování. Rozdílnost aplikace kategorie pro různý obchodní styl a pro různé typy výroby platí převážně pro MES, který se ale překrývá se zmíněnými systémy. Dispečink může být prováděn pomocí systému v řízení obsahující funkce pro sběr dat, nebo ERP, ale žádný nenabízí stejnou funkcionalitu jako MES. Velkým rozdílem jsou také aktualizace dat v závislosti na čase. Zatímco podnikové systémy (ERP) fungují v řádu dnů až měsíců, MES pracuje v časovém měřítkách pouhých sekund. [11; 12]

2.2 Základní funkcionality MES systémů

Organizace MESA International definovala koncem dvacátého století jedenáct základních funkcionalit zobrazených na obrázku 3. s názvem MESA-11 Model. Následnou studií o uživateli a zároveň postupnou evoluční změnou byl model přetransformován do aktuálního stavu s názvem MESA Model, který se skládá ze sedmi funkcionalit. V těchto sedmi funkcionalitách jsou však převážně obsaženy všechny funkcionality z původního MESA-11 Modelu. Každý MES systém nemusí obsahovat pouze tyto funkcionality. Ty jsou implementovány na základě požadavků podniku, který chce MES využívat. Často se tudíž stává že systémy MES jsou o mnohé další funkcionality rozšířeny, popřípadě některé funkcionality obsažené v MESA modelu mohou být odebrány. [9; 11; 13; 14]



Obr. 3 11 MESA-11 Model [2].

Sedm základních funkcionalit dle MESA Modelu [9; 14]:

- **Správa výrobních zdrojů**

Zprostředkovává kapacitu potřebných zdrojů pro výrobní procesy, jejich sledování a zajišťování. Těmito zdroji mohou být osoby, materiál, zařízení, nástroje, energie apod. Budoucí rezervace těchto zdrojů je založena na informaci aktuálního stavu těchto zdrojů. Dále zajišťuje požadované kvalifikace a informaci o dostupnosti zdroje pro přiřazené úkoly.

- **Správa výrobních postupů**

Zahrnuje evidenci, správu verzí a výměnu kmenových dat s okolními systémy, jako jsou výrobní postupy a normy finálních výrobků, kusovník materiálů, výrobní zdroje atd. Veškerá tato data definují finální produkt a popis jeho tvorby. PLM (Product Lifecycle Managementu) může obsahovat správu výrobních postupů.

- **Detailní plánování a rozvrhování výroby**

Kritickou součástí systémů MES a výroby jako takové je proces plánování, který řadí zakázky do tak zvaných front práce, definující čas začátku a konce dané zakázky, tudíž v jakém pořadí budou výrobní zdroje přiděleny k zakázce. Plánování má mnoho různých přístupů, jako např. dopředné a zpětné plánování výroby, plánování založené na jednoduchých algoritmech vycházejících pouze z priorit jednotlivých zakázek, anebo velmi komplexní plánování založené na genetických algoritmech vycházejících pouze z priorit jednotlivých zakázek, anebo nejčastěji používané velmi komplexní plánování založené na genetických algoritmech.

- **Řízení a monitoring výroby**

Určení posloupnosti procesů, řízení toku materiálu a výroby samotné. Zajišťuje přidělování práce jednotlivým strojům a zaměstnancům, přidělování potřebného množství surovin a energie k jednotlivým sledům výrobního procesu. Sleduje aktuální stav zakázky i výroby, operativně poskytuje data o výpadech zdrojů a zajišťuje přednastavené aktivity řídicí výrobu specifikovanou v naplánované a uvolněné výrobě (fronta práce). Připojení ERP a případným online zpřístupněním o rozpracované zakázce je velmi důležité pro řízení výroby v MES systémech.

- **Sběr dat**

V každém podniku může být sběr dat včetně traceability procesních a výrobních dat velmi různorodý z důvodu odlišnosti firem. Sběr dat základních informací jako je např. výrobní cyklus stroje může být velmi jednoduchý, na druhou stranu může sběr dat zaznamenávat tisíce hodnot každou minutu z velmi složité automatizované výroby. Ne všechna data jsou důležitá. Je třeba určit správná data, které je vhodné monitorovat a která budou mít správnou vypovídající hodnotu o daném procesu.

- **Sledování dat a jejich traceabilitu**

Každý MES systém by měl zajišťovat, shromažďovat a poskytovat informaci o zdrojích použitých pro výrobu finálního produktu, výrobu meziprojektu a spotřebu materiálu. Z legislativních důvodů a z důvodů auditů je sledování výrobků a jejich rodokmen velmi důležité i z důvodu řešení případné reklamace.

- **Výkonnostní analýzy**

Za pomoci různých ukazatelů, které se u jednotlivých podniků liší, firmy svoji hodnotí úspěšnost v jednotlivých oblastech celé výroby. OEE (celková efektivita zařízení) je jedním z nejpoužívanějších ukazatelů. Udává hodnotu efektivního využívání výrobních zařízení a skládá se z tří složek a vzniká jejich násobkem. Tyto složky jsou dostupnost, výkon a kvalita. Každá z těchto složek je vyjádřena hodnotou od 0–100 % a jsou vždy vypočítány za daný časový interval. Dostupnost je vypočítána skutečnou dobou běhu zařízení podělenou plánovanou dobou běhu zařízení. Výkonnost je vypočítána skutečná produkce podělená potenciální produkcí. Kvalita je vypočítána počtem kusů vyrobených ve vyhovující kvalitě podělenou celkovým počtem vyrobených kusů. [16]

2.3 Funkce MES systémů

MES systém je definován jednotlivými funkcemi rozdělující celý systém do různých modulů. Každý modul je určený na něco jiného a pro někoho jiného. Z každého modulu vychází odlišná data potřebná pro konkrétní pracovní pozici, jak pro manažerské pozice, tak pro pracovníky ve výrobě. Jednotlivé moduly zprostředkovávají okamžitý přehled o stavu zakázek, plnění norem a informace o výrobních procesech. MES je díky těmto funkcím jednou z klíčových komponent IT infrastruktury, díky které lze lépe řídit, monitorovat a plánovat výrobu. [17]

Na základě aktuálních reálných dat MES systém ovlivňuje výrobní proces tím, že spouští jednotlivé činnosti ve výrobním závodu. Reagují na vše, co se událo dle přednastavených parametrů a podává zpracovaná data prostřednictvím digitálních tabulí, grafů, tabulek a příslušných hlášení. Výsledkem je schopnost rychle reagovat na měnící se podmínky v podniku a zároveň odhalovat a následně redukovat málo produktivní činnosti a procesy. MES může být navzájem provázán i s ostatními informačními systémy v podniku. Tím může dojít k ucelení a zastřešení všech informačních systémů pod jeden a tím zjednodušit přístup k potřebným datům včetně jejich sdílení. Samotné funkce pak zjednoduší dostupnost potřebných informací a MES jako celek zprostředkuje sdílení dat na jednotlivé pracovní pozice pomocí přednastavených komunikačních cest mezi systémy. [18]

Funkce MES systémů [9; 17; 18; 19; 20; 21; 22; 23]:

- **Plánování**

Systémové plánování, které umožňuje výměnu informací mezi systémy úzce souvisí s MES. Pro uživatelský program se obvykle vytváří rozhraní, které je vhodné pro tvorbu systému MES vzhledem k velké rozmanitosti nasazených systémů. K určení se používají pracovní příkazy podrobně popisující typ práce, číslo zakázky, počet dílů, množství, potřebné datum dodání a způsob určení priority. Systém dohlíží na požadavky a změny, vytváří a udržuje harmonogramy provádějící v pořadí podle stanovené priority. Kromě toho dokáže přiřazovat a odebírat skladové zásoby ve vztahu k objednávkám dle přednastavených vzorců. Pro včasné dodání se stalo zásadním možnost reagovat na nepředvídané okolnosti, jako jsou dodatečné potřeby klientů nebo neočekávané poruchy strojů, nebo výpadky zdrojů. Systém MES na základě původních a přichozích dat (seznam priorit, budoucí termíny dodávek atd.) a výrobních simulací automaticky vypočítá nové uspořádání výroby, zatímco u předchozích výrobních systémů bylo prakticky nemožné optimálně změnit plán výroby. S ohledem na novou situaci je pak tento postup nejvhodnější. Další možností je upozornit vedení na změněnou situaci, poskytnout nejnovější informace a vyčkat na jeho rozhodnutí. Uvolňování výrobních příkazů a určování aktuálního seznamu priorit na základě sekvenčních pravidel nebo jiných technik plánování výroby jsou běžnými funkcemi systému MES.

- **Správa zakázek**

O výrobě a množství zakázky rozhoduje systém MES po obdržení ručně nebo automaticky zadané informace. Následující fáze zahrnuje spolupráci s tvůrcem systému MES při rozhodování o toku informací, formátu a parametrech. Vyhodnocení teoretických přístupů k řešení. Toto spojení by mělo umožnit vstup a výstup dat z organizace, přičemž objednávka by měla sloužit jako výchozí bod pro zadávání informací. Příkladem dalších informací jsou stavy zásob, informace o pracovním procesu, průběh zakázky atd. Ostatní uživatelé sítě mohou díky konstrukci systému využívat data, která MES uložil a zpracoval. Systém MES bude používán jako klient/server pro všechny uživatele a datové komponenty. Pokud jsou data uložena v systému, lze je upravit a připravit k použití na základě specifikací uživatele. Informace lze analyzovat a kategorizovat v závislosti na jejich primárních funkcích. S rozvojem technologií zpracování jsou informace snadněji dostupné, což usnadňuje instalaci MES a zpřístupňuje datový sklad. Přestože komunikace z výrobního závodu k zákazníkovi probíhá

vždy stejným směrem, je možné, že na stejný dotaz zákazník dostane poněkud odlišné informace. Je vhodné, aby systémy MES byly propojeny se systémem plánování, aby mohly přispět k správnému chodu výroby bez prodlev. Využitím systému MES k ručnímu získávání informací lze zlepšit podnikovou výrobu, která nyní funguje bez plánovacího systému. Každý funkční modul MES je schopen fungovat samostatně, ale při zapojení více výrobních modulů je výroba pružnější a efektivnější.

- **Řízení výrobních jednotek**

Toto oddělení má na starosti zavádění strategie řízení zakázek do praxe a logickou organizaci výrobních jednotek. Do této části lze zahrnout i přímé řízení rozhraní a připojení jednotlivých pracovních stanic. Kromě toho se zde provádí určování vytížení výroby, plánování a rozvrhování jednotek. Modul udává celkové a současné zatížení dílny v členění podle operací nebo výrobních jednotek. Systém poskytne správná data pro správné zásobování ze skladů, stejně jako o nástroje a data potřebná pro definovanou výrobu v souladu s plánem. Kromě toho vystaví a provede objednávky na dodání potřebných dílů do plánovaných výrobních míst. Systémy MES lze rozsáhle přizpůsobit pro každou výrobu. Možnost přizpůsobení systému umožňuje vytvořit model dovedností výrobního systému, který zohledňuje potřeby zákazníka i výroby. Úvodním krokem modelu je inventarizace všech oddělení, pracovních stanic a procesů. Na základě znalostí o provozu podniku je tak možné stanovit, která pracoviště mohou provádět konkrétní operace. Systém MES má při definování modelu na starosti zajištění správného směřování ve výrobě. Pokud může být operace prováděna na více než jedné pracovní stanici, pravidla modelu rozhodnou, který stroj to bude.

- **Sledování zásob na skladě a jejich řízení**

Funkce sledování zásob se neustále mění. Modul může zpracovávat informace o každé jednotlivé položce nebo skupině výrobků na skladě, včetně aktuální distribuce. Inventura (skladový seznam) pro MES zahrnuje vše potřebné pro náradí, materiál, rozpracovaná výroba, výkresy, specializované pracovní kapacity a další zboží, které může být popsáno v popisu skladových položek. To vše spadá do kategorie výroby. Z různých důvodů by bylo pro většinu plánovacích systémů poměrně náročné reagovat online na problémy, které by mohly nastat v souvislosti se sklady. Systém MES zpracovává data, která jsou uložena v plánovacím systému. Podle stávající strategie se tím změní tok zásob ve skladu (harmonogram). Přestože mnoho systémů pro plánování má spoustu informací o možnostech skladových zásob, je třeba tyto informace nainstalovat do systému MES pro řízení zásob nebo je mít okamžitě k dispozici, při jakékoliv změně výrob.

Funkce sledování zásob se dělí následujícími specifickými způsoby:

- Kontroluje, řídí a koordinuje veškeré průběžné činnosti týkající se materiálu a zásob s cílem dodat požadované výrobky ze skladu na pracoviště v souladu s časovým rozvrhem objednávek. Prostřednictvím MES, plánovacích systémů nebo pomocí automatického skladu, kde je zaveden systém vyhledávání informací (AS – automatický skladový systém/RS – vyhledávací systém) je prováděno řízení materiálu. Pro přesné vybrání položky ze zásob ve skladu, MES uchovává data v databázi nebo má veškeré informace k dispozici online.
- Zjišťuje a shromažďuje všechny relevantní údaje a materiály v souladu s výrobním plánem. V této souvislosti databáze zahrnují vše, co je potřeba k dokončení výrobních zakázek. Nástroje a příslušenství, specializované pracovní dovednosti, výkresy a další technická data CAD (Computer Added Design) atd. jsou zahrnuta v databázi.

- Podrobnosti o každé položce, včetně jejího identifikačního čísla, umístění, množství, dat přijetí, dodavatele, čísla objednávky dílu atd., jsou aktualizovány a zpřístupněny.

Příjem materiálu a jeho zařazení do skladu může sloužit jako jeden z příkladů řízení zásob v systému MES. Z materiálu se po jeho naskladnění sejme štítek s čárovým kódem a do systému je zařazen čárový kód s číslem objednávky (číslo nákupní objednávky). Aktuální stav objednávky a zpracované údaje pak systém zobrazuje. Po zpracování údajů o materiálu je materiál následně přemístěn na své místo ve skladu nebo je rovnou přesunut do výroby na určené pracoviště. Každá fáze pohybu materiálu je zaznamenána systémem MES. Systémová data se průběžně aktualizují podle průchodu procesem plánování výroby, nebo dle přednastaveného časového intervalu. Plánování ve spojení s řízením zásob má velký přínos pro systém MES.

Software MES a WMS (warehouse management systém – systém řízení skladu) pracují synchronizovaně a zaručují, že materiálové toky z instalace do výrobního centra, a naopak probíhají bez přerušení a s maximální účinností. WMS spravuje kusovník (rozpiska), tedy databáze všech komponent propojených s výrobou. Proto WMS pro výrobu řídí dostupné zásoby v reálném čase a koordinuje se s MES pro zásobování výrobních linek. MES slouží jako mezivrstva mezi ERP a výrobním závodem a funguje na stejné úrovni jako WMS. Je však nutné mít systém řízení skladu s funkcionalitami určenými speciálně pro výrobní logistiku. Každý MES může být konfigurován jinak a zároveň komunikace mezi jednotlivými systémy mohou být rozdílné. [24]

- **Řízení pohybu materiálu**

V dřívějších fázích se řešil problém, v jakém pořadí mají být pracovní příkazy na pracovištích a jak využívat zásoby materiálu ve skladu. Pohyb zásob ze skladu na jednotlivá pracoviště lze nyní plánovat pomocí systému. Logika systému vychází z představy, že vše má stanovené místo, ze kterého musí být přemístěn na nové potřebné místo.

Správný pohyb materiálu je založen na přesných informacích. Nejjednodušší známá forma pohybu materiálu "Vezměte předmět z tohoto místa a umístěte jej na toto místo" je funkce nepřidávající hodnotu materiálu. Díky modelu fyzických dovedností zabudovanému do systému MES musí systém jednoduše určit, kdy, odkud, kam a s čím se má pohybovat, a na základě těchto údajů vydá příslušný pokyn:

- vydání průvodních dat řidiči vysokozdvížného vozíku,
- vydání propouštěcí zprávy zákazníkovi (prodejci),
- komunikace systémů AS (Automated Storage) / RS (Retrieval Systems), tj. automatizovaných skladovacích/systémy vyhledávání informací řídicího systému za účelem dodání konkrétní palety materiálu z daného místa nebo zaslání přímého požadavku na materiál, což umožní řídicímu systému AS/RS načíst údaje o příslušném místě,
- pokyn dopravnímu systému, aby přivezl materiál na pracoviště (například řízené PLC),
- pokyn automatizovanému přepravnímu systému, aby vyzvedl materiál na jednom pracovišti a dopravil jej na další.

Do systému je možné zadávat data i ručně pomocí prostředí pro zadávání ve formě aplikace. Způsob zadávání informací je nutno nakonfigurovat před zavedením do výroby.

- **Sběr a archivace dat**

Funkce sběru správných dat z výroby jsou základem systému MES. Snímání čárových kódů a ukládání dat do tzv. datového skladu, kde se zpracovávají a třídí obrovské objemy dat. Jsou dvě metody sběru dat. Tato část systému MES funguje jako referenční bod a převodník všech potřebných dat, která vznikají ve výrobních závodech. Pokud jsou systémy propojeny, lze data shromažďovat a archivovat i z míst mimo průmyslové závody. Data lze přijímat z podnikových provozních úrovní, porovnávat je a rozdělovat na základě libovolného požadavku, a to navzdory mnoha typům snímačů a řídicích rozhraní.

Zde se zpracovávají data na podnikové úrovni, jako je evidence pracovní doby a docházky, statistické řízení procesů, sledování materiálu, výkaznictví a tracebilita výrobků.

Zdroje dat:

- čtečky čárových kódů,
- kódovaná data hlasem,
- PLC – programovatelné logické řídicí jednotky,
- vysílače na rádiové frekvenci,
- docházkový systém,
- stroje a sledování procesů,
- systém zajišťující kvalitu,
- ruční zadávání údajů,
- počítačové systémy.

Účelem sběru dat v systému MES je poskytovat a vyměňovat data mezi různými úrovněmi podniku poskytovat tracebilitu výrobku a zobrazovat sbíraná data ve formě dashboardů pro rychlý a jasný přehled výroby.

- **Řízení výjimek**

Tato funkce, která může reagovat na neočekávané události ve výrobě, je ve výrobě často požadovaná. Vzniká několik otázek. Co nastane, když se stroj porouchá? Co se stane, když materiál nedorazí včas? Jaký bude mít úprava dopad na dodržování příkazů? Systém MES, který pracuje automaticky, může obvykle poskytnout odpovědi na většinu těchto otázek.

- Informace zpracovává systém MES, který pak může změnit výrobu nebo zavést alternativní trasy.
- Systém může sledovat údaje o kontrole kvality a podle potřeby upravovat postupy a strojní zařízení, aby bylo zajištěno, že výrobky splňují požadované specifikace.
- Systém musí v minimálním počtu případů upozornit vedení na výskyt výjimky a vyčkat na reakci.

Expertní systémy

Další nadstavbou MESu jsou Expertní systémy, které jsou řazeny do metod a modelů umělé inteligence. Představují počítačový model, který má nahradit rozhodování lidského odborníka. Expertní systémy mohou některé podniky využívat ke zlepšení své schopnosti zvládat neobvyklé výrobní okolnosti. Vytvoření takového systému však může být obtížné, jelikož jeho konstrukce je náročná a nákladná. Nejčastější výjimky, jako je změna plánu výroby v reakci na vnější vlivy prostřednictvím automatického cyklování, mohou zajistit systémy MES a jejich zavedení je ve srovnání s expertními systémy snadno konfigurovatelné. [25]

3 PRAKTICKÁ ČÁST DIPLOMOVÉ PRÁCE

V praktické části bude nejprve vybrán dodavatel pro Proof of Concept (dále jako PoC) dle požadavků firmy. Následně budou určeny rizika, které by mohli nastat při PoC a které jsou potřeba v systému vyzkoušet. V PoC budou vyhodnoceny rizika pro PoC, měření čas výroby v aktuálním stavu a stavu s MES systém dodán od Dodavatele C a z toho určené časové a následně finanční úspory, kontrolní výpočet měření, výpočet úspor pro část výroby, definování toku objednávky, určení benefitů, určení rizik implementace systému MES s návrhy na opatření, návrh implementačního plánu, hodnocení dodavatele, dotazník se zaměstnanci a výpočet ROI (Return on investments).

3.1 Mapování trhu dodavatelů MES systému

Společnost patří do průmyslového odvětví, které se zaměřuje na výrobu produktů sloužících pro zdravotnické účely. Z této skutečnosti vyplývají specifické nároky, které jsou na společnost z hlediska výroby, procesů, čistoty atd. kladeny. Například softwarové validace, čisté výrobní prostředí, traceability produktů apod. Všechny tyto nároky musejí být zohledněny při výběru dodavatele. Prvním krokem je tedy zmapování trhu a provedení analýzy. Cílem této analýzy je získat přehled o dostupných možnostech řešení implementace a porovnat nabídku od jednotlivých dodavatelů. Je důležité zvážit veškerá kritéria, jako je funkčnost systému, cena licence, podpora od dodavatele po implementaci tak, aby bylo možné zajistit výběr nejlepšího řešení pro potřeby společnosti.

Po zmapování trhu a vytipování konkrétních dodavatelů je třeba zvážit požadavky společnosti na informační výrobní systém MES. Tyto požadavky zahrnují vlastnosti, jako je například integrace a komunikace s jinými systémy, schopnost zaznamenávat a sledovat výrobní údaje včetně výkonnosti nebo schopnost splnit veškeré požadavky, které jsou pro použití ve výrobě nezbytné. Na základě těchto požadavků lze následně vybrat nejvhodnějšího dodavatele. Z důvodů zachování anonymity firmy a výslovným požadavkem Dodavatele C jsou všichni uvedení dodavatelé také v anonymitě.

Dodavatel A

Dodavatel A je česká společnost specializující se na dodávky a instalace řídicích systémů pro automatizaci výrobních procesů. Brzkým vstupem na trh se firma stala předním poskytovatelem automatizačních řešení v České republice. Zaměřuje se na řízení výrobních linek, řízení technologií a průmyslové automatizace. Společnost poskytuje řešení od návrhu a dodávky technologických zařízení až po instalaci a servis. Kromě toho poskytuje Dodavatel A také školení a technickou podporu pro své zákazníky. Společnost si také vyvíjí vlastní systém pro automatizaci výrobních procesů. Tento systém umožňuje řízení a monitorování výrobních linek, a to včetně všech technologických procesů a zařízení. Systém je vybaven širokou škálou funkcí, jako jsou například řízení technologií, řízení výrobního procesu, řízení kvality a optimalizace výroby. Tento systém také umožňuje integraci s jinými informačními systémy, jako jsou ERP systémy, a poskytuje přehledné a intuitivní rozhraní pro snadné ovládání. Jedná se o flexibilní systém, který lze přizpůsobit potřebám jednotlivých zákazníků dodáván po modulech a následného ucelení systému. Jeho konfigurace může být upravena podle specifických potřeb a požadavků každého zákazníka, což zaručuje, že systém bude fungovat optimálně v každém výrobním prostředí. Výhodou systému je, že umožňuje efektivní řízení výrobního procesu a zlepšení efektivity a produktivity výroby.

Dodavatel B

Dodavatel B je technologická společnost, která se specializuje na vývoj software pro automatizaci výrobních procesů. Jejich hlavní produkt MES, je vysoce sofistikovaný řídicí systém, který umožňuje řízení a monitorování výrobních linek a technologických procesů.

Systém poskytuje uživatelům širokou škálu funkcí, jako jsou například řízení technologií, správa výrobního procesu, sledování výkonu a optimalizace výroby. Tento systém také umožňuje snadnou integraci s jinými informačními systémy, jako jsou ERP systémy, a nabízí jednoduché a intuitivní uživatelské rozhraní. MES od Dodavatele B je flexibilní systém, který lze přizpůsobit potřebám jednotlivých zákazníků dodáván po modulech a následného ucelení systému. Jeho konfigurace lze měnit podle specifických požadavků každého zákazníka, což zaručuje, že systém bude fungovat optimálně v každém výrobním prostředí.

Dodavatel C

Dodavatel C je společnost působící na evropském trhu, která se specializuje na dodávky MES řešení pro průmyslové podniky. Společnost byla založena začátkem 21. století a od té doby se stala vedoucím dodavatelem MES řešení v Evropě a Latinské Americe. Dodavatel C se zaměřuje na poskytování špičkových řešení pro řízení výroby a sledování výrobních procesů. Jejich MES systém umožňuje podnikům efektivně řídit a monitorovat výrobní operace, což vede ke zlepšení efektivity, kvality a bezpečnosti výroby. Dodavatel C se také zavázal k inovacím a neustálému vývoji svých řešení, aby mohli svým zákazníkům nabídnout nejlepší možné řešení pro jejich potřeby. Společnost má rozsáhlou síť partnerů a distribučních kanálů po celém světě, což jí umožňuje nabízet své služby široké škále průmyslových odvětví. Vzhledem k jejich řešením, inovativnímu přístupu a závazku k excelenci, je Dodavatel C považován za jednoho z nejlepších dodavatelů MES systémů na trhu. Proto je tato společnost významným dodavatelem pro mnoho průmyslových podniků a byla zvolena i jako dodavatel. Systém je dodáván formou celku, kdy je možné upravovat jednotlivé moduly dle potřeby zákazníka.

3.2 Hodnocení dodavatelů

Všichni dodavatelé představili svůj produkt a služby. Funkce jednotlivých systémů a jejich následné hodnocení (5 nejlepší 0 nejhorší) jsou zaznamenány v tabulce 1. Do hodnocení byla zahrnuta i důležitost dané funkce pro firmu formou váhy (5 – důležité, 0 – nepodstatné).

Po výběrovém řízení bylo vybráno pro Proof of Concept Dodavatele C. Jedním z klíčových požadavků byla celosvětová implementace systému do všech závodů společnosti. Dalším ukazatelem, na který byl brán velký ohled, jsou zkušenosti s medical výrobou, jelikož se jedná o poměrně specifickou výrobu s mnoha náležitostmi. Traceability (dohledatelnost dat) je pro medical průmysl taktéž na prvním místě. V případě problémů výrobků musí být finální výrobek dohledatelný pro maximální bezpečnost zákazníka. Dodavatel C měl všechny tyto klíčové funkce hodnoceny maximálním bodovým hodnocením a nejlepší výsledný průměr hodnocení.

Tab. 1 Hodnocení dodavatelé MES.

Dodavatel/ Funkce	Váha	Dodavatel A	Dodavatel B	Dodavatel C
Traceabilita (dohledatelnost dat)	5	3	4	5
Vizualizace sesbíraných dat	3	2	3	5
Uživatelské prostředí	3	3	4	4
Vizuální vzhled systému	2	2	5	5
Komunikace	4	5	5	4
Zkušenosti s medical výrobou	5	3	4	5
Celosvětová implementace	5	1	3	5
Prezentace zákazníkovi	3	4	4	4
Úprava systému na míru	4	3	4	4
Způsob implementace (celé řešení 0 - jednotlivé moduly 5)	3	5	5	3
Výsledný průměr hodnocení	-	3,1	4,1	4,4

3.3 Proof of Concept

Během Proof of Concept byla vyhodnocena rizika pro PoC, měřen čas pracovních pozic v Čistém skladu v aktuálním stavu a následně s MES systémem, z těchto měření určeny časové a finanční úspory, kontrolní výpočet měření, výpočet úspor pro část výroby, definování toku objednávky, určení benefitů, určení rizik implementace systému MES s návrhy na opatření, návrh implementačního plánu, hodnocení dodavatele, dotazník se zaměstnanci a výpočet ROI (Return on investments). Veškeré definované podklady a výpočty budou sloužit jako podklad k celkovému hodnocení a doporučení firmě.

Hardware pro PoC

Systém MES byl dodán od Dodavatele C v základním nastavení a bylo třeba nadefinovat požadavky, co od něj je očekáváno. Pro nadefinování specifikací byl vytvořen tým odborníků z jednotlivých oborů, jako je kvalita, výroba, obchod a IT. Postupnými konzultacemi a úpravami systému do požadované podoby firmy byl MES připraven na Proof of Concept. Do systému se přihlašuje pomocí uživatelského jména a hesla. Správce systému má k dispozici celý systém a může provádět veškeré úpravy. Dále může vytvářet jednotlivé uživatelské účty s rozdílným oprávněním, omezeným přístupem a omezeným rozhraním. Systém je řešen formou webové stránky a aplikací, které lze otevřít téměř na všech mobilních zařízeních s operačním systémem Windows. Vhodná zařízení pro správu systému jsou tedy počítače, notebooky, tablety případně i mobily se zmiňovaným informačním systémem. Pro PoC byly

použity notebooky a tablety. Ke sběru dat byla užívána čtečka čárových kódů spárovaná se zařízením. V čárovém kódu je uloženo číslo, které je vázané s výrobkem. Ukryvá se pod ním název materiálu, batch a doba expirace. Po správném spárování čtečky čárových kódů čtečka po naskenování kódu vypíše číselný kód. Systém je možné programovat tak, aby úkony od čtečky (jednotlivá číselná kombinace) prováděly různé operace. Nebo může být nastaven na shodu skenovaného kódu se zadaným. Této funkce se dá využít při odebrání materiálu ze skladu. V kusovníku je zadán konkrétní materiál a po naskenování kódu systém vyhodnotí shodu/ neshodu. V případě shody operátor ví, že má přesně požadovaný materiál a může jej naskladnit. V případě neshody je operátor varován na neshodu. Lze nastavit, že nemůže pokračovat dále dokud nebude mít požadovaný materiál.

Určení a vyhodnocení rizik pro PoC

Před samotným Proof of Concept byla nadefinována rizika, která by mohla nastat. Zároveň bylo třeba nadefinovat rizikové situace, aby se ověřilo, jakým způsobem bude MES reagovat a zdali bude umět definované kritické situace řešit. Rizika byla nadefinována do dvou tabulek a během PoC vyhodnocena. Tabulka 3 je zaměřena na problematiku s hardwarem. Daná rizika byla ověřena a vyhodnocena popisem, případně dotazem/ požadavkem na dodavatele. Pro lepší přehlednost je vyhodnocení rizik barevně rozlišeno dle tabulky 2.

Tab. 2 Barevné označení vyhodnocení rizik pro PoC.

	MES neumí řešit, vyhodí chybu (ne/ problém)
	Lze řešit doopravením systému od společnosti
	MES s tím počítá, umí řešit
	Časový údaj

Tab. 3 HW rizika pro PoC.

1.	Odpojit čtečku – Jak dlouho trvá párování?	5 minut.
2.	Vypnout Wi-fi na tabletu / na routeru.	Vypnutí wi-fi na tabletu – během 10 s hned připojeno na správnou wifi.
3.	Nechat vybit čtečku.	Jakmile se čtečka vybije – nedá se s ní již pracovat, nutno nabít – začne komunikovat až po 30 minutách na nabíjení, po nabití hned komunikuje s dříve spárovaným tabletem.
4.	Nechat vybit tablet.	Není problém, MES ukládá data průběžně.
5.	Restartovat tablet během zakázky.	Není problém, MES ukládá průběžně – poměrně dlouhé načítání tabletu.
6.	Načítat materiál dál od tabletu, dosah čtečky od tabletu.	Dosah čtečky okolo 7 m.
7.	Zaměnit čtečky/ spárovat s jiným tabletem.	Párování probíhá poměrně složitě – čtečka funguje jako bluetooth klávesnice, funguje jen na jeden tablet, na který je spárovaná.
8.	Výdrž baterie tabletu?	Výrobce udává u nového tabletu až 10 hodin. Při 100 % využití 8 hodin.
9.	Stačí úsporný režim na tabletu?	Ano.
10.	Za jak dlouho se tablet bude uzamykat?	Lze nastavit doba zhasnutí obrazovky.
11.	Za jak dlouho se tablet nabije?	Okolo 4 hodin.
12.	Připojit na jinou Wifi – řekne mi to, že jsem na špatné WIFI?	Nejde.

13.	Jak dlouho trvá nakonfigurovat čtečku? Kolikrát se bude potřebovat připojit během Proof of Concept.	Cca 5 minut, jednou se připojí a již zůstane spárovaná.
14.	Aktualizace Windows – půjde zakázat aktualizace?	Ne, windows je kontrolován doménovou politikou, která nakazuje aktualizace. Při aktualizaci bude třeba pracovat na jiném zařízení.
15.	Skenovat tabletem, zároveň čtečkou.	Materiál se načte tím, co sejme kód rychleji
16.	Skenovat Qr kód.	Lze pouze tabletem, čtečky čarových kódů neumí číst Qr kód.
17.	Zkusit přetížít systém tabletu.	Tablet dostatečně výkonný – déle trvá načítání MES systému, jelikož jede na externím serveru.
18.	Půjde využívat tablet i jako pracovní zařízení – internetový prohlížeč?	Zatím ano, v budoucnu možné zakázat.
19.	Změna klávesnice – Nutné nastavení zařízení? Dá se zablokovat?	Jde nastavit pouze jedna klávesnice (pro čtečku je třeba ENG, jinak to píše háčky)
20.	Změnit jazyk tabletu – bude to mít vliv na funkčnost?	Tablety jsou pouze v angličtině.
21.	Zkusit ovládat tablet pomocí tužky/prstem/ myši – co nejlepší?	Prst – méně přesné, špatně se dává pravé tlačítko, tužka – velmi přesná, dobře se dává pravé tlačítko, myš – nejvíce přesné, pravé tlačítko, nelze s ní pracovat ve vzduchu
22.	Na jeden tablet spárovat dvě čtečky? Která bude nahrávat?	Obě – pokud se připojí na jeden tablet (fungují jako klávesnice... také můžeme mít dvě Bluetooth klávesnice na jedno zařízení)
23.	Načítat materiál čtečkou/ tabletem.	Čtečkou rychlejší a pohodlnější.
24.	Dotek na tabletu v gum. rukavicích.	Velmi dobrý
25.	Ověřit wi-fi připojení v čistých prostorách	Dle IT pokrytí Wi-fi v čistých 100 % - dělalo se speciální měření.
26.	Využívat tablety – MES – tiskárnu k tisku nových štítků pro identifikaci materiálu.	MES by měl umět.
27.	Jde skenovat čtečkou kódy zasahující do zeleného pruhu?	Hůře, ale lze.

Tabulka 4 je zaměřena na samotný systém MES. Stanovených 35 rizik se zaměřují na reakce a fungování samotného systému ve výrobě. Jakým způsobem se budou pracovníci přihlašovat, kdo bude mít možnost provádět změny a jak bude systém řešit různé problémy. Pro lepší přehlednost jsou vyhodnocení opět zbarvená dle tabulky 2.

Tab. 4 Rizika systému MES pro PoC.

1.	Připojení dvou a více tabletů na stejnou zakázku.	Lze bez problému – lze pracovat dva zároveň.
2.	Vypnout tablet během načítání zakázky – po zapnutí připojit stejným/ jiným uživatelem /stejným jiným tabletem	Mes ukládá v reálném čase po uložení může pokračovat kdokoliv.
3.	Zkusit připojit více čteček na jeden tablet.	Lze.

4.	Vypnout MES – pak přihlásit stejného uživatele/ jiným uživatelem.	MES ukládá v reálném čase po uložení může pokračovat kdokoliv.
5.	Na zahájenou zakázku se připojit jinde jiným uživatelem.	MES ukládá v reálném čase po uložení může pokračovat kdokoliv.
6.	Na zahájenou zakázku se připojit stejným uživatelem na jiném tabletu.	MES ukládá v reálném čase po uložení může pokračovat kdokoliv.
7.	Změnit zakázku během naskladňování.	Pouze uživatel s oprávněním.
8.	Změnit nějakou hodnotu ze zakázky na tabletu.	Pouze uživatel s oprávněním.
9.	Počet materiálu v zakázce.	Momentálně nelze přepsat – množství zadáno dle kusovníku.
10.	Změnit klec.	Klec je momentálně zadává na začátku naskladňování – lze změnit během naskladňování.
11.	Změnit pozici	Pozice v kusovníku momentálně změnit nelze.
12.	Změnit nějakou hodnotu ze zakázky v systému – propsání? (Plánovač navýší počet zakázky – za jak dlouho – jestli vůbec se to propíše do tabletu...) - kdo je schopný provádět tyto změny?	Poměrně složité – spíše lepší vytvořit novou zakázku se změněnými hodnotami, uživatel s oprávněním.
13.	Dostanu se na další krok, když nemám veškerý materiál?	Ne s danou zakázkou – dokud jí tam neodešlu, odešlu po kompletním naskladnění.
14.	Sledovat odečítání skladovaného materiálu ze "SAPu".	Momentálně jede na externím serveru.
15.	Sledovat celkový chod.	Pomalejší z důvodu připojování na externí server.
16.	Na zakázce začne pracovat někdo jiný se stejným tabletem i čtečkou, jak se změní uživatel?	Odhlášením uživatele – přihlášením, možno vytvořit mnoho uživatelů.
17.	Skenovat špatné materiály, špatné dávky, jak bude systém reagovat?	MES oznámí neshodu.
18.	Jakým způsobem se přihlašuji do MESu? Přes Office 365 nebo vlastní heslo?	Vlastní jméno, heslo – vytváří správce.
19.	Přihlásit na všechny tablety jednoho uživatele? - Co se stane?	Lze bez problému.
20.	Půjde číst čárový kód kamerou na tabletu, který zasahuje do zeleného pole?	Ano.
21.	Naskenovat dvakrát/třikrát stejnou položku po sobě. Co se stane?	MES vyhodnocuje shodu, jeli shoda s kusovníkem umožní dalšího skenování, není-li upozorní na neshodu.
22.	Nahrát špatnou položku (klec, stanoviště) do materiálu něco co by to nemělo přečíst	Vyhodnotí jako neznámý subjekt.
23.	Zkusit přepnout uživatele během naskladňování	MES ukládá v reálném čase po uložení může pokračovat kdokoliv.

24.	Odejít od rozpracované zakázky, začít jinou. Jak zareaguje? Co systém uloží?	Uloží poslední krok – zakázka zůstane rozpracovaná.
25.	Chybný přesun materiálu, jak reálně, tak systémově. Půjde opravit?	Ano.
26.	Bude odebrán materiál z jiné zakázky, dovolí mi to systém? Bude vidět že je materiál ve skladu volný? Popř. propíše se, že už je odebrán i když původně nebyl naplánován do mé zakázky?	Momentálně ano.
27.	Oskenovat více čtečkami jeden materiál ve stejný okamžik – do jakého zařízení se načte?	Do prvního, který materiál načte.
28.	Dát jinou zakázku do klece v které už je jiná zakázka. Jak bude systém reagovat?	MES mi řekne že v kleci je již jiná zakázka.
29.	Jakmile bude nachystáno – potvrzení na tabletu, že je klec připravená, možnost vidět, že byly dokončeny tiskoviny apod.	MES by měl umět.
30.	Dát jednu zakázku (klece) na více linek, jak se to zachová – dovolí to systém?	Systémově to nedovolí.
31.	Dovolí MES zaplánovat stejnou zakázku na více linkách?	Ne.
32.	Klec už bude volná, ale stále registrovaná na zakázku. Kdo bude mít oprávnění a jak jí uvolnit?	Uživatel s oprávněním od správce.
33.	Půjde dát Zpět? Něco nechtěně zadáno jedním cvaknutím zpět do původního stavu?	Spíše ne – je třeba udělat patřičné kroky - např. přesun materiálu na předchozí pozici.
34.	Budu vidět kde se materiál konkrétně nachází? P01 – Kardex H66, regál M22	Ano – po přiřazení materiálu pozice.
35.	Umí číst Qr kód?	Ano.

Většinu z uvedených rizik MES umí řešit, případně po komunikaci s dodavatelem lze MES naprogramovat pro požadovanou funkci. Jediné riziko, které bylo vyhodnoceno jako problém je aktualizace operačního systému Windows, které lze vyřešit plánovanou aktualizací na konci odpolední směny. Dalším problémovým rizikem by mohla být výdrž baterie tabletů, která dle dodavatele je 10 hodin. Testováním se výdrž baterie prokázala na 8 hodin, ale častým používáním se bude kapacita baterií snižovat. V budoucnu by mohlo docházet k vybíjení tabletů během směny a tím by mohly vznikat komplikace v podobě zdržování. Možným řešením tohoto problému je mít dvě sady tabletů, které by se střídaly na dobíjení při obědové pauze, změně směny a pauze na večeri. Tím by tablety byly v provozu zhruba 4 hodiny a 4 hodiny na nabíječe. Z důvodu složitějšího párování čtečky s tabletem by měl každý table svoji čtečku čárových kódů, která by se dobíjela společně s tabletem po 4 hodinách. Je bráno v potaz i skenování čárových pomocí kamery tabletu, avšak manipulace a skenování není tak pohodlné jako u čtečky čárových kódů.

3.4 Value Streamy ve firmě

Firma je rozdělena na tři Value Streamy (Výrobní toky):

- **Urologie (URO – Urology)**

Value stream Urologie se zaměřuje na výrobu a distribuci urologických produktů, jako jsou katetry, stenty a další chirurgické prostředky. Cílem je zajistit, že tyto produkty jsou k dispozici pacientům v co nejkratší době, za co nejnižší náklady a s co nejvyšší kvalitou. Value stream urologie také zahrnuje výzkum a vývoj nových produktů

a inovativních technologií (R&D), které mohou v budoucnu zlepšit kvalitu patientské péče.

- **Dýchací obvody (BC – Breathing circuits)**

Value stream dýchacích obvodů se zaměřuje na výrobu a distribuci dýchacích obvodů pro pacienty s respiračními problémy. Tyto obvody jsou nezbytné pro pacienty, kteří potřebují pomoc s dýcháním, například pacienti s chronickými respiračními onemocněními nebo pacienti po operaci plic.

- **Balení (PCK – Packaging)**

Value stream balení se zaměřuje na balení komponentů do plastových táček, které se vyrábí v prostorách závodu. Komponenty jsou z velké části dodávány a jen malá část je vyráběna v závodu. Na samotném začátku tohoto procesu probíhá naskladnění komponent do hlavního skladu, nacházejícím se v takzvaném špinavém prostoru areálu (takto jsou interně pojmenovány prostory, které se nacházejí mimo výrobní část závodu). Následně dle plánu jsou komponenty ze skladu odebírány a po předmontáži baleny na linkách. Po kontrole kvality zabalené komponenty opouštějí prostor v krabicích na paletách.

Veškeré procesy jsou zaznamenávány v dokumentaci, která se nazývá DHR (Device History Record) v papírové podobě. Nejvíce manipulace, zapisování a práce s DHR se provádí na Value Streamu Balení, konkrétně v oblasti „čistého skladu“ v čistých prostorách (výrobní prostory). Část přípravy materiálu od vytištění DHR po zařazení klece s připraveným materiálem do fronty na předmontáž byla po důkladném prozkoumání určena jako část s nejvyšším počtem operací a manipulace s DHR. Proto byla vybrána jako nejvhodnější část procesu pro Proof of Concept MES systému od Dodavatele C pro zjištění časové úspory s MES systémem v porovnání se stávajícím stavem a pro určení hrozeb a benefitů.

3.5 Popis naskladňování a přípravy materiálu v čistém skladu

Na začátku směny vedoucí směny vygeneruje plán výroby na danou směnu a podle něj zadá požadavky na naskladnění potřebného materiálu na danou směnu z hlavního skladu. Tento materiál se naskladní do označených regálů v čistých prostorách označovaný jako čistý sklad. Po naskladnění začíná samotný proces naskladňování vytištěním zakázky DHR. Skladnice v čistém prostoru se seznámí s danou zakázkou, provede jednoduchou přípravu (připraví a označí si vozík, aby bylo jasně viditelné, jaká zakázka se nachází na jejím vozíku/ kleci) a podle pick listu nachází materiál v čistém skladu a postupně vkládá daný materiál v daném počtu kusů na vozík, kde tento materiál k zakázce shromažďuje. Materiál je vybírán podle Batch (konkrétní označení materiálu) a data expirace. Po uložení materiálu na vozík skladnice zaznamená do papírového pick listu (který je součástí DHR) kolik a kterého materiálu je reálně odebráno z čistého skladu. Vozík slouží pouze z důvodu pohodlného zacházení a manipulaci k nacházení a odebrání materiálu dle pick listu z čistého skladu následně je materiál přesunutý do klece. Jakmile má veškerý materiál z čistého skladu nashromážděný na kleci, odveze klec do propusti, kde si dané DHR převezme pracovník hlavního skladu a doplní chybějící materiál ze zakázky do klece. Jelikož je materiál doplněn z hlavního špinavého skladu, na klec je vloženo celé balení očištěné v propusti a rozdělení na potřebný počet kusů probíhá až v čistých prostorách, aby nebyl materiál kontaminován nečistotami. O následný krok se postará „kůň“, který převezme doplněnou zakázku z hlavního skladu. Vytvoří kopie DHR, provede kontrolu a rozdělí materiál z balení na potřebný materiál, který nechá v kleci a na materiál k uskladnění. Ten následně uskladní do čistého skladu. Kompletní zakázku uloženou na kleci zařadí do fronty

na předmontáž. Veškeré kroky odebírání materiálu z čistého skladu jsou podporovány čtečkou čárových kódů k zajištění předběžného alokování materiálu v SAP systému, ve kterém následně v backflushy musí zaznamenat reálně odebrané množství materiálu. Tudíž není materiál odepisovaný v SAP systému v reálném čase, ale až po backflushy.

Kompletace semifinálů na předmontáži provádí pracovníci dle návodek vázaných ke každému semifinálu. Paralelně s předmontáží po odepsání materiálu do SAPu (zaznamenání do SAPu skutečné odebrané množství materiálu), je zahájen tisk štítků, který se po vytištění přidá do klece s danou zakázkou. Jakmile je předmontáž dokončena a všechny semifinály jsou vloženy do klece, následuje převezení klece k balící lince určené k balení výsledného produktu. Konečné balení finálního produktu na balící lince skládající se z několika pozic (počet pozic závislý na složitosti produktu), pracovníci postupným vkládáním materiálu do tácků dle předepsaných postupů kompletují finální produkt. Po kompletaci tácku je produkt zataven. Následně po vizuální kontrole pomocí pásového dopravníku opouští čistý prostor na paletizaci, kde je vložen do krabice a umístěn na paletu. Paleta s výrobky putuje na sterilizaci a poté do centrálního skladu.

Zbylý materiál po ukončení zakázky je třeba spočítat a následně po evidenci do SAPu uskladnit do čistého skladu. O tuto povinnost se starají post „vážení“ a „psaní“. „Vážení“ přepočítává zbylý materiál nejčastěji pomocí dovažování (naváží si kolik váží 10 ks materiálu, dle váhy zjistí počet kusů) a přepočítaný zbylý materiál přemístí na post „psaní“. Zde je provedena evidence zbylého materiálu do systému SAP a určení skladovacího prostoru pro něj s následným uskladněním.

3.6 Podrobné monitorování výroby

K určení časové úspory s MES systémem bylo zapotřebí určit čas, o který budou zaměstnanci méně manipulovat a vyplňovat papírové DHR. Zpočátku byl zjištěn celkový počet zaměstnanců v čistém skladu a těm byly přiděleny pozice, na kterých se pravidelně střídají. Tyto pozice byly následně monitorovány, aby se zjistily opakující se úkony, které provádějí. Po určení úkonů následovalo měření jednotlivých časů. Zvýšená pozornost při měření se dbala na operace s DHR (seznámení, příprava, zapisování, kopírování atd...). Pozice včetně počtu zaměstnanců na jednotlivé role byly zaznamenány do tabulky 5 se stručným popisem. Zaměstnanci čistého skladu mění pozice každou směnu, aby v případě nepřítomnosti některé z rolí mohl kdokoliv tuto roli zastoupit. Zároveň aby nedocházelo k častým chybám z nepozornosti zapříčiněnou stereotypní prací.

3.6.1 Popis úkonů jednotlivých pozic

Na začátku směny se pracovnice čistého skladu sejdou a vedoucí směny rozdělí jednotlivé pozice na danou směnu. Zároveň vedoucí směny seznámí pracovníky s daným dnem, co je čeká, co je třeba udělat a jaké jsou výzvy. Následně se rozejdou na dané stanoviště, připraví si pracovní pomůcky dle pozice (vozík, čtečku čárových kódů, tiskárny na štítky...) a před zahájením práce vše řádně očistí. Vedoucí směny se stará o plynulý chod naskladňování, připravuje zakázky ve formě složek pro pracovnice Čistého skladu a rozhoduje, který materiál bude naskladňován do čistého skladu podle toho jaké zakázky budou připravovány. Zároveň komunikuje s plánovači, aby byl materiál včas naskladněn na předmontáž a následně na montáž. Kontroluje také zásoby materiálů na skladě a v případě potřeby komunikuje s vedoucím skladu pro doplnění materiálu z externích skladů. Pracovnicím definuje práci a odpovídá za klidný chod Čistého skladu.

Tab. 5 Pozice v čistém skladu.

Pozice:	Počet pracovníků na pozici:	Stručný popis práce:
„Čistý sklad“	10	Seznámení se zakázkou, dle kusovníku nalezení materiálu v čistém skladu, narovnání materiálu na vozík/klec, odepsání materiálu, zavezení materiálu do propusti (je-li zakázka kompletní, zaveze rovnou do řady na předmontáž)
„Kůň“	3	Převoz klece z propusti, Kontrola materiálu (Batch, počet) dle kusovníku, doplnění materiálu, který byl přidán do klece v balení z hlavního skladu, uskladnění zbylého materiálu do prostor čistého skladu
„Vážení“	2	Přepočítá zbylý materiál
„Psaní“	2	Eviduje zbylý materiál z ukončených zakázek a následně jej uskladňuje
„Příjem“	2	Uskladňuje materiál z výroby (Urologie), Příprava exportů (semifinály určené k expedici)

3.6.2 Měření časů jednotlivých pozic

Určení jednotlivých úkonů, které jednotlivé pozice dělají. V následujících tabulkách bylo zaznamenáno: úkony, závislost měření na typu podmětu, průměrný čas trvání úkonu a počet měření. V posledním sloupci tabulek je zaznamenán čas změny trvání daného úkonu, zdali daný úkon bude s MESem stejný, změněn (jeho průměrný čas konání bude rozdílný k aktuálnímu stavu) nebo zrušen. Pro lepší orientaci jsou průměrné časy trvání rozlišeny barvami. Zelené buňky odpovídají časům stejným s původním stavem, žluté znázorňují změnu a oranžová úplné zrušení stávajícího kroku. Od těchto měření se bude odvíjet výpočet pro určení úspor s využitím systému MES.

Pozice Čistý sklad nyní:

Na očištěný vozík si připraví tiskárnu na tisk štítků, určenou k označení odebraného materiálu z čistého skladu (Materiál je přesně identifikován. Ze skladu je odebraná část materiálu, která je označená kopií originálního štítku s příslušným počtem materiálu. Štítek s původním počtem materiálu je ručně přepsán.). Vyzvedne si u vedoucí směny zakázku a seznámí se s ní. Provede přípravu, zahrnující rozstříhání papíru s číslem zakázky určeným pro označení vozíku a klece. Projde si kusovník, aby si naplánovala trasu naskladňování a následně začne naskladňovat. Materiál nacházející se v čistém skladu má specifické označení. Dle tohoto označení pracovnice zná rozdělení materiálu v čistém skladu a hlavním skladu. Dle přesné lokace skladu čistého prostoru, rozděluje se na regály a kardex, nalezne potřebný materiál shodující se názvem, batchem a datem expirace s kusovníkem. Pokud je materiál větší nebo je zapotřebí pouze pár kusů, je spočítán a uložen do sáčku/ krabice. Je-li materiál středně velký, probíhá počítání pomocí váhy, kdy je nejprve zváženo 10 ks materiálu a následně se podle váhy určuje potřebný počet. Nejmenší drobný materiál, kterého je potřeba nejvíce, se odebírá pomocí odměrek, které určují přibližný počet. Jakmile je materiál spočítán, pomocí čtečky čárových kódů a tiskárny je vytvořena kopie označující odebraný materiál. Následně po nalepení kopie štítku na odebraný materiál přepíše pracovnice na originálním štítku zbylý počet materiálu. Do kusovníku

zaznamená skutečný počet odebraného materiálu, popř. změnu (je-li na skladu nedostatek materiálu, může za určitých předpokladů odebrat podobný...). Má-li vozík již plný, přesune materiál na klec a pokračuje v naskladňování materiálu. Kompletní naskladnění materiálu z čistého skladu završí pracovníce převezněním klece se zakázkou do propusti, kde pracovníci hlavního skladu doplní balení materiálu dle kusovníku z hlavního skladu. Naměřená data jsou zaznamenána v tabulce 6.

Pozice Čistý sklad s MESem:

Na tabletu si pracovníce nalezne zakázku připravenou na naskladnění, naskenuje si čárový kód vozíku pro svázání zakázky s vozíkem a pro dohledatelnost zakázky (na jakém vozíku/ kleci se daná zakázka nachází) a začne naskladňovat. Systém sám vyhodnotí nejvhodnější trasu a seznam v kusovníku bude již uspořádán dle nejkratší cesty naskladňování. Po nalezení materiálu pracovníce pomocí čtečky oskenuje kód na materiálu a bude-li sedět s materiálem v kusovníku, zbarví se zeleně a následně bude možnost zadat skutečný počet odebraného materiálu do tabletu. Nebude-li naskenovaný kód s materiálem sedět, pracovníce nebude moci pokračovat v naskladňování dalšího materiálu. Počítání materiálu bude probíhat jako v nynější situaci krom vážení. Váhy propojené se čtečkou po naskenování čárového kódu materiálu automaticky nastaví hmotnost jednoho kusu a bude se moci provést odměření počtu materiálu bez prvotního navážení 10 kusů. Práci na tabletu se zruší veškerá práce s papírovou dokumentací včetně tisku kopií. Ostatní úkony na této pozici budou shodné jako do teď. Grafické porovnání stavu stávajícím a s MES systémem je vyobrazeno na obrázku 4 pro pozici Čistý sklad.

Tab. 6 Naměřené časy k jednotlivým operacím pro pozici Čistý sklad.

Čistý sklad	Typ	Průměrný čas teď [s]	Počet měření	Průměrný čas MES [s]
Seznámení s baličkou	DHR	29,57	6	0,00
Příprava	DHR	35,43	6	0,00
Nalezení – regály	Položka	17,07	29	17,07
Nalezení – kardex	Položka	64,95	42	64,95
Vážení	Položka	95,61	17	90,00
Počít	Položka	28,54	47	28,54
Odměrka	Položka	26,33	5	26,33
Zápis – čtečka	45% položka	32,77	25	28,00
Zápis – papír	Položka	23,03	69	0,00
Přesun na jinou klec	2x DHR	55,77	12	55,77
Přesun do propusti	1,5x DHR	45,86	6	45,86
Čištění	2x den	15,50	1	15,50
Tisk kopií	DHR	29,33	2	0,00



Obr. 4 Grafické porovnání pozice Čistý sklad stavu teď (nahore) se stavem s MES systémem (dole).

Pozice Kůň nyní:

Doplněnou zakázku od pracovníků hlavního skladu si převezme z propusti kůň. Nejprve při cestě z propusti k čistému skladu vytvoří kopii DHR a následně provede kontrolu zakázky. Kontroluje, zdali materiál zaznamenaný pracovníci čistého skladu odpovídá materiálu naskladněného na kleci. Nastane-li neshoda, doplní / odebere chybný materiál. Následuje rozdělení balení materiálu z hlavního skladu na materiál potřebný do zakázky a materiál určený k uskladnění v čistém skladu. Toto rozdělení provede na vyhrazeném prostoru k tomuto účelu vybavené váhou, sáčky, nůžky atd. Počet potřebného materiálu ve velké většině případů probíhá rozvážením. Po vytištění kopie štítků uloží potřebný materiál do klece a zbylý na vhodnou pozici ve skladu a zaznamená do kusovníku použitý materiál. Posledním krokem spojeným se zakázkou je zařazení klece do fronty na předmontáž. Další náplní pozice Kůň je doplnění balících potřeb (sáčky, drátky, krabice) do čistého skladu, sběr floorstocku a jeho následné doplnění. Floorstock je skladovací prostor se stejnými komponenty, které se doplňují průběžně v závislosti na danou výrobu. Poslední pracovní náplní této pozice je doplnění čistého skladu z hlavního skladu a doplňování kardexu materiálem buď z výroby, nebo kupovaným. Kardex jsou automatizované regály využívající vertikální úložné prostory. Veškerá naměřená data jsou zaznamenána v tabulce 7.

Pozice Kůň s MESem:

Využívání čtečky s tabletem by neshoda odebraného materiálu s materiálem v kusovníku neměla docházet. Tudíž kontrola provádějící pozicí „Kůň“ nebude třeba. Kůň převezme klec z propusti a doplní zakázku o materiál přidáný z hlavního skladu rozvážením. Váhy budou stejně jako na pozici Čistý sklad propojené se čtečkou a po naskenování kódu materiálu se automaticky doplní hmotnost jednoho kusu. Zbylý materiál uloží do čistého skladu. Veškeré kroky budou doprovázeny tabletem a čtečkou pro zaznamenání materiálu na dané místo. Zápis čtečkou bude rychlejší z důvodu nezadávání informací do čtecího zařízení, ale pouhého skenování. Ostatní úkony na této pozici budou shodné jako do teď. Grafické porovnání stavu stávajícím a s MES systémem je vyobrazeno na obrázku 5 pro pozici Kůň.

Tab. 7 Naměřené časy k jednotlivým operacím pro pozici Kůň.

Kůň	Typ	Průměrný čas teď [s]	Počet měření	Průměrný čas MES [s]
Dovezení klece/ manipulace	2x DHR	81,07	14	81,07
kopie	DHR	31,82	10	0,00
Kontrola baličky	DHR	239,43	13	0,00
Rozvážení + uložení zbylého materiálu	2x DHR	169,29	6	165,00
Zápis papír	položka	33,29	13	0,00
Zápis čtečka	45% položka	30,50	1	60,00
Čištění před směnou	2x den	120,50	1	120,50
Doplnění balících potřeb	2x den	300,00	0	300,00
Sběr floorstock	2x den	180,00	0	0,00
Doplnění floorstock	2x den	266,67	2	266,67
Doplnění P01/kardex	29x den	125,00	2	125,00



Obr. 5 Grafické porovnání pozice Kůň stavu teď (nahore) se stavem s MES systémem (dole).

Pozice Vážení nyní:

Zbylý materiál z balení materiálu si převezme pozice „Vážení“. Přepočítá zbylý materiál dle originálního DHR nejčastěji pomocí dovažování. Naváží kolik váží 10 ks materiálu, dle váhy zjistí počet kusů, zapíše do DHR a přepočítaný zbylý materiál přesune na post „Psaní“.

Pozice Vážení s MESem:

Z důvodu využívání online sledování aktuálního stavu zpracovaného materiálu bude viditelné kolik materiálu zbylo, tudíž již nebude třeba materiál přepočítávat a z linky již bude připraven na rozvoz, jak je patrné z tabulky 8. Grafické porovnání stavu stávajícím a s MES systémem je vyobrazeno na obrázku 6 pro pozici Vážení.

Tab. 8 Naměřené časy k jednotlivým operacím pro pozici Vážení.

Vážení	Typ	Průměrný čas ted' [s]	Počet měření	Průměrný čas MES [s]
Zajít pro originál DHR	DHR	58,88	7	0,00
Vážení	Položka	36,37	7	0,00
Psaní	Položka	6,07	7	0,00



Obr. 6 Grafické znázornění pozice Vážení stavu ted'.

Pozice psaní nyní:

Vyplní dokumenty o zbylém materiálu z dané zakázky, provede evidence zbylého materiálu do systému SAP a určí skladovací pozici. Po zaznamenání zbylého materiálu jej rozveze na vyhrazené skladovací pozice. Naměřená data jsou zaznamenána v tabulce 9.

Pozice Psaní s MESem:

Po ukončení balení zakázky bude v systému viditelné, kolik materiálu zbylo a pozice Psaní pouze vyzvedne zbylý materiál na lince a pomocí tabletu, který ji zobrazí skladovací místo zbylého materiálu, materiál uskladní na danou skladovací pozici. Grafické porovnání stavu stávajícím a s MES systémem je vyobrazeno na obrázku 7 pro pozici Psaní.

Tab. 9 Naměřené časy k jednotlivým operacím pro pozici Psaní.

Psaní	Typ	Průměrný čas ted' [s]	Počet měření	Průměrný čas MES [s]
Vyplnění papírů	DHR	38,56	3	0,00
Zápis pozic propiskou na štítek	25% položka	5,26	3	0,00
Rozvoz	25% položka	54,09	3	54,09



Obr. 7 Grafické porovnání pozice Psaní stavu ted' (nahore) se stavem s MES systémem (dole).

Pozice Příjem nyní:

Pozice příjem má nejvíce úkonů v rámci pracovní náplně. Na začátku směny pomocí počítače zjistí volné pozice v kardexu a zaznamená je na papír. Během směny doplňuje návleky a rukavice do šaten a na místa k tomu určená. Naskladňuje návleky a rukavice do kardexu z hlavního skladu. Vyřizuje příjem, což je uložení výrobků ze závodu do kardexu a zaznamenání do příslušné dokumentace. Příjem je kontrolován, zdali sedí přiložená

dokumentace s materiálem určeným k uložení do kardexu. Po kontrole je materiál uskladněný do volných pozic kardexu. Kontrola zásob materiálu na floorstocku u linek (zde je naskladňován materiál, který je potřeba téměř na každou zakázku ve velkém množství) s následným doplněním v případě nedostatku. V neposlední radě se zabývá exportem, což jsou vyrobené semifinále z value streamu Urologie určené k exportu. Pracovnice se seznámí s exportem, vyplní papíry a provede kontrolu exportu uloženého na kleci připravený z Urologie. Kontrola probíhá standartně jako na postu Kůň: kontrola počtu kusů, názvu, batche a data expirace. Následně vyplní dokumentaci o exportu a s náležitými dokumenty odveze klec s exportem do propusti. Zde si jí převezmou pracovníci hlavního skladu a postarají se o dokončení exportu. Posledním úkonem před víkendem této pozice je doplnění floorstocku u automatizovaných výrobních linek, aby přes víkend bylo zajištěno dostatečné množství potřebného materiálu. Naměřená data jsou zaznamenána v tabulce 10.

Tab. 10 Naměřené časy k jednotlivým operacím pro pozici Příjem.

Příjem	Typ	Průměrný čas ted' [s]	Počet měření	Průměrný čas MES [s]
Nalezení prázdných pozic v PC – Napsání volných pozic na papír	2x den	265,5	1	0,00
Doplnění čisté šatny (čep. ruk.)	8x den	274	2	274,00
Doplnění čep. ruk. do kardex	2x den	157,33	2	157,33
Vytvoření úvodního listu	Příjem	95,2	4	0,00
Cesta k tiskárně	1/5 Příjem	31	2	0,00
Příprava na sešití	1/5 Příjem	36,67	2	0,00
Sešití + razítko	Příjem	18,6	4	0,00
Manipulace s klecí/ vozíkem	2x Příjem	68	5	68,00
Kontrola dávky, počtu	Příjem	94,75	2	0,00
Manipulace s klecí/ vozíkem	2 Příjem	50	5	40,00
Doplnění kardexu – příjem	Pozice Kardex (8 pozic/příjem)	91,14	13	91,14
Hledání volné pozice	5x den	140,67	2	0,00
Kontrola floorstocku linka	6x den	40	2	0,00
Doplnění floorstocku linka	6x den	134	2	134,00
Seznámení export	1x export	62,67	2	0,00
Papírování export	1x export	651	2	0,00
Počítání a kontrola	1x export	126	2	100,00
Vyplnění výběrového seznamu	1x export	139	2	0,00
Propust	1x export	45	2	45,00
Obejít floorstock	2x den	140	2	0,00
Doplnění floorstocku	2x den	300	2	300,00
Příprava floorstocku víkend	1x týden	305	2	305,00
Doplnění floorstock víkend	1x týden	2700	2	2700,00

Pozice Příjem s MESem:

Systém automaticky vyhodnotí volné pozice v kardexu a zobrazí je na monitoru. Zároveň veškeré floorstocky (zásoby materiálu na pracovních linkách) budou monitorovány a jakmile bude nedostatek materiálu na daném floorstocku, pracovnice dostane upozornění o nedostatku materiálu a doplní jej. Veškerá práce s papírovou dokumentací bude zrušena a příkazy k převodu materiálu se budou provádět pomocí čtečky a tabletu/ počítače. Tím odpadne veškerá

příprava papírové dokumentace včetně tisku sešívání a razítkování. Z důvodu skenování materiálu a porovnávání s kusovníkem v systému nebude docházet k odlišnostem mezi odebraným materiálem a virtuálním počtem materiálu na skladě. Tudíž nebude třeba provádět kontrolu materiálu na vozíku/ kleci s odebraným zbožím dle kusovníku. Z důvodu lokace vozíků/kleci se očekává snížení času manipulace. Na tabletu si pracovníce nalezne zakázku připravenou na Export. Naskenuje si čárový kód vozíku, který bude svázaný se zakázkou. Pomocí čtečky a tabletu uloží materiál do kardexu, nebo jej převede do exportu. Ostatní úkony na této pozici označené v tabulce 5 zelenou barvou budou shodné jako do teď. Grafické porovnání stavu stávajícího a s MES systémem je vyobrazeno na obrázku 8 pro pozici Příjem.



Obr. 8 Grafické porovnání pozice Příjem stavu teď (nahore) se stavem s MES systémem (dole).

3.7 Kontrolní výpočet pro určení správnosti měření:

Dle úvahy a konzultaci s vedoucím z firmy je předpokládáné využití pracovních zdrojů 75 až 85 %. Tento čas je plně věnován práci a zbylá procenta zahrnují osobní přestávky, volno, pracovní neschopnost a prostoje zaměstnanců. Kontrolní výpočet je proveden na základě měsíčního času zaměstnanců k dispozici, který dělí čas naměřených úkonů násobený závislým typem podmětu. Pro složitost výpočtu a velkého množství dat je využíván excel viz. Příloha 3 Excel_Výpočty – list Efektivita PCK. Níže je uveden princip výpočtu.

Časový měsíční hodinový fond pracovníků k dispozici:

$$T_{zn} = P_h \cdot P_d \cdot P_n \quad (3.1)$$

$$T_{zn} = 7,5 \cdot 21 \cdot 10 = 1575 \text{ h}$$

Časový měsíční hodinový fond pracovníků v závislosti na naměřených hodnotách:

$$T_{zm} = \frac{P_{DHR} \cdot \sum t_{akt.DHRn} + P_{Po} \cdot \sum t_{akt.pn} + P_d \cdot \sum T_{nD}}{3600} \quad (3.2)$$

Využití pracovních zdrojů:

$$V = \frac{T_{zm}}{T_{zn}} \quad (3.3)$$

$$V = \frac{2245,64}{2992,5} = 75 \%$$

Kde: T_{zn} – Časový měsíční fond pracovníků na dané pozici [h]

P_h - Počet pracovních hodin zaměstnance [h]

P_d – Průměrný počet pracovních dní za měsíc [den]

P_n – Počet zaměstnanců na danou pozici [-]

T_{zm} – Naměřený čas pracovníků [h]

P_{DHR} – Průměrný počet DHR za měsíc [-]

$t_{akt.DHRn}$ – Naměřený čas na DHR n v aktuálním stavu [s]

P_{Po} – Průměrný počet položek za měsíc [-]

$t_{akt.pn}$ – Naměřený čas na položku n v aktuálním stavu [s]

P_d – Průměrný počet pracovních dní za měsíc [den]

T_{nD} – Naměřený čas na den [s]

V – Využití pracovních zdrojů [%]

Tab. 11 Využití časového fondu zaměstnanců čistého skladu.

Pozice	Počet osob	Měsíční časový fond [h]	Čas práce pozice za měsíc z naměřených hodnot [h]	Rozdíl
Čistý sklad	10,00	1575,00	1530,62	44,38
Kůň	3,00	472,50	483,76	-11,26
Psaní	2,00	315,00	49,99	265,01
Vážení	2,00	315,00	72,46	242,54
Příjem	2,00	315,00	108,80	206,20
Celkem	19,00	2992,50	2245,64	746,86
Využití	75 %			

V tabulce 11 je zaznamenán časový fond pracovníků čistého skladu. V posledním sloupci je uveden rozdíl časového fondu co je k dispozici oproti časovému fondu co je naměřený a vypočítaný. U pozice „Kůň“ je výsledek v záporné hodnotě, to znamená, že 3 pracovníci na roli „Kůň“ nestíhají pracovní náplň a musí jí pomoci nějaká jiná pozice. Pravděpodobně pomáhají s pracovní náplní „Koně“ „Psaní“ a „Vážení“ z důvodu nejvyšší měsíční časové zásoby. Kontrolním výpočtem byla ujištěna správnost měření i výpočty.

3.8 Výpočet úspor pro Čistý sklad

Byl prováděn na základě měření úkonů jednotlivých pozic se systémem MES a početně porovnán s aktuálním stavem. K naměřeným hodnotám byly přiděleny typy DHR nebo položka ke kterým se měření vztahují. Např. Seznámení s balíčkou se vztahuje na celé DHR, zatímco nalezení materiálu ve skladu se vztahuje pouze k položce z pick listu. Následně byl proveden výpočet pomocí přílohy 3 Excel_Výpočty pro určení stávajícího stavu a stavu s MES systémem, pro určení celkové roční finanční úspory v prostorách Čistého skladu.

Pro každou pozici byl proveden výpočet skládající se z:

1. Výpočet času na položku pro aktuální stav (sečtení naměřených časů s typem Položka)

$$t_{akt.p.cel.} = t_{akt.p1} + t_{akt.p2} \dots + t_{akt.pn} \quad (3.4)$$

2. Výpočet času na DHR pro aktuální stav (sečtení naměřených časů s typem DHR + výpočet času na položku pro aktuální stav vynásobený průměrným počtem položek v jednom DHR)

$$t_{akt.DHR.cel.} = t_{akt.DHR1} + t_{akt.DHR2} \dots + t_{akt.DHRn} + t_{akt.p.cel.} \cdot Xp \quad (3.5)$$

3. Výpočet času na položku s MES systémem (sečtení naměřených časů s typem Položka)

$$t_{MES.p.cel.} = t_{MES.p1} + t_{MES.p2} \dots + t_{MES.pn} \quad (3.6)$$

4. Výpočet času na DHR s MES systémem (sečtení naměřených časů s typem DHR + počet položek vynásobený průměrným počtem položek v jednom DHR)

$$t_{MES.DHR.cel.} = t_{MES.DHR1} + t_{MES.DHR2} \dots + t_{MES.DHRn} + t_{MES.p.cel.} \cdot Xp \quad (3.7)$$

5. Odečtení: Výpočet času na DHR pro aktuální stav – Výpočet času na DHR s MES systémem (tím se vypočítá časová úspora s MES systémem na jednoho pracovníka)

$$t_{úsp.} = t_{MES.DHR.cel.} - t_{akt.DHR.cel.} \quad (3.8)$$

6. Procentuální vyjádření časových úspor na danou pozici

$$t_{\%úsp.} = \frac{t_{úsp.}}{t_{akt.DHR.cel.}} \quad (3.9)$$

7. Vynásobení procentuální úspory na danou pozici s počtem pracovníků na danou pozici (výpočet pro úsporu pracovníků na danou pozici).

$$P_{úsp.} = t_{\%úsp.} \cdot P_n \quad (3.10)$$

8. Vynásobení úspor pracovníků na danou pozici s průměrným finančním hodnocením jednoho pracovníka za rok (výpočet finančních úspor firmy na danou pozici). Po konzultaci s finančním oddělením společnosti bylo finanční hodnocení pracovníka na rok určena hodnota 421 560 Kč včetně veškerých školení a pracovního zajištění.

$$F_{úsp.n} = P_{úsp.} \cdot F_{Hod} \quad (3.11)$$

9. Všechny finanční úspory za rok pro jednotlivé pozice byly sečteny a tím se stanovila roční finanční úspora společnosti s využitím MES systému pro Čistý sklad.

$$F_{úsp} = F_{úsp.1} + F_{úsp.2} \dots + F_{úsp.n} \quad (3.12)$$

Kde: $t_{akt.pn}$ – Naměřený čas na položku n v aktuálním stavu [s]

$t_{akt.p.cel.}$ – Celkový čas na položku v aktuálním stavu [s]

Xp – Průměrný počet položek v jednom pick listu [-]

$t_{akt.DHRn}$ – Naměřený čas na DHR n v aktuálním stavu [s]

$t_{akt.DHR.cel.}$ – Celkový čas na DHR v aktuálním stavu [s]

$t_{MES.pn}$ – Naměřený čas na položku n s MES systémem [s]

$t_{MES.p.cel.}$ – Celkový čas na položku s MES systémem [s]

$t_{MES.DHRn}$ – Naměřený čas na DHR n s MES systémem [s]

$t_{MES.DHR.cel.}$ – Celkový čas na DHR s MES systémem [s]

$t_{úsp.}$ – Časová úspora se systémem MES na jednoho pracovníka [s]

$t_{\%úsp.}$ – Procentuální časová úspora na jednoho pracovníka [%]

P_n – Počet pracovníků na danou pozici [-]

$P_{úsp.}$ – Úspora pracovníků na jednu pozici [-]

F_{Hod} – Průměrné roční finanční ohodnocení pracovníka [Kč/rok]

$F_{\text{úsp},n}$ – Finanční úspora na danou pozici za rok [Kč/rok]

$F_{\text{úsp}}$ – Celková roční finanční úspora pro Čistý sklad [Kč/rok]

Výpočty

Veškeré výpočty byly provedeny pomocí přílohy 3. Excel_Výpočty dle uvedených vzorců. Výsledné úspory jednotlivých pozic jsou uvedeny v tabulkách 12 až 16. V tabulce je vždy uveden: - průměrný čas na položku v aktuálním stavu vypovídající o tom, jak dlouho průměrně trvá práce s jednou položkou v aktuálním stavu

- průměrný čas na DHR v aktuálním stavu vypovídající o tom, jak dlouho průměrně trvá práce s DHR v aktuálním stavu,
- průměrný čas na položku s MES systémem vypovídající o tom, jak dlouho průměrně trvá práce s jednou položkou s MES systémem,
- průměrný čas na DHR s MES systémem vypovídající o tom, jak dlouho průměrně trvá práce s jednou položkou s MES systémem,
- časová úspora MES systémem,
- procentuální časová úspora s MES systémem,
- úspora pracovníků na danou pozici,
- finanční roční úspora na danou pozici.

V tabulce 17 jsou uvedeny výsledné finanční úspory jednotlivých pozic a celková úspora v prostorách čistého skladu s využitím MES systému.

Tab. 12 Úspory na pozici Čistý sklad.

Čistý sklad	
Čas na položku aktuální stav [s]	270,3
Čas na DHR aktuální stav [s]	5969,9
Čas na položku MES [s]	229,5
Čas na DHR MES [s]	5019,1
Časová úspora s MES [s]	950,8
Procentuální časová úspora s MES [%]	16
Úspora pracovníků na danou pozici [-]	1,6
Finanční roční úspora na danou pozici [Kč]	671 421,9

Na pozici Čistý sklad (Tab.12) by byla práce s MES systémem urychlena o 950,8 sekund na jednom DHR. Touto časovou úsporou by 1,6 pracovníků mohla provádět jinou firmě prospívající činnost. Finanční roční úspora na této pozici by byla 671 421,9 Kč za rok.

Tab. 13 Úspory na pozici Kůň.

Kůň	
Čas na položku aktuální stav [s]	47,0
Čas na DHR aktuální stav [s]	2429,1
Čas na položku MES [s]	20,3
Čas na DHR MES [s]	1542,3
Časová úspora s MES [s]	886,8
Procentuální časová úspora s MES [%]	37
Úspora pracovníků na danou pozici [-]	1,1
Finanční roční úspora na danou pozici [Kč]	461 698,8

Na pozici Kůň (Tab.13) by byla práce s MES systémem urychlena o 886,8 sekund na jednom DHR. Touto časovou úsporou by 1,1 pracovníků mohla provádět jinou firmě prospívající činnost. Finanční roční úspora na této pozici by byla 461 698,8 Kč za rok.

Tab. 14 Úspory na pozici Vážení.

Vážení	
Čas na položku aktuální stav [s]	42,5
Čas na DHR aktuální stav [s]	950,2
Čas na položku MES [s]	0,0
Čas na DHR MES [s]	950,2
Časová úspora s MES [s]	950,2
Procentuální časová úspora s MES [%]	100
Úspora pracovníků na danou pozici [-]	2
Finanční roční úspora na danou pozici [Kč]	843 120,0

Pozice Vážení (Tab.14) by s MES systémem byla zrušena a tím by časová úspora činila 950,2 sekund na jedno DHR. Touto časovou úsporou by 2 pracovníci mohli provádět jinou firmě prospívající činnost. Finanční roční úspora na této pozici by činila 843 120,0 Kč za rok.

Tab. 15 Úspory na pozici Psaní.

Psaní	
Čas na položku aktuální stav [s]	7,4
Čas na DHR aktuální stav [s]	194,4
Čas na položku MES [s]	0
Čas na DHR MES [s]	142,0
Časová úspora s MES [s]	52,4
Procentuální časová úspora s MES [%]	27
Úspora pracovníků na danou pozici [-]	0,5
Finanční roční úspora na danou pozici [Kč]	227 163,1

Na pozici Psaní (Tab.15) by byla práce s MES systémem urychlena o 52,4 sekund na jednom DHR. Touto časovou úsporou by 0,5 pracovníků mohla provádět jinou firmě prospívající činnost. Finanční roční úspora na této pozici by činila 227 163,1 Kč za rok.

Tab. 16 Úspory na pozici Příjem.

Příjem	
Čas na položku aktuální stav [s]	0
Čas na DHR aktuální stav [s]	3258,3
Čas na položku MES [s]	0
Čas na DHR MES [s]	1683,6
Časová úspora s MES [s]	1574,6
Procentuální časová úspora s MES [%]	48
Úspora pracovníků na danou pozici [-]	0,97
Finanční roční úspora na danou pozici [Kč]	407 464,8

Na pozici Příjem (Tab.16) by byla práce s MES systémem urychlena o 1574,6 sekund na jednom DHR. Touto časovou úsporou by 1,1 pracovníků mohla provádět jinou firmě prospívající činnost. Finanční roční úspora na této pozici by činila 407 464,8 Kč za rok.

Tab. 17 Celková roční úspora v Čistém skladu s využitím MES systému.

Celková roční úspora v Čistém skladu s využitím MES systému [Kč]	
Čistý sklad	671 421,9
Kůň	461 698,8
Vážení	843 120,0
Psaní	227 163,1
Příjem	407 464,8
Celková roční úspora	2 610 868,6

Roční úspora s využitím MES systému v prostorách čistého skladu činí 2 610 868,6 Kč. Pracovníci, kterých se týkají tyto úspory, by byli přiděleni na jiné pracoviště, které by firmě prospívalo. Například na pozici nově zavedené linky, která by se mohla zařídit z důvodu přebytku pracovních kapacit. Procentuální redukce pracovníků v čistém skladu činí 32 %. Výpočet byl proveden součtem úspor pracovníků na danou pozici podělenou celkovým počtem pracovníků v aktuálním stavu.

$$R_p = \frac{\Sigma P_{úsp.}}{P_{akt.}} \quad (3.13)$$

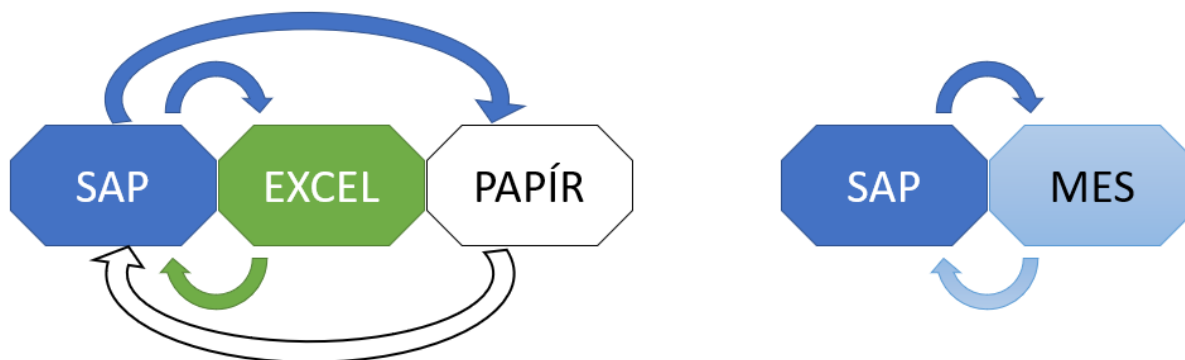
$$R_p = \frac{6,17}{19} = 32 \%$$

Kde: $P_{akt.}$ – Aktuální počet pracovníků v Čistém skladu [-]

R_p – Procentuální redukce pracovníků [%]

3.9 Definice toku objednávky

Pro správnost funkce systémů je třeba zmapovat aktuální stav toku objednávky od přijetí požadavku od zákazníka po ukončení. Současný stav využívá systém SAP, excel a papírovou dokumentaci. Od aktuálního stavu byl navržen tok objednávky se systémy SAP a MES. Tato část je důležitá pro správné definování toku dat a sdílení informací mezi systémy ke správnému chodu obou systémů. Detailní zpracování toku objednávky je zaznamenáno v příloze 1, stručně na obrázku 9.



Obr. 9 Aktuální stav toku objednávky (vlevo), stav s MES (vpravo).

Objednávka v současném stavu je přijata v systému SAP, který rozřadí objednávky dle nadefinovaných specifikací výrobku do jednotlivých závodů po celém světě. Po přijetí objednávky v českém závodě plánovač stáhne požadavek do excelu, kde objednávku zadá do plánovacího souboru pro dané časové období. Dle plánu je následně pomocí SAP systému ověřena dostupnost materiálu na skladu. Není-li materiálu dostatek, automaticky se generuje

požadavek na nákupní oddělení. Jakmile je ověřena dostupnost materiálu, generuje se hrubý plán pro plánovače sloužící pro vytvoření plánů jednotlivých linek. Následně plánovač zhotoví plán určený výrobě. Výroba postupuje dle plánu, objednávku po objednávce. Samotnou objednávku, jakmile na ní přijde řada, výroba vybere ze SAPu a vytiskne papírové DHR. To si převezme pracovníce čistého skladu a připraví materiál ze skladu. Po kompletním odebrání materiálu dle kusovníku pracovníce provede odpis použitého materiálu v SAPu, aby reálné množství na skladu souhlasilo s množstvím v databázi. DHR společně s materiálem dále putuje na kompletaci, kde pracovníci na lince kompletují výrobek. Zbylý materiál z výroby pracovníci uskladní a v SAPu zaznamenají. DHR převezme distribuce a vytiskne dodací list. Po tomto úkonu oprávněný pracovník uzavře v SAPu objednávku a finální výrobky jsou převezeny do centrálního skladu.

Objednávka s MES systémem bude přijata v systému SAP, který rozřadí objednávky dle nadefinovaných specifikací výrobku do jednotlivých závodů po celém světě. Po přijetí objednávky v českém závodě bude automaticky ověřeno požadované množství na zakázku, nebude-li materiálu dostatek, bude automaticky generován požadavek na nákupní oddělení. SAP následně automaticky vygeneruje požadavky do systému MES. Ten automaticky rozloží výrobní plán dle dostupných kapacit. Z tohoto plánu zařadí jednotlivým linkám konkrétní sekvenční plán. Následně plánovač bude mít možnost korekcí konkrétního plánu. Pomocí mobilních zařízení budou pracovníci skladu odebírat materiál dle elektronického kusovníku, který je součástí elektronického DHR. MES bude automaticky odepisovat odebraný materiál v okamžiku, kdy jej pracovníce naskenuje pomocí čtečky čárových kódů a odebere na vozík. Tím budou zajištěna reálná data o množství materiálu ve skladu na daných skladovacích pozicích v reálném čase. V systému MES bude po naskladnění materiálu přesunut systémově na pozici kompletace. Bude tak možná vizualizace, kde se konkrétní zakázka nachází a v jakém je stádiu. Po kompletaci pracovník zadá do MESu zbylý materiál a uskladní ho na příslušné pozice. Automaticky se zbylý materiál uvolní pro další objednávku. Po tomto kroku MES vygeneruje dodací list a navrhne ukončení objednávky. Zodpovědná osoba objednávku uzavře.

3.10 Benefity systému MES pro společnost

Důležitým ukazatelem, zdali bude MES implementován jsou i benefity, které s implementovaným systémem nastanou. Některé benefity se dají vyčíslit a některé ne. Ty, které se nedají vyčíslit jsou považovány za soft benefity a přidávají hodnotu spíše jako celku firmy. Soft benefity není možno vyčíslit úsporou, ale přidanou hodnotou podniku. Zajistí lepší komunikace, efektivitu, dohledatelnost a moderní prostředí, které by mohlo oslovit nové i stávající investory. Zároveň by se firma systémem MES mohla posunout mezi firmy využívající průmysl 4.0 a tím by se zvýšila pomyslná kvalita firmy jako celku a mohla by tím být více atraktivní pro nové zaměstnance, ale i pro zákazníky. Níže jsou uvedeny hlavní benefity vyplývající z Proof of Concept.

Úspora papírové dokumentace

Prvním a zřejmým benefitem je úspora papírové dokumentace. Elektronické dokumenty nevyžadují fyzické uchovávání papírových kopií, což šetří náklady na papír a inkoust. Dalším předpokládaným benefitem je spokojenost zaměstnanců z důvodu nižšího zapisování, kopírování a vyplňování dokumentace. Elektronické dokumenty jsou snadno dostupné a mohou být rychle sdíleny mezi různými odděleními, což ulehčuje práci a zvyšuje efektivitu. S elektronickým dokumentováním souvisí také větší přehlednost. Dokumenty jsou snadno vyhledatelné a lze je snadno filtrovat a řadit podle různých kritérií. Dalším benefitem je ušetření skladovacího prostoru. Elektronické dokumenty nevyžadují fyzické uchovávání, což uvolňuje prostor ve skladu nebo kanceláři momentálně určený k uskladňování papírové dokumentace využít jako pracovní prostor. Navíc, elektronický systém umožňuje rychlou práci s daty

a snadné vyhledání potřebných informací, což přináší větší efektivitu a produktivitu. Důležitou roli hraje bezpečnost. Elektronické dokumenty lze snadno zálohovat a ochránit před ztrátou nebo krádeží, což je důležité pro důvěrné nebo citlivé informace. Kromě toho elektronické dokumenty pomáhají snižovat nečistoty a udržovat pořádek v kanceláři. Posledním benefitem je dohledatelnost a řád. Elektronický systém umožňuje snadné sledování historie dokumentů a změn, což pomáhá udržovat přehled o důležitých informacích a umožňuje rychle reagovat na potenciální problémy a nedostatky.

Komunikace

Další kategorií identifikovaných benefitů je komunikace mezi zaměstnanci. Efektivní komunikace je klíčovým prvkem pro úspěch firmy a je důležitá pro koordinaci a spolupráci mezi různými odděleními a pozicemi. Jedním z benefitů efektivní komunikace je lepší plánování. S dobrou komunikací mezi zaměstnanci je možné lépe koordinovat projekty, plánovat úkoly a zajišťovat, aby práce probíhala podle plánu. Dalším benefitem je rychlá reakce. S dobrou komunikací mezi zaměstnanci je možné rychle reagovat na problémy nebo nedostatky a rychle je řešit. Efektivní komunikace také pomáhá poskytnout přesnější a rychlejší reakci na požadavky zákazníků nebo potenciální problémy a zároveň umožňuje efektivně využívat zdroje firmy. S dobrou komunikací mezi zaměstnanci je možné koordinovat a rozdělit práci tak, aby se využívaly všechny dostupné zdroje. Standardizování reportů, nejen v oblasti výroby umožňuje lepší přehled o stavu projektů a pomáhá při řízení firmy. Online data, jako jsou parametry během zakázky, pomáhají zaměstnancům lépe se orientovat ve vykonávané práci a přispívají k lepšímu využívání strojů. Efektivní komunikace také pomáhá motivovat zaměstnance. S dobrou komunikací mezi zaměstnanci jsou zaměstnanci lépe informováni o dění ve firmě, což jim dává pocit, že jsou součástí týmu a že jejich práce má vliv na úspěch firmy. Kromě toho, efektivní komunikace umožňuje srozumitelný výstup na všech pozicích, což znamená, že informace jsou jasně a srozumitelně prezentovány, a že jsou dostupné pro všechny zaměstnance, nejen pro vedení.

Sběr dat

V neposlední řadě systém MES přináší benefity v oblasti sběru dat. Sběr dat je důležitý pro využití dat na vhodné analýzy a řízení v rámci firmy. Jedním z benefitů sběru dat je možnost porovnávání dat. Sběrem dat je možné porovnávat různé údaje a získat tak lepší přehled o situaci ve firmě. Dalším benefitem je online archiv dat včetně záznamů informací z připojených strojů. Uchovávání dat online znamená, že jsou data kdykoliv k dispozici a že lze rychle a snadno přistupovat k potřebným informacím, například parametrům strojů během zakázky. Sběr dat také pomáhá zrychlit a zlepšit dostupnost dat, což umožňuje rychle reagovat na problémy a řešit je efektivně. Díky sběru dat je možné snížit počet reklamací a rychleji vyřizovat ty, které se přesto objeví, protože lze správně identifikovat problém. Sběr dat také pomáhá při efektivním řízení zdrojů, jako jsou stroje nebo materiál, protože umožňuje identifikovat úzká místa a optimalizovat procesy. Dalším benefitem je reprezentativní využití dat, které umožňuje získat přesnější obraz o situaci ve firmě a také dostupnost dat kdekoliv, ať už je zaměstnanec v kanceláři nebo pracuje z home office. Sběr dat také umožňuje automatizaci plánování výroby a sledovatelnost práce s materiálem, což pomáhá zlepšit efektivitu a produktivitu v rámci firmy.

Zákazník

Pro společnost je zákazník (doktor a následně také pacienti) středem celého jejich snažení. Zákazník je pro firmu klíčovým faktorem úspěchu a je důležité se mu maximálně věnovat. Jedním z benefitů, které firma získá implementací systému, je přesnější odhad dodání. Díky dobré komunikaci se zákazníkem a sběru dat lze lépe odhadnout termíny dodání, a tak zlepšit plánování a uspokojit požadavky zákazníka. Dalším benefitem je rychlejší odezva na

požadavky zákazníka. Díky dobré komunikaci a efektivnímu řízení zdrojů lze rychle reagovat na požadavky zákazníka, a tak zlepšit jeho spokojenost. Dalším benefitem je kvalita. Díky dobré kontrole kvality a sběru dat lze identifikovat problémy a optimalizovat procesy tak, aby se zlepšila kvalita výrobků nebo služeb, což pomáhá udržet stávající zákazníky a získat nové. Dalším benefitem je rychlost reakce v případě problému ze strany dodavatele. Díky dobrému řízení zdrojů a sběru dat lze rychle reagovat na problémy a minimalizovat škody, což pomáhá udržet důvěru zákazníků. Posledním benefitem je atraktivita pro nové a potenciální zákazníky. Díky dobré kvalitě, rychlé odezvě a spokojenosti stávajících zákazníků se firma stává atraktivní pro potenciální zákazníky, což pomáhá rozšiřovat obchodní aktivity a rozšiřovat základnu zákazníků. Díky dobré péči o zákazníka lze také zlepšit image firmy a zvyšovat loajalitu zákazníků, což pomáhá udržet trvalý růst a stabilní obchodní výsledky. Navíc dobré vztahy se zákazníky jsou klíčem k dlouhodobému úspěchu firmy, protože si budou vybírat právě tuto firmu a doporučovat ji svým známým.

Moderní firma

Moderní firma se odlišuje od tradičních firem tím, že se využívá nejnovější technologie a metody, aby byla úspěšná a efektivní. Jedním z benefitů, které má moderní firma, je školení a trénink zaměstnanců. Díky školením a tréninkům lze zvyšovat kompetence zaměstnanců a tím zlepšovat jejich práci a výsledky. Dalším benefitem je marketing firmy. Moderní firma je aktivní v marketingu a využívá nové metody, jako je například online marketing, aby se dostala k potenciálním zákazníkům a zlepšila svůj obraz. Bezpečnost – komunikace je také důležitým benefitem. Moderní firmy zlepšují bezpečnost komunikace pomocí různých nástrojů, jako jsou například šifrování dat nebo bezpečnostní prvky, aby se minimalizovalo riziko kybernetických útoků nebo jiných bezpečnostních problémů. Moderní firma se také může pochlubit něčím, co ji odlišuje od ostatních firem, například inovativními produkty nebo službami, vynikajícím zákaznickým servisem nebo silnou značkou. Posledním benefitem je sjednocení dat do jednoho systému. Moderní firmy mají snahu udržovat data v jednom centralizovaném systému, (z Agile, RON nebo CW), aby byla rychlejší a efektivnější v jejich zpracování a analýze. Toto umožňuje firmě lépe plánovat a řídit své procesy a zdroje, a také lépe reagovat na potřeby zákazníků. Sjednocení dat také umožňuje lepší kontrolu nad údaji a snižuje riziko duplicitních nebo chybných údajů.

3.11 Výpočet úspor ve výrobě při implementaci systému MES

Úspory v případě implementace MESu vzniknou v několika oblastech společnosti. Jednou z nich je již vypočítaná roční úspora v čistém skladu. Bylo třeba určit úspory i v dalších dvou value streamech Urologie a Dýchací obvody. K těmto úsporám se přistupovalo velmi s rezervou, jelikož nebylo prováděno tolik měření a nebyly zahrnuty do PoC, tudíž se nemohlo provést přesné měření. Další úsporou nákladů je archivace. Při používání papírové podoby dokumentace (DHR) je nutné dokumenty archivovat po dobu 20 let, což znamená vysoké náklady na skladování a údržbu těchto dokumentů. Elektronická podoba dokumentace však umožňuje archivovat dokumenty elektronicky, což výrazně snižuje náklady na archivaci, které v případě společnosti činí až 80 tisíc korun ročně. Současně také dojde k úspoře jednoho zaměstnance. Zatímco při papírovém archivování se této práci věnuje jeden zaměstnanec na plný úvazek (7,5 hodiny denně), tak s elektronickým archivováním se této práci věnovat již nemusí a může se případně věnovat jiným pracovním úkonům prosperující firmě.

Výpočet úspor s MES systémem pro value stream Urologie

Výpočet na value streamu Streamu Urologie byl proveden po konzultaci s vedoucí výroby na tomto value streamu. V rámci výrobního procesu je vypisováno DHR manuálně tužkou – jedná se o nepřímou činnost, která firmě nepřináší žádný zisk. V tomto value streamu se zápis

vztahuje pouze k DHR, není vázán k položce jako u vyplňování v Čistém skladu. Vedoucí výroby definovala počet pracovníků, průměrný čas vyplňování DHR jedním pracovníkem, průměrný počet zápisů do DHR. Po konzultaci s plánovačem byl definován průměrný počet DHR za měsíc na value stream Urologie. Z těchto dat byl následně proveden výpočet pomocí programu excel a určeny hrubé úspory na tento value stream. Výpočet se vztahuje na odstranění zápisu do DHR, jelikož se předpokládá zrušení, nebo zkrácení na tak nepatrný čas zápisu do elektronického DHR, že bude zanedbatelný oproti aktuálnímu stavu. Výpočty byly provedeny pomocí uvedených vzorců.

Výpočet úspor pro value stream Urologie

1. Časový fond zaměstnance

$$T_z = P_d \cdot P_h \quad (3.14)$$

$$T_z = 21 \cdot 7,5$$

$$T_z = 157,5 \text{ h}$$

2. Celkový časový fond na value streamu Urologie

$$T_U = T_z \cdot P_O \quad (3.15)$$

$$T_U = 157,5 \cdot 64$$

$$T_U = 10080 \text{ h}$$

3. Čas práce na jednom DHR

$$T_{1DHR} = \frac{T_U}{P_{DHR}} \quad (3.16)$$

$$T_{1DHR} = \frac{10080}{664}$$

$$T_{1DHR} = 15,2 \text{ h}$$

4. Celkový čas zapisování na jednom DHR

$$T_{za} = \frac{t_{za} \cdot P_{za}}{60} \quad (3.17)$$

$$T_{za} = \frac{3 \cdot 18}{60}$$

$$T_{za} = 0,91 \text{ h}$$

5. Procentuální vyjádření času zápisu jednoho pracovníka za jeden měsíc

$$T_{za\%} = \frac{T_{za}}{T_{1DHR}} \quad (3.18)$$

$$T_{za\%} = \frac{0,91}{15,2}$$

$$T_{za\%} = 5,96 \%$$

6. Předpokládaný celkový čas zapisování na jednom DHR s MES

$$T_{zaMES} = \frac{t_{zaMES} \cdot P_{za}}{60} \quad (3.19)$$

$$T_{zaMES} = \frac{0,2 \cdot 18}{60}$$

$$T_{zaMES} = 0,06 \text{ h}$$

7. Předpokládané procentuální vyjádření času zápisu do DHR za měsíc

$$T_{zaMES\%} = \frac{T_{zaMES}}{T_{1DHR}} \quad (3.20)$$

$$T_{zaMES\%} = \frac{0,06}{15,2}$$

$$T_{zaMES\%} = 0,39 \%$$

8. Předpokládaná procentuální úspora pracovníků s MES systémem

$$T_{U\%} = T_{ZA\%} - T_{ZAMES\%} \quad (3.21)$$

$$T_{U\%} = 5,96 - 0,39$$

$$T_{U\%} = 5,57 \%$$

9. Výpočet úspory operátorů na Urologii

$$U_O = P_O \cdot T_{U\%} \quad (3.22)$$

$$U_O = 64 \cdot 5,57$$

$$U_O = 3,6$$

10. Výpočet finančních úspor na value stream Urologie

$$F_{\dot{u}sp} = (U_O + O_{SAP}) \cdot F_{Hod} \quad (3.23)$$

$$F_{\dot{u}sp} = (3,6 + 1) \cdot 421\,560$$

$$F_{\dot{u}sp} = 1\,939\,176 \text{ Kč}$$

Kde: P_d – Průměrný počet pracovních dní za měsíc [den]

P_h - Počet pracovních hodin zaměstnance [h]

T_Z – Časový fond zaměstnance [h]

P_O – Počet operátorů [-]

T_U – Časový fond Urologie [h]

P_{DHR} - Průměrný počet DHR [-]

T_{1DHR} - Průměrný čas práce na jednom DHR [h]

P_{za} – Průměrný počet zapisování v jednom DHR [-]

t_{za} – Průměrný čas jednoho zápisu [min]

T_{za} – Čas zapisování do jednoho DHR [h]

$T_{za\%}$ - Procentuální vyjádření času zápisu jednoho pracovníka za měsíc [%]

t_{zaMES} – Předpokládaný průměrný čas jednoho zápisu s MES systémem [h]

T_{zaMES} - Čas zapisování do jednoho DHR s MES systémem [min]

$T_{zaMES\%}$ - Procentuální vyjádření času zápisu jednoho pracovníka za měsíc s MES [%]

$T_{U\%}$ - Předpokládaná procentuální úspora pracovníků s MES systémem [%]

U_O - Předpokládaná úspora operátorů [-]

O_{SAP} – Počet operátorů provádějící alokaci materiálu do SAP systému [-]

F_{Hod} – Roční finanční ohodnocení operátora [Kč/rok]

$F_{\dot{u}sp}$ – Roční finanční úspora [Kč/rok]

Z výpočtů vyplývá roční finanční úspora 1 939 167 Kč s MES systémem pro value stream Urologie. Úspora pracovních sil by byla využita na jiných pozicích prosperujících firmě, které by firmě přinášely zisk. V tabulce 18. jsou zaznamenány výsledky výpočtů úspor pro value stream Urologie včetně definovaných dat od vedoucí výroby a plánovače i s výslednou roční finanční úsporou pro tento value stream.

Tab. 18 Výsledky výpočtu úspor pro value stream Urologie.

Položka	Hodnota	Jednotka
Operátorů	64	[-]
Časový fond zaměstnance	157,5	[h]
Průměrný počet DHR/měsíc	664	[ks]
Celkový časový fond na value streamu Urologie	10080	[h]
Čas na jednom DHR	15,2	[h]
Průměrný čas jednoho zápisu	3	[min]
Průměrný počet zápisů do jednoho DHR	18	[-]
Celkový čas zapisování na jednom DHR	0,91	[h]
Procentuální vyjádření zápisu do DHR za měsíc	5,96	[%]
Předpokládaný průměrný čas jednoho zápisu s MES systémem	0,2	[h]
Předpokládaný celkový čas zapisování na jednom DHR s MES	0,06	[h]
Předpokládané procentuální vyjádření zápisu do DHR za měsíc	0,39	[%]
Předpokládaná procentuální úspora pracovníků s MES	5,57	[%]
Počet pracovníků odvádějící materiál v systému SAP	1	[-]
Úspora pracovníků na Urologii	3,6	[-]
Celková úspora pracovníků na Urologii	4,6	[-]
Roční finanční úspora na value stream Urologie	1 939 176	[Kč]

Výpočet úspor s MES systémem pro value stream Dýchací obvody

Výpočet na value streamu streamu Dýchací obvody byl provedeny stejně jako výpočty pro value stream Urologie. V rámci výrobního procesu je vypisováno DHR manuálně tužkou – jedná se o nepřímou činnost, která firmě nepřináší žádný zisk. Výpočty jsou prováděny dle výpočtů úspor pro value stream Urologie. V tabulce 19. jsou zaznamenány výsledky výpočtů včetně definovaných dat od vedoucích výroby a plánovače i s výslednou roční finanční úsporou pro value stream Dýchací obvody.

Výpočet úspor pro value stream Dýchací obvody

1. Časový fond zaměstnance dle vzorce (3.14)

$$T_z = 21 \cdot 7,5$$

$$T_z = 157,5 \text{ h}$$

2. Celkový časový fond na value streamu Dýchací obvody dle vzorce (3.15)

$$T_U = 157,5 \cdot 35$$

$$T_U = 10080 \text{ h}$$

3. Čas práce na jednom DHR dle vzorce (3.16)

$$T_{1DHR} = \frac{10080}{694}$$

$$T_{1DHR} = 7,9 \text{ h}$$

4. Celkový čas zapisování na jednom DHR dle vzorce (3.17)

$$T_{za} = \frac{3 \cdot 5,4}{60}$$

$$T_{za} = 0,27 \text{ h}$$

5. Procentuální vyjádření času zápisu jednoho pracovníka za jeden měsíc dle vzorce (3.18)

$$T_{za\%} = \frac{0,27}{7,9}$$

$$T_{za\%} = 3,39 \%$$

6. Předpokládaný celkový čas zapisování na jednom DHR s MES dle vzorce (3.19)

$$T_{zaMES} = \frac{0,2 \cdot 5,4}{60}$$

$$T_{zaMES} = 0,018 \text{ h}$$

7. Předpokládané procentuální vyjádření času zápisu do DHR za měsíc dle vzorce (3.20)

$$T_{zaMES\%} = \frac{0,018}{7,9}$$

$$T_{zaMES\%} = 0,002 \%$$

8. Předpokládaná procentuální úspora pracovníků s MES systémem dle vzorce (3.21)

$$T_{U\%} = 3,39 - 0,002$$

$$T_{U\%} = 3,388 \%$$

9. Výpočet úspory operátorů na Urologii dle vzorce (3.22)

$$U_o = 35 \cdot 3,388$$

$$U_o = 1,18$$

10. Výpočet finančních úspor na value stream Urologie dle vzorce (3.23)

$$F_{úsp} = (1,18 + 0,8) \cdot 421\,560$$

$$F_{úsp} = 834\,688 \text{ Kč}$$

Tab. 19 Výsledky výpočtu úspor pro value stream Dýchací obvody.

Položka	Hodnota	Jednotka
Operátorů	35	[-]
Časový fond zaměstnance	157,5	[h]
Průměrný počet DHR/měsíc	694	[ks]
Celkový časový fond na value streamu Urologie	5512,5	[h]
Čas práce na jednom DHR	7,9	[h]
Průměrný čas jednoho zápisu	3	[min]
Průměrný počet zápisů do jednoho DHR	5,4	[-]
Celkový čas zapisování na jednom DHR	0,27	[h]
Procentuální vyjádření zápisu do DHR za měsíc	3,39	[%]

Položka	Hodnota	Jednotka
Předpokládaný průměrný čas jednoho zápisu s MES systémem	0,2	[h]
Předpokládaný celkový čas zapisování na jednom DHR s MES	0,61	[h]
Předpokládané procentuální vyjádření zápisu do DHR za měsíc	0,45	[%]
Předpokládaná procentuální úspora pracovníků s MES	2,94	[%]
Počet pracovníků odvádějící materiál v systému SAP	0,8	[-]
Úspora pracovníků na BC	1,18	[-]
Celková úspora pracovníků na BC	1,98	[-]
Roční finanční úspora na value stream BC	834 688	[Kč]

Úspory při archivaci

Implementace MESu v případě elektronického archivování DHR přináší vysokou úsporu času a nákladů. Při papírovém archivování se této práci věnuje jeden zaměstnanec na plný úvazek, zatímco elektronické archivování umožňuje výraznou úsporu pracovního času. Dokumenty jsou snadno dostupné odkudkoliv a není potřeba trávit čas hledáním správné zakázky v archivu.



Obr. 10 Skladový prostor pro papírovou dokumentaci.

Úspora za archivaci papírových dokumentů v externích skladech dosahuje částky okolo 80 000 Kč/rok. Současně při zavedení elektronické dokumentace bude ušetřen prostor (obr. 10) sloužící k archivaci dokumentů a bude moci sloužit pro účely jinak prospívající firmě. V tabulce 20. jsou uvedeny veškeré úspory archivace, které byly konzultovány s vedením archivace společnosti.

Tab. 20 Úspory pro archivaci dokumentů.

Položka	Hodnota	Jednotka
Počet archivací DHR/měsíc	2771	[ks]
Časový fond pracovnice	157,5	[h]
Časová náročnost archivace	8082,08	[min]
Čas strávený na archivaci/měsíc	89,8	[%]
Kolikrát za měsíc se musí donést DHR z archivu	60	[ks]
Čas jednoho donesení DHR z archivu	7,5	[min]
Čas dohledávání DHR za měsíc	450	[min]
Čas strávený na dohledání/měsíc	5	[%]
Procentuální úspora jednoho pracovníka	94,8	[%]
Roční finanční úspora za archivaci	399 638	[Kč]
Úspora za externí sklad	80 000	[Kč]

3.12 Investice do hardware vybavení

Důležitými náklady pro implementaci MES systému je hardware. Po zmapování a konzultaci s vedoucími jednotlivých value streamu výroby byl určen počet zařízení, které budou potřeba pro plynulý chod jak MES systému, tak výroby. Jedná se o počítače s dotykovou obrazovkou určené na výrobní linky urologie a na linky balení pro evidenci výroby a vizualizaci potřebných dat na jednotlivých pracovištích. Tablety se čtecím zařízením určené pro skladnice čistého skladu, které nahradí papírovou dokumentaci budou využívány k alokování odebraného materiálu v reálném čase. Monitory pro vizualizaci sbíraných dat určené primárně pro vedoucí výroby a procesní inženýry. Počet zařízení včetně odhadu ceny za zařízení, které provedly pracovníci IT, je uvedeno v tabulce 21.

Tab. 21 Počet zařízení a ceny za zařízení ve výrobě.

Zařízení	Počet	Cena za kus [Kč]	Celková cena [Kč]
Tablet	30	17 000	510 000
Čtečka	38	3 000	114 000
PC s dotyk monitorem	101	15 000	1 515 000
Televize	1	70 000	70 000
PC	2	20 000	40 000
Monitor malý	77	4 000	308 000
Monitor velký	21	6 000	126 000
Materiál			2 424 000
Práce			2 880 000
Celkem			7 987 000

Velké množství dotykových monitorů je především kvůli pracovním pozicím na urologii, jelikož je zde výroba velmi variabilní a často se mění. Z tohoto důvodu po konzultaci s vedoucím výroby byl určen na každé pracoviště dotykový monitor pro evidenci práce, aby se pracovníci nemuseli vzdalovat od pracoviště a tím nevytvářeli prostoje mezi prací. Velký počet monitorů byl navržen po konzultaci s vedoucím balení, jelikož každá pracovnice

má před sebou návodku, jakým způsobem skládat jednotlivé komponenty do tácku. S MES systémem by tyto návodky byly zobrazené na monitorech před každým pracovníkem linky. Návodky by byly automaticky nahrány ze systému po zvolení dané zakázky na linku.

Připojení zařízení ve výrobě:

Pro sběr dat ze strojních zařízení ve výrobě je třeba zařízení připojit k MES systému. Jelikož je většina zařízení ve firmě starší a nemá vestavěné monitorování výroby, je zapotřebí provádět monitorování pomocí externích PLC zařízení. Po konzultaci s IT specialistou a elektrikáři byla vyhotovena tabulka 22., vypovídající o ceně připojení strojních zařízení ve výrobě k MES systému.

Tab. 22 Cena za připojení zařízení ve výrobě.

Cena pro připojení 51 výrobních strojů [Kč]	
PLC hlavní	80 000
OPC server	10 000
Relátka + kabeláž	100 000
Turk moduly	765 000
Materiál	955 000
Práce	1 632 400
Cena celkem	2 587 400

4 RIZIKA IMPLEMENTACE SYSTÉMU MES

Pro projekt implementace bylo na základě konzultace se zaměstnanci firmy identifikováno 50 rizik, u kterých byla podle pravděpodobnosti vzniku rizika a dopadu určena jejich závažnost. Ke každému riziku bylo navrženo opatření tak, aby došlo ke zmenšení potencionálního dopadu na projekt.

Tab. 23 Rizika v závislosti na pravděpodobnosti a dopadu na projekt.

Pravděpodobnost/ Dopad	Velice nepravděpodobné (1)	Nepravdě- podobné (2)	Pravděpodobné (3)	Velice pravděpodobné (4)
Zanedbatelný (1)	Nízké (1)	Nízké (1)	Střední (2)	Střední (2)
Malý (2)	Nízké (1)	Střední (2)	Střední (2)	Vysoké (3)
Velký (3)	Střední (2)	Střední (2)	Vysoké (3)	Vysoké (3)
Fatální (4)	Střední (2)	Vysoké (3)	Vysoké (3)	Vysoké (3)

V tabulce 24 rizika z důvodu zmenšení tabulky jsou v hlavičce uvedena písmena P, D, R znamenající P – Pravděpodobnost, D – Dopad a R – Riziko. Tato tabulka je úzce spjatá s tabulkou 23 Rizika v závislosti na pravděpodobnosti a dopadu na projekt.

Tab. 24 Rizika implementace systému MES.

Popis	P	D	R	Doporučená opatření
Delší doba implementace (zpoždění oproti definovanému časovému plánu implementace)	3	3	3	Pravidelná kontrola plánu implementace vs. skutečný postup, sankce za prodlení zahrnuta ve smlouvě.
Vyšší náklady spojené s realizací (personální náklady...) z důvodu časové prodlevy	3	3	3	Pravidelná kontrola plánu implementace vs. skutečný postup, sankce za prodlení zahrnuta ve smlouvě.
Více času potřebného na zaškolení zaměstnanců ve výrobě (ve srovnání s definovaným nezbytným časem)	3	2	2	Zapojení zaměstnanců do celého procesu implementace, sběr zpětné vazby.
Dodatečné náklady spojené s delším školením zaměstnanců	3	2	2	Zapojení zaměstnanců do celého procesu implementace, sběr zpětné vazby.
Zaměstnanci nebudou rozumět účelu systému, proto bude z jejich strany malá ochota spolupracovat na implementaci	3	4	3	Zapojení zaměstnanců do celého procesu implementace, sběr zpětné vazby.
Práce se systémem bude náročnější a zdouhavější než současný stav (výroba papíru)	2	3	2	Rozhraní systému co nejvíce přizpůsobit situaci ve výrobě a časovým a technickým možnostem zaměstnanců.
Jazykové znalosti operátorů – systém aktuálně v angličtině (nutný překlad jazyka systému)	2	3	2	Překlad do požadovaných jazyků, nastavený systém založený na velkých ikonách s jasným významem a přidělenými právy, aby se předešlo závažným chybám.

Popis	P	D	R	Doporučená opatření
Technická způsobilost operátorů ve výrobě	2	3	2	Nastavení uživatelského rozhraní pro co nejjednodušší a nejintuitivnější práci v systému.
Zvolený způsob přihlášení do systému (způsob, doba trvání)	2	3	2	Zvolená metoda musí být snadno použitelná pro obsluhu a splňovat všechny požadavky na čistou výrobu (mediaci business).
Možnost ruční chyby operátorů	2	3	2	Správné školení zaměstnanců, jak pracovat se systémem.
Špatně zvolené umístění a způsob sběru dat na ručních výrobních linkách	2	3	2	Sběr dat (vyrobené kusy, zmetky) musí být v takovém výrobním kroku, aby nezpomaloval obsluhu a data byla přesná.
Nutné úpravy interních procesů při implementaci	3	2	2	Nastavení systému tak, aby odpovídal aktuálnímu výrobnímu procesu, provádět pouze nezbytné změny
Náročné požadavky jednotlivých oddělení na systém (specifikace)	3	3	3	Dodavatel bude vybrán s ohledem na všechny specifické úpravy, které bude nutné provést.
Nadměrné časové a finanční náklady na IT úpravy stávajících systémů (SAP, Agile...)	2	2	2	Jasně definováno, který systém používaný společností bude napojen na MES a kalkulaci nákladů.
Dlouhý časový rámec pro získání potřebných softwarových validací pro použití systému ve výrobě	2	3	2	Kalkulovat s časem potřebným k získání ověření softwaru v časovém plánu implementace.
Změny, které mohou nastat v procesech během implementace	3	3	3	Komunikace napříč všemi odděleními pro zajištění rychlé reakce na případné změny ve výrobních procesech, klíčová osoba za každý proces jako součást projektového týmu.
Vyšší náklady spojené s nákupem HW (oproti definovaným nákladům v investiční kalkulaci)	2	2	2	Investice do HW budou předem akceptovány vedením společnosti, případné změny ceny (vzhledem ke změnám ekonomické situace) budou projednány.
Vysoké náklady na údržbu HW	1	2	1	Vybraným dodavatelem HW musí být někdo s dlouhodobou podporou aktualizací pro zajištění dlouhé životnosti HW.
Komplexní spárování čtečky s tabletem	1	1	1	Spárování HW provede IT oddělení předem, občasná ztráta spojení by neměla být problém.

Popis	P	D	R	Doporučená opatření
Spárování více čteček na jeden tablet	1	2	1	Spárování HW provede IT oddělení předem.
Dosah čtečky od tabletu (ztráta spojení mezi čtečkou a tabletem)	1	1	1	Vzdálenost kolem 5 m byla testována bez problémů.
Způsob, jakým bude operátor nakládat s HW ve výrobě	3	2	2	Konstrukční oddělení připravilo stojan pro tablet a čtečku čárových kódů, po zkušenostech bude rozhodnuto o případných úpravách stojanu.
V některých místech slabý wifi signál ve výrobních prostorách	1	2	1	Pokud je to možné, používat pevně instalovaná zařízení (PC) s kabelovým připojením a v místech, kde je nutné použít přenosné zařízení, zajistit silný wifi signál.
Kratší výdrž baterie tabletu, než je potřeba (alespoň 4 hodiny - 2 tablety/obsluha/směna)	2	2	2	Pro každého operátora mít na každé směně připravený náhradní tablet, který se bude v době nepoužívání nabíjet.
Dlouhá doba nabíjení baterie tabletu (více než 4 hodiny na 100 %)	1	2	1	Průběžné nabíjení tabletů, které nebudou používány.
Slabá konfigurace tabletu	1	2	1	Při výběru HW dodržovat softwarové požadavky na systém MES.
Softwarová podpora a aktualizace	3	2	2	Výběr dodavatele HW z nejdelší možnou dobou podpory (aktualizace) pro starší zařízení.
Špatně zvolené ovládání tabletu	1	2	1	Rozhodnutí na základě zkušeností a zpětné vazby od uživatelů
Nemožnost připojení tiskáren etiket k systému MES	1	2	1	MES je podle poskytnutých informací možné připojit téměř k jakémukoli potřebnému zařízení.
Nastavení tabletu (v případě češtiny tablet špatně vyhodnotil data ze čtečky)	1	2	1	Nastavení z IT oddělení, nastavení mohou spravovat pouze oprávněné osoby.
Nutná vysoká míra přizpůsobení	3	3	3	Podrobné specifikace od jednotlivých oddělení se všemi požadavky na přizpůsobení systému.
Složitost systému uživatelského rozhraní	2	3	2	Upravené uživatelské rozhraní podle rolí ve výrobě (operátor, vedoucí...) a časových možností, které mají operátoři při práci na lince.
Špatně zvolená terminologie operací v systému (např. význam „uvolnění objednávky“)	2	2	2	Definovat přesně, co se fyzicky děje během jednotlivých kroků, které jsou v MES.

Popis	P	D	R	Doporučená opatření
Soulad s požadavky eDHR (požadavky FDA 21 CFR část 11 a 820)	2	4	3	Součástí realizačního týmu (včetně tvorby URS) musí být odborník, který bude mít na starosti plnění a dodržování všech legislativních požadavků na eDHR.
Přenos změn z (Legacy/Quantum) Agile systému do MES	3	3	3	Propojení MES a Agile, takže MES automaticky přepisuje všechny změny ve stavu “schváleno” do routingu.
Špatná spolupráce/komunikace mezi MES a SAP	2	3	2	Definovat, která kmenová data budou odeslána ze SAP do MES.
Selhání systému	2	4	3	Zálohovat data v reálném čase tak, aby v případě selhání systému byla zaručeně uložena poslední provedená operace.
Systém se zhroutl a výroba musí pokračovat	1	3	2	Mít záložní plán pro případ selhání systému.
Na jedné výrobní zakázce a zadávání dat pracuje více operátorů	1	2	1	Systém bude nastaven tak, aby umožňoval více operátorům pracovat na jedné výrobní zakázce.
Ztráta spojení při práci na výrobní zakázce	1	3	2	Pokud je to možné, používat pevně instalovaná zařízení (PC) s kabelovým připojením a v místech, kde je nutné použít přenosné zařízení, zajistit silný wifi signál.
Změna nebo smazání údajů v systému neoprávněnou osobou	1	2	1	Definovaná práva v systému (měnit, přidávat, mazat data) na základě výrobní pozice.
Neschopnost sjednotit data v systému vs. realita (zásoby a pozice skladů)	2	3	2	Přidělování práv k práci v systému (editace a změna dat).
NOK Plánování výroby z důvodu nesprávných vstupů	3	3	3	Detailní mapování vstupních dat (musí být zahrnuty všechny zdroje – zákazníci, vnitropodniková data...)
Systém MES nefunguje správně (NOK výstup)	2	3	2	Správné ověření a testování každé jednotlivé funkce
HW nefunguje (nekomunikuje) se systémem	3	3	3	Vytvořit záložní plán (ruční zadání dat do systému...)
HW kompatibilita - např. Propojení čtečky čárových kódů s tablety...	3	3	3	Použitý HW musí být uživatelsky přívětivý – snadné spárování se zařízeními.
Systém není používán přímo uživateli, např. chybějící vstupy	3	3	3	Robustní školení uživatelů

Popis	P	D	R	Doporučená opatření
Zachování sledovatelnosti	2	2	2	Každý operátor bude mít svůj vlastní tablet, který bude označen (číslován nebo jiným způsobem), aby bylo zaručeno, že nedojde k záměně tabletu.
Do systému je zadána jiná dávka materiálu, než je fyzicky dostupná na skladě	3	1	2	Možná úprava skutečně odebírané dávky ze skladu.
Špatně zvolený způsob zadávání množství materiálu odebraného ze skladu (rozdíl Pick List vs. realita)	2	2	2	Možnost dodatečně upravit, jakou šarži (šarži) a množství operátor skutečně odebírá.

5 NÁVRH IMPLEMENTAČNÍHO PLÁNU SYSTÉMU MES

Implementace výrobního systému MES je komplexní proces, který je nezbytné rozdělit na dílčí části. Po konzultaci se zaměstnanci společnosti bylo rozhodnuto rozdělit implementaci do čtyř oblastí, aby bylo zaručeno, že implementace bude realizována efektivně, budou minimalizována definovaná rizika a dojde k optimálnímu využití dostupných zdrojů.

První fáze implementace se bude zaměřovat na linky, kde se vyrábí dýchací okruhy. Tyto linky byly zvoleny jako první, protože se jedná o nejjednodušší výrobní proces v závodě. Implementace bude probíhat postupně a po vyzkoušení a vychytání případných problémů se MES bude rozšiřovat na další value streamy, tzn. packaging a urologii. Cílem této strategie je postupně implementovat MES na všech linkách, aniž by došlo k významným problémům nebo k opoždění výroby.

V **první fázi** implementace budou realizovány ty části MESu, které jsou nezbytné pro digitalizaci výrobní dokumentace, DHR:

- Pick List – digitalizace současného papírového PL, na základě kterého je vychystáván materiál ze skladů ve výrobních a mimo výrobních prostorách vč. implementace čtecího zařízení na skenování vychystávaných materiálů,
- Time sheet – záznamové formuláře o jednotlivých výrobních operacích, době trvání, vyrobených kusech (OK/NOK),
- Historie výroby (operátoři, použité nástroje...) – výrobní historie o použitých nástrojích a strojích vč. nastavení stroje a operátorů, kteří se podíleli na dané zakázce,
- QC – kontrola kvality,
- Uvolnění do výroby (check list) – check list, tzn. záznam a potvrzení o připravenosti výrobního pracoviště na zahájení výroby,
- Kontrola použitých komponent – BOM (MUV) – kontrola seznamu materiálů, které vstupují do vyráběného finálu, semifinále,
- "On-line" backflush – odepisování skutečného množství materiálu, které bylo použito ve výrobě v reálném čase.

Tyto funkce pomáhají udržovat přehled o výrobním procesu a zajistí, že budou dodrženy všechny požadavky na kvalitu.

Ve **druhé fázi** budou implementovány tyto funkcionality:

- TWI (výrobní instrukce) - výrobní postupy, např. na balících linkách pro operátorky, jakým způsobem vkládat jednotlivé komponenty do tácku,
- Control plan – kontrolní dokumenty, které zajišťují, že výrobní proces produkuje konstantní výstup,
- Error cards – záznam o zmetkovitosti,
- Check in/out – přihlašování zaměstnanců a kontrola absolvovaného zaškolení.

Tyto funkce umožní řídit výrobní proces a zajistí, že budou splněny všechny požadavky na řízení kvality a bezpečnosti.

Ve **třetí fázi** bude následovat část MESu zaměřená na plánování:

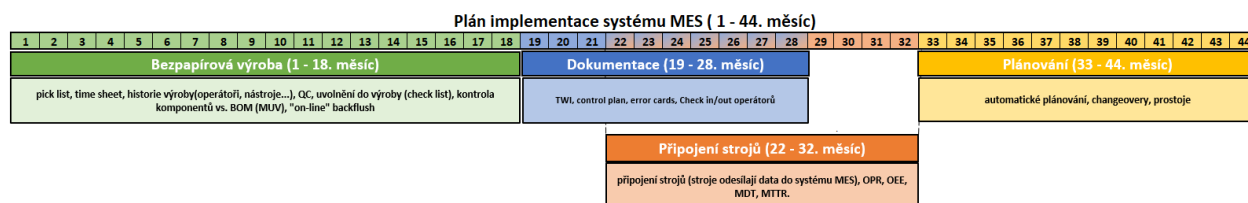
- Plánované prostoje, changeover, automatické plánování – systém bude ve finální fázi implementace umět automaticky plánovat produkci na následující CW.

Tyto funkce umožní automaticky plánovat výrobní proces, vč. zohlednění plánovaných odstávek ve výrobě, dobu seřizování strojů a náběhy nových PN.

Ve **čtvrté fázi** bude implementace věnována připojení zařízení ve výrobě na systém MES. Napojení strojů umožní získávat data z výrobních strojů do systému MES a zajistí,

že zodpovědné osoby (např. procesní inženýři) budou mít k dispozici všechny potřebné informace pro řízení výrobního procesu a identifikaci případných úzkých míst.

Plán implementace z důvodu menšího zásahu do výroby je namyšlen na value streamu Dýchací obvody linku 3, jelikož je nejstálejší a téměř z pohledu změny výrobků výrobě na lince neměnná. Plán implementace je znázorněna na obrázku 11, případně v lepší kvalitě v příloze 2.



Obr. 11 Plán implementace systému MES.

5.1 Navýšení efektivity

Odborným odhadem (po konzultaci se zaměstnanci společnosti a specialisty z firmy dodavatele MES) bylo určeno že dojde v závislosti na daném value streamu k navýšení efektivity využití času o 2-5 %. Jelikož je výroba postavena na ručním balení, systém MES nepřinese větší efektivitu linky. Pro vyšší navýšení efektivity by bylo zapotřebí upravit balící proces, aby se za stejný čas vytvořilo více výrobků.

6 VYHODNOCENÍ DODAVATELE C V RÁMCI POC

Po konzultaci se zaměstnanci společnosti bylo definováno několik oblastí, které jsou pro společnost v rámci spolupráce s případným dodavatelem systému klíčové (tyto oblasti byly hodnoceny v průběhu celého PoC). Následně každá otázka v dané kategorii byla ohodnocena body na škále od 1 do 10 a z tohoto bodování vypočítáno celkové skóre za danou kategorii v procentech.

- Uživatelské rozhraní

Tab. 25 Hodnocení uživatelského rozhraní systému.

Oblast hodnocení	Bodové ohodnocení	Hodnocení kategorie [%]
Je systém srozumitelný?	7	65 %
Jak těžké je naučit se systém používat?	6	
Jak obtížné je zaškolit nového uživatele k používání systému?	6	
Je používání systému intuitivní?	5	
Jak rychlá je odezva systému?	7	
Do jaké míry lze systém upravit podle požadavků firmy?	8	

Uživatelské rozhraní hodnocené v tabulce 25 bylo hodnoceno celkovým skóre 65 %. Systém byl hodnocen jako srozumitelný (7 bodů), ale naučit se s ním pracovat bylo vyhodnoceno jako středně těžké (6 bodů). Školení nových uživatelů bylo také hodnoceno jako středně obtížné (6 bodů). Používání systému (resp. práce s jeho prostředím) nebylo hodnoceno jako příliš intuitivní (5 bodů). Odezva systému byla hodnocena jako střední (7 bodů). Systém byl hodnocen jako dobře upravitelný podle požadavků firmy (8 bodů).

• Projektový management

Tab. 26 Hodnocení projektového managementu.

Oblast hodnocení	Bodové ohodnocení	Hodnocení kategorie [%]
Kick off meeting? (proběhl x neproběhl, příprava dodavatele)	10	64 %
Organizační struktura projektu?	10	
Pravidelné meetingy? (průběh, záznam, struktura meetingů)	7	
Srozumitelnost meetingu?	6	
Včasná komunikace, komunikace o změnách?	1	
Rychlá odezva na neočekávané problémy	6	
Aktivní řešení problémů	5	

Hodnocení projektového managementu hodnotí v tabulce 26 průběh projektu, úroveň organizace a komunikace v rámci projektu. Kick off meeting (první setkání na začátku projektu) byl hodnocen jako úspěšný s maximálním počtem bodů 10. Organizační struktura projektu také získala maximální počet bodů 10. Pravidelné meetingy byly hodnoceny jako dobré, ale ne tak dobré jako první dva body (7 bodů). Srozumitelnost meetingu byla v průběhu PoC hodnocena jako průměrná (6 bodů). Včasná komunikace a komunikace o změnách byly hodnoceny jako slabé – komunikace s dodavatelem v průběhu PoC velmi zaostávala (1 bod). Rychlá odezva na

ne očekávané problémy byla hodnocena jako průměrná (6 bodů). Aktivní řešení problémů bylo také hodnoceno jako průměrné (5 body). Celkové skóre za tuto oblast projektu činí 64 %.

- **Testovací fáze**

Tab. 27 Hodnocení testovací fáze projektu.

Oblast hodnocení	Bodové ohodnocení	Hodnocení kategorie [%]
Proběhlo zaškolení od dodavatele?	8	73 %
Zaškolení – srozumitelnost	8	
Stabilita systému	6	
Rychlost a responzivita systému	7	

Toto hodnocení se týká zaškolení a fungování systému. Zaškolení od dodavatele bylo hodnoceno v tabulce 27 jako dobré a až na pár bodů, které se musely později vyjasnit, proběhlo v pořádku (8 body). Srozumitelnost zaškolení také získala 8 bodů. Stabilita systému byla hodnocena jako průměrná s 6 body. Rychlost a responzivita systému byly hodnoceny jako dobré (7 bodů). Celkové hodnocení za tuto oblast činí 73 %.

6.1 Vyhodnocení Proof of Concept ve společnosti s Dodavatel C

V tabulce 28. je zaznamenáno celkové hodnocení Dodavatele C, jehož funkcionality jsou definovány po konzultaci se specialisty z jednotlivých oblastí (vedoucí výroby, plánovač, kvalitář, manager atd.). Zobrazení zakázek (POs), práce s nimi a umístění vyskladněných materiálů (sklad...) jsou v MES systému hodnoceny nejlepším možným ohodnocením, což vypovídá o kvalitě zpracování rozhraní tohoto systému. Nejhůře hodnoceny jsou Dashboardy (přehledné zobrazení dat), jelikož během PoC nebyla možnost vidět konkrétní příklady těchto dashboardu a zároveň z důvodu jejich složitého programování. S celkovým průměrem činící 3,75 bodů z 5 je Dodavatel C vhodným kandidátem pro implementaci z hlediska funkcionalit systému. Minimální hodnota pro vhodnost dodavatele byla po konzultaci s výrobními specialisty určena 3,5 bodů.

Tab. 28 Celkové hodnocení Dodavatele C.

Funkcionalita	Modul	Bodové ohodnocení
Nahrání výrobního plánu z excelu do MESu	Výroba	4
Zobrazení zakázek (POs) a práce s nimi	Výroba	5
Práce s kusovníky (IPN, Množství...)	Výroba	3
Práce se zásobami – dostupnost materiálu	Výroba	4
Přesun ve výrobním procesu (mezi jednotliv. kroky)	Výroba	3
Aktuální stav zakázky (uvolněná, dokončená...)	Výroba	5
Traceabilita (čas, kdo, co, batch...)	Výroba	4
Plánování zakázek pro výrobu	Výroba	4
Pick list – vytvoření	Výroba	4
Pick list – přehlednost	Výroba	4
Pick list – použití čtečky kódů	Výroba	4

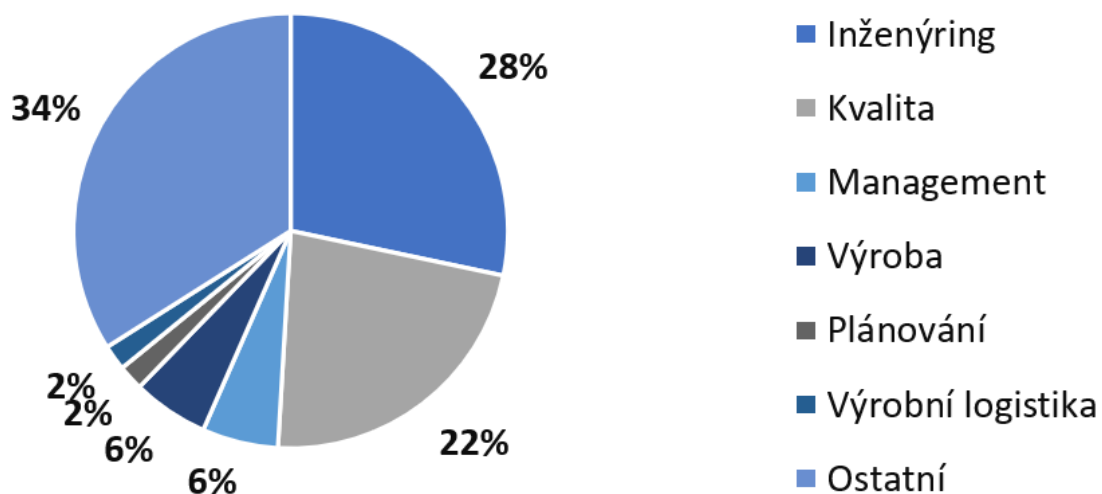
Funkcionalita	Modul	Bodové ohodnocení
Pick list – Poka Yoke	Výroba	4
Alokace materiálů po vychystání	Výroba	4
Online naskladnění (po vyskladnění – alokace materiálu)	Výroba	4
Umístění vyskladněných materiálů (sklad...)	Výroba	5
Zahájení výroby – line clearance checklist	Výroba	3
Deklarace výroby – zadávání vyrobených kusů	Výroba	4
Zadávání zmetků a reworků	Výroba	3
Zadávání prostojů	Výroba	4
Zrušení výroby na lince	Výroba	4
Práce s dokumenty (Výrobní postupy...)	Kvalita	4
Check in, out operátorů na linkách	Výroba	3
Dashboardy (přehledné zobrazení dat)	Dashboardy	1
Integrace strojů	IoT	3
Celkový průměr hodnocení	-	3,75

6.2 Dotazníkové šetření na použitelnost MESu ve společnosti

V rámci zpětné vazby a vyhodnocení použitelnosti systému MES ve výrobním procesu společnosti byla sesbírána zpětná vazba od vybraných oddělení ve společnosti, kterým byl systém prezentován. Hodnotitel vždy uděloval 1–5 bodů pro vytipovanou oblast, kdy 5 bodů bylo nejvíce (100% použití).

V jakém oddělení ve společnosti pracujete?

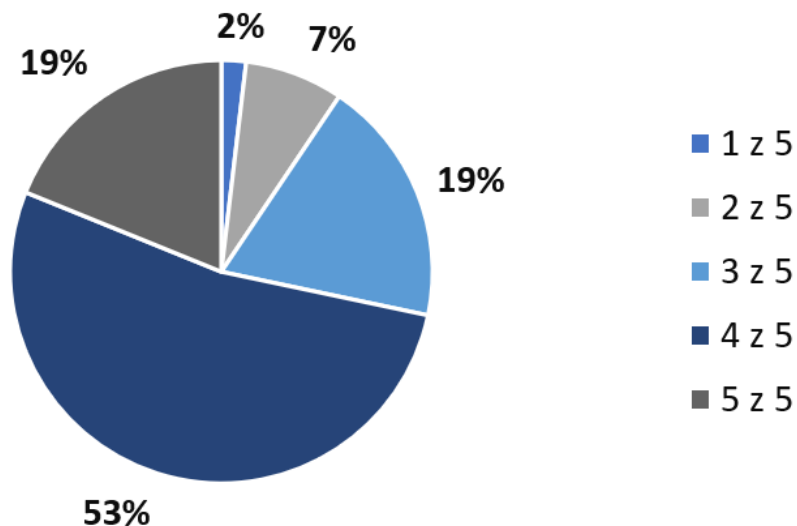
Za dobu PoC práci v systému vidělo a mělo možnost ohodnotit celkem 53 zaměstnanců společnosti. Z 53 zaměstnanců bylo 15 zaměstnanců z oddělení inženýringu, 12 z oddělení kvality, 3 z managementu, 3 z výrobního procesu, 1 plánovač, 1 logistik a 18 patřící do ostatních oddělení, např. HR nebo Labelling. Grafické rozdělení je uvedeno na obrázku 12.



Obr. 12 Graf pracovních pozic vyplňující dotazník.

Jak byste ohodnotil práci v systému?

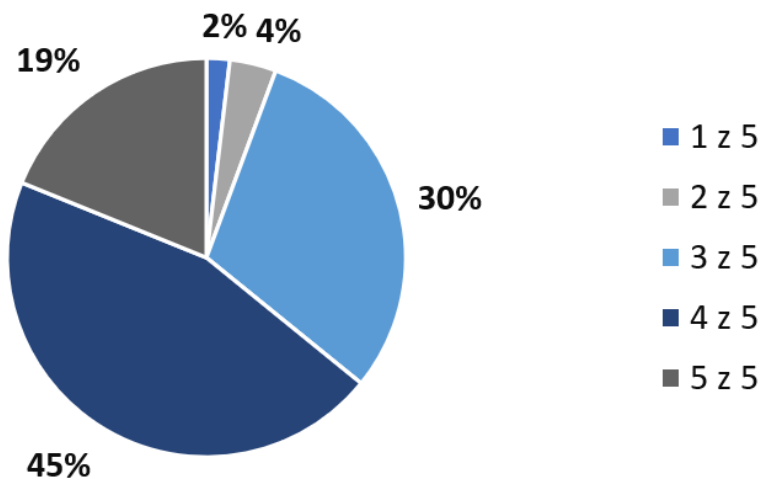
První otázka byla na celkovou práci v systému. Tím je myšleno, zda danému uživateli dává smysl logika jednotlivých operací, které se v systému provádějí, jakým způsobem se zadávají například vyrobené zmetky, definují nové kusovníky a podobně. 53 % ohodnotilo práci v systému 4 z 5. Grafické rozdělení je uvedeno na obrázku 13.



Obr. 13 Graf hodnocení práce se systémem MES.

Jak byste ohodnotil přehlednost systému?

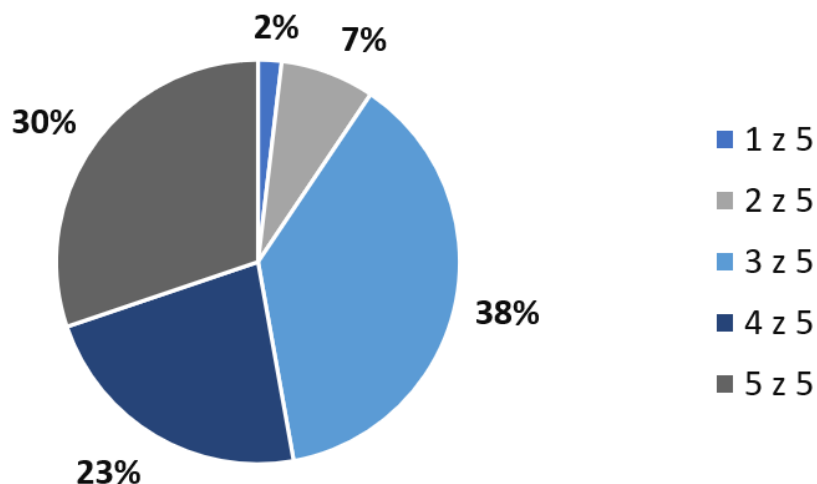
Druhá otázka směřovala na přehlednost systému, tj. jak přívětivé bylo pro uživatele rozhraní, jak dlouho mu trvalo, než se seznámil s tím, kde, co najít a podobně. Největší podíl na tuto otázku má hodnocení 4 z 5 a to v 45 %. Grafické rozdělení je uvedeno na obrázku 14.



Obr. 14 Graf hodnotící přehlednost systému.

Jak byste ohodnotil práci s tabletem?

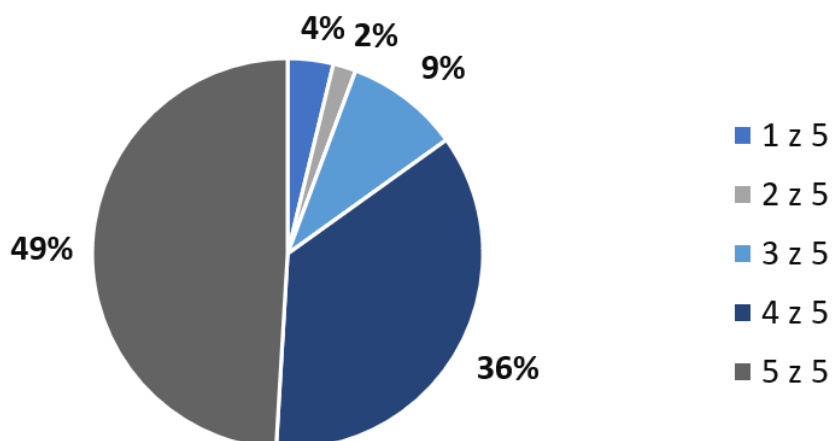
V některých částech výrobního procesu není možné použít pevné zařízení (PC), např. při vychystávání materiálu ve skladu, a proto je nezbytné použití tabletu. Tato otázka zkoumala, jak uživatel vnímá nutnost použití tabletu a práci s ním (pohyby na tabletu byly prováděny buď elektronickou tužkou, anebo za pomoci prstů). 3 z 5 bylo ohodnoceno 38 % což dělá největší podíl hodnocení této otázky. Grafické rozdělení je uvedeno na obrázku 15.



Obr. 15 Graf hodnotící práci s tabletem.

Jak byste ohodnotil použitelnost systému ve výrobním procesu?

Tato otázka měla za cíl zjistit, jaký má uživatel celkový názor na využití tohoto systému ve výrobním procesu a zda vidí benefity, které by mohl tento systém společnosti přinést. Skoro polovina oslovených ohodnotili 5 z 5. Grafické rozdělení je uvedeno na obrázku 16.



Obr. 16 Graf hodnotící použitelnost systému ve výrobě.

Prostor pro připomínky a nápady pro zlepšení do budoucna.

Poslední bod dotazníku obsahuje prostor pro napsání připomínek, případně nápadů pro zlepšení, jak k danému prostoru přistupovat a na co dát pozor a nezapomenout na to.

Příklady odpovědí:

- „Je tam dost prostoru na schválení něčeho, když bych se uklikla. Při každém schvalování bych dala potvrzovací otázku, zda ti lidi to chtějí opravdu schválit.“
- „Je zapotřebí co největší jednoduchost, abych viděla jen to co potřebuji.“
- „Chci, aby uměl rozpad materiálu např. od konkrétní dávky rezinu až po finální výrobek.“
- „Pro operátorky z výroby je potřeba, aby bylo v češtině jednoduché a intuitivní.“
- „Pro operátory a teamleadery bude potřeba nastavit zadávání dat do systému na linkách maximálně jednoduše. Je třeba přizpůsobit jejich možnostem a času, které na výrobních linkách mají.“
- „Dát si pozor, jestli bude zajištěn online přenos dat. Při vychystávání zakázek se stejným materiálem si vzájemně budou "vyžírat" materiál.“

Systém byl nejvíce hodnocen managementem. Práce v systému byla nejvíce hodnocena 4. body stejně jako jeho přehlednost. 3. body bylo nejvíce hodnoceno práci s tabletem a maximálním počtem bodů bylo hodnoceno využití ve výrobě, tudíž dle uživatelů má systém ve výrobě smysl, práce s tabletem je slabší, ale přehlednost a samotná práce v systému byla hodnocena kladně. V otevřených odpovědích se často objevovala odpověď, aby byl systém co nejvíce jednoduchý a intuitivní.

7 NÁVRATNOST INVESTICE

Návratnost investice z anglického Return on Investment (ROI) vyjadřuje čistý zisk nebo čistou ztrátu, která se počítá vůči počáteční investici. Nejčastěji se udává v procentech. Návratnost se počítá pro konkrétní případ, projekt, podnikatelský plán nebo jiný logicky oddělitelný úkon, u kterého lze spočítat zisky i celkové investice. Zisky vyjádřeny ve formě úspor jsou zaznamenány v tabulce 29. [26; 27]

Tab. 29 Roční finanční úspory v jednotlivých oblastech.

Oblast	Roční finanční úspora [Kč]
Čistý sklad	2 610 869
Urologie	1 939 176
Dýchací obvody	834 688
Archivace	399 638
Externí sklad pro archivaci papírových dokumentů	80 000
Celkem	5 864 371

Roční finanční úspora pro celou firmu včetně archivace činí 5 864 371 Kč. Jelikož jsou roční úspory značně nižší než počáteční investice zobrazené v tabulce 30. je návratnost investice počítána na období 10 let.

Tab. 30 Investice pro MES systém.

Položka	Cena [Kč]
Hardware	7 987 000
Připojení zařízení ve výrobě	2 587 400
Licence MES systému	7 771 875
Celkem	18 346 275
Roční servisní poplatky systému MES	7 237 170

Výpočet návratnosti investice pro období 10 let

$$ROI = \frac{(\dot{U}-S) \cdot O - I}{I} \cdot 100 \quad (7.1)$$

$$ROI = \frac{(5\,864\,371 - 7\,237\,170) \cdot 10 - 18\,346\,275}{18\,346\,275} \cdot 100$$

$$ROI = -174,8 \%$$

Kde: ROI – Návratnost investice [%]

\dot{U} – Roční finanční úspora [Kč]

S – Roční servisní poplatek [Kč]

O – Období [roky]

I – Investice [Kč]

Návratnost investice po deseti letech vyšla v záporných hodnotách -174,8 % hlavně z důvodu ročního servisního poplatku za MES systém.

Servisní poplatek zahrnuje:

- portál pro zákazníky kritické výroby,
- nepřetržitá horká linka pro kritické problémy,
- přístup k opravám a menším verzím bez jakýchkoliv dodatečných nákladů,
- oblast pro e-learning,
- měsíční hlášení o incidentech,
- softwarová licence – databáze, cloud,
- administrátory,
- IT,
- nepředvídatelné výdaje.

Tento poplatek je součástí implementační smlouvy a rozhoduje o něm dodavatel C.

Z důvodu záporného výsledku ROI – investice není návratná => Koncept není prokázán.

7.1 Návrh nového řešení

Nový koncept by měl být založen na faktech této práce jako investiční projekt s přiměřenou návratností a se zohledněním nevyčíslitelných benefitů. Tento koncept by měl být zaměřen pouze na modul elektronického DHR s levnějším dodavatelem z tuzemska, aby mohl firmu navštěvovat a konzultovat problémy na místě, jelikož často vznikaly během PoC problémy z důvodu nepochopení výrobních procesů dodavatelem C. Tuzemský dodavatel systému umožní výstup pro data, která by mohla být sledována v sesterských závodech. Tím by byla zajištěna komunikace mezi závody pomocí moderních systémů v duchu průmyslu 4.0. Mnoho modulů dodané dodavatelem C jsou pro firmu nevyužitelné, tudíž by se platilo za moduly, které pro firmu nejsou přínosné. Koncept by bylo třeba opět prověřit a určit návratnost tuzemského dodavatele a jeho systému. Značná část nevyčíslitelných benefitů by byla dosažena i s tímto konceptem. Zároveň vypočítané úspory by s tímto konceptem měly být shodné. Pro investici bude hlavní rozdíl cena licence a servisní poplatek tuzemskému dodavateli. Zároveň by bylo vhodné znovu konzultovat počet hardwaru pro jednotlivé value streamy, jelikož se jedná o velkou počáteční investici. Cena připojení strojních zařízení ve výrobě pro sledování výroby k jednotlivým DHR by měla být totožná se stávajícím konceptem. Tento nový návrh by měl mít kladnou návratnost investice pro jeho kladný přínos pro firmu. Návratnost investice by bylo vhodné mít v kladných hodnotách již za první tři roky implementace systému v provozu.

Tuzemský dodavatel D

Pro návrh nového konceptu byl zvolen tuzemský dodavatel D, který firmě poskytl návrh řešení včetně odhadu cenové nabídky. Cenová nabídka obsahuje moduly plánování výroby, vizualizaci, elektronickou dokumentaci, interní logistiku a údržbu zařízení. V tabulce 31 jsou zaznamenány náklady na investici včetně ročního servisního poplatku. Dle vzorce 7.1 je vypočítané ROI pro tento koncept a navazujícím výpočtem je vypočítán bod zvratu, který je zobrazen na obrázku 17.

Tab. 31 Cena investice s tuzemským dodavatelem D.

Položka	Cena [Kč]
Hardware	7 987 000
Připojení zařízení ve výrobě	2 587 400
Licence MES systému	2 588 300
Celkem	13 162 700
Roční servisní poplatky systému MES	570 660

Výpočet návratnosti investice pro období 10 let dle vzorce (7.1)

$$ROI = \frac{(5\,864\,371 - 570\,660) \cdot 10 - 13\,162\,700}{13\,162\,700} \cdot 100$$

$$ROI = 306,2 \%$$

Výpočet bodu zvratu

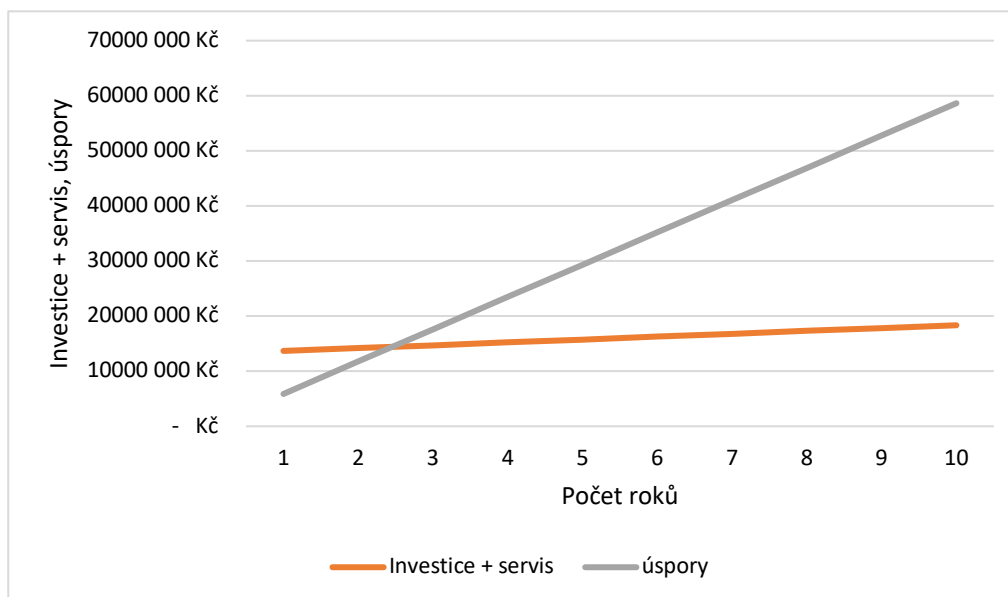
$$Q = \frac{I}{\dot{u}-s} \quad (7.2)$$

$$Q = \frac{13\,162\,700}{5\,864\,371 - 570\,660}$$

$$Q = 2,46 \text{ roků}$$

Kde: Q – Bod zvratu [r]

Návratnost investice tohoto konceptu vychází po deseti letech 306,2 %. Bod zvratu s tuzemským dodavatelem MES systému, vyznačený na obrázku 17, vychází na 2,46 roku od implementace systému ve výrobě. Firmě budou po tomto čase z vytvořených úspor díky systému MES zaplacené investice a v následujícím období bude firma na této investici vydělávat. Zároveň budou pro tento koncept souviset definované benefity, které implementací systému nastanou.



Obr. 17 Bod zvratu s tuzemským dodavatelem D.

ZÁVĚR

Tato diplomová práce se primárně zaměřuje na využití MES systému ve firmě a zdali se investice do systému od dodavatele C vyplatí. Práce se v úvodu zabývá rozborem MES systémů a jejich postavení mezi ostatními řídicími systémy, jejich funkcionalita a funkce (funkcionalita – vypovídá o tom, jaké funkce systém poskytuje, označuje souhrnně soubor jeho funkcí.). Představení tří dodavatelů MES systému a jejich hodnocení. Z důvodu výslovného zakázání zveřejnění názvu jednoho z dodavatelů byli dodavatelé označeni písmenky A, B a C. Dodavatelé byli hodnoceni dle kritérií a požadavky firmy a nejlépe hodnocen byl Dodavatel C se kterým byl proveden Proof of Concept.

Proof of Concept je celkové ověření konceptu elektronizace výroby pomocí MES systému s Dodavatelem C, zdali bude jeho investice návratná, jaké přinese benefity a rizika. Před PoC byla stanovena rizika, která mohou nastat při testování systému ve výrobě a při samotném PoC byla tato rizika zaznamenána a vyhodnocena do tabulek 3. a 4.

V další části byla definována nejvhodnější část výroby pro PoC a její podrobná analýza. Nejvhodnější část výroby byl definován Čistý sklad zajišťující materiál pro předmontáž a následné balení výrobků. Tato část výroby byla vybrána, jelikož se zde nejvíce pracuje s papírovým DHR (device history record – záznam o historii výrobku). Následně bylo provedeno podrobné monitorování Čistého skladu, určení počtu pracovníků a jejich pozic. Ke každé pozici byly určeny nejčastěji se opakující úkony, které byly následně měřeny pomocí stopek a při PoC bylo určeno o kolik se dané úkony zkrátí nebo úplně zruší. Pro kontrolu měření byl proveden výpočet postavený na časovém fondu zaměstnance. Následně byl proveden výpočet časových úspor s využitím MES systému, pomocí kterého byla zjištěna roční finanční úspora v Čistém skladu.

Pro správné fungování systému ve firmě byl definován tok objednávky mezi systémy v aktuálním stavu a ve stavu s MES systémem. Podrobná definice je zaznamenána v příloze 1. Po konzultaci s vedoucími výroby a plánovači byl proveden „hrubý“ výpočet pro roční finanční úspory k value streamu Urologie a Dýchací obvody včetně archivace papírového DHR v externích skladech. Následně byl proveden výpočet cen investice do hardwaru a zapojení strojů. Padesát rizik implementace systému MES s jejich možnou pravděpodobností a dopadem byla zaznamenána společně s jejich doporučenými opatřeními do tabulky 24.

Následovalo navržení implementačního plánu MES systému rozdělené do čtyř fází, jejichž plán je zobrazen v příloze 2. Odborným odhadem (po konzultaci se zaměstnanci společnosti a specialisty z firmy dodavatele MES) bylo určeno, že dojde v závislosti na daném value streamu k navýšení efektivity využití času o 2-5 %.

V dalším kroku bylo provedeno celkové hodnocení Dodavatele C rozděleno na uživatelské rozhraní, projektový management, testovací fáze a jeho celkové hodnocení, které bylo klasifikováno bodovým systémem 0 až 5, kde 5 je max. Dodavatel C získal 3,75 bodů, tím byla vyjádřena vhodnost dodavatele pro implementaci z hlediska funkcionalit systému. Minimální hodnota pro vhodnost dodavatele byla po konzultaci s výrobními specialisty určena 3,5 bodů. Součástí PoC bylo dotazníkové šetření na použitelnost MESu ve výrobě, kde pracovníci měli možnost vyzkoušet si systém od Dodavatele C a odpovědět na 5 jednoduchých otázek vypovídající o přehlednosti, využitelnosti a práci se systémem.

Byla provedena návratnost investice vztahující se na období deset let. Z důvodu vysokých vstupních nákladů, a hlavně vysokého ročního servisního poplatku vyšla návratnost investice (ROI) -174,8 %, což vypovídá o prodělečné investici. Tudíž koncept není prokázán za vhodný. Dodavatel C dodává velké rozhraní systému MES s mnoha moduly, které však firma nedokáže využít.

Firmě je doporučeno implementovat pouze nezbytné moduly elektronické výroby, což umožní veškerou digitalizaci ve výrobě dostačující k elektronizaci výrobního DHR a kusovníku včetně zaznamenání veškeré dohledatelnosti (traicibility) materiálu. Zároveň se velmi omezí práce s papírovou dokumentací ve výrobě, tudíž bude i vyšší kvalita z důvodu odstranění faktoru lidské chyby a prostory k dosavadnímu uskladňování papírové dokumentace budou moci sloužit jako prostory pracovní prosperující firmě. Zároveň budou uplatněny i další zmiňované benefity. U navrženého konceptu s tuzemským dodavatelem MES systému vychází návratnost investice po deseti letech 306,2 % a bod zvratu vychází na 2,46 roku po implementaci MES systému ve firmě.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

1. JAZDI, N. *Cyber Physical Systems in the Context of Industry 4.0*. In: 2014 IEEE International Conference on Automation, Quality and Testing, Robotics. Cluj-Napoca, Romania: University of Stuttgart, 2014. ISBN: 978-1-4799-3732-5
2. KAMINSKÝ, D. *Průmysl 4.0 a čtvrtá průmyslová revoluce*. 2016, č. 6, s. 111 [cit. 2023-03-03]. ISSN 1212-2572. Dostupné z: Průmysl 4.0 a čtvrtá průmyslová revoluce | MM Průmyslové spektrum (mmspektrum.com)
3. CEJNAROVÁ, Andrea. *Od 1. průmyslové revoluce ke 4.* https://www.technickytydenik.cz/rubriky/ekonomika-byznys/od-1-prumyslove-revoluce-ke-4_31001.html [online]. Business Media CZ, 2015, 4. červen 2015 [cit. 2023-03-03]. Dostupné z: https://www.technickytydenik.cz/rubriky/ekonomika-byznys/od-1-prumyslove-revoluce-ke-4_31001.html
4. HOLOUBEK, Jiří. *Průmysl 4.0 – kdysi a dnes*. Odborné časopisy [online]. ELA, 2021, 28. 2. 2021 [cit. 2023-03-03]. Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/elektro/clanek/prumysl-4-0-kdysi-a-dnes--6222>
5. MAŘÍK, Vladimír. *Průmysl 4.0: výzva pro Českou republiku*. Praha: Management Press, 2016. ISBN 978-80-7261-440-0.
6. JUROVÁ, Marie. *Výrobní a logistické procesy v podnikání*. Praha: Grada Publishing, 2016. Expert (Grada). ISBN 978-80-247-5717-9.
7. NENADÁL, Jaroslav. *Management kvality pro 21. století*. Praha: Management Press, 2018. ISBN 978-80-7261-561-2.
8. Interní dokumenty společnosti
9. *MES Center: MES systém (Manufacturing Execution Systems)* [online]. MES centrum: MES centrum, 2012 [cit. 2023-03-03]. Dostupné z: <http://www.mescenter.org/cz/clanky/5-co-je-to-mes-system>
10. *What is an MES* [online]. [cit. 2023-03-03]. Dostupné z: <https://www.sap.com/insights/what-is-mes-manufacturing-execution-system.html>
11. KLETTI, Jürgen. *Manufacturing Execution system – MES*. 1. Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2007: Springer Berlin, Heidelberg, 18 May 2007n. 1. ISBN 978-3-540-49743-1.
12. *MES Explained: A High Level Vision*. MESA International – White Paper number 6. 1997.
13. *MANUFACTURING EXECUTION SYSTEM* [online]. [cit. 2023-03-03]. Dostupné z: <https://infodreamgroup.com/what-are-the-mes-functions/>
14. *Top 10 Functions Of An MES System — And Some Surprising Benefits* [online]. [cit. 2023-03-03]. Dostupné z: <https://www.pinpointinfo.com/blog/10-functions-of-an-mes-system-pinpoint>
15. *MES systémy zpravidla zahrnují následující funkcionalitu* [online]. Minerva Česká republika, a. s. [cit. 2023-03-24]. Dostupné z: <https://www.oneindustry.cz/automotive/mate-mes/>
16. *OEE* [online]. © 2022 Cyber Heroes [cit. 2023-04-17]. Dostupné z: <https://www.cyberheroes.cz/cs/clanky/jak-vypocitat-oe>
17. *Je MES ještě pořád jen o výrobě?* [online]. společnost Aimtec [cit. 2023-03-31]. Dostupné z: <https://www.systemonline.cz/rizeni-vyroby/je-mes-jeste-porad-jen-o-vyrobe.htm#:~:text=Jako%20hlavn%C3%AD%20funkce%20MES%20syst%C3%A9mu>

%20b%C3%BDv%C3%A1%20uv%C3%A1d%C4%9Bn%20sb%C4%9Br,vyu%C5%BE
%C3%ADvaj%C3%AD%20mana%C5%BEersk%C3%A9%20p%C5%99ehledy%2C%20
kter%C3%A9%20pracuj%C3%AD%20s%20dlouhodob%C4%9Bj%C5%A1%C3%ADm
%20horizontem.

18. *Funkční model MES* [online]. [cit. 2023-03-31]. Dostupné z:
https://automa.cz/cz/casopis-clanky/funkcni-model-mes-2001_04_33532_2108/
19. JUROVÁ, M. *Řízení výroby I, Část 1. 2. přepracované a doplněné vydání*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, s.r.o., 2005. 81 s. ISBN 80-214-3066-4.
20. BAUER, M. *Kaizen: Cesta ke štíhlé a flexibilní firmě*. 1. vyd. Brno: BizBooks, 2012. 193 s. ISBN 978-80-265-0029-2.
21. JUROVÁ, M. *Logistika. 1. vydání*. Brno: Vysoká škola Karla Engliše, 2010. 48 s. ISBN 978-80-86710-17-4.
22. SUTORMINA, E., M. JUROVÁ, a Z. BROŽ. *Mechanismus univerzálního hodnocení vnitřních informačních toků pro malé a střední podniky. In International workshop for PhD students*. Brno, Czech Republic: Brno University of Technology, Faculty of Business and Management, 2010. s. 115-120. ISBN 978-80-214-4194-1.
23. MCCLELLAN, Michael. *Applying manufacturing execution systems*. Falls Church, Va.: APICS, c1997. ISBN 15-744-4135-3.
24. *Difference between a MES and a WMS* [online]. [cit. 2023-04-25]. Dostupné z:
https://www-interlakemecalux-com.translate.google/blog/mes-manufacturing-execution-system?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=cs&_x_tr_hl=cs&_x_tr_pto=wapp
25. *Expertní systémy* [online]. [cit. 2023-04-06]. Dostupné z:
<https://portal.matematickabiologie.cz/res/f/expertni-systemy.pdf>
26. *Návratnost investic (ROI)* [online]. Praha [cit. 2023-05-09]. Dostupné z:
<https://www.strafelda.cz/roi>
27. *Návratnost investice* [online]. investia.cz [cit. 2023-05-09]. Dostupné z:
<https://www.investia.cz/jak-na-vypocet-navratnosti-a-vynosnosti-investice>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Symboly

Označení	Legenda	Jednotka
F_{Hod}	Průměrné roční finanční ohodnocení pracovníka	[Kč/rok]
$F_{úsp}$	Celková roční finanční úspora pro Čistý sklad	[Kč/rok]
$F_{úsp.n}$	Finanční úspora na danou pozici za rok	[Kč/rok]
I	Investice	[Kč]
O	Období	[roky]
O_{SAP}	Počet operátorů provádějící alokaci materiálu do SAP systému	[-]
$P_{akt.}$	Aktuální počet pracovníků v Čistém skladu	[-]
P_d	Průměrný počet pracovních dní za měsíc	[den]
P_{DHR}	Průměrný počet DHR	[-]
P_h	Počet pracovních hodin zaměstnance	[h]
P_n	Počet pracovníků na danou pozici	[-]
P_O	Počet operátorů	[-]
P_{Po}	Průměrný počet položek za měsíc	[-]
$P_{úsp.}$	Úspora pracovníků na jednu pozici	[-]
P_{za}	Průměrný počet zapisování v jednom DHR	[-]
Q	Bod zvratu	[r]
ROI	Návratnost investice	[Kč/rok]
R_p	Procentuální redukce pracovníků	[%]
S	Roční servisní poplatek	[Kč]
T_{1DHR}	Průměrný čas práce na jednom DHR	[h]
$t_{akt.DHRn}$	Naměřený čas na DHR n v aktuálním stavu	[s]
$t_{akt.DHR.cel.}$	Celkový čas na DHR v aktuálním stavu	[s]
$t_{akt.pn}$	Naměřený čas na položku n v aktuálním stavu	[s]
$t_{akt.p.cel.}$	Celkový čas na položku v aktuálním stavu	[s]
$t_{MES.DHRn}$	Naměřený čas na DHR n s MES systémem	[min]
$t_{MES.DHR.cel.}$	Celkový čas na DHR s MES systémem	[h]
$t_{MES.pn}$	Naměřený čas na položku n s MES systémem	[s]
$t_{MES.p.cel.}$	Celkový čas na položku s MES systémem	[s]
t_{nD}	Naměřený čas na den	[s]
T_U	Časový fond Urologie	[h]
$t_{úsp.}$	Časová úspora se systémem MES na jednoho pracovníka	[s]
$T_{U\%}$	Předpokládaná procentuální úspora pracovníků s MES systémem	[%]
T_Z	Časový fond zaměstnance	[h]
t_{za}	Průměrný čas jednoho zápisu	[min]
T_{za}	Čas zapisování do jednoho DHR	[h]
$T_{za\%}$	Procentuální vyjádření času zápisu jednoho pracovníka za měsíc	[%]
t_{zaMES}	Předpokládaný průměrný čas jednoho zápisu s MES systémem	[h]
T_{zaMES}	Čas zapisování do jednoho DHR s MES systémem	[min]
$T_{zaMES\%}$	Procentuální vyjádření času zápisu jednoho prac. za měsíc s MES	[%]
T_{zm}	Naměřený čas pracovníků	[h]
T_{zn}	Časový měsíční fond pracovníků na dané pozici	[h]
$t_{\%úsp.}$	Procentuální časová úspora na jednoho pracovníka	[%]
U_O	Předpokládaná úspora operátorů	[-]
$Ú$	Roční finanční úspora	[Kč]
V	Využití pracovních zdrojů	[%]

Označení	Legenda	Jednotka
Xp	Průměrný počet položek v jednom pick listu	[-]

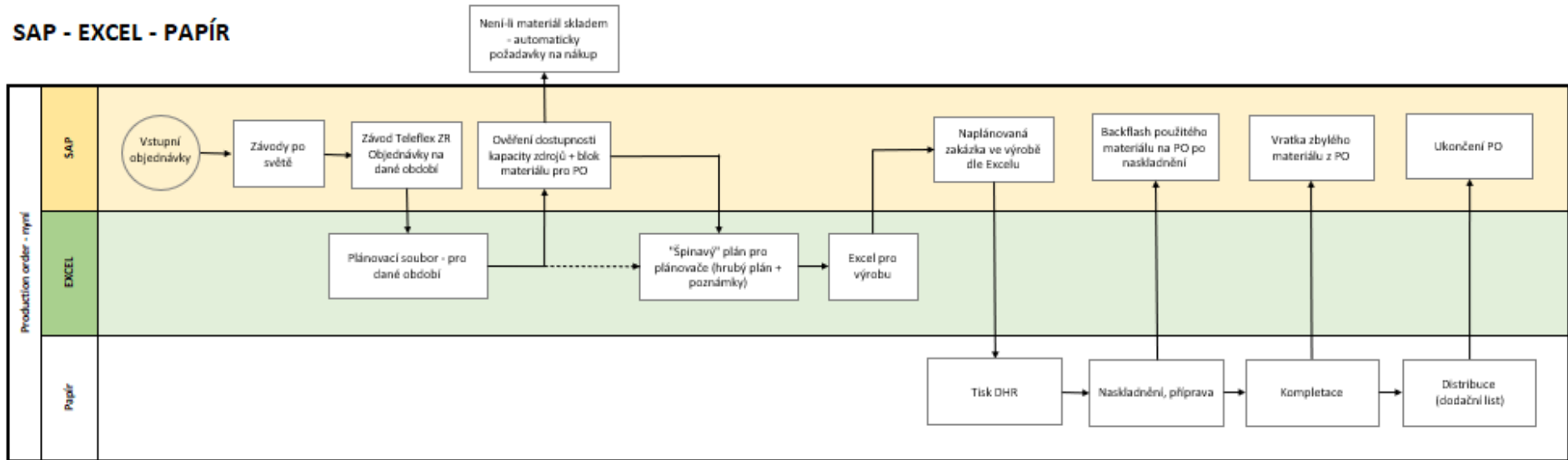
Zkratky

Označení	Legenda
MES	Manufacturing Execution Systém
ERP	Enterprise Resource Planning
DHR	Device History Record
PoC	Proof of Concept
PLC	Programmable Logic Controller
SCM	Supply Chain Management
SSM	Sales and Service Management
P/PE	Product and Process Engineering
AS	Automatický skladový systém
RS	Vyhledávací systém
CAD	Computer Added Design
WMS	Warehouse Management Systém
QC	Kontrola kvality
BOM	Bill of Material
PL	Pick List
TWI	Výrobní instrukce
CW	Calendar Week
PN	Part Number
PO	Production Order
ROI	Return on Investment

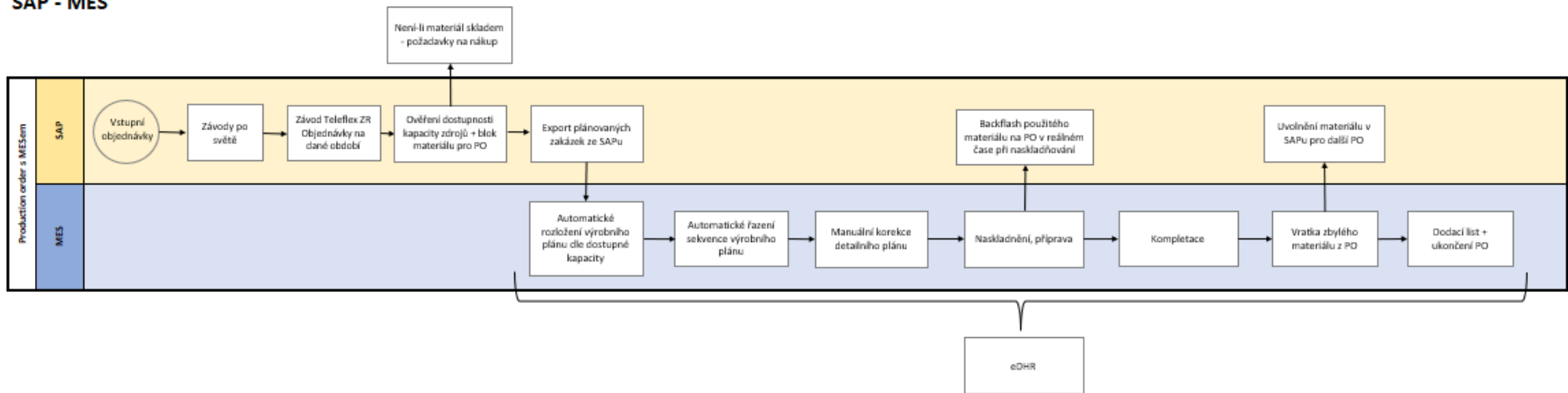
SEZNAM PŘÍLOH

- Příloha 1 Časový plán implementace systému MES [Vlastní zpracování]
Příloha 2 Flow Production Order – komunikace mezi systémy [Vlastní zpracování]
Příloha 3 Excel_Výpočty

SAP - EXCEL - PAPÍR



SAP - MES



Plán implementace systému MES (1 - 44. měsíc)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44
Bezpapírová výroba (1 - 18. měsíc)																		Dokumentace (19 - 28. měsíc)										Plánování (33 - 44. měsíc)															
pick list, time sheet, historie výroby(operátoři, nástroje...), QC, uvolnění do výroby (check list), kontrola komponentů vs. BOM (MUV), "on-line" backflush																		TWI, control plan, error cards, Check in/out operátorů										automatické plánování, changeover, prostoje															
																												Připojení strojů (22 - 32. měsíc)															
																												připojení strojů (stroje odesílají data do systému MES), OPR, OEE, MDT, MTTR.															