



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV VÝROBNÍCH STROJŮ, SYSTÉMŮ A ROBOTIKY

INSTITUTE OF PRODUCTION MACHINES, SYSTEMS AND ROBOTICS

EARLY WARNING SYSTEM PRO
ZAZNAMENÁNÍ VÝPADKŮ Z MONTÁŽNÍ
LINKY

EARLY WARNING SYSTEM FOR RECORDING OUTAGES FROM THE ASSEMBLY LINE

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Lucie Makovičková

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Karla Maradová

BRNO 2021

Zadaní bakalářské práce

Ústav:	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky
Studentka:	Lucie Makovičková
Studijní program:	Strojírenství
Studijní obor:	Základy strojírenského inženýrství
Vedoucí práce:	Ing. Karla Maradová
Akademický rok:	2020/21

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 bakalářské práce:

Early Warning System pro zaznamenání výpadků z montážní linky

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Cílem bakalářské práce je aktualizace výpadků montážních linek uvedených v systému Early Warning System, doplnění a revize příčin a opatření k jednotlivým výpadkům a zavedení eskalačních úrovní. Systém bude doplněn o seznam šrotovaných dílců, umožňující vyhodnocení výpadků v nákladových hodnotách. Konečným přínosem je pak vizualizace obou systémů v Power BI.

Cíle bakalářské práce:

Rešerše v oblasti montážních linek.
Rešerše v oblasti systému pro včasné varování.
Shromáždění statických dat pro analýzu výpadků.
Statistické vyhodnocení výpadků.
Vizualizace získaných dat v systému Power BI.
Shrnutí a vyhodnocení poznatků.

Seznam doporučené literatury:

CHMELÁŘ, Michal. Reporting v Power BI, PowerPivot a jazyk DAX. Pezinok: Smart People, spol., 2019. ISBN 978-80-973078-0-6.

HLAVENKA, Bohumil. Projektování výrobních systémů: technologické projekty I. Vyd. 3. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2005. ISBN 80-214-2871-6.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2020/21

V Brně, dne

L. S.

doc. Ing. Petr Blecha, Ph.D.
ředitel ústavu

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
děkan fakulty

ABSTRAKT

Bakalářská práce na téma “Early Warning System pro zaznamenání výpadků z montážní linky“ má za cíl provést aktualizaci výpadků montážních linek, díky čemuž práce získala dobrý motiv k představení samotného procesu Early Warning Systemu v praxi ve firmě Bosch Diesel s.r.o. Jihlava, kde právě tato aktualizace výpadků montážních linek probíhala. Práce nejprve seznamuje s vysokotlakými čerpadly a jejich montážními linkami, které jsou se systémem nejvíce propojeny. Poté vystihuje základní prvky systému a definuje systém Power BI. V praktické části je pak vysvětlen způsob shromažďování potřebných dat k aktualizaci výpadků a jak se prostřednictvím Early Warning Systemu dostane vzniklý výpadek při montáži vysokotlakého čerpadla na montážní lince k výše odpovědným osobám. Následně, s pomocí získaného statistického přehledu všech výpadků a díky převedeným vizualizacím v systému Power BI, dochází k vyhodnocování poznatků.

ABSTRACT

The bachelor's thesis on a topic “Early Warning System for recording outages from the assembly line“ aims to update assembly line outages, thanks to what the work gained a good motive to present the Early Warning System process in practice, in the company Bosch Diesel s.r.o. Jihlava, where this update of assembly line outages takes place. The work first introduces the high-pressure pumps and their assembly lines, which are the most connected to the system. Then the basic elements of the system are described, and the Power BI system is defined. The practical part explains way of collecting the necessary data for outages updating and how the Early Warning System gets the information about outage during the installation of a high-pressure pump on the assembly line to the higher responsible persons. Subsequently, thanks to the obtained statistical overview of all outages and to the performed visualizations in the Power BI system, the knowledge is evaluated.

KLÍČOVÁ SLOVA

Early Warning System, výpadek, montážní linka, vysokotlaké čerpadlo, Power BI

KEYWORDS

Early Warning System, outage, assembly line, high-pressure pump, Power BI

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

MAKOVIČKOVÁ, Lucie. Early Warning System pro zaznamenání výpadků z montážní linky [online]. Brno, 2021 [cit. 2021-05-20]. Dostupné z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/132681>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky. Vedoucí práce Karla Maradová.

PODĚKOVÁNÍ

Ráda bych tímto poděkovala vedoucí mé bakalářské práce Ing. Karle Maradové za vzácné rady a připomínky při zpracování vybraného tématu. Dále patří velké poděkování Ing. Gabriele Střádalové a technickým pracovníkům za podnětné informace, a firmě Bosch Diesel Jihlava s.r.o. za umožnění zpracování dané problematiky pod jeho záštitou.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že tato práce je mým původním dílem, zpracovala jsem ji samostatně pod vedením Ing. Karly Maradové a s použitím literatury uvedené v seznamu použitých zdrojů.

V Brně dne

.....
Makovičková Lucie

OBSAH

1	ÚVOD.....	9
2	TEORETICKÁ ČÁST PRÁCE	10
2.1	Čerpadlo typu 1	10
2.1.1	Hlavní komponenty	10
2.2	Čerpadlo typu 2	11
2.2.1	Hlavní komponenty	12
2.3	Montážní linka všeobecně	13
2.4	Montážní linka v JhP	14
2.5	Early Warning System všeobecně	16
2.5.1	Klíčové prvky EWS	16
2.6	Systém Power BI	17
3	PRAKTICKÁ ČÁST PRÁCE	18
3.1	Early Warning System v JhP	18
3.1.1	Shromáždění dat do EWS	18
3.1.2	Soubor dat	18
3.2	Popis procesu EWS v JhP.....	20
3.2.1	Eskalace.....	24
3.2.2	Fotodokumentace vzniklého poškození při nastalé chybě	25
3.2.3	Šrotované dílce v EWS	26
3.3	Vizualizace v Power BI.....	27
3.3.1	Statistické vyhodnocení dat ve vizualizaci.....	27
3.3.2	Vizualizace výpadků čerpadel 1 za poslední rok (4.2020-4.2021)	28
3.3.3	Vizualizace výpadků čerpadel 2 za poslední rok (4.2020-4.2021)	28
3.3.4	Vizualizace šrotace čerpadel 1 za poslední rok (4.2020-4.2021).....	29
3.3.5	Vizualizace šrotace čerpadel 2 za poslední rok (4.2020-4.2021).....	29
3.4	Celkové vyhodnocení	30
4	ZÁVĚR.....	31
5	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	32
6	SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK.....	33
7	SEZNAM OBRÁZKŮ.....	34
8	SEZNAM TABULEK	35

1 ÚVOD

Cílem bakalářské práce je aktualizace výpadků montážních linek uvedených v Early Warning Systemu (dále jen EWS). Na této problematice je zároveň ukázáno fungování EWS v praxi ve firmě Bosch Diesel s.r.o. Jihlava (dále jen JhP), kde proces aktualizace výpadků probíhal.

JhP se po skromném začátku v roce 1993 rozrostla do jednoho z celosvětově největších výrobních závodů v rámci Skupiny Bosch pro moderní a inovativní diesellové vstřikovací systémy Common Rail. Jihlavský závod má na svém programu především výrobu a vývoj jednotlivých komponentů do pohonných jednotek automobilů a užitkových vozidel. K hlavním komponentům patří vysokotlaká čerpadla pro diesellové motory, tlakové zásobníky a regulační ventily tlaku pro systém Common Rail.

Firma je rozdělena na tři výrobní závody, jejichž lokalita je rozmístěna do různých periferií Jihlavy. Nejstarším a prvním závodem firmy Bosch je Závod I, kde se vyrábí například zpětné vedení paliva a injektory. Závod II, který byl vybudován z důvodu rozšíření výroby, má na programu výrobu vysokotlakých zásobníků. Nejnovější a největší Závod III se převážně věnuje výrobě vysokotlakých čerpadel. Dohromady se na celkovém chodu všech závodů a samotných výrobních procesech podílí téměř 4 tisíce zaměstnanců.

Problematikou systému se zabývá výrobní úsek, který je dále rozdělen na jednotlivá oddělení. Jedno z oddělení má v kompetenci návrhy na optimalizace a celkové zlepšování procesu. Další z oddělení, tentokrát oddělení kvality, pak nese odpovědnost za správné fungování a celkový koncept EWS. [1][2]

Práce je rozdělena do dvou částí, teoretické a praktické. Teoretická část představuje vysokotlaká čerpadla typu 1 a typu 2, která jsou hlavními produkty firmy a s EWS jsou úzce spojeny. Zabývá se také všeobecnou rešerší v oblasti montážních linek a jaké je jejich provedení v JhP. Dále tvoří nedílnou součást samotná charakteristika EWS a systému Power BI.

Praktická část se věnuje postupu aktualizování výpadků montážních linek, kdy je nejprve potřeba shromáždit veškeré výpadky do jednoho souboru, následně doplnit jejich příčiny a opatření, a zavést eskalační úrovně. Dále se zabývá procesem, jak se prostřednictvím EWS dostane výpadek montážní linky k odpovědným osobám. Následně jsou pak vyobrazena získaná data ve vizualizacích v systému Power BI ve statistických hodnotách a nákladových jednotkách. Konečným přínosem bakalářské práce je pak zhodnocení všech získaných poznatků.

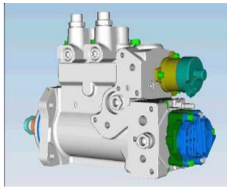
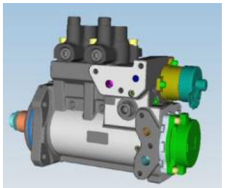
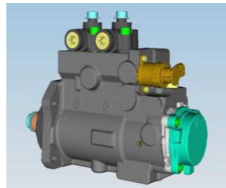
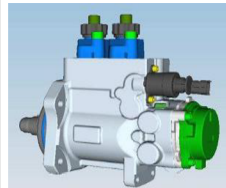
2 TEORETICKÁ ČÁST PRÁCE

2.1 Čerpadlo typu 1

Vysokotlaké čerpadlo typu 1 je čerpadlo určené pro nejmodernější diesellové vstříkovací systémy Common Rail, které dokáže vyvinout tlak až do výše 2500 barů. Jedná se o radiální pístový hydrogenerátor a plní nejpřísnější emisní normu EU6. Má široké uplatnění v diesellových motorech nákladních vozidel, těžkých tahačů, kamionů, autobusů, lodních motorů, velkých luxusních motorových člunů, stacionárních motorů (elektrocentrál), zemědělské, lesní a stavební techniky jako jsou kombajny, bagry, traktory, a dokonce vojenské obrněné transportéry. Produkce začala v roce 2008 v německém závodě Bosch v Hamburgu a po přestěhování výroby v roce 2012 je Jihlava jediný výrobní závod těchto čerpadel. Model čerpadla typu 1 doplněný popisem hlavních komponentů je vyobrazen na Obrázek 1.

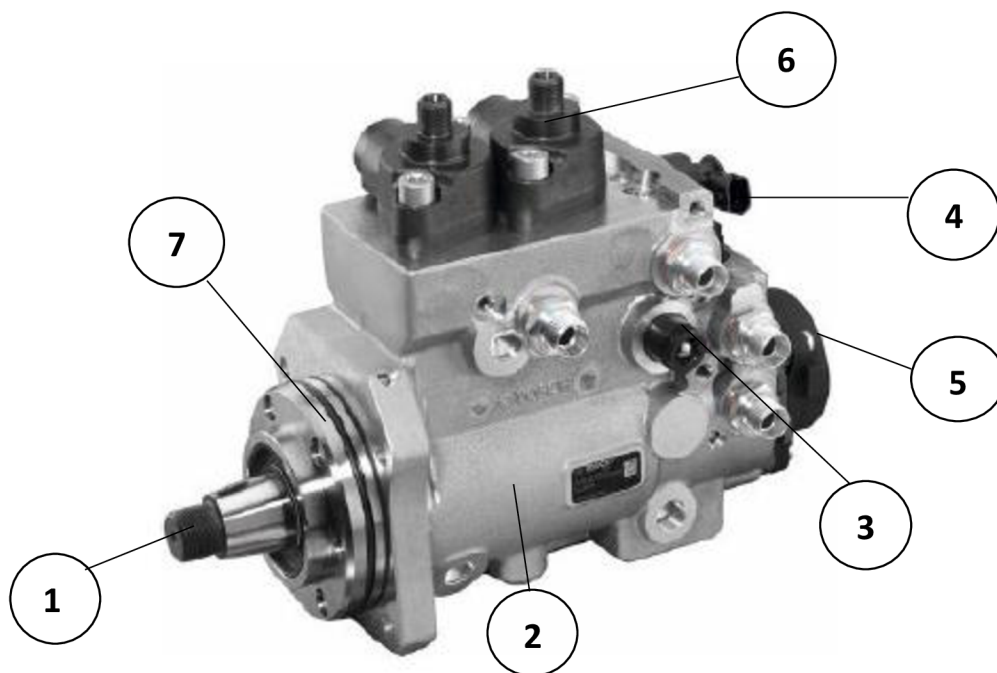
Každý zákazník má různé požadavky na výrobu. Proto se od sebe jednotlivé typy liší jinými komponenty nebo po vizuální stránce. Čerpadla se pak pro větší přehlednost rozdělují do skupin dle typů (Tabulka 1). [1]

Tabulka 1: Rozdělení čerpadel typu 1 [1]

<i>TYP</i>	<i>X</i>	<i>XX</i>	<i>XXX</i>	<i>XXXX</i>
<i>MODEL</i>				
<i>ZÁKAZNÍK</i>	<i>ZÁKAZNÍK A</i>	<i>ZÁKAZNÍK A</i>	<i>ZÁKAZNÍK B-H</i>	<i>ZÁKAZNÍK A-E</i>

2.1.1 Hlavní komponenty

- Vačková hřídel (1)
- Těleso čerpadla (2)
- Přepouštěcí ventil (3)
- FMU – Regulační ventil průtoku (4)
- Zubové čerpadlo (5)
- Vysokotlaký element – hlava (6)
- Příruba (7)
- Zvedák pístu



Obrázek 1: Popis čerpadla typu 1 [1]

2.2 Čerpadlo typu 2

Vysokotlaké čerpadlo typu 2 je nová generace čerpadel, které jsou navrhovány tak, aby náklady na jejich výrobu byly co nejmenší. V současné době se v jihlavském závodě testuje nový typ čerpadla 2, tzv. “Kompakt”. Při výrobě tohoto čerpadla se využívají stejné dílce, jako jsou montovány na typově starší čerpadla, což zapříčiňuje zlevnění výroby jako celku. “Kompakt” má navíc oproti jiným čerpadlům elektronicky řízené sací ventily, při kterých dochází k přesnějšímu řízení dodávky paliva a ke snižování spotřeby. S výrobou čerpadel typu 2 přišli i noví zákazníci. Ukázka modelu čerpadla typu 2 je znázorněna na Obrázek 2.

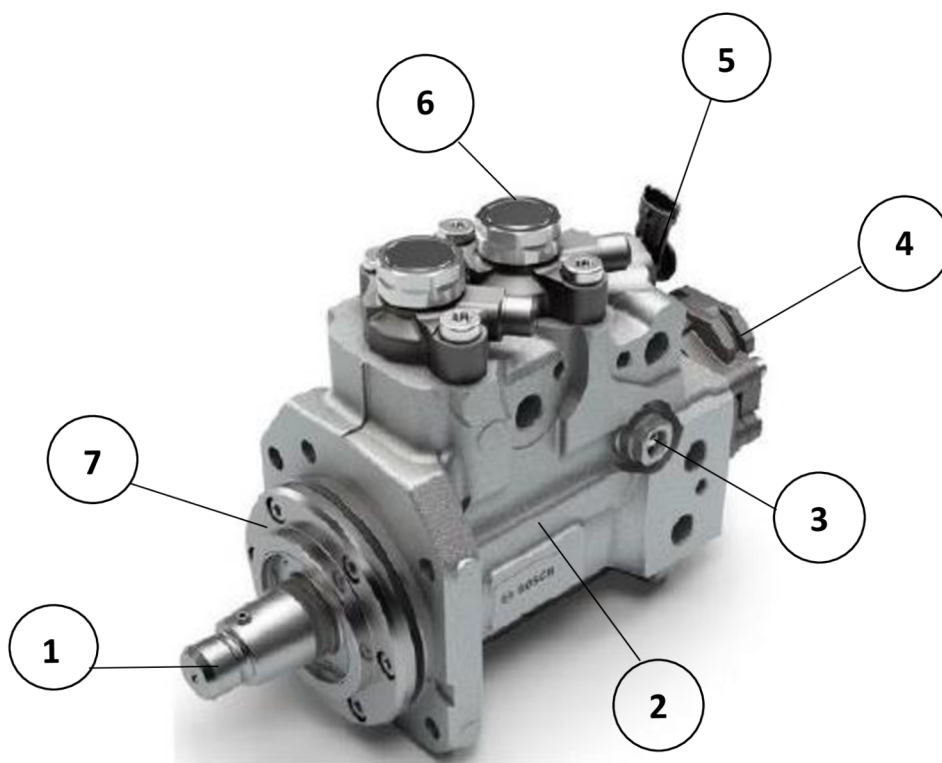
Čerpadla typu 2 se oproti typu 1 dělí ještě na dvě skupiny – olejové a palivové. (Tabulka 2). [1]

Tabulka 2: Rozdělení čerpadel typu 2 [1]

TYP	X (-)	XX (+)	XXX (-,+)	KOMPACT (-)
MODEL				
ZÁKAZNÍK	ZÁKAZNÍK A	ZÁKAZNÍK B	ZÁKAZNÍK A ZÁKAZNÍK C	ZÁKAZNÍK D

2.2.1 Hlavní komponenty

- Vačková hřídel (1)
- Těleso čerpadla (2)
- Přepouštěcí ventil (3)
- Zubové čerpadlo (4)
- FMU – Dávkovací jednotka (5)
- Vysokotlaký element – hlava (6)
- Příruba (7)
- Zvedák pístu
- Těsnění vačkové hřídele



Obrázek 2: Popis čerpadla typu 2 [1]

2.3 Montážní linka všeobecně

Montážní linka (dále jen ML) ukazuje sílu inovativní doby díky propojení skutečného světa s virtuálním. Je navržena tak, aby byla zajištěna vysoce efektivní a ekonomicky velmi výhodná výroba.

ML může mít různá prostorová rozložení podle typu produktů, které zrovna určití zákazníci z jakéhokoliv druhu odvětví průmyslu požadují. Nevynikají však pouze v možnosti různého rozložení, ale dokážou se také přizpůsobit potřebám a preferencím obsluhy. ML mohou mít různé rozměrové parametry a skládat se z mnoha částí. Proces výroby se dělí na jednotlivé úkony, které si mezi sebe rozdělují integrované a automatizované stroje. Stroje se řadí vedle sebe, aby vytvářeli liniově propojenou montážní linku. Princip linky spočívá v tom, že jakmile jeden stroj dokončí svou práci, automaticky odebere produkt k dalšímu stroji, který opět vykoná svou naprogramovanou práci. Tímto stylem proces pokračuje až do finální podoby produktu. Montážní linky jsou z velké části zřízeny pro sériovou velkovýrobu, protože všechny stroje fungují současně a zajišťují tak plynulý a rychlý chod výroby v co nejlepší kvalitě.

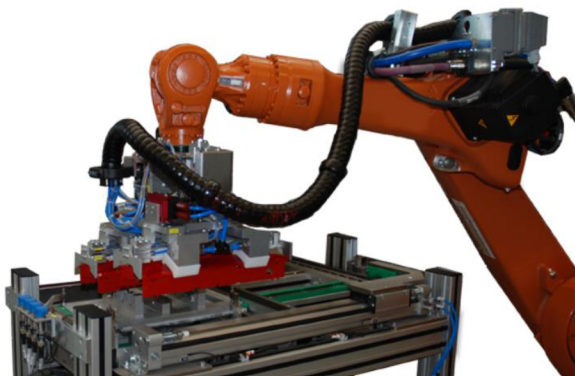
Obrázek 3 zobrazuje ukázkou poloautomatizované montážní linky Industry 4.0, která byla nainstalována v závodě Bosch Rexroth v německém Hamburgu. Linka je naprogramovaná na výrobu ventilů ve 200 verzích. [9]

Jednotlivé stroje ML tvoří takzvané stanice. Stanice proto, že se zde produkt při daném úkonu stroje zastaví. Práce stanice nemusí spočívat pouze v provedení montáže. Jejimi dalšími schopnostmi mohou být například testovací a kontrolní systémy, které spouští svoji funkci vždy po dokončení montáže. Tato schopnost je velmi důležitá ke splnění požadavků na kvalitu výroby. Avšak mohou být i stanice, které vykonávají pouze jednu z těchto schopností. Jedna taková je zobrazena na Obrázek 5. [7]



Obrázek 3: Poloautomatizovaná výrobní linka [9]

Pojem stanice jako celek se skládá z jednotlivých částí. Důležitou funkci při vykonávání činnosti zastává robot. Nabízí velkou úroveň flexibility pro různé varianty procesů. Díky této vlastnosti zaručuje nízké náklady na jeho použití. Příklad robotického ramene, který bývá nedílnou součástí stanic, je uveden na Obrázek 4. [8]



Obrázek 4: Robotické rameno [8]



Obrázek 5: Kontrolní a testovací stanice [7]

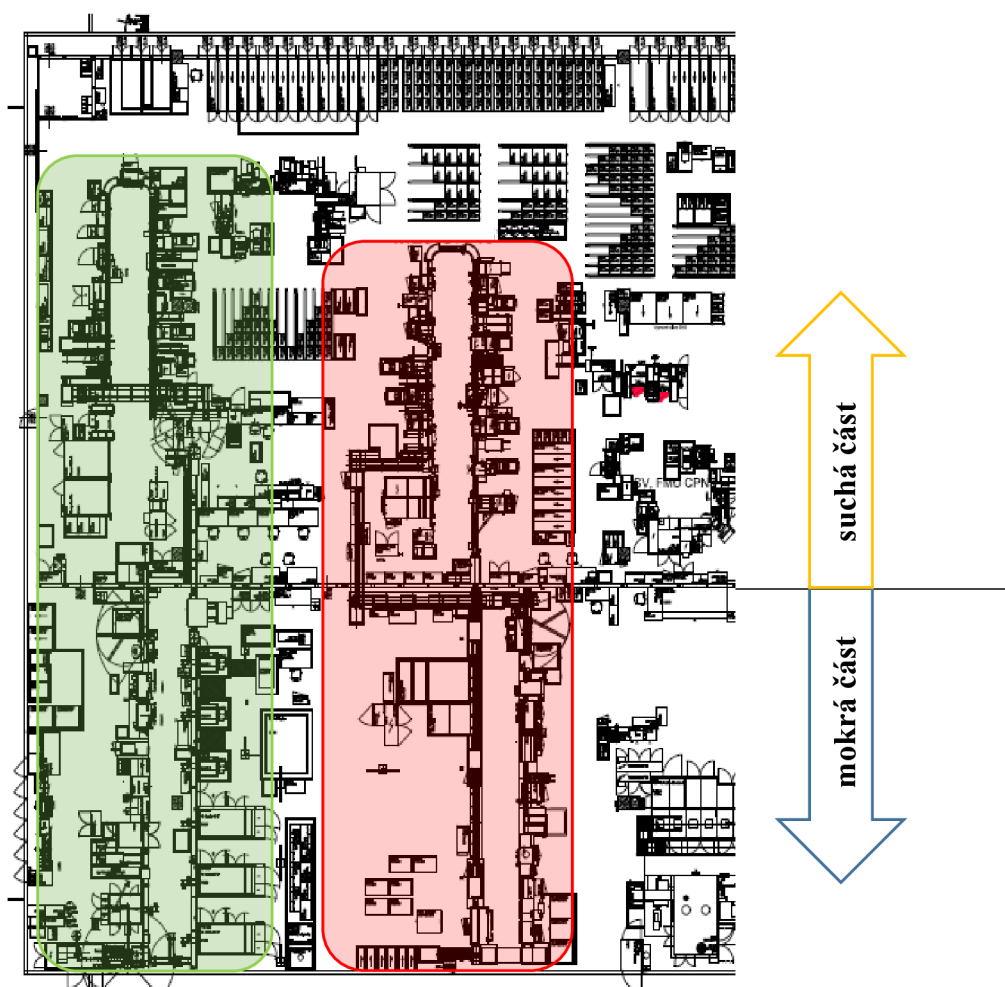
2.4 Montážní linka v JhP

Montážní linka zajišťuje výrobní proces, při kterém probíhá montáž jednotlivých komponentů do čerpadla. Je rozložena do jednotlivých stanic, které pracují současně. V důsledku správně nastaveného logistického plánu se dosahuje rychlejšího a optimálnějšího procesu. Důležitou součástí montážní linky je transportní pás, po kterém se pohybují čerpadla upevněná na držáku (dále jen WT). Pohyb po lince zajišťuje tzv. Route list, který určuje trasu jednotlivých typů čerpadel. To znamená, že dává čerpadlu pokyn, kdy má na stanici zastavit pro montáž požadovaného komponentu, a kterými stanicemi může naopak pouze projet (pokud daný typ čerpadla nemá určitý komponent). Celá linka je složená z automatizovaných zařízení, která jsou naprogramovaná tak, aby zvládla vykonat zadaný úkol s pomocí obsluhy. Linka se dělí na dvě části – suchou a mokrou.

Suchá část se nachází uvnitř uzavřené buňky, tzv. Climate Room, kde se musí dodržovat požadovaná čistota. Zde probíhá hlavní montáž jednotlivých komponentů do čerpadel. Montáž začíná tehdy, když se ručně upevní těleso čerpadla na WT. Pro identifikaci typu čerpadla je nezbytné těleso označit patřičným výrobním číslem. Data vznikající v průběhu montáže lze pak

pod tímto číslem snadno dohledávat v různých systémech. Po tomto úkonu těleso postupně projíždí jednotlivými stanicemi, kde se do tělesa ukládají a upevňují všechny náležíci komponenty – vačková hřídel, příruba apod. Stanice provádí kromě vložení daného komponentu do čerpadla také kontrolu správnosti montáže. Pomocí čtečky dokáže identifikovat výrobní číslo tělesa každého typu čerpadla a prostřednictvím dotykové obrazovky, která se nachází u každé stanice, zobrazuje veškerá získaná data daného čerpadla. Pokud montáž proběhne v pořádku, čerpadlo automaticky odjíždí do další stanice. Pokud však stanice vyhodnotí špatné parametry, čerpadlo označí jako NOK kus a po transportním páse odjíždí k technickému specialistovi. Důležitou operaci zajišťuje stanice, na které probíhá velká zkouška těsnosti složeného čerpadla jako celku.

Ze suché části se čerpadla přesouvají ven z buňky do části mokré, kde převážně probíhá testování funkčnosti čerpadel. Termín mokrá vypovídá o tom, že v této části linky probíhají funkční zkoušky ponořováním čerpadel do testovacích kapalin. První kroky v mokré části zahrnují kontroly, které na stanici suché části ML nemohly být zajištěny. Po nastavených operacích proplachů a doplňujících montáží nezbytných součástí čerpadla musí čerpadlo projít ofukem, aby bylo naprosto suché a připravené k zabalení. Po dokončení všech zkoušek, doplňujících montáží a kontrol se čerpadla odebírají z montážní linky do připravených boxů k následnému exportu. Rozložení montážních linek v JhP lze vidět na Obrázek 6.



Obrázek 6: Montážní linky čerpadel 1 (zeleně) a 2 (červeně) [1]

2.5 Early Warning System všeobecně

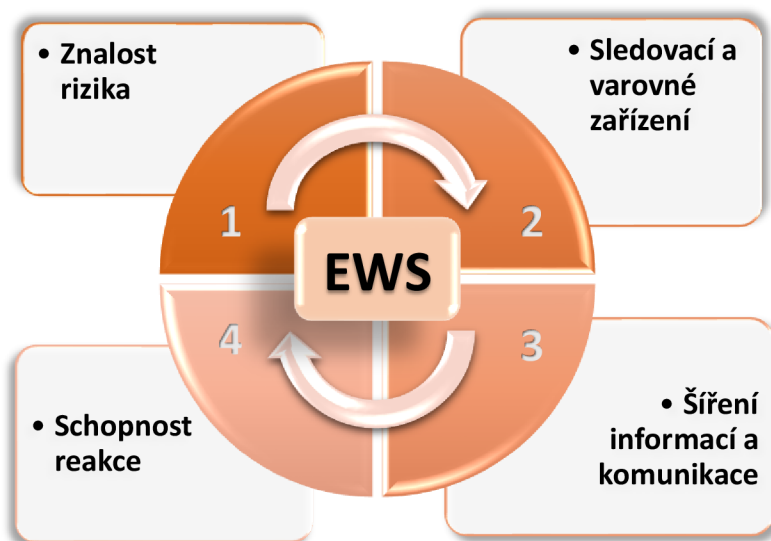
V překladu se Early Warning System uvádí jako systém včasného varování, který dokáže okamžitě detekovat poruchu na zařízení, vyhodnotit její závažnost a následně na ni automaticky upozornit. Jedná se o určitou posloupnost informačních a komunikačních prostředků, kdy se zjištěná porucha dostane přes jednotlivé úkony systému k odpovědné osobě. Využívání tohoto systému je pro fyzický svět velmi přínosné tím, že poskytuje včasné a účinné informace, umožňuje jednotlivcům vystaveným nebezpečí přijmout opatření k zamezení, nebo snížení jejich rizika a připravit se na efektivní reakci. Silné stránky tohoto systému nespočívají pouze v předpovídání rizik ve spojení se softwarem, který informace předává veřejnosti, ale jsou rozčleněny hned do čtyř klíčových prvků se vzájemnou interakcí: znalost určitého rizika, sledovací a varovné zařízení, šíření informací a schopnost reagovat. EWS má díky svým funkcím široké spektrum využití. [3][4]

2.5.1 Klíčové prvky EWS

Důležitá vlastnost *znalosti rizika* je souhra mezi zjišťováním možných rizik, následným uspořádáním, posouzením nebezpečnosti a vyhodnocováním jednotlivých rizik. Informace ohledně rizik se mohou měnit nebo vznikat nové, proto se musí systém pravidelně aktualizovat a přizpůsobovat se měnícím se podmínkám. Znalost rizika patří mezi základní potřebu před provedením dalších činností.

Nedílnou součástí EWS jsou *sledovací zařízení*, která monitorují vznik rizika a následně na ně upozorňují. Mezi takové se mohou řadit satelitní snímky nebo pozemní radary vyhodnocující vlivy okolního prostředí. Moderní technologie poskytuje i možnost online monitorování s cílem najít náznaky budoucích rizik.

Varování, šíření a komunikace jsou podstatou komunikačního systému, který poskytuje srozumitelné varovné zprávy těm, kterým hrozí dané riziko nebezpečí. Tuto součást EWS lze



Obrázek 7: Klíčové prvky EWS [vlastní tvorba]

vnímat jako soubor, který se skládá z informací, spolehlivého softwaru odolného vůči katastrofám a komunikačních technologií, kde jsou ze strategického hlediska vhodně zvolené interakce mezi hlavními zúčastněnými stranami a efektivně přizpůsobené varovné zprávy. Hlavním cílem komunikace je nejen včasné varování před konkrétním rizikem, ale především umožnit jednotlivcům tuto skutečnost přijmout a reagovat na ni dříve, než k danému riziku dojde.

Poslední důležitou složkou, které by se měla věnovat pozornost ve všech plánech EWS, je *schopnost reakce*. Jedná se o určité opatření a plány, které jsou potřebné pro včasné a vhodné jednání odpovědných orgánů nebo jednotlivců a důležité k zabránění šíření daného rizika. [4]

Můžeme konstatovat, že cílem celého systému je minimalizovat veškeré nepříznivé dopady katastrof, které ovlivňují chod fyzického světa, a zároveň systém představuje inovativní technologii, která eliminuje šíření poruch, a snižuje tak náklady za celkové ztráty.

2.6 Systém Power BI

Power BI je samostatná aplikace, která umí úzce spolupracovat s různými cloudovými zdroji. Tím pádem i s EWS. Díky svým nástrojům dokáže zkombinovat velké množství dat a na základě získaných poznatků z provedených analýz znázornit veškerá data do grafů. Ze získaných dat lze vytvářet různé sestavy, které mohou být složeny z textových polí, tvarů a obrázků. Díky těmto funkcím může mít obsah jedné stránky aplikace vícero rozvržení dle aktuální potřeby. Princip tedy spočívá v tom, aby docházelo k co nejlepšímu statistickému přehledu jednoduchým a efektivním způsobem. Pomocí filtrů, které tato aplikace umožňuje, se usnadňuje a zrychluje vyhledávání potřebných dat k dalšímu využití. Jedná se o filtry statické, které lze použít na vizuální úrovni, úrovni stránky a úrovni sestavy. Aplikace Power BI má uplatnění v různých druzích odvětví. [5][6]

Jak mohou konkrétní vizualizace a rozložení potřebných dat na stránce vypadat, je vyobrazeno v kapitole 3.3.

3 PRAKTICKÁ ČÁST PRÁCE

3.1 Early Warning System v JhP

V JhP má Early Warning System vyžití již řadu let. V současné době, v důsledku rozjíždění nové výroby čerpadel typu 2, probíhala velká aktualizace veškerých výpadků montážních linek. To znamená, že docházelo k vyhledávání nových možných výpadků, které se následně shromažďovaly do centrálního souboru, kde dále probíhalo doplnění příčin vzniklých chyb, zaváděla se nová opatření k jednotlivým výpadkům a aplikovaly se nové eskalační úrovně. Jak takový proces zjišťování, shromažďování a zapisování výpadků vypadal, je popsáno v následujících kapitolách.

3.1.1 Shromáždění dat do EWS

Shromažďování veškerých dat se rozděluje do dvou fází. První fáze spočívá v impulsu stanice. To znamená, že každá stanice má za úkol hlídat několik parametrů dle stanoveného předpisu vyráběného typu čerpadla, a pakliže nějaký parametr nesouhlasí, sama tento děj vyhodnotí a vyšle do systému chybovou hlášku. Na základě takto získaných informací pak probíhalo shromažďování všech potřebných dat do centrálního souboru – fáze druhá. Tento soubor již vytvářeli odpovědné osoby (technologové, techničtí specialisté) a koncipovali ho tak, aby po převedení do softwarového systému vznikl celkový soupis všech možných úseků, stanic, chyb, příčin a opatření, který bude mít dál za úkol ulehčovat zapisování výpadků technickým specialistům a zjednodušovat tak práci odpovědným osobám při řešení a odstraňování závad.

3.1.2 Soubor dat

Soubor dat slouží jako pracovní verze EWS, kam se zapisují veškeré potřebné informace o chybách, a který je posléze převeden do softwarového režimu. Následující kapitola se věnuje jeho obsahu.

První sloupec je tvořen seznamem všech stanic jednotlivých úseků (předmontáže, SKG, suché části a mokré části montáže). Seznam stanic je dále rozveden o veškeré možné chyby, které daná stanice může vyhodnotit. Aby informace o chybách byly kompletní, uvádí se příčina, proč daná chyba nastala. Mezi faktory, které mohly danou chybu způsobit, patří například špatná práce stroje nebo obsluhy, chyba při přeseřizení na daný typ, pád čerpadla, jakákoliv chybná manipulace při montáži či jiné specifikované poškození. Dalším důležitým údajem je sestavení jednotlivých opatření, která jsou důležitými daty zejména pro technické speciality. Jsou navržena tak, aby tvořila jakýsi návod, podle kterého se postupuje krok po kroku při odstraňování závad, dokud poruchy nejsou odstraněny a výrobní proces znovu nezačne plynule probíhat. Jelikož se stejné chyby mohou opakovat vícekrát za sebou v malém časovém úseku, zavádějí se ke každé chybě určité limity, tzv. hranice, podle kterých se určuje zasílání upozornění na opakující se chybu výše odpovědným osobám, tzv. eskalace. Výše hranice se udává dle závažnosti výpadku a počtu výpadků v určitém časovém rozmezí. Více o eskalacích v kapitole 3.2.1.

Soubor je ještě dále obohacen o seznam všech komponentů náležících jednotlivým typům čerpadel. Tyto údaje pomáhají při zapisování množství špatných dílců do EWS určených ke šrotaci, které se již stihly do čerpadla namontovat před zjištěním chyby.

Všechna připravená data zapsaná v tomto souboru byla posléze převedena do softwarového systému, kam následně probíhá zápis všech výpadků z montážní linky. Systém má dále za úkol na tyto problémy upozorňovat výše odpovědné osoby.

Ukázka části souboru je zobrazena na Obrázek 8. Jako příklad je uvedena chyba, při které došlo ke skřípnutí velkého o-kroužku. Ukázka této chyby je zvolena z důvodu způsobení největšího počtu výpadků za měsíc březen r. 2021. Posléze bude na tomto výpadku demonstrován celkový chod procesu při zapisování výpadků do EWS (viz kapitola 3.2).

ML	stanice ID	chyba	pricina	opatreni	hranice	blokace	usek
2	1XY	chyba 1	pricina 1	opatreni	x		suchá
2	1XY	chyba 1	pricina 2	opatreni	x		suchá
2	1XY	chyba 1	pricina 3	opatreni	x		suchá
2	1XY	chyba 1	pricina 4	opatreni	x		suchá
2	1XY	chyba 1	pricina 5	opatreni	x		suchá
2	1XY	chyba 1	pricina 6	opatreni	x		suchá
2	1XY	chyba 1	pricina 7	opatreni	x		suchá
2	1XY	chyba 1	pricina 8	opatreni	x		suchá
2	1XY	chyba 1	pricina 9	opatreni	x		suchá
2	1XY	chyba 1	pricina 10	opatreni	x		suchá
2	1XY	chyba 1	pricina 11	opatreni	x		suchá
2	1XY	chyba 1	pricina 12	opatreni	x		suchá
2	1XY	chyba 1	pricina 13	opatreni	x		suchá
2	1XY	chyba 1	pricina 14	opatreni	x		suchá
2	1XY	chyba 1	pricina 15	opatreni	x		suchá
2	1XY	chyba 1	pricina 16	opatreni	x		suchá
2	1XY	chyba 1	pricina 17	opatreni	x		suchá
2	1XY	chyba 1	pricina 18	opatreni	x		suchá

Obrázek 8: Část souboru dat čerpadel typu 1 – chyby na stanici AP1XY [1]

3.2 Popis procesu EWS v JhP

Tato kapitola se zabývá ukázkou procesu od zjištění výpadku až po jeho zapsání do EWS. Pro demonstraci byla použita chyba na stanici AP1XY, která již byla zmíněna při ukázce vytvořeného souboru všech získaných dat (kapitola 3.1.2). Na montážní lince právě probíhala výroba čerpadel typu 1.

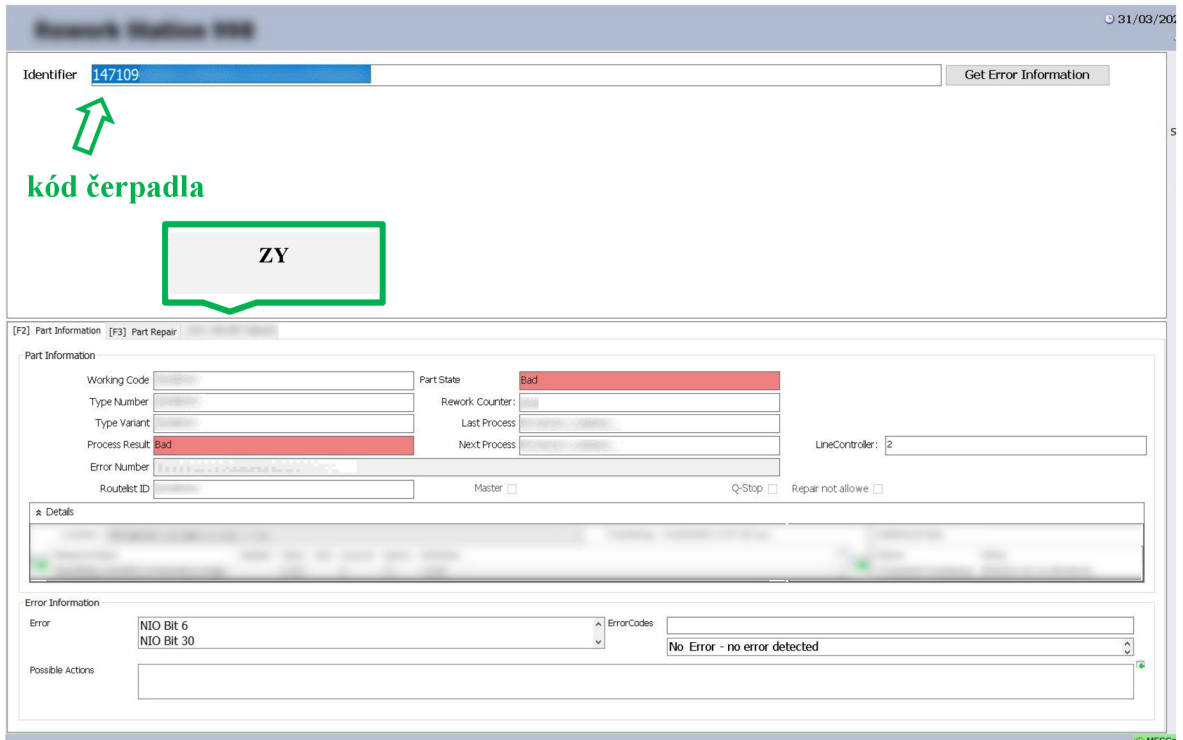
Stanice AP1XY rozpoznala chybu a automaticky pozastavila výrobu. Panel stanice zobrazený na Obrázek 9 ukazuje vyhodnocení parametrů měřených prostředků. Hodnoty nevyšly v dané toleranci (zvýraznění červeně). Z toho vyplývá, že stanice označila čerpadlo jako NOK kus. Obsluha tento jev potvrdila a čerpadlo odjelo po transportním páse k technickému specialistovi (těleso označené jako NOK kus nemůže být dále načteno na dalších stanicích).

Jakmile se čerpadlo dostalo do rukou technického specialisty, jeho úkolem bylo načíst kód čerpadla pomocí ruční čtečky do portálu ZX (úzce spojen s portálem ZY, který zaznamenává veškerá data z montážní linky) (Obrázek 10). Po rozkliknutí záložky ZY zjistil údaje o čerpadle a parametry výpadku – stav dílu, výsledek procesu, místo poslední stanice a informace ohledně celé historie montáže čerpadla (Obrázek 11).

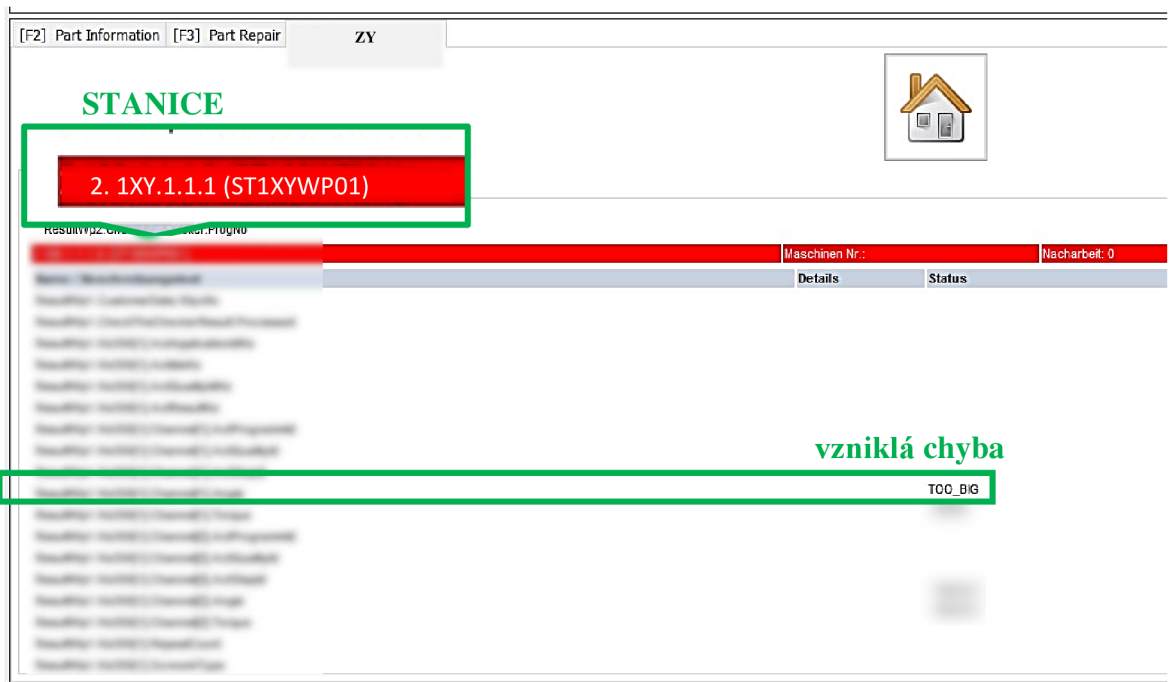
Technický specialista dále provedl demontáž čerpadla dle pracovního postupu k jistému výpadku na dané stanici a podle katalogu vad vyhodnotil, jaké poškození na čerpadle vzniklo a jak moc velká je jeho závažnost.



Obrázek 9: Panel stanice AP1XY [1]



Obrázek 10: Část systému ZX [1]



Obrázek 11: Informace o načteném čerpadle po rozkliknutí ZY [1]

Dle získaných informací a provedené kontroly vykonal zápis výpadku do EWS (Obrázek 12). V zápisu se po vložení čísla čerpadla, tzv. DMC, automaticky zobrazil datum a čas, kdy k dané chybě došlo, kolik kusů vypadlo, na jaké stanici se daná chyba udála a typové číslo čerpadla. Dále se v systému zobrazil seznam možných chyb a příčin, které na dané stanici mohly nastat – tímto úkonem se technickému specialistovi zjednodušil zápis pomocí předem připraveného seznamu všech možných chyb a příčin, který byl následně do tohoto softwarového EWS převeden. Tím pádem pouze zaškrtnl, jaké chyby se proces výroby dopustil a jaké tomu předcházely příčiny.

Obrázek 12: Zápis výpadku do EWS [1]

Pod údaji ohledně načteného čerpadla je vždy uveden seznam komponentů, které už byly namontovány do čerpadla s informací, kolikrát již byly ve výrobě použity (viz kapitola 3.2.3). Díky tomuto seznamu zjistil, že všechny použité dílce, které nejsou nijak poškozeny, mohly být znovu použity do výroby. Dílce, jako jsou například šrouby nebo o-kroužky, byly automaticky vyhozeny do speciálních kontejnerů na pozdější šrotaci a taktéž bylo učiněno i s dílcem, který již z důvodu velkého poškození nešlo ve výrobě znovu použít. V tomto případě se jednalo o poškozené těleso. Do EWS dále dodal komentář, jak s daným čerpadlem učinil a provedl zápis množství šrotovaných dílců (Obrázek 13). Označené řádky znázorňují komponenty, které byly chybou nejvíce zasaženy. Ukázka deformace dílců je zobrazená v kapitole 3.2.2.

BOSCH

Pracovník: DMC 14710

úsek: Typ čerpadla: Ttnr čerpadla:

ML: stanice.index.WP: TTNr komponenty:

Typ komponenty: vyber...

chyba:

nemazat formulář

materiál	popis	ttnr	obrázek	množství
DICHTRING	Kroužek pod hlavy + zubovka			
Pumpengeh?use	Těleso čerpadla - Jihlava			

Obrázek 13: Zápis šrotace do EWS [1]

3.2.1 Eskalace

Jelikož opakování výpadku z kapitoly 3.2 nepřekročilo zvolenou hranici eskalace X v předem stanoveném období, EWS nedostal žádný podnět k odeslání upozornění výše odpovědným osobám. Tím pádem prozatím nebyla potřeba se tímto výpadkem dále zabývat. Názorná ukázka, jak taková eskalace vypadá, je předvedena na výpadku jiném.

Pro ukázkou byl zvolen výpadek zjištěný na stanici AP6XY mokré části montážní linky čerpadla typu 2. Jedná se o nově zavedenou chybu, tudíž se hranice pro eskalaci nastavila na 1 kus. To znamená, že jakmile výpadek nastal a provedl se jeho zápis do EWS, automaticky proběhla 1. eskalace a informace o chybě se odeslala o řád výš na směnového mistra a odpovědné techniky. V tuto chvíli bylo v jejich kompetenci řešit daný výpadek v určitém časovém rozmezí dle předem předepsaných opatření. Směnový mistr má na starost na toto řešení dohlédnout a doplnit do systému dané opatření, které pomohlo k opravě závady. V tomto případě výpadku se jednalo pouze o jednu potřebnou eskalaci, protože požadované kroky pro odstranění problému se podařilo splnit v požadovaném čase. Pokud by však tyto úkoly nebyly splněny včas, proběhla by 2. eskalace a stejná informace by se poslala o další řád výš – na vedoucí. Ti pak mají v kompetenci řešit, proč k dané chybě dochází tak často, a jakým způsobem ji eliminovat. Ukázka oznámení 1. eskalace, která přichází jako informativní zpráva o nastalé chybě, je zobrazena na Obrázek 14. Obrázek 15 pak ukazuje eskalaci v seznamu eskalací čerpadel typu 2.

Pozor, došlo k překročení zásahových hranic pro filtr:

ML	stanice	WP	chyba	příčina	počet výpadků

Hranice pro eskalaci: 1 ks

jednotlivé výpadky:

ML	stanice	INDX	TTNr	DMC	datum výpadku	komentář	poznámka
					23.04.2021 08:00:50		

Je potřeba projít všechny následné kroky:

V případě potřeby prosím kontaktovat TSP
informovat odbornou osobu

Po odstranění problému se zapíše opatření, případně blokace, na tomto odkazu: [Eskalace](#)

Při nereagování dojde po dvou hodinách k automatické eskalaci na vedoucí.
Zodpovědná osoba: Směnový mistr na ML.

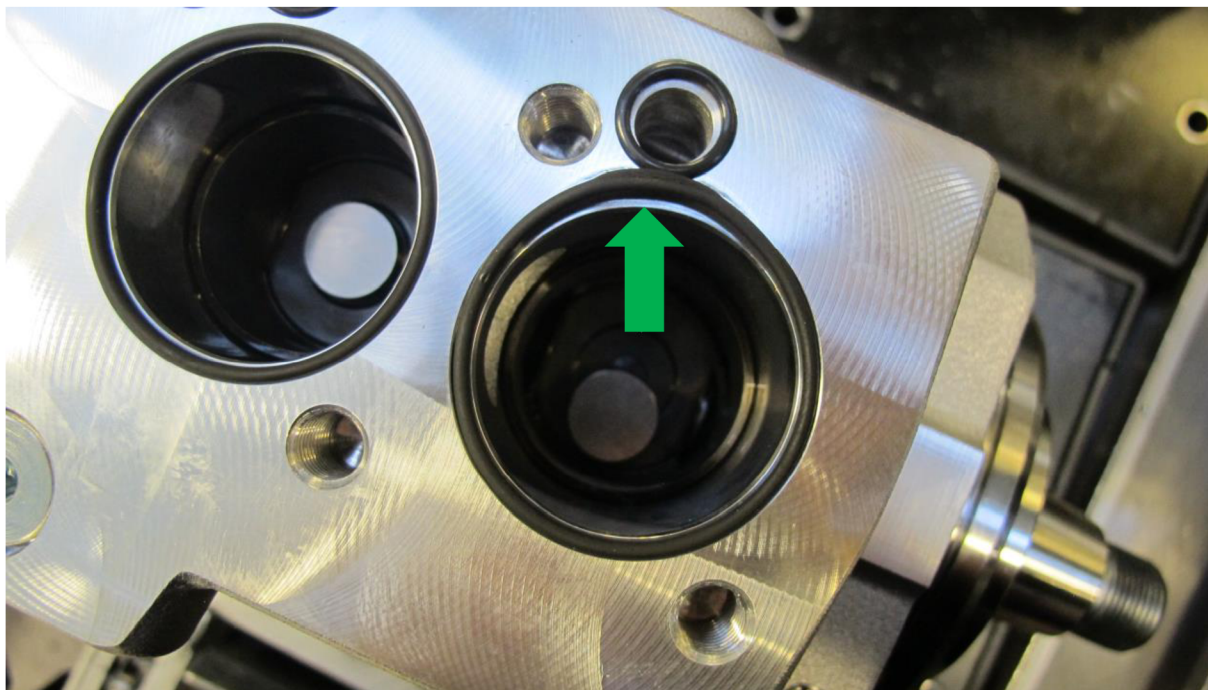
Obrázek 14: Eskalace 1. úrovně zaslaná zprávou, výpadek čerpadla typu 2 [1]

ID	čas 1. eskalace	čas 2. eskalace	stanice	chyba	příčina
1000	23.04.2021 10:20:01		AP6XY	Chyba čerpadla	Chyba čerpadla

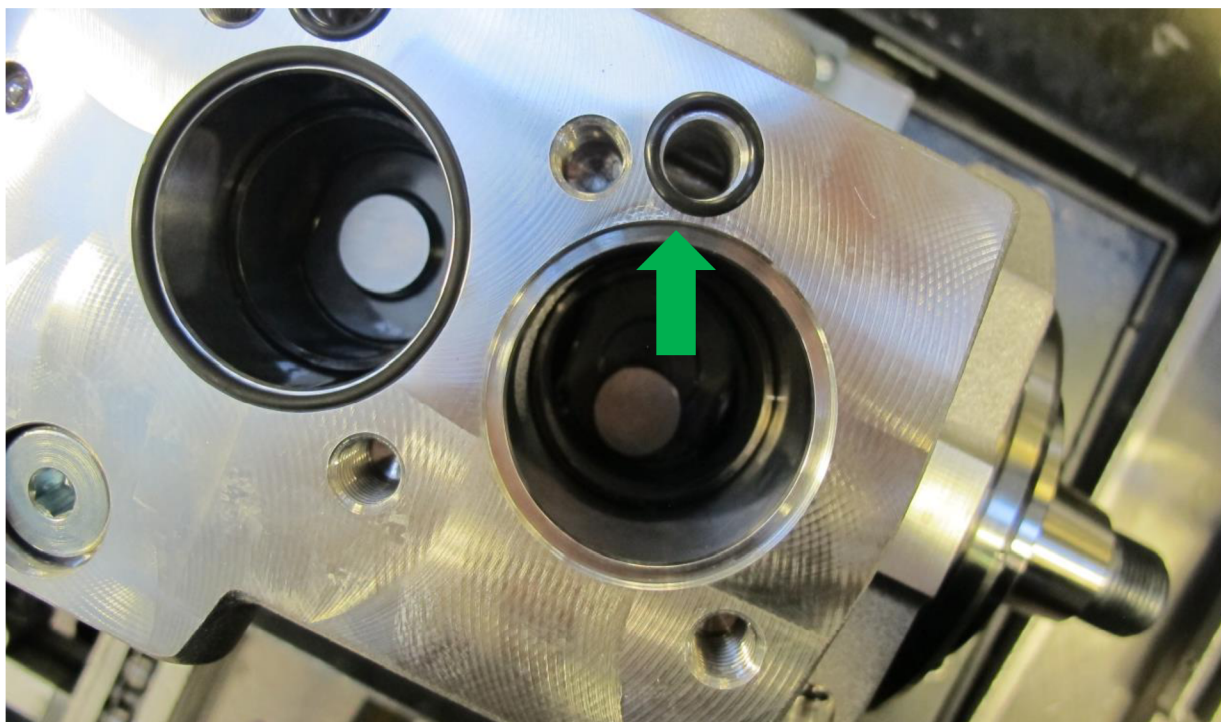
opatření	uživatel	čas
<input type="checkbox"/> Informovat odbornou osobu		
<input checked="" type="checkbox"/> Zapísat opatření		23.04.2021 10:45:32
<input checked="" type="checkbox"/> Opatření		23.04.2021 10:45:33

Obrázek 15: Výpadek v seznamu eskalací čerpadel typu 2 [1]

3.2.2 Fotodokumentace vzniklého poškození při nastalé chybě



Obrázek 16: Poškození o-kroužku [1]



Obrázek 17: Poškození čerpadla [1]

3.2.3 Šrotované dílce v EWS

Každý komponent ze seznamu šrotovaných dílců (Obrázek 18) má striktně danou hranici použitelnosti. To znamená, že pokud je čerpadlo demontováno v důsledku vzniklé chyby a komponenty ze seznamu šrotovaných dílců nejsou poškozeny, můžou se po vyprání dle předpisu vrátit zpět na montážní linku. Takto se může učinit nanejvýš Xkrát. Jestliže se při demontáži čerpadla zjistí, že obsahující komponenty už byly použity Xkrát (zjistí se po načtení výrobního čísla čerpadla do EWS, Obrázek 12) jsou vyhozeny do speciálního kontejneru na šrotaci.

Dle seznamu komponentů zapsaných v EWS lze následně vyhodnotit výpadky v nákladových hodnotách. Další komponenty, které v seznamu nejsou uvedeny, jako jsou například šrouby, o-kroužky, kuličky apod., již nemohou být dále využity, a proto jsou automaticky vyhozeny a znehodnoceny.



	typ komponenty	název	prefix TTNR	alternativní TTNR	šrotace	šrotace hranice
	CS	Cam Shaft			<input type="checkbox"/>	
	FL	Flansch			<input type="checkbox"/>	
	FMU	FMU			<input type="checkbox"/>	
	GP	Zubovka			<input type="checkbox"/>	
	HO	Housing			<input type="checkbox"/>	
	HOU	Pump Housing			<input type="checkbox"/>	
	CH1	Cylinder head			<input type="checkbox"/>	
	CH2	Cylinder head			<input type="checkbox"/>	
	MU	Metering Unit			<input type="checkbox"/>	
	PSR	PSR			<input type="checkbox"/>	
	TP	Zvedák - komplet			<input type="checkbox"/>	
	TP1	Zvedák - komplet			<input type="checkbox"/>	
	TP2	Zvedák - komplet			<input type="checkbox"/>	
	ZME	ZME			<input type="checkbox"/>	

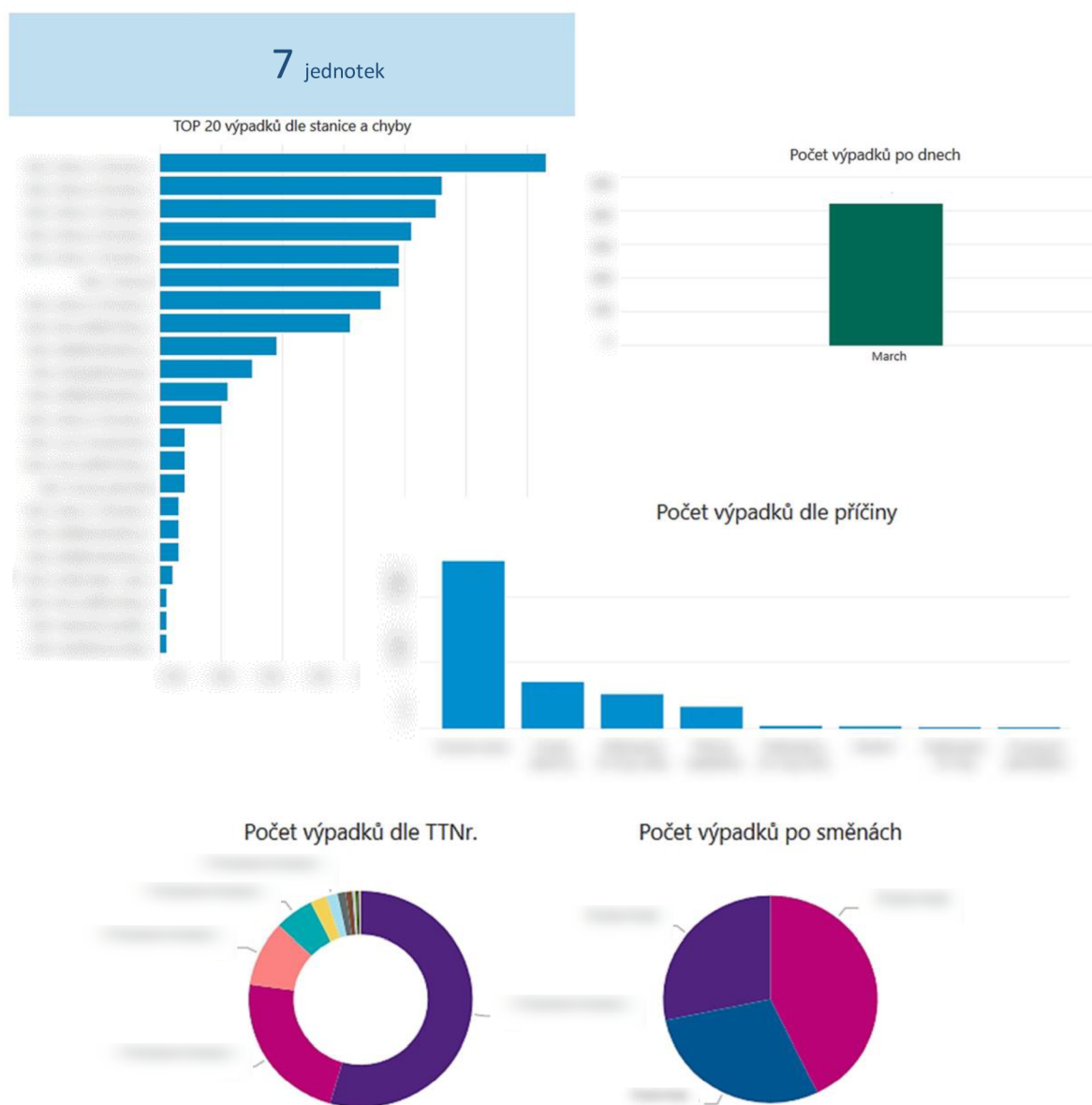
[+ komponenta](#)

Obrázek 18: Seznam šrotovaných dílců v EWS [1]

3.3 Vizualizace v Power BI

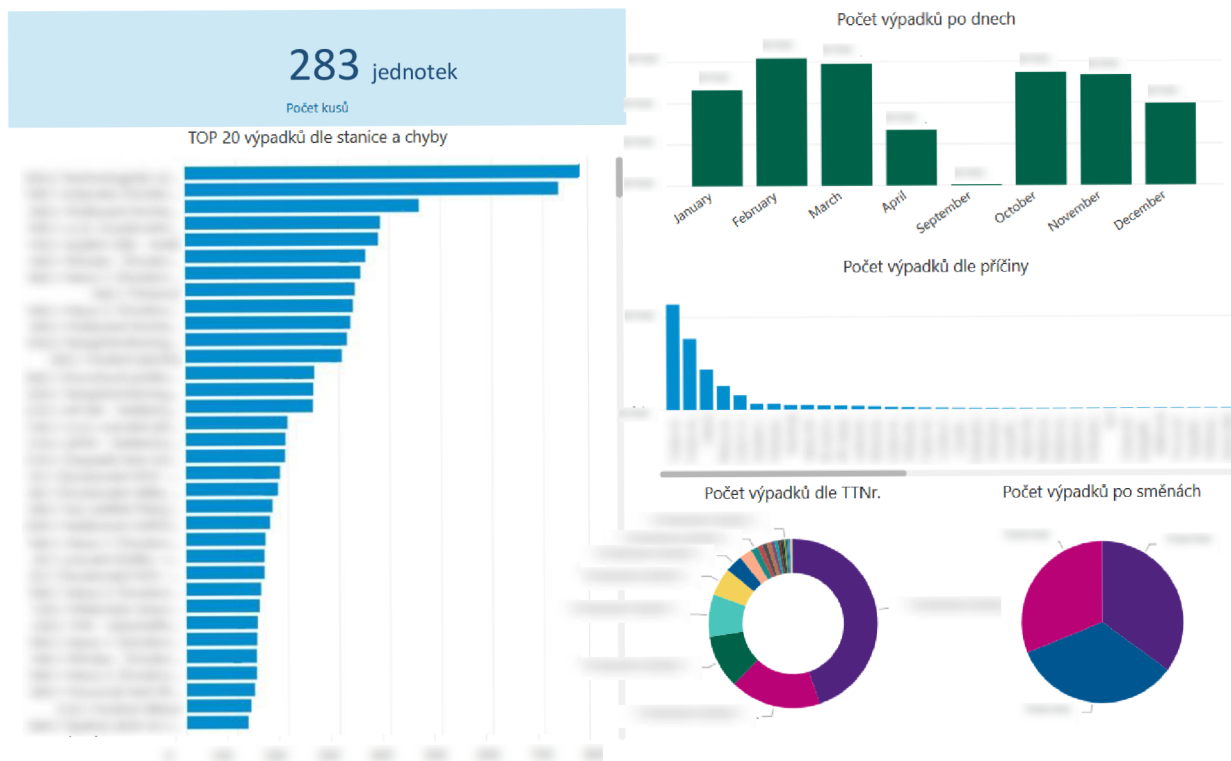
3.3.1 Statistické vyhodnocení dat ve vizualizaci

Statistické vyhodnocení je nejlepším prostředkem, jak získat dokonalý přehled o charakteristice daného problému. Díky vizualizaci v systému Power BI jsme získali statistické vyhodnocení výpadků za měsíc březen r. 2021, které zahrnuje řešený výpadek na stanici APIXY. Statistika je rozdělena do jednotlivých grafů, které určují hodnoty z různého hlediska. V tento měsíc bylo na stanici vyhodnoceno celkem 7 jednotek výpadků (hodnota není reálná, uvedené hodnoty jsou pouze poměrové jednotky).



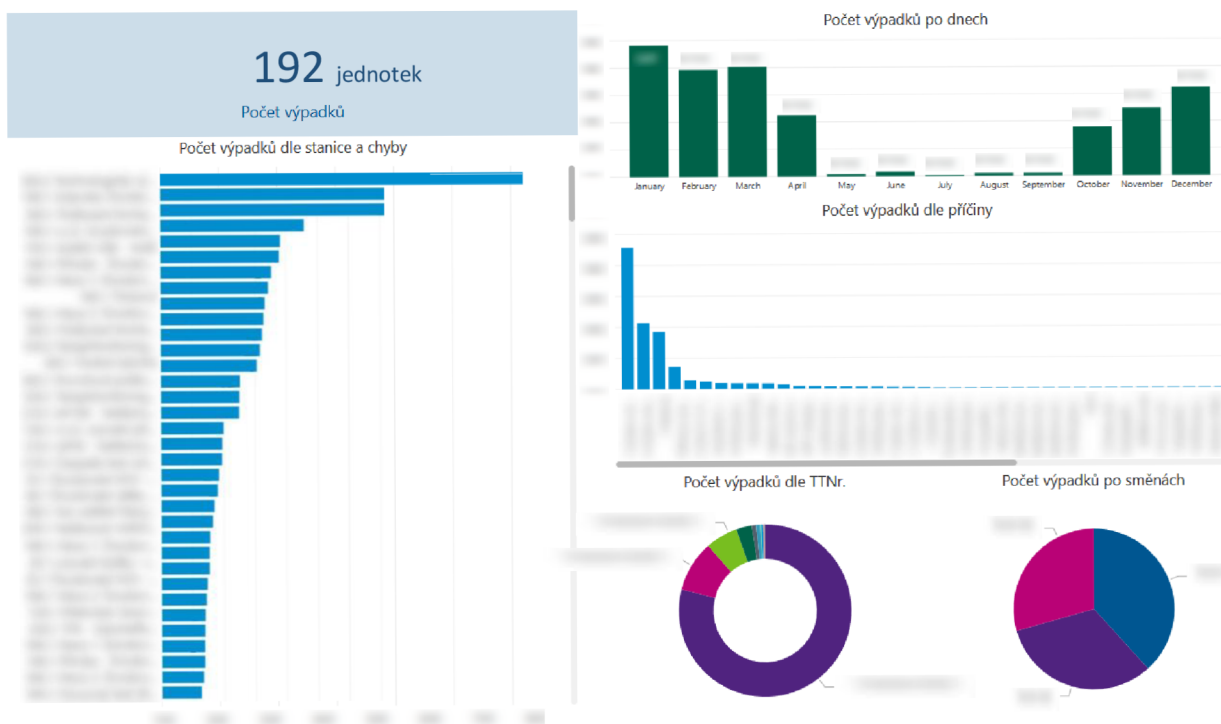
Obrázek 19: Vizualizace statistických dat výpadků za měsíc březen r. 2021 [1]

3.3.2 Vizualizace výpadků čerpadel 1 za poslední rok (4.2020-4.2021)



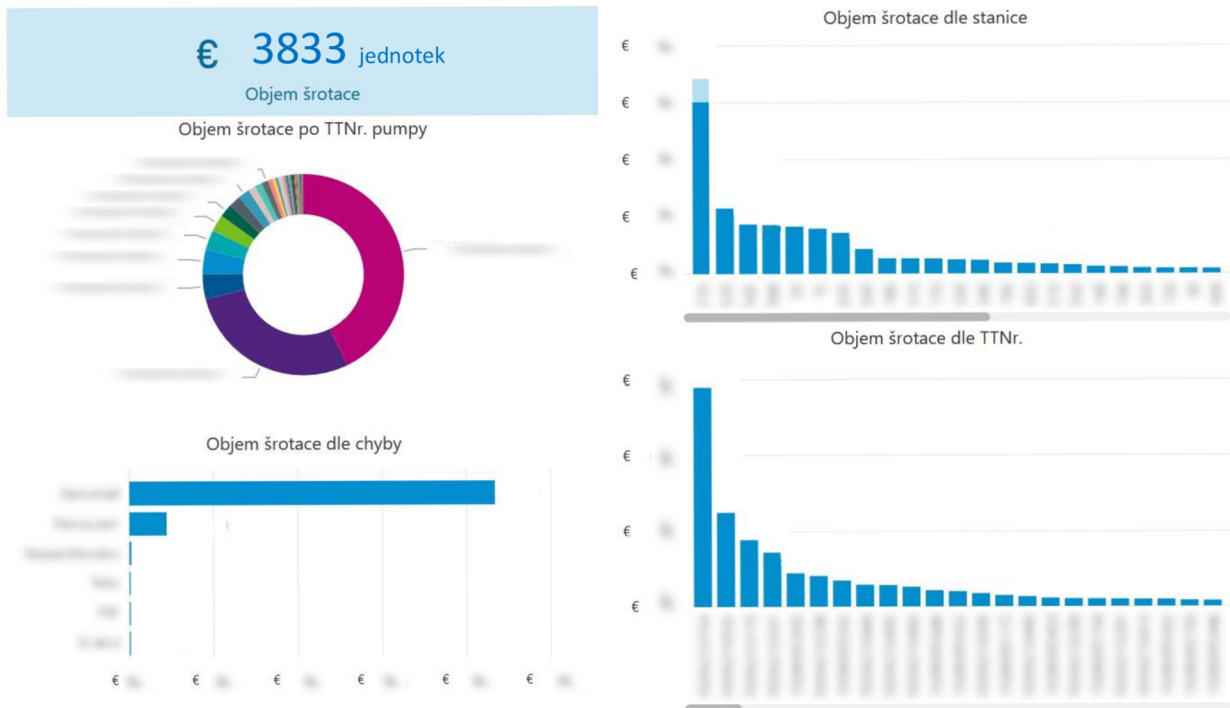
Obrázek 20: Interní výpadky čerpadel typu 1 [1]

3.3.3 Vizualizace výpadků čerpadel 2 za poslední rok (4.2020-4.2021)



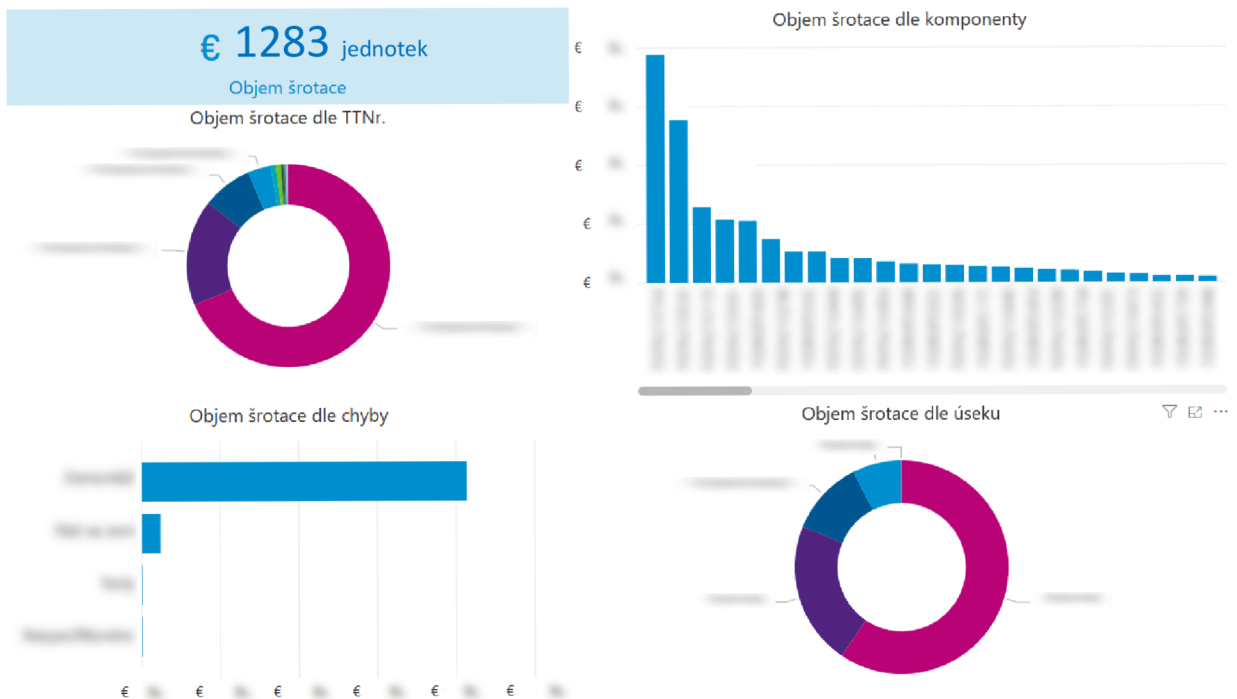
Obrázek 21: Interní výpadky čerpadel typu 2 [1]

3.3.4 Vizualizace šrotace čerpadel 1 za poslední rok (4.2020-4.2021)



Obrázek 22: Šrotace čerpadel typu 1 [1]

2.3.5 Vizualizace šrotace čerpadel 2 za poslední rok (4.2020-4.2021)



Obrázek 23: Šrotace čerpadel typu 2 [1]

3.4 Celkové vyhodnocení

Představa téměř bezchybného procesu bývá často velmi nereálná. Přesto se každý výrobce snaží zajistit co nejvyšší jakost výroby. Aby výroba zajišťovala vysokou jakost, je potřeba dosáhnout vysoké kvality v kombinaci s co nejmenšími náklady. Neustále je však potřeba provádět optimalizace výroby, které umožňují vylepšovat její celkový chod, eliminovat nežádoucí výpadky a zvyšovat celkovou produktivitu.

Díky systému Power BI a jeho vizualizacím jsme získali potřebné informace k vyvození závěrů. Nyní lze provést statistické vyhodnocení výpadků ve zvoleném období duben r. 2020 až duben r. 2021. Celkový počet výpadků montážní linky čerpadel typu 1 vychází přibližně o tři poloviny větší, než je celkový počet výpadků čerpadel typu 2. Rozdíl mezi těmito čísly je dán tím, že montáž čerpadel typu 1 probíhá stabilní výrobou již řadu let a zhotoví Xkrát více čerpadel než montáž čerpadel typu 2, poněvadž provoz výroby čerpadel typu 2 je v chodu teprve krátce, a navíc z důvodu testování nového typu čerpadla (Kompakt) je provoz linky částečně omezen. Je tedy zřejmé, že počet výpadků vzniklých na zaběhnuté lince dosahuje akceptovatelné hodnoty, zatímco počet výpadků na lince, kde částečně probíhají testovací procesy, při kterých může vznikat více výpadků, nebude mít prozatím hodnotu až tak vyhovující.

Další velký přínos, který systém Power BI umožňuje, je statistika vzniklých škod v nákladových jednotkách. Celková hodnota škod čerpadel typu 1 je vyčíslena na hodnotu 3833 jednotek. Nejvíce špatných dílců se odhaluje na stanici zabývající se kontrolou těsnosti čerpadla. Je jasné, že šrotace větších dílců, které jsou zapsané v seznamu šrotovaných dílců v EWS (Obrázek 18), je nákladnější než například šrotace šroubů či o-kroužků. Roční náklady za škody čerpadel typu 2 jsou přibližně 3krát menší než u čerpadel typu 1.

V dohledné době se v systému Power BI plánuje zavést informace o nákladech za jednotlivé chyby, aby vznikl lepší přehled o finančních ztrátách. Díky těmto informacím by bylo zřejmé, jakým výpadkům věnovat nejvíce pozornosti z důvodu způsobování největších nákladových ztrát.

4 ZÁVĚR

Tato bakalářská práce se zabývala tématem Early Warning System pro zaznamenání výpadků z montážní linky. Cílem práce byla aktualizace výpadků montážních linek uvedených v systému Early Warning System. V důsledku toho bylo využito představení EWS při běžném využití v praxi ve firmě Bosch Diesel s.r.o. v Jihlavě.

V první řadě byla potřeba čtenáře či zájemce seznámit s vysokotlakými čerpadly typu 1 a typu 2, neboť tyto produkty jsou stěžejní částí bakalářské práce a zároveň ji svým působením doprovází od začátku až do konce.

Pro splnění cílů bylo dále nezbytné představit problematiku montážních linek. Práce nejprve přiblížila jejich obecnou charakteristiku a následně se zaměřila na vlastnosti montážních linek v JhP, kde probíhá montáž již zmíněných vysokotlakých čerpadel.

Teoretická část byla ještě navíc doplněna o rešerši samotného Early Warning Systemu a systému Power BI, díky kterému se uskutečnily vizualizace potřebných dat k vyhodnocení výsledků.

Druhou půlku práce tvořila praktická část, kdy byla předvedena skutečná ukázka celého procesu užívání EWS ve firmě Bosch Diesel Jihlava v důsledku aktualizace výpadků montážních linek. Nejprve bylo potřeba získat nové výpadky na stanicích ML, poté shromáždit veškerá získaná data výpadků do souboru, doplnit a provést revizi příčin, sestavit opatření k jednotlivým výpadkům, a nakonec zavést eskalační úrovně. Následně byl popsán celý proces na určitém výpadku, jak se prostřednictvím EWS dostal z montážní linky k odpovědným osobám.

Poslední částí bakalářské práce bylo zrealizovat statistické vyhodnocení výpadků v hodnotách a vyobrazit celkové škody v nákladových jednotkách. O tyto statistiky se nám prostřednictvím vizualizací postaral systém Power BI, ze kterých pak bylo možné veškeré získané poznatky celkově shrnout a zhodnotit.

Výsledkem práce bylo tedy aktualizovat výpadky montážních linek uvedených v systému Early Warning System. Po ohlédnutí za cíli, kterých mělo být dosaženo, lze konstatovat, že došlo k úspěšnému naplnění probíraného tématu.

5 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] Interní dokumentace firmy Bosch.
- [2] BOSCH [online]. [cit. 2021-04-20]. Dostupné z: <https://www.bosch.cz/nase-spolecnost/bosch-v-ceske-republice/jihlava/>
- [3] Wiltshire, Alison (2006). *Developing Early Warning Systems: A Checklist*. Proceedings of the 3rd International Conference on Early Warning EWC III, Bonn (Germany).
- [4] United Nations Development Programme (UNDP), 2018: *Five approaches to build functional early warning systems*.
- [5] CHMELÁR, Michal. *Reporting v Power BI, PowerPivot a jazyk DAX*. Pezinok: Smart People, spol., 2019. ISBN 978-80-973078-0-6.
- [6] *Introducing Microsoft Power BI* [online]. 1. Redmond, Washington: Microsoft Press, 2016 [cit. 2021-4-20]. ISBN 978-1-5093-0228-4. Dostupné z: https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwjh0MK9w9jwAhXVM-wKHWn3AFwQFjAAegQIAxAD&url=https%3A%2F%2Fdownload.microsoft.com%2Fdownload%2F0%2F8%2F1%2F0816F8D1-D1A5-4F60-9AF5-BC91E18D6D64%2FMicrosoft%20Press%20ebook%20Introducing%20Power%20BI%20PDF%20mobile.pdf&usg=AOvVaw1Jdt1GC8_KqpfBFzSbuZE
- [7] Test Systems & Inspection Systems | ruhlamat. [online]. Copyright © 2019 [cit. 21.05.2021]. Dostupné z: <https://www.ruhlamat.com/en/assembly-systems-and-automation-systems/testing-systems>
- [8] Robot Applications | ruhlamat. [online]. Copyright © 2019 [cit. 21.05.2021]. Dostupné z: <https://www.ruhlamat.com/en/assembly-systems-and-automation-systems/robot-applications>
- [9] Automated production line efficiency – Bosch Rexroth | Bosch Rexroth AG. 301 Moved Permanently [online]. Copyright © Bosch Rexroth AG 2014 [cit. 21.05.2021]. Dostupné z: <https://www.boschrexroth.com/en/xc/trends-and-topics/industry-4-0/best-practices/multi-product-line-demonstrator/multi-product-line-demonstrator>

6 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

Zkratka	Popis
JhP	BOSCH DIESEL s.r.o. v Jihlavě
EWS	Early Warning System
EU6	Emisní norma
FMU	Regulační ventil průtoku
WT	Držák čerpadla pohybující se po montážní lince
SKG	Předmontáž drobných dílců
NOK	Označení pro špatný výsledek
ML	Montážní linka
DMC	Výrobní číslo čerpadla

7 SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Popis čerpadla typu 1 [1]	11
Obrázek 2: Popis čerpadla typu 2 [1]	12
Obrázek 3: Poloautomatizovaná výrobní linka [9]	13
Obrázek 4: Robotické rameno [8]	14
Obrázek 5: Kontrolní a testovací stanice [7]	14
Obrázek 6: Montážní linky čerpadel 1 (zeleně) a 2 (červeně) [1]	15
Obrázek 7: Klíčové prvky EWS [vlastní tvorba]	16
Obrázek 8: Část souboru dat čerpadel typu 1 – chyby na stanici AP1XY [1]	19
Obrázek 9: Panel stanice AP1XY [1]	20
Obrázek 10: Část systému ZX [1]	21
Obrázek 11: Informace o načteném čerpadle po rozkliknutí ZY [1]	21
Obrázek 12: Zápis výpadku do EWS [1]	22
Obrázek 13: Zápis šrotace do EWS [1]	23
Obrázek 14: Eskalace 1. úrovně zaslaná zprávou, výpadek čerpadla typu 2 [1]	24
Obrázek 15: Výpadek v seznamu eskalací čerpadel typu 2 [1]	24
Obrázek 16: Poškození o-kroužku [1]	25
Obrázek 17: Poškození čerpadla [1]	25
Obrázek 18: Seznam šrotovaných dílců v EWS [1]	26
Obrázek 19: Vizualizace statistických dat výpadků za měsíc březen r. 2021 [1]	27
Obrázek 20: Interní výpadky čerpadel typu 1 [1]	28
Obrázek 21: Interní výpadky čerpadel typu 2 [1]	28
Obrázek 22: Šrotace čerpadel typu 1 [1]	29
Obrázek 23: Šrotace čerpadel typu 2 [1]	29

8 SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Rozdělení čerpadel typu 1 [1]	10
Tabulka 2: Rozdělení čerpadel typu 2 [1]	11