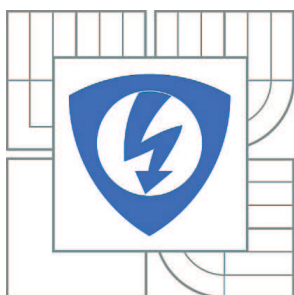


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH  
TECHNOLOGIÍ

ÚSTAV AUTOMATIZACE A MĚŘICÍ TECHNIKY

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION  
DEPARTMENT OF CONTROL AND INSTRUMENTATION

## KOMPLEXNÍ SYSTÉM ŘÍZENÍ VÝROBY STROJE PLNÍCÍ LINKY LAHVÍ

THE COMPLEX CONTROL SYSTEM OF PRODUCTION OF BOTTLE FILLING LINE MACHINE

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

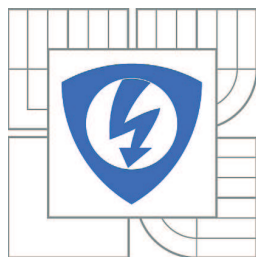
Bc. LADISLAV KAROLA

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. JAN PÁSEK, CSc.

BRNO 2012



VYSOKÉ UČENÍ  
TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky  
a komunikačních technologií

Ústav automatizace a měřicí techniky

# Diplomová práce

magisterský navazující studijní obor  
**Kybernetika, automatizace a měření**

**Student:** Bc. Ladislav Karola

**ID:** 106530

**Ročník:** 2

**Akademický rok:** 2011/2012

## NÁZEV TÉMATU:

**Komplexní systém řízení výroby stroje plnící linky lahví**

## POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

Vytvořte aplikaci pro sběr výrobních dat z plnící linky na bázi SIMATIC IT a MS SQL Server. Aplikace by měla automaticky sbírat informace o stavech plničky (nejede, důvod poruchy), počet vyrobených a špatných kusů. Tato data budou poskytována simulačním programem. Na základě sesbíraných dat by se měla spočítat OEE, downtime pareto, apod. pro výrobní linku. Výsledky by pak měly být prezentovány pomocí MS SQL reportů (např. počet vyrobených kusů, počet zmetků apod.).

## DOPORUČENÁ LITERATURA:

SIMATIC IT OEE, Concept Guide, Siemens AG, 04/2009

MESA Model, dostupné z [www.mesa.org](http://www.mesa.org)

Výpočet celkové efektivity zařízení, Pantek, dostupné z [www.pantek.cz](http://www.pantek.cz)

Další publikace SIEMENS IT (technické zprávy a manuály)

**Termín zadání:** 6.2.2012

**Termín odevzdání:** 21.5.2012

**Vedoucí práce:** Ing. Jan Pásek, CSc.

**Konzultanti diplomové práce:**

**doc. Ing. Václav Jirsík, CSc.**

*Předseda oborové rady*

## UPOZORNĚNÍ:

Autor diplomové práce nesmí při vytváření diplomové práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č.40/2009 Sb.

## **Abstrakt**

Obsahem diplomové práce je úvod do řídicího systému výroby definovaného jako MES. Obsahuje analýzu šesti velkých ztrát vznikajících ve výrobě. Popisuje, jak se tyto ztráty projevují a jaké mají následky. Dále jsou popsány vybrané algoritmy určení koeficientů činnosti výroby. Mezi nejdůležitější patří koeficient OEE.

Pro stroj plnič jsou simulována data a poskytována pomocí OPC Serveru nadřazené MES aplikaci v prostředí SIMATIC IT, která dle vnitřního nastavení data ověřuje, kategorizuje a ukládá do PPA databáze.

Pro prezentaci výsledků slouží reporty, poskytující přehledný vypovídající záznam o efektivnosti zařízení.

## **Klíčová slova**

MES, MESA, Systém řízení výroby, Analýza efektivnosti výroby, OEE, Plánování výroby, Šest velkých ztrát, SIMATIC IT, PPA, RTDS, SQL, OPC Server, Report

## **Abstract**

The Master's Thesis is focused to introduction MES systems and factory information systems. Describes main advantages of applying MES systems and describes concept of Six Big Losses, which characterise main losses in production. For quantification of losses are used indicators like OEE.

Next part is simulation data of Filler Machine and producing via OPC Server. Main application made in software SIMATIC IT by Siemens is collecting, processing and archiving data to PPA database due to rules and setups.

Presentation of data is powered by Data Report which provides overview of efficiency and main losses in production.

## **Keywords**

MES, MESA, OEE, Effectiveness, SIMATIC IT, PPA, RTDS, Six Big Losses, SQL, OPC Server, Analysis of Production Effectiveness, Reports

## **Bibliografická citace:**

KAROLA, L. *Komplexní systém řízení výroby stroje plnící linky lahví*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2012. 76 s. Vedoucí diplomové práce Ing. Jan Pásek, CSc.

## **Prohlášení**

„Prohlašuji, že svou diplomovou práci na téma „Komplexní systém řízení výroby stroje plnící linky“ lahví jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této diplomové práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č. 40/2009 Sb.

V Brně dne: **21. května 2012**

.....  
podpis autora

## **Poděkování**

Děkuji vedoucímu diplomové práce Ing. Janu Páskovi, CSc. a odbornému konzultantovi Ing. Adamovi Filipíkovi za účinnou metodickou pomoc, mnoho neocenitelných rad a především za trpělivost a vstřícnost při tvorbě a vypracování mé diplomové práce.

V Brně dne: **21. května 2012**

.....  
podpis autora

# Obsah

1	Úvod.....	12
2	Úvod do systémů řízení výroby.....	13
2.1	Úvod do MES.....	13
2.2	MESA.....	14
2.3	Ztráty při výrobě .....	15
2.4	Šest velkých ztrát .....	15
2.5	Shrnutí – ztráty ve výrobě.....	19
2.6	Ukazatele činnosti výroby.....	19
2.6.1	Celková efektivnost zařízení – OEE .....	22
2.6.2	Celková efektivita výroby – TEEP.....	24
3	Plnicí linka lahví.....	25
3.1	Plnič lahví .....	25
3.2	Simulace plnicí linky.....	26
4	MES v prostředí SIMATIC IT 6.4 .....	30
4.1	Management Console.....	32
4.2	Plant Performance Analyzer .....	33
4.3	Návrh systému.....	34
4.3.1	Časový harmonogram .....	36
4.3.2	Definice prvků procesu .....	37
4.3.3	Stavy procesu .....	38
4.3.4	Rozhodovací strom.....	39
4.3.5	Tabulka stavů .....	40
4.3.6	Konfigurace zařízení .....	40
5	Reporty .....	45
5.1	Zpracování dat.....	45
5.2	Tvorba reportů.....	45
5.2.1	Prostoje zařízení .....	46
5.2.2	Ztráta výkonnosti .....	47
5.2.3	Ztráta kvality .....	48
5.2.4	OEE.....	49
5.2.5	Downtime Pareto.....	50
6	Závěr.....	51
7	Přílohy .....	54



7.1	Report Downtime Loss 1 .....	54
7.2	Report Downtime Loss 2 .....	55
7.3	Report Speed Loss 1.....	56
7.4	Report Speed Loss 2.....	57
7.5	Report Quality Loss 1 .....	58
7.6	Report Quality Loss 2 .....	59
7.7	Report OEE.....	60
7.8	Report Downtime Pareto.....	61
7.9	Zdrojový kód Downtime Loss 1 .....	62
7.10	Zdrojový kód Downtime Loss 2 .....	64
7.11	Zdrojový kód Speed Loss 1.....	65
7.12	Zdrojový kód Speed Loss 2.....	67
7.13	Zdrojový kód Quality Loss 1 .....	68
7.14	Zdrojový kód Quality Loss 2 .....	69
7.15	Zdrojový kód OEE.....	70
8	Literatura .....	73
9	Seznam zkratk.....	75
10	Seznam příloh.....	76

## Seznam tabulek

<b>Tab. 1</b> Šest velkých ztrát .....	15
<b>Tab. 2</b> Stavby stroje plnič.....	26
<b>Tab. 3</b> Symbolické proměnné v projektu SIMATIC IT .....	33
<b>Tab. 4</b> Přehled čítačů v projektu .....	37
<b>Tab. 5</b> Tabulka stavů procesu.....	38
<b>Tab. 6</b> Tabulka stavů plnicí linky.....	40
<b>Tab. 7</b> Zdroje dat pro Downtime Acquisition .....	42
<b>Tab. 8</b> Zdroje dat pro Design Speed Acquisition.....	43
<b>Tab. 9</b> Prahy alarmů pro dostupnost zařízení.....	47
<b>Tab. 10</b> Prahy alarmů pro ztrátu rychlosti zařízení .....	48
<b>Tab. 11</b> Prahy alarmů pro ztrátu kvality.....	49
<b>Tab. 12</b> Prahy alarmů pro OEE .....	50

## Seznam obrázků

<b>Obr. 1</b> Hierarchie řídicího a informačního systému podniku [9].....	13
<b>Obr. 2</b> Aktuální model výrobního systému dle organizace MESA [2].....	14
<b>Obr. 3</b> Harmonogram OEE [3].....	23
<b>Obr. 4</b> Oblasti uplatnění KEPServerEX [17].....	27
<b>Obr. 5</b> Přehled aplikovaných funkcí v simulátoru .....	28
<b>Obr. 6</b> OPC Quick Client .....	29
<b>Obr. 7</b> Diagram činnosti SIMATIC IT [10].....	31
<b>Obr. 8</b> SIMATIC IT Management Console .....	32
<b>Obr. 9</b> Database Editor – parametry RTDS připojení.....	33
<b>Obr. 10</b> SIMATIC IT PPA Administrative Tool .....	34
<b>Obr. 11</b> SIMATIC IT PPA Configuration Editor .....	35
<b>Obr. 12</b> Časový harmonogram aplikace.....	36
<b>Obr. 13</b> Rozhodovací strom plnicí linky.....	39
<b>Obr. 14</b> Přiřazení základních atributů zařízení .....	41
<b>Obr. 15</b> Nastavení obecných atributů zařízení.....	41
<b>Obr. 16</b> Nastavení Counter Acquisition.....	43
<b>Obr. 17</b> Nastavení Design Speed Acquisition.....	44
<b>Obr. 18</b> Vstup parametrů reportů .....	46

# 1 ÚVOD

Obsahem diplomové práce je úvod do struktury výrobního podniku z hlediska úrovní řízení výroby. Dále je detailně analyzován systém řízení výroby MES ( Manufacturing Execution System). Jeho začlenění do pyramidy výrobního podniku dle příslušné normy a napojení na navazující systémy. Bude popsán koncept šesti velkých ztrát, popisující hlavní zdroje ztrát ve výrobě. Zvláštní pozornost bude věnována systému sběru dat z produkce a analýzy výkonnosti podniku. Seznámení s jedním z nejvíce vypovídajících ukazatelů efektivity podniku, kterým je Celková efektivita zařízení neboli OEE (Overall Equipment Effectiveness). V závěru kapitoly budou popsány výhody, které přináší systém MES do výrobního podniku a smysl jeho nasazení z hlediska řízení výroby.

Na základě uvedené teorie bude vytvořen model plnicí linky lahví. Tento model obsahuje stroj plnič. Je pro něj definována tabulka stavů a další sledované veličiny, jako jsou čítače vyrobených kusů nebo aktuální pracovní směna obsluhy stroje. Bude popsán software KEPServerEx V4, sloužící k simulaci výrobních dat a zároveň jako OPC server pro poskytování spojení. Budou popsána konkrétní generovaná data, včetně symbolických adres a adresou pro navázání spojení.

V další části práce je seznámení s vývojovým softwarem SIMATIC IT od společnosti Siemens. Budou popsány klíčové komponenty při tvorbě projektu, jako například Database Editor pro připojení k datům na OPC server a komponenty pro tvorbu PPA databáze. K definovanému pracovnímu zařízení budou vytvořeny a následně připojeny pracovní skupiny zařízení, časový harmonogram projektu, rozhodovací strom, tabulka stavů a další. Následně budou komponentám přiřazena vstupní data a definována pravidla zápisu do PPA databáze.

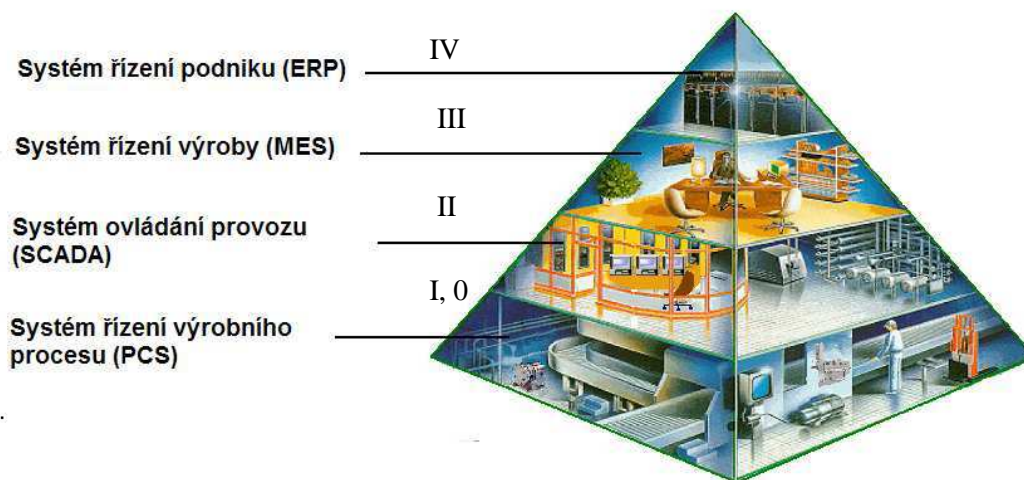
V poslední kapitole budou uvedeny způsoby prezentace získaných dat, které se týkají především analýzy efektivity produkce a jejich jednotlivých ukazatelů. Reporty budou zobrazovat jednotlivé elementy ztrát v podniku a to jak v měřítku dnů, ale tak i jednotlivých směn i pracovních hodin. Budou doplněny o grafu pro přehlednější porovnání a pozorování trendů.

## 2 ÚVOD DO SYSTÉMŮ ŘÍZENÍ VÝROBY

V teoretickém úvodu bude rozebrán popis MES systému. Jak tento systém vznikl a instituce, která se podílí na jeho rozvíjení. Jsou popsány hlavní kategorie působnosti MES systému a přínosy, které tento systém přináší. Zvláštní pozornost je věnována ztrátám vznikajícím v podniku a jejich kategorizaci. Dále jsou uvedeny koeficienty popisující výkonnost, činnost, spolehlivost a mnoho dalších parametrů linky. Zvláštní pozornost je věnována koeficientu celkové efektivity zařízení OEE.

### 2.1 Úvod do MES

MES (Manufacturing Execution System) je systém řízení výroby, který je dle standardu ANSI/ISA-95 v hierarchickém modelu výrobního podniku umístěn do úrovně *III*. Patří mezi nadřazený systém řízení podniku ERP (Enterprise Resource Planning) na úrovni *IV* a nižší systémy na úrovních *II*, *I*,... jako je SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition), PLC (Programmable Logic Controllers), distribuovanými systémy a samotným technologickým procesem s patřičnými senzory a aktuátory. Komunikace s ERP je dle standardu definována jako B2MML (Business To Manufacturing Markup Language), což je upravený XML formát. Komunikace a sběr dat s nižšími úrovněmi je buďto přímo s PLC, ale častěji je pro real-time řízení a monitoring použit SCADA systém a MES komunikuje s tímto systémem. Pro real-time komunikaci mezi zařízeními na nižší úrovni, i od jiných výrobců, byl navržen OPC (Object linking and embedding for Process Control) standard.



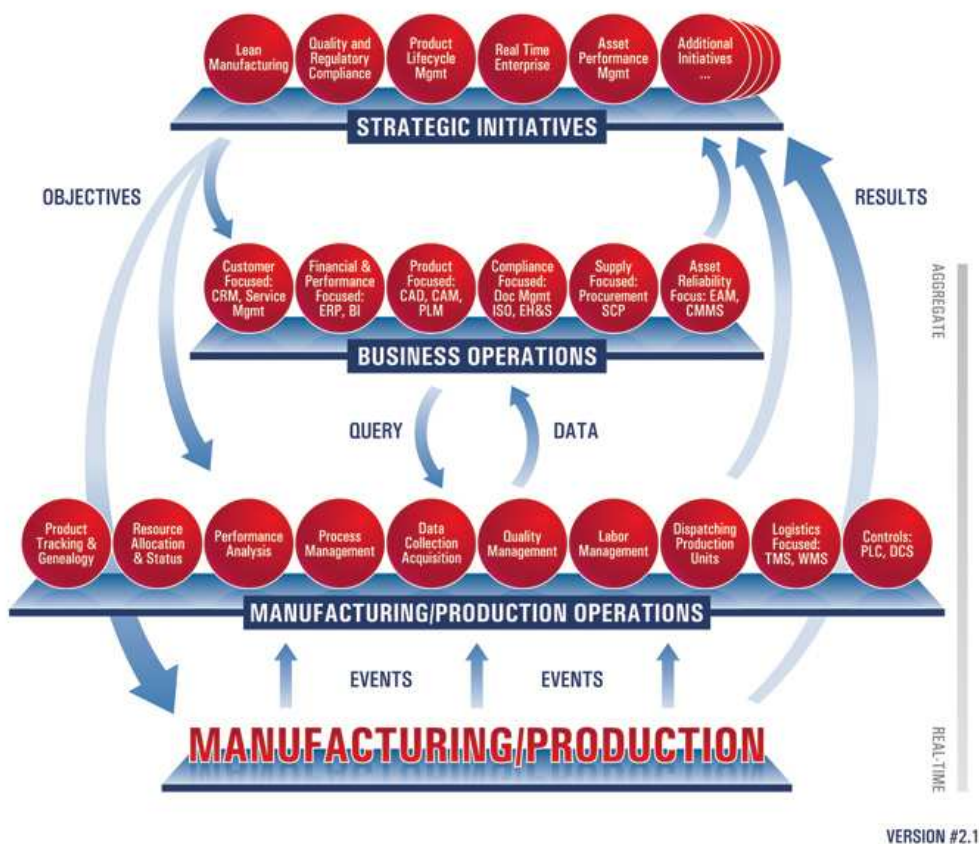
**Obř. 1** Hierarchie řídícího a informačního systému podniku [9]

Hlavním přínosem systému MES je možnost lepšího řízení výrobního procesu a tím získat rovnoměrnější, spolehlivější a efektivnější způsob výroby. Výrobní proces se stává flexibilnější vzhledem k plánování výroby, odstávkám i poruchám.

## 2.2 MESA

Výrobci MES systému se sdružili do organizace MESA. Jedná se o celosvětovou neziskovou organizaci sdružující kromě výrobců MES systémů také výrobce HW, systémové integrátory, poradce, analytiky, redaktory a mnoho dalších. Cílem je zlepšit obchodní výsledky a výrobní operace prostřednictvím optimalizovaného systému a implementace informačních technologií společně s nejlepšími postupy řízení.

Za tímto účelem vyvinula MESA několik modelů. Současný model z roku 2008 zobrazuje komplexní pohled na podnik.



**Obr. 2** Aktuální model výrobního systému dle organizace MESA [2]

Organizace MESA definovala některé standardy pro MES a dále také 11 funkčních oblastí, které spadají do činnosti tohoto systému. Mimo jiné se jedná o použití aktuálních a přesných údajů z výroby, MES reporty, zkoušky, zprávy o nastalých stavech systému, plánování výroby, komunikaci ve výrobě a sledování toku zdrojů a produktů.

### 2.3 Ztráty při výrobě

Snahou v řízení podniku je dosažení co nejvyšších výnosů při udržení nízkých vkladů. Klade se důraz na efektivitu podniku a využití jednotlivých zdrojů. Zásadní roli hraje identifikace úzkých hrdel ve výrobním podniku. Těchto hrdel může být v podniku více nebo se mohou vlivem změny právě probíhajícího výrobního procesu posouvat. K tomuto určení je potřeba identifikovat a popsat základní ztráty vznikající při výrobě a stanovit relevantní ukazatel efektivity s možností vzájemného porovnání pro rozdílné entity výrobního procesu jakožto i pro celé výrobní linky a podniky.

### 2.4 Šest velkých ztrát

Stále více firem působících ve výrobě objevilo překvapivě účinný rámec pro definici ztrát ve výrobě pojmenovaný Šest velkých ztrát (Six Big Losses). Poprvé byl tento rámec definován v roce 1970 v *Japan Institute of Plant Maintenance*.

Rámec rozděluje příčiny nedosažení 100% efektivity do 3 oblastí, tyto jsou následně členěny do 6 podkategorií.

Oblast	Kategorie
Prostoje	Poruchy
	Seřizování
Ztráta výkonu	Mikroprostoje
	Snížená rychlost produkce
Ztráta kvality	Vadné kusy
	Zaváděcí a testovací kusy

**Tab. 1** Šest velkých ztrát

## **Poruchy**

Porucha je nejběžnější a nejčastější zdroj velkých potíží a zdržení ve výrobním procesu. Poruchy působí pozastavení produkce, což může ovlivnit i navazující řetězce ve výrobě a omezit jejich činnost.

Nelze se smířit pouze s prostým přijetím faktu, že došlo k poruše. V prvním kroku je potřeba identifikovat příčinu a podrobně tyto důvody analyzovat. Může se jednat například o:

- poruchu vlivem opotřebení materiálu či součástí stroje
- poruchu vlivem chybné obsluhy
- poruchu vlivem nedostatečné údržby
- kombinaci více předešlých faktorů

Velmi důležité je sbírat data o časovém průběhu poruchy, především je důležité analyzovat:

- celkovou dobu trvání výpadku
- čas od vzniku poruchy po reakci operátora
- čas potřebný pro analyzování poruchy
- čas potřebný po opravu poruchy a znovuspuštění výroby

Ve výsledku se jedná o spolupráci několika členů pracovního týmu, kde operátor zastává roli identifikace poruchy případně jejích symptomů. Na základě těchto údajů provede technik vyhodnocení a nalezení příčiny. Na základě analýzy provede technik opravu nebo předá řešení problému oprávněnému subjektu.

Pro relevantní klasifikování je potřeba precizně sbírat informace týkající se průběhu poruchy. Zde je kritické místo obvyklých systémů výroby založených na manuálním sběru dat, tzv. „papírových systémech záznamu“ týkajících se výpadků. Záznam obvykle provádějí jednotlivci konající zároveň příslušný úkon při odstraňování výpadku (operátor, technik, atd.). Problém tohoto systému spočívá především ve flexibilním výrobním prostředí, kde jsou postupy a podmínky výroby často měněny. Výsledkem tohoto systému je zkreslení, které nedovoluje kvalitně stanovit prostoje podniku. Jediné spolehlivé řešení spočívá v implementaci automatického sběru dat z výrobního procesu týkající se především časové kvantifikace výpadku s případným doplněním údajů od operátora či technika o příčinách výpadku.



### **Seřizování a přechody**

Dalším zdrojem prostojů je prodlení při přecházení na nový výrobek a při přebírání jednotlivých výrobků za sebou při pracovním procesu. Na tyto prodlení má vliv mnoho faktorů. Může se jednat například o přípravu uchycení výrobku při opracování, odstranění zvýšené vlhkosti při zpracování potraviny atd. Obvykle se měří jako uplynulá doba mezi posledním prvkem předcházející série a prvním prvkem nové série.

Analýzou pracovního postupu a podrobným rozбором pracovní situace lze vytvořit optimalizovaný pracovní postup. Pomocí školení pracovníků operátorského stanoviště, pracovních diagramů a rozborů zpráv na konci směny jsou hodnoceny dosažené výsledky a je stanoven případný další postup.

### **Mikroprostoje**

Do této kategorie spadají obvykle prostoje kratší než 5 minut, které na první pohled nemají velký význam a nevyžadují zásah obsluhy. Obvyklými příčinami jsou:

- dočasně chybějící díly
- selhání snímače
- čištění/ kontrola
- opožděné dodání
- zahlcení dopravní cesty a mnoho jiných

Jedná se o krátké prostoje, ale vyskytují se s velkou četností. Tímto z nich vzniká jedna z velkých ztrát celkové efektivity. Na tyto dílčí ztráty se mohou přidružovat další, výraznější problémy vlivem ztráty času ve výrobním procesu.

Problémem je identifikace mikroprostojů a důsledný sběr dat. Zde je opět problém s manuálním sběrem dat založeným na hlášení od fyzických pracovníků. Mnohem spolehlivější je automatizovaný sběr dat. Takovýto systém musí rovněž obsahovat mechanismy, které umožní obsluze rychle a přesně zadat důvod prostoje. Zároveň musí být časové rozlišení dostatečně jemné, aby nedocházelo ke kvantizační chybě.

Eliminace mikroprostojů představuje velký potenciál ve zvýšení efektivity podniku a obvykle nevyžaduje složité, drahé a bolestivé změny ve výrobním procesu.

### **Ztráta rychlosti**

Do této kategorie spadají všechny aspekty, které způsobují zpomalení výroby oproti ideálnímu stavu případně výrobní kapacitě. Typicky se jedná o běh pod plánovanou/ navrženou kapacitu vlivem okolních činitelů.

Data lze analyzovat s cílem umožnit srovnání pro stejný či obdobný produkt za různých podmínek. Lze tak porovnat rychlost linky při obsluze různými operátory. Na základě těchto informací je manažer schopen analyzovat situaci, např. pomocí drill-down analýzy a případné poklesy rychlosti napravit. Cílem je zvýšení rychlosti výroby za současného udržení kvality výrobků.

### **Vadné kusy**

Jedná se o ztrátu kvality produktů při standardním běhu výrobního procesu, kdy je stabilizovaný a nedochází k žádným obměnám. Typicky do této kategorie spadají:

- fyzické poškození
- přepracování výrobku
- odmítnutí příjmu předmětu
- poškození během procesu
- chybná montáž

Ve většině případů není dostačující pouze prosté určení počtu vadných kusů. Je potřeba zachytit kde k vadnému kusu došlo, případně kde nebyl prvek přijat. Společně s místem se zaznamená i důvod proč se tomu tak stalo. S výhodou je pro sběr dat použit automatizovaný systém, který zaručí včasné, přesné a spolehlivé informace. Podstatný je sběr vedlejších dat týkajících se konkrétní produkce. Takovými daty mohou být informace:

Identifikace použitých materiálů, šarže, datum dodávky

Operátor na pracovišti

Podrobný záznam o pracovním postupu

Okolní podmínky (teplota, tlak, vlhkost, atd.)

Na základě těchto informací jsou pověřené osoby schopny provést potřebné kroky ke zvýšení kvality produkce.

### **Zaváděcí ztráty**

Jedná se o ztráty ve výrobě vznikající během spouštění výrobního procesu. Může se jednat o počáteční kusy při rozběhu linky, nebo o ztráty vznikající při změně produktu na lince a přechodu na tento produkt.

Cílem je podrobné zaznamenání podrobností ztrát a analyzování příčin jejich vzniku. Je potřeba brát v potaz působící okolní vlivy, jako výchozí stav stroje, teplota, vlhkost atd. Z těchto údajů lze často vyzorovat souvislosti se vznikajícími ztrátami. Na základě těchto poznatků lze optimalizovat spouštění výrobního procesu. Dalšího zlepšení lze dosáhnout snahou o snížení počtů náběhu linky na nejmenší možný počet.

## **2.5 Shrnutí – ztráty ve výrobě**

Pro úspěšnou existenci výrobní firmy je důležité přesně analyzovat výrobní proces a díky tomu provádět udržitelné řízení s možnostmi dalšího růstu. Použití rámce šesti velkých ztrát vede k efektivnímu popisu ztrát vznikajících ve výrobě a neustálému posunu podniku z hlediska kvality, spolehlivosti, efektivity, vstupních zdrojů a mnoho dalšího.

Na základě popisu šesti velkých ztrát je založeno množství numerických ukazatelů výkonnosti, dostupnosti, efektivnosti atd. přístrojů, linek případně celých výrobních závodů.

## **2.6 Ukazatele činnosti výroby**

Průkazná identifikace a kvantifikace ztrát ve výrobě je nejlepší cesta k jejímu zlepšení. Identifikací ztrát se zabývá koncept šesti velkých ztrát. Kvantifikace se provádí pomocí vhodných ukazatelů výkonnosti zařízení. Volba ukazatele je závislá na charakteru zařízení a aspektech, které si žádáme sledovat. Jednotlivé ukazatele lze rozdělit do několika kategorií [4]:

Popisující stav stroje:

Tato skupina pracuje především s daty týkajícími se stavů stroje, dostupnosti a jejich změnách v čase [4].

$$\text{Availability} = \frac{\text{Operating Time}}{\text{Loading Time}} \times 100$$

$$\text{Duration} = \sum_i \text{Downtime Duration}_i$$

$$\text{Downtime Loss} = \frac{\text{Downtime}}{\text{Planned Production Time}} \times 100$$

$$\text{Occurrence} = \sum_i \text{Downtime Occurrence}_i$$

$$\text{Productive Time} = \sum_i \text{Production States Duration}_i$$

$$\text{Utilization} = \frac{\text{Operating Time}}{\text{Total Time}} \times 100$$

$$\text{Maintenance} = \frac{\text{Total Time To Repair Failures}}{\text{Operating Time}} \times 100$$

$$\text{Change Over} = \frac{\text{Total Change Over Time}}{\text{Operating Time}} \times 100$$

$$\text{Calculated Time} = \frac{\text{Total Items Produced}}{\text{Design Speed}}$$

Popisující spolehlivost stroje:

Pracují s parametry zaměřenými na spolehlivost, stav a jejich průběh v čase. Využití nacházejí především při kvantifikování mikroprostožů [4].

$$\text{MTBA} = \frac{\text{Operating Time}}{\text{Number Of Assists}}$$

$$\text{MTBF} = \frac{\text{Operating Time}}{\text{Number Of Failures}}$$

$$\text{MTTA} = \frac{\text{Assists Time}}{\text{Number Of Assists}}$$

$$\text{MTTR} = \frac{\text{Total Time To Repair Failures}}{\text{Number Of Failures}}$$

Popisující výkonnost a kvalitu výroby:

Založeny na ukazatelích výkonnosti a kvalitě výroby [4].

$$\text{Effective Output} = \frac{\text{Total Items Produced}}{\text{Operating Time}}$$

$$\text{Cycle Time} = \frac{\text{Operating Time}}{\text{Total Items Produced}}$$

$$\text{Performance Rate} = \frac{\text{Total Items Produced}}{\text{Design Speed} \times \text{Operating Time}} \times 100$$

$$\text{Speed Loss} = \left( 1 - \frac{\text{Total Items Produced}}{\text{Design Speed} \times \text{Operating Time}} \right) \times 100$$

$$\text{Quality Rate} = \frac{\text{Good Items Produced}}{\text{Total Items Produced}} \times 100$$

$$\text{OEE} = \text{Availability} \times \text{Performance Rate} \times \text{Quality Rate}$$

$$\text{TEEP} = \text{Utilization} \times \text{Performance Rate} \times \text{Quality Rate}$$

Popisující konstrukční rychlost:

Zakládají se na definované konstrukční a dosažené rychlosti [4].

$$Performance\ Rate \setminus Time\ Loss = \frac{\sum_i Performance\ Rate_i \times Operating\ Time_i}{\sum_i Operating\ Time_i}$$

$$Performance\ Rate \setminus Production\ Loss = \frac{Total\ Items\ Produced}{\sum_i Design\ Speed_i \times Operating\ Time_i} \times 100$$

$$Speed\ Loss \setminus Time = \frac{\sum_i Speed\ Loss_i \times Operating\ Time_i}{\sum_i Operating\ Time_i}$$

$$Speed\ Loss \setminus Production = \left( 1 - \frac{Total\ Items\ Produced}{\sum_i Design\ Speed_i \times Operating\ Time_i} \right) \times 100$$

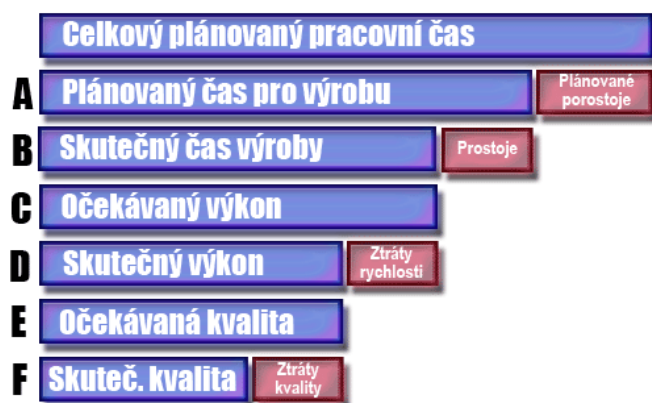
$$Demonstrated\ Capacity = \sum_i Design\ Speed_i \times T_i$$

$$Calculated\ Time\ VDS = \sum_i \frac{Items\ Count_i(T_i)}{Design\ Speed_i(T_i)}$$

### 2.6.1 Celková efektivnost zařízení – OEE

Celková efektivnost zařízení, neboli OEE (Overall Equipment Effectiveness) je všeobecně uznávaný ukazatel ke sledování využití stroje nebo zařízení. Slouží k relevantnímu porovnání výkonnosti zařízení, výrobních linek nebo celých výrobních závodů. OEE není absolutní číslo, ale proměnná a její trend by měl být vzrůstající.

OEE je určen pomocí třech základních údajů, jsou to informace o dostupnosti, výkonnosti a kvalitě výroby na konkrétním zařízení.



Obr. 3 Harmonogram OEE [3]

Výpočet OEE

OEE je stanoveno jako součin dostupnosti, výkonnosti a kvality produkce.

$$OEE = dostupnost * vykonnost * kvalita * 100 [\%] \quad (1)$$

Dostupnost je definována jako podíl Skutečný čas výroby a Plánovaný čas pro výrobu. Plánovaný čas pro výrobu je určen jako Celkový plánovaný pracovní čas minus Plánované prostoje. Skutečný čas výroby je Plánovaný čas pro výrobu minus Prostoje.

$$Dostupnost = Skutečný\ čas\ výroby \div Planovaný\ čas\ pro\ výrobu \quad (2)$$

$$Planovaný\ čas\ pro\ výrobu = \\ Celkový\ planovaný\ pracovní\ čas - Planované\ prostoje \quad (3)$$

$$Skutečný\ čas\ výroby = Planovaný\ čas\ pro\ výrobu - Prostoje \quad (4)$$

Výkonnost je definována jako poměr Skutečný výkon a Očekávaný výkon.

$$Vykonnost = Skutečný\ výkon \div Očekávaný\ výkon \quad (5)$$

Očekávaný výkon je dán Skutečným časem výroby. Skutečný výkon získáme z počtu skutečně vyrobených kusů a optimálního času potřebného k vyrobení 1ks. Nejedná se o tzv. normočas, ale za reálný čas, kdy je možno 1 kus vyrobit.

$$Skutečný\ výkon = Počet\ vyrobených\ kusu * Optimální\ čas \quad (6)$$

Kvalita je určena podílem dobře vyrobených kusů a celkovým počtem vyrobených kusů. Za ztrátu se počítají zmetky opravitelné i neopravitelné.

$$Kvalita = \text{Pocet dobrych kusu} \div \text{Celkovy pocet kusu} \quad (7)$$

Pro správné a přesné stanovení OEE je potřeba pečlivě stanovit a změřit příslušné veličiny. Například je potřeba striktně určit z jakého důvodu nyní výrobní stroj nepracuje. Je třeba rozlišit, zda se jedná o plánovanou odstávku, poruchu, nedostatek vstupního materiálu atd. Velkými ztrátami v podniku jsou i tzv. mikroprostoje, kdy stroj stojí jen několik minut, ale dochází k nim velmi často. Kritickým se stává především určení pro Plánovaný čas pro výrobu a Skutečný čas výroby. Je potřeba navrhnout opatření aby i tyto drobné odstávky byly příslušně klasifikovány a zaznamenány. Průměrná hodnota OEE je globálně kolem 60% [5]. Cílová hodnota, která charakterizuje kvalitní a efektivní výrobní podnik je 85% a lepší.

## 2.6.2 Celková efektivita výroby – TEEP

Celková efektivita výroby neboli TEEP (Total Effective Equipment Performance) vychází z OEE a určuje celkovou efektivitu vzhledem k Vytížení, tj. pracovnímu času a celkovému teoretickému času výroby. Celkový teoretický čas výroby je určen jako celkový počet hodin v kalendářním roce. Pracovní čas je určen pracovní dobou linky, např. 5 dní v týdnu dvojsměnný provoz po 8 hodinách.

$$TEEP = OEE * Vytizeni \quad (8)$$

$$Vytizeni = \text{Pracovni cas} \div \text{Celkovy teoreticky cas} \quad (9)$$

$$\text{Celkovy teoreticky cas} = 24 \text{ hodin} * 365 \text{ dnu} \quad (10)$$

Ukazatel TEEP se uplatní především ve firmách s třísměnným případně nepřetržitým provozem. U jednosměnného provozu Pondělí až Pátek dosahuje vytíženost přibližně 23% a ve výsledku se již tolik neprojeví zbývající aspekty tvořící OEE.



## 3 PLNÍCÍ LINKA LAHVÍ

Na základě teoretické části diplomové práce je vytvořena demonstrační aplikace výrobní linky, která pokrývá specifickou oblast MES systémů, kterou je sledování výroby a určení její efektivity.

Linka obsahuje jeden stroj, plnič lahví. Chod stroje je simulován a potřebná data jsou poskytována pomocí simulačních algoritmů. Takto získaná data jsou pomocí OPC severu přístupná pro další zpracování.

Hlavní MES aplikace je vytvořena v programu Simatic IT V6.4. Plnicí stroj má definovány stavy a pomocí časového harmonogramu jsou patřičně rozděleny. Zde jsou data čtena z OPC serveru a dle příslušných pravidel a nastavení jsou data přidělena komponentám, zpracována a uložena do databáze na SQL server. Takto shromážděná data je potřeba analyzovat a v přehledné, vypovídající formě nabídnout jako výstup analýzy efektivity. Tyto výstupy se nazývají reporty a slouží především pro řídicí pracovníky a management podniku jako kvalitní zdroj informací o chodu výrobního podniku.

### 3.1 Plnič lahví

Jako modelový příklad pro implementaci MES systému je navržena výrobní linka pro plnění lahví. Hlavní komponentou je stroj plnič (BOTTLE FILLER). Provádí plnění lahví s následnou výstupní kontrolou, kdy je schopen detekovat vadné kusy.

U takového výrobního stroje je pro nás důležitý parametr počet vyrobených kusů za jednotku času, což pomůže určit ztráty vlivem poruch, odstávek a sníženou rychlostí produkce. Dále sledujeme kvalitu produkce, která je dána počtem dobrých kusů k celkovému počtu vyprodukovaných kusů. Ke správné a relevantní analýze výrobního procesu a určení efektivity výroby je nutný automatizovaný sběr dat týkající se stavu stroje. Toto znamená přesný záznam, kdy stroj běžel v pracovním režimu a kdy měl stroj odstávku. V případě odstávky je potřeba identifikovat, proč k dané okolnosti došlo.

Pro navržený stroj plnič byla vytvořena následující tabulka definující stavy stroje s hierarchickým členěním.

Běh				
Plánovaná odstávka	Nevýrobní čas			
	Přestávka			
	Nenaplánovaná výroba			
	Údržba			
Neplánovaná odstávka	Selhání	Komponenta	Láhev	
			Tekutina	
	Čekání	Komponenta	Láhev	
			Tekutina	
		Zásah osoby	Vedoucí směny	
			Technik	
			Elektrikář	
			Projektant	
	Zdržení	Nastavování		
		Seřizování		
		Změna	Příslušenství	
			Materiál	
Stroj				

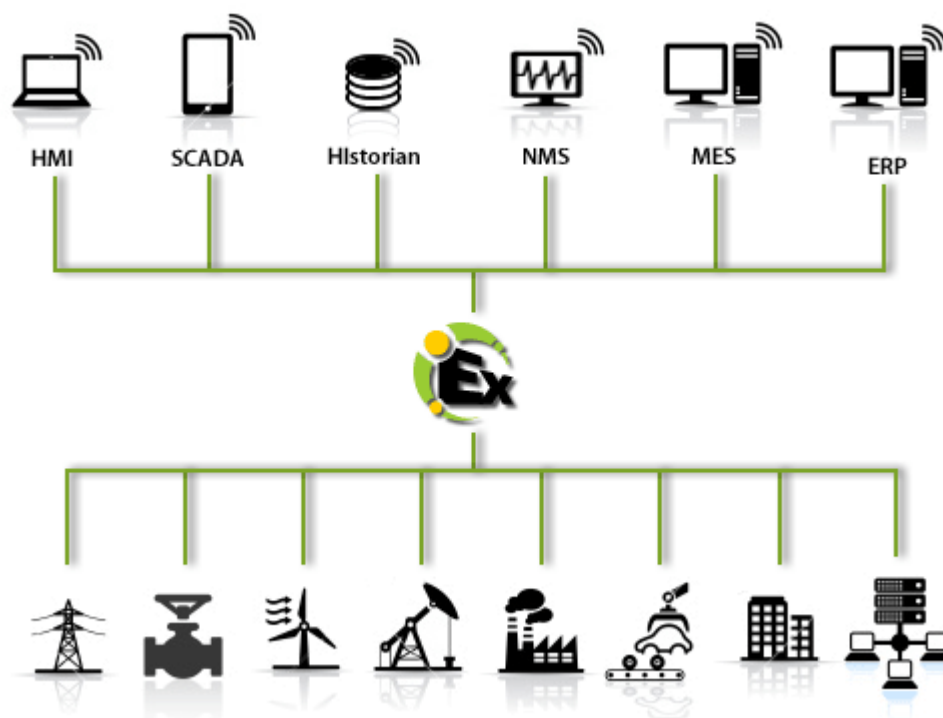
*Tab. 2 Stavy stroje plnič*

### 3.2 Simulace plnicí linky

Výstupní data z plnicí linky jsou generována pomocí simulačního skriptu implementovaného přímo v jednotce OPC Server. Je použit software KEPServerEX V4 od společnosti kepware.

#### KEPServerEX V4

Jedná se o snadno implementovatelné a flexibilní řešení pro komunikaci v řídicí automatizaci. Poskytuje potřebné připojení, správu a monitoring na základě robustní platformy, která podporuje otevřené standardy jako OPC, komunikační protokoly a rozdílné systémové rozhraní. KEPServerEX umožňuje lepší činnost a rozhodování na všech úrovních automatizace [16].



**Obr. 4** Oblasti uplatnění KEPServerEX [17]

Server je vybaven driversy pro komunikační rozhraní od hlavních světových výrobců automatizační techniky. Rovněž obsahuje driver pro Simulator, umožňující snadnou generaci dat přímo na serveru. Simulované zařízení je reprezentováno paměťovým blokem adres číslovaných 0 až 9999 a podporuje datové typy Char, Byte, Word, Short, BCD, Long, DWord a LBCD. Samozřejmostí je možnost nastavení horních i spodních limitů a periody čtení dat. Pro generalizaci dat lze použít jednu z vestavěných funkcí:

RAMP umožňuje inkrementaci/ dekrementaci se stanovenou periodou. Dalšími parametry jsou elementární přírůstek, počáteční a koncová hodnota. Jedná se o obdobu čítače.

RANDOM funkce umožňuje generování pseudonáhodné veličiny ze zvoleného rozsahu se stanovenou periodou.

SINE slouží ke generování sinusového průběhu. Vstupními parametry funkce jsou frekvence, fázový posuv, perioda vzorkování a dolní a horní limit, pomocí kterého je také možno nastavit offset.

USER funkce slouží k uživatelskému definování výstupní množiny. Parametry funkce jsou výčet výstupních dat a perioda jejich přechodu.

Pomocí těchto základních funkcí je vytvořen algoritmus jednoduché simulace stroje plnič. Pro variaci v chodu výrobního procesu je obsaženo několik variant pro každý prvek a celkově tak vytváří reálnější chování.

Tag Name	Address
Design_Speed	USER (10000,11,12)
Design_Speed1	USER (10000,10,11)
Design_Speed2	USER (10000,12,13)
Design_Speed3	USER (10000,11,12)
Dobre kusy	RAMP (100, 1, 100000, 1)
Pracovni_smena	USER (300000,1,2,3)
Stav_stroje	USER (10000,-9970,-9970,-9970,-9972,-9970,-9970,-9979,-9979,-9970,-9978,-9970,-9970,-9984,-9970,-9988,-9970,-9970,-9998,-9970)
Stav_stroje1	USER (10000,-9970,-9970,-9970,-9972,-9970,-9970,-9979,-9979,-9970,-9970,-9970,-9970,-9988,-9970,-9970,-9998,-9970)
Stav_stroje2	USER (10000,-9970,-9970,-9970,-9970,-9996,-9970,-9970,-9970,-9970,-9970,-9970,-9970,-9978,-9970,-9970,-9970,-9976)
Stav_stroje3	USER (10000,-9970,-9970,-9970,-9972,-9970,-9970,-9979,-9979,-9970,-9978,-9970,-9970,-9984,-9970,-9988,-9970,-9970,-9998,-9970)
Vyrobene_kusy	RAMP (110, 1, 100000, 1)
Vyrobene_kusy1	RAMP (110, 1, 100000, 1)
Vyrobene_kusy2	RAMP (90, 1, 100000, 1)
Vyrobene_kusy3	RAMP (100, 1, 100000, 1)
Zmetky	RAMP (10000, 1, 100000, 1)
Zmetky1	RAMP (25000, 1, 100000, 1)
Zmetky2	RAMP (3000, 1, 100000, 1)
Zmetky3	RAMP (10000, 1, 100000, 1)

**Obř. 5** Přehled aplikovaných funkcí v simulátoru

Pro aplikaci plniče lahví jsou poskytovány zdroje dat:

Design Speed poskytuje informaci o projektované referenční rychlosti produkce stroje plnič

Pracovni smena poskytuje záznam o přítomné obsluze zařízení. Linka je projektována pro tří-směnný provoz s označením

ranní

odpolední

noční

Stav stroje uvádí aktuální stav stroje plnič. Číselné označení stavů vychází z Transition Table navržené v systému Simatic IT.

Vyrobene kusy je čítač zobrazující celkový počet vyrobených kusů

Zmetky čítač určující počet vyrobených zmetků

#### OPC Quick Client

Systém KEPServerEx je vybaven utilitou OPC Quick Client pro snadný náhled do běžících služeb serveru a náhled na poskytovaná data.

Adresa OPC Serveru:

KEPware.KEPServerEx.V4

Kanál dat:

Channel\_0\_User\_Defined.User

Item ID	Data Type	Value	Timestamp	Quality	Update Count
Channel_0_User_Defined.User.Design_Speed	Float	12	09:18:47:129	Good	41
Channel_0_User_Defined.User.Design_Speed1	Float	11	09:18:47:129	Good	41
Channel_0_User_Defined.User.Design_Speed2	Float	13	09:18:50:066	Good	41
Channel_0_User_Defined.User.Design_Speed3	Float	12	09:18:47:129	Good	41
Channel_0_User_Defined.User.Dobre_kusy	Long	3941	09:18:54:441	Good	3942
Channel_0_User_Defined.User.Pracovni_smena	Long	2	09:17:26:957	Good	4
Channel_0_User_Defined.User.Stav_stroje	Long	-9970	09:18:47:129	Good	27
Channel_0_User_Defined.User.Stav_stroje1	Long	-9970	09:18:28:379	Good	18
Channel_0_User_Defined.User.Stav_stroje2	Long	-9970	09:18:39:191	Good	14
Channel_0_User_Defined.User.Stav_stroje3	Long	-9970	09:18:47:129	Good	27
Channel_0_User_Defined.User.Vyrobene_kusy	Long	41607	09:18:54:379	Good	3584
Channel_0_User_Defined.User.Vyrobene_kusy1	Long	41607	09:18:54:379	Good	3584
Channel_0_User_Defined.User.Vyrobene_kusy2	Long	4379	09:18:54:441	Good	4380
Channel_0_User_Defined.User.Vyrobene_kusy3	Long	3941	09:18:54:441	Good	3942
Channel_0_User_Defined.User.Zmetky	Long	7058	09:18:47:129	Good	41
Channel_0_User_Defined.User.Zmetky1	Long	16	09:18:33:816	Good	17
Channel_0_User_Defined.User.Zmetky2	Long	132	09:18:53:316	Good	133
Channel_0_User_Defined.User.Zmetky3	Long	7058	09:18:47:129	Good	41

Obr. 6 OPC Quick Client

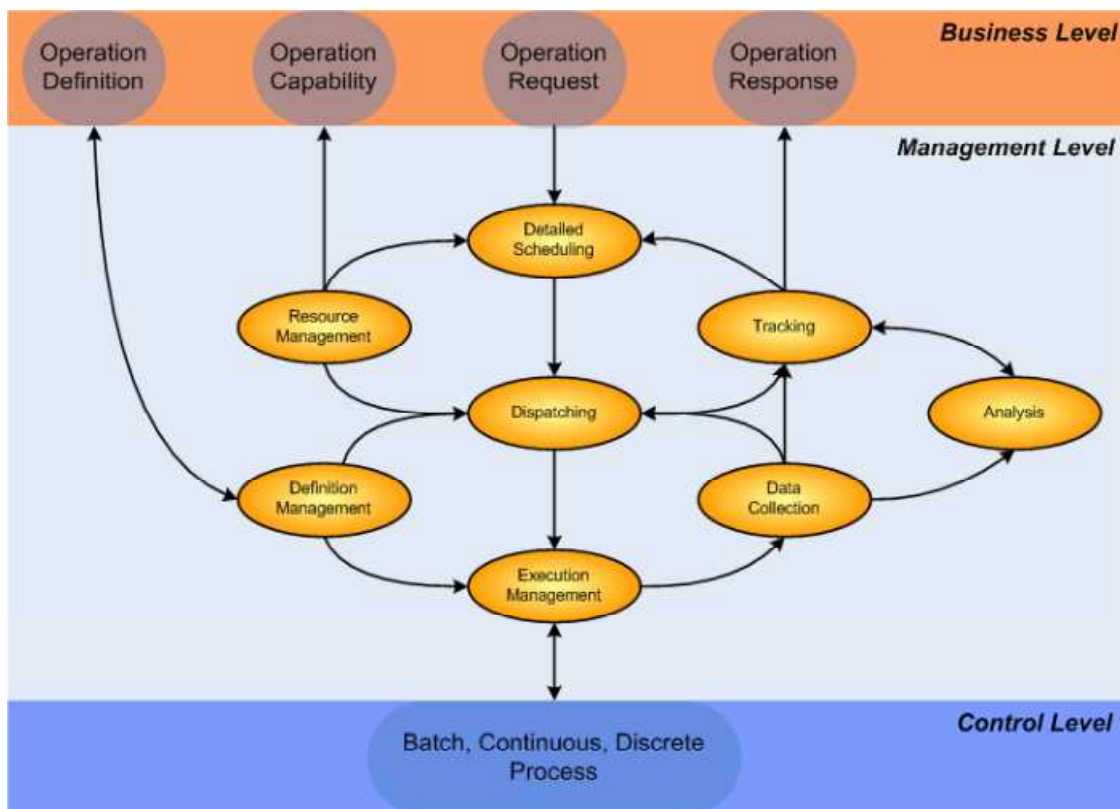
## 4 MES V PROSTŘEDÍ SIMATIC IT 6.4

Na začátku 21. století, v důsledku vzrůstajících potřeb podniků na komplexní informační systém pro řízení výroby, začaly mezinárodní organizace jako MESA a ISA definovat modely, snažící se úrovně MES standardizovat. Byl tak definován standard MES systému, který netvoří pouze propojovací článek mezi ERP systémy a výrobním procesem, ale obsahuje rozhraní pro plně komplexní funkce, které jsou mezi sebou vzájemně koordinované z hlediska prodejní a výrobní strategie.

Na základě tohoto přístupu, zakotveného v příslušných standardech, vznikla zcela nová koncepce pro výrobní informační systém. Jedná se o rozšířenou variantu konceptu TIA (Total Integrated Automation) od společnosti Siemens. Vzniklo rozšíření o MES úroveň implementovanou nad řídicími systémy (PLC, SCADA,..) v podobě programu SIMATIC IT.

SIMATIC IT představuje komplexní počítačový systém plánování a organizace výroby, současně s přímým napojením na systém ERP společně se základní úrovní automatizace výroby a zároveň splňující světové standardy pro MES systém dané ANSI/ISA-S95 a dalšími. Výsledkem je systém umožňující, mimo jiné efektivně vyrábět a zvyšovat pružnost výrobního procesu, dokumentovat organizaci výroby vhodný pro téměř všechny výrobní odvětví.

V současnosti je velký rozmach ve vývoji a nabídce software pro MES systémy. Ve velké míře se ovšem jedná o produkty zaměřené pouze na vybranou oblast MES. SIMATIC IT jako jeden z mála výrobců poskytuje produkt pokrývající všech 11 oblastí působnosti MES systémů. Tento trend koresponduje se stavem implementace MES systémů do celkového řídicího systému podniku. Kompletní implementaci MES systému pro řízení výroby podniku užívají pouze vybrané firmy, tzv. největší hráči ve světě, kteří rovněž nejvíce investují do inovací ve výrobě. Trend ovšem naznačuje postupné rozšiřování kompletních implementací MES systémů do stále dalších výrobních podniků.



**Obr. 7** Diagram činnosti SIMATIC IT [10]

Hlavní komponentou systému SIMATIC IT je **Plant Performance Analyzer (PPA)**. Slouží k propojení systému na danou výrobní aplikaci. Jsou zde definovány jednotlivé prvky obsažené ve výrobě. Tyto lze hierarchicky řadit a sdružovat do skupin, vytvářen k nim časové modely a tabulky stavů. Další podstatnou částí je sběr dat z hostitelského procesu. Následuje jejich zpracování, ověření a uložení do databáze projektu dle nastavených pravidel.

Další komponenty systému SIMATIC IT 6.4 :

**SIMATIC IT BPM** (Business Process Modeler) – aplikační server umožňující sdílení zdrojů informací.

**SIMATIC IT MM** (Material Manager) – sdružuje informace o správě zdrojů v souladu s S95 standardem.

**SIMATIC IT PRM** (Personnel Manager) – slouží k řízení lidských zdrojů v souladu s S95 standardem.

**SIMATIC IT PDefM** (Product Definition Manager) – sdružuje informace o výrobcích a jejich definicích. Definováno standardem S95.

**SIMATIC IT POM** (Production Order Manager) – prvek řídicí výrobu v závislosti na aktuálních potřebách, definován S95

**SIMATIC IT SHC** (Shift Calendar Manager) – definuje časové rozložení práce v závislosti na pracovní době. Umožňuje sdílení s dalšími prvky, jakými jsou PRM, PDS-I, OEE.

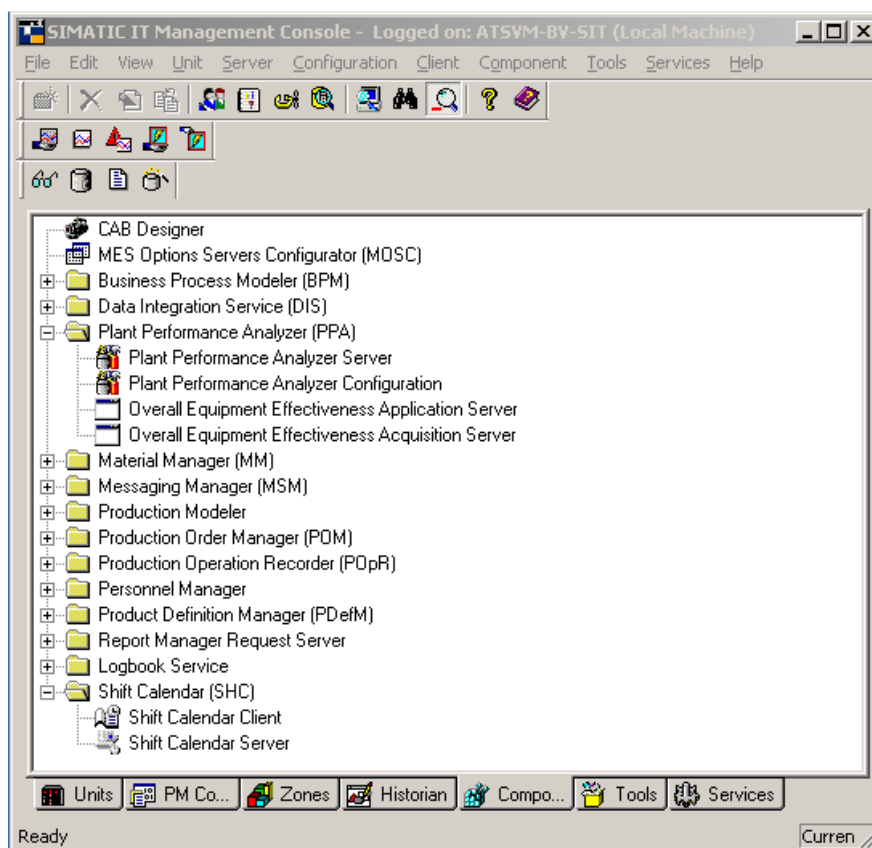
**SIMATIC IT CAB** (Client Application Builder) – platforma zprostředkovávající grafické rozhraní systému zaměřené na klíčová data v MES systému.

**SIMATIC IT DIS** (Data Integration Service) – umožňuje výměnu dat s externími systémy na bázi XML.

**SIMATIC IT PDS-I** (Predictive Detailed Scheduler-Interactive) – komponenta umožňující detailní plánování výroby v systému SIMATIC IT dle standardu S95.

**SIMATIC IT POPR** (Production Operation Recorder) – umožňuje detailní sledování výroby v každém kroku a shromažďuje informace pro Tarck & Trace - zpětné dohledání informací. Zastává rovněž roli zpětné kompatibility s předchozími systémy.

## 4.1 Management Console



**Obr. 8** SIMATIC IT Management Console

SIMATIC IT Management Console je hlavní konfigurační prostředí a slouží ke správě a nastavení všech SIMATIC IT komponent. Z Management Console lze přistupovat ke všem nastavením projektu (uživatelé, stanice, síť, atd.).



Přístup k datům se definuje pomocí komponenty Database Editor. Zde se tvoří všechny proměnné použité v aplikaci. Symbolické jména proměnných z databáze jsou asociována s fyzickými registry ve spravované paměti. Tato paměť je alokována v paměti počítače a nazývá se SIMATIC IT Real Time Data Server.

SYMB. NAME	INTERFAC	CL	SA	USER 1	USER 2	USER 3
FILLER_DS2	✓	kepware	0	KEPware	Channel_0_User_Defined.User.Design_Speed1	ADVISE
FILLER_DS	✓	kepware	0	KEPware	Channel_0_User_Defined.User.Design_Speed	ADVISE
FILLER_SCRAP	✓	kepware	4	KEPware	Channel_0_User_Defined.User.Zmetky	CACHE
FILLER_COUNTER	✓	kepware	4	KEPware	Channel_0_User_Defined.User.Vyrobene_kusy	CACHE
FILLER_STATUS	✓	kepware	0	KEPware	Channel_0_User_Defined.User.Stav_stroje	ADVISE
FILLER_SHIFT	✓	kepware	0	KEPware	Channel_0_User_Defined.User.Pracovni_smena	ADVISE

**Obr. 9** Database Editor – parametry RTDS připojení




Symbolické jméno	Význam
FILLER_DS	Design Speed pro aktuální produkt
FILLER_SCRAP	Počet vyprodukovaných zmetků
FILLER_COUNTER	Počet vyprodukovaných kusů (kvalitní + zmetky)
FILLER_STATUS	Status stroje plnič
FILLER_SHIFT	Aktuální pracovní směna

**Tab. 3** Symbolické proměnné v projektu SIMATIC IT

Proměnné jsou navázány na OPC Server KEPware dle parametrů uvedených v kapitole OPC Server. Pole „User 3“ označuje systém sběru dat.

„CACHE“ – čtení v pravidelných intervalech a ukládání do mezipaměti


„ADVISE“ – čtení v okamžiku změny hodnoty

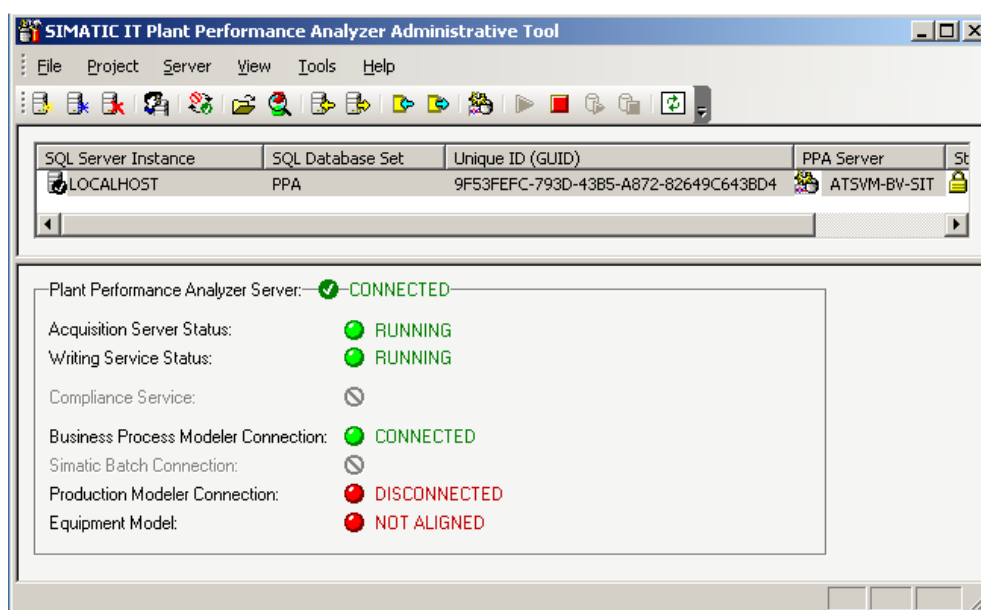
Sběr dat se zahájí spuštěním jednotky Real Time Data Server v Management Console. Spravovat běžící procesy je v Management Console Tasklist. Přímý přístup pomocí . Zde je přehled aktuálně běžících služeb s možností ukončit vybraný běžící proces nebo spustit nový. Jednoduchý online monitoring dat lze provádět pomocí Operation Debugging Support, přístup pomocí . Zde lze data sledovat a případně přímo zapisovat hodnoty. V komponentě Historian Data Display lze s daty provádět základní operace a zobrazovat pomocí grafů a trendů. Přístup pomocí .

## 4.2 Plant Performance Analyzer

Plant Performance Analyzer(PPA) je nástroj určený pro dlouhodobý sběr, analýzu, zpracování a uchování dat pracující na standardu RDBS (SQL Server). Spojením PPA a RTDS vzniká komplexní jedna schopna

online přijímat data z široké škály zařízení prostřednictvím RDTs a OLE rozhraní  
Zpracovat a ukládat data do příslušných archívů (SIMATIC IT PDA)  
Číst, ověřovat, slučovat data v PPA databázích jakožto i přistupovat k externím databázím pomocí ODBC rozhraní

Pro tvorbu PPA databáze a správu chodu slouží PPA Administrative Tool. Je zobrazen stav jednotlivých komponent projektu. Projekt se uvádí do chodu pomocí Run Acquisition Server . Ukončení chodu je pomocí volby Stop. Pokud se nevyskutnou v projektu chyby, je správný chod signalizován jako Running. V projektu plnící linky je chodem Running označen sběr dat a záznam dat do databáze.

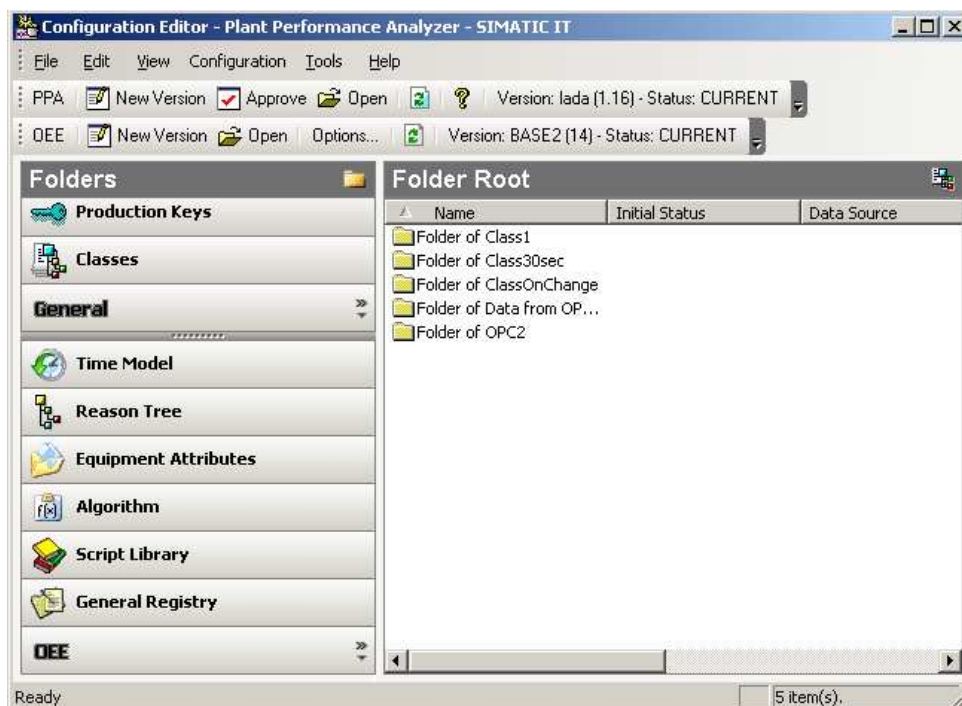


**Obr. 10** SIMATIC IT PPA Administrative Tool

Konfigurace PPA projektu se provádí Configuration Editor. Tento se spouští zvolením patřičného objektu a Open.

### 4.3 Návrh systému

Tvorba samotného jádra systému probíhá v prostředí SIMATIC IT PPA Configuration Editor. Pro projekt plnící linky je navíc doplněk o plugin OEE-DTM 6.4 poskytující specializované funkce pro online analýzu a v integraci do celého systému SIMATIC IT umožňuje lépe a rychleji identifikovat pokles ve výrobní efektivnosti.



**Obr. 11** SIMATIC IT PPA Configuration Editor

Aktuální verze projektu je otevřena pouze pro čtení. Pro podporu editace je potřeba vytvořit novou verzi. Toto se provede volnou „New Version“. Obdobně platí pro komponentu OEE. Po dobu editace na serveru běží stále předchozí verze. Novou verzi projektu je nejprve nutno potvrdit a ukončit editaci volbou „Approve“. Nová verze projektu je následně nahrána při příštím spuštění PPA Serveru.

Při tvorbě aplikace je potřeba dodržet určitá pravidla a pořadí při tvorbě jednotlivých částí. Především je důležité dbát následujících pravidel:

- Časový harmonogram a stavy stroje je nutno definovat před definováním rozhodovacího stromu
- Časový model, stavy, čítače a projektovanou rychlost chodu linky je potřeba definovat před jejich použitím v algoritmech
- Rozhodovací strom musí být vytvořen před konfigurací tabulky stavů

Na základě těchto pravidel vznikl unifikovaný postup popisující doporučený harmonogram tvorby projektu.

### 4.3.1 Časový harmonogram

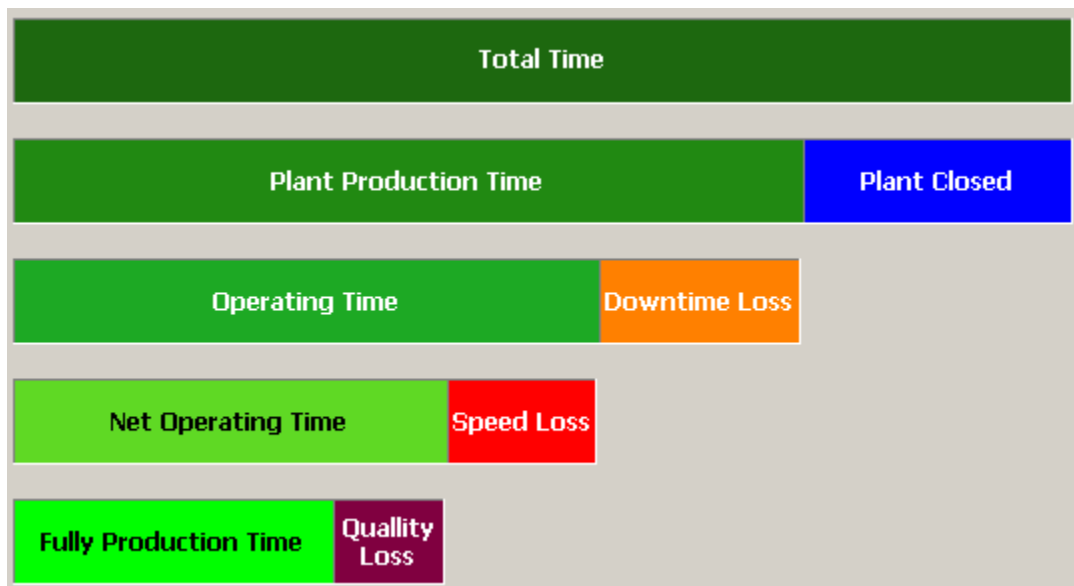
Časový harmonogram slouží k definici hlavních kategorií procesu a zařazení prostožů. V projektu může být definován pouze jediný časový harmonogram a proto je třeba jeho návrh velmi uvážlivě naplánovat. Při plánování tvorby jednoduchého časového modelu nebo komplexnějšího je dobré brát v potaz složitost pozdějších úprav. Pokud je vytvořen jednodušší časový harmonogram, jsou předpoklady o menší pravděpodobnosti pozdějších úprav. Pro specifikaci konkrétních a detailnějších stavů, informací a kategorií slouží rozhodovací stromy, kterých může být v projektu více a snáze je lze upravovat.

Časové skupiny v harmonogramu:

- statické
- nejsou přímo spojeny s daty v procesu
- aplikovány na celý výrobní proces, kde může být obsaženo mnoho různých strojů a zařízení

Stavy zařízení:

- jsou dynamické
- mají přímou vazbu na data z procesu
- jsou definovány dle charakteru daného zařízení



Obr. 12 Časový harmonogram aplikace

## 4.3.2 Definice prvků procesu

První akcí je definování názvosloví pro všechny zařízení a stroje obsažené ve výrobě. Dále názvosloví všech stavů, podstavů a příčin, které se mohou vyskytnout. Společné názvosloví je rovněž podstatné s ohledem na úspěšnou týmovou práci na projektu.

### 4.3.2.1 Definování skupin stavů stroje

Prvním krokem k zařazení stavů stroje je definování společných skupin stavů. V nástroji Simatic IT OEE lze definovat až deset skupin stavů. Tyto skupiny mají dvě základní funkce:

- První funkcí je třídění stavů stroje
- Dále jsou použity ve výpočetních algoritmech k definování polohy jednotlivých skupin ve vzorcích

Z těchto důvodů je tvorba hlavních skupin stavů velmi důležitá. Např. skupina shromažďující veškeré stavy týkající se údržby bude velmi přínosná ve výpočtů algoritmu dostupnosti jako Střední doba mezi poruchami (MTBF) a Střední doba mezi servisem (MTBA).

### 4.3.2.2 Definování čítačů

Čítače slouží jako hlavní prvek k uchování dat ohledně počtu výskytu sledovaného jevu. Nejtypičtější použití čítačů je pro monitorování vyrobených kusů, počtu dobrých kusů a počtu zmetků. Dále může být pomocí čítače monitorován například celkový počet poruch stroje, počet otevření určitého ventilu atd.

V projektu jsou definovány 2 čítače. Slouží k poskytování dat o vyprodukovaných kusech a zmetcích. Definované čítače jsou dále nastaveny ke zvolenému zařízení a propojeny na sběr dat z RTDS.

Produced	Počet celkem vyrobených kusů
Scrap	Počet vyrobených zmetků

*Tab. 4 Přehled čítačů v projektu*

### 4.3.2.3 Projektovaná rychlost stroje

Projektovaná rychlost stroje, označována taky jako Design Speed symbolizuje optimální čas pro vykonání dané činnosti strojem. Za správného a optimálního chodu stroje je právě za tento jeden časový okamžik vyprodukován jeden kus. Nejedná se o tzv. normočas, který kromě samotného času potřebného k výrobě obsahuje rovněž „vatu“ jako rezervu pro případné přijatelné prodloužení.

V projektu je definována jedna entita *DesignSpeed*, která se u konkrétního zařízení naváže na zdroj dat z RTDS.

### 4.3.3 Stav procesů

Jakmile jsou definovány společné skupiny stavů, je možné definovat stavy jednotlivých strojů a zařízení. Při zadávání stavu jsou požadovány následující informace:

- Jméno a název stavu
- Zda stav reprezentuje stop stav systému
- Zařazení do nadřazení skupiny stavů
- Přiřazení barvy. Vhodné především pro grafické zobrazení, např. v Ganttově diagramu.

Stav procesu je možné přidělit do více než jedné hlavní skupiny. V tomto případě bude se stavem počítáno v každém algoritmu, ve kterém je kterákoliv z přidělených skupin obsažena.

Item Name	Display name	Color	StateFamily_0	StateFamily_1	StateFamily_2	StateFamily_3	StateFamily_4	StateFamily_5	StateFamily_6	StateFamily_7	StateFamily_8	StateFamily_9	Is a Stop State
Waiting		Orange		✓									✓
Technician		Orange		✓									✓
Team Leader		Orange		✓									✓
Stopped		Orange		✓									✓
Setup		Orange		✓									✓
Scheduled Unavailability	Scheduled Unavailability	Blue	✓									✓	✓
Running		Green									✓		✓
Rountime Stop		Orange		✓									✓
No Production		Blue	✓										✓
Materials		Orange		✓									✓
Maintenance	Maintenance	Blue	✓										✓
Machine		Orange		✓									✓
Liquid		Orange		✓									✓
Human Resource		Orange		✓									✓
Holiday		Blue	✓										✓
Failure		Orange		✓									✓
Equipment		Orange		✓									✓
Engineer		Orange		✓									✓
Emergency		Orange		✓									✓
Electrician		Orange		✓									✓
Component Failure		Orange		✓									✓
Component		Orange		✓									✓
Changeover		Orange		✓									✓
Break		Blue	✓										✓
Bottle		Orange		✓									✓
Adjustment		Orange		✓									✓

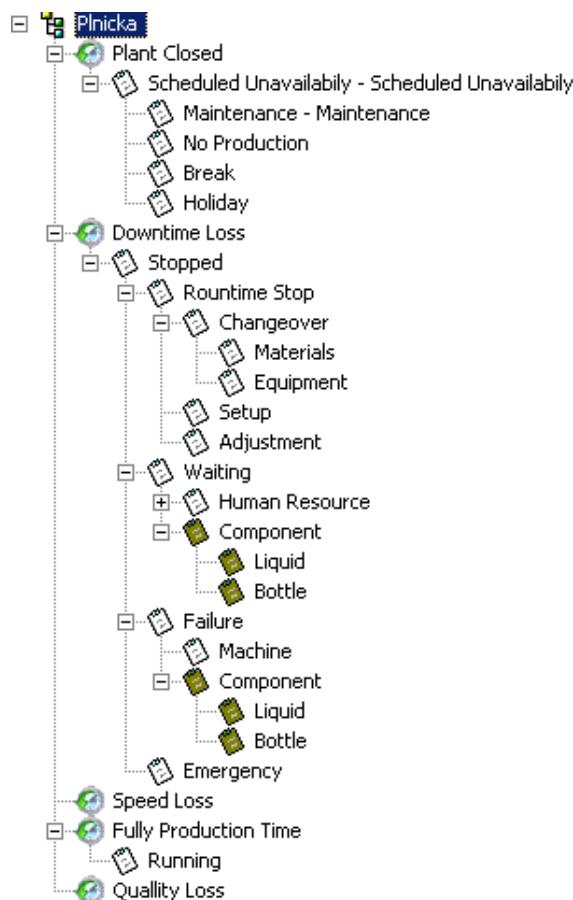
**Tab. 5** Tabulka stavů procesů

### 4.3.4 Rozhodovací strom

Rozhodovací strom slouží jako hierarchické uspořádání všech možných stavů jednoho nebo více zařízení. Rozhodovací stroj umožňuje několik vrstev úrovní, které mohou být použity pro přidání dalších informací o prostojích. První úroveň každého rozhodovacího stromu obsahuje dělení dle základního harmonogramu OEE. Další úrovně reprezentují podrobnější stavy stroje. Primárně jsou popsány:

1. Stav – stav daného zařízení, např. „Oprava“, „Omezená rychlost“
2. Kategorie – specifikuje příčinu tohoto stavu, např. „Komponenta“, „Materiál“
3. Důvod – další úroveň specifikující způsob důvod dosažení určitého stavu, např. „Elektrická porucha“, „Údržba“
4. Detail stavu – charakterizuje specifickou příčinu stavu, např. „Ventil V1“, „Material 23“

Návrh rozhodovacího stromu plnicí linky, která je tématem diplomové práce, vypadá následovně:



Obr. 13 Rozhodovací strom plnicí linky

### 4.3.5 Tabulka stavů

Tabulka stavů neboli STT slouží k mapování stavu stroje vzhledem k rozhodovacímu stromu. Obvykle jsou tyto tabulky generovány z rozhodovacích stromů na základě pravidel, která jsou stanovená. Tabulka stavů pro navržený rozhodovací strom vypadá následovně:

Raw Value	Time Category	State	Category	Reason	Detailed Reason
-9970	Fully Production Ti...	Running			
-9971	Downtime Loss	Stopped	Emergency		
-9972	Downtime Loss	Stopped	Failure	Component	Bottle
-9973	Downtime Loss	Stopped	Failure	Component	Liquid
-9974	Downtime Loss	Stopped	Failure	Component	
-9976	Downtime Loss	Stopped	Failure	Machine	
-9977	Downtime Loss	Stopped	Failure		
-9978	Downtime Loss	Stopped	Waiting	Component	Bottle
-9979	Downtime Loss	Stopped	Waiting	Component	Liquid
-9980	Downtime Loss	Stopped	Waiting	Component	
-9982	Downtime Loss	Stopped	Waiting	Human Resource	Team Leader
-9983	Downtime Loss	Stopped	Waiting	Human Resource	Engineer
-9984	Downtime Loss	Stopped	Waiting	Human Resource	Technician
-9985	Downtime Loss	Stopped	Waiting	Human Resource	Electrician
-9986	Downtime Loss	Stopped	Waiting	Human Resource	
-9987	Downtime Loss	Stopped	Waiting		
-9988	Downtime Loss	Stopped	Rountime Stop	Adjustment	
-9989	Downtime Loss	Stopped	Rountime Stop	Setup	
-9990	Downtime Loss	Stopped	Rountime Stop	Changeover	Equipment
-9991	Downtime Loss	Stopped	Rountime Stop	Changeover	Materials
-9992	Downtime Loss	Stopped	Rountime Stop	Changeover	
-9993	Downtime Loss	Stopped	Rountime Stop		
-9994	Downtime Loss	Stopped			
-9995	Plant Closed	Scheduled Una...	Holiday		
-9996	Plant Closed	Scheduled Una...	Break		
-9997	Plant Closed	Scheduled Una...	No Production		
-9998	Plant Closed	Scheduled Una...	Maintenanc...		
-9999	Plant Closed	Scheduled Una...			

**Tab. 6** Tabulka stavů plnicí linky

První sloupec tabulky obsahuje základní dělení daného stavu. Ve zbývajících sloupcích je stav specifikován. „Raw Value“ je hodnota očekávaná ze zdroje dat stavu stroje a podle ní je stav stroje dělen do kategorií.

Např. Ze stroje je přijat stav -9989. Ten je identifikován a zařazen jako


*Downtime Loss/Stopped/Routine Stop/Setup*

### 4.3.6 Konfigurace zařízení

Tvorba jednotlivých zařízení se provádí v záložce „Equipment“. Správa a konfigurace těchto zařízení, v souvislosti s analýzou efektivnosti, se provádí v záložce „Equipment

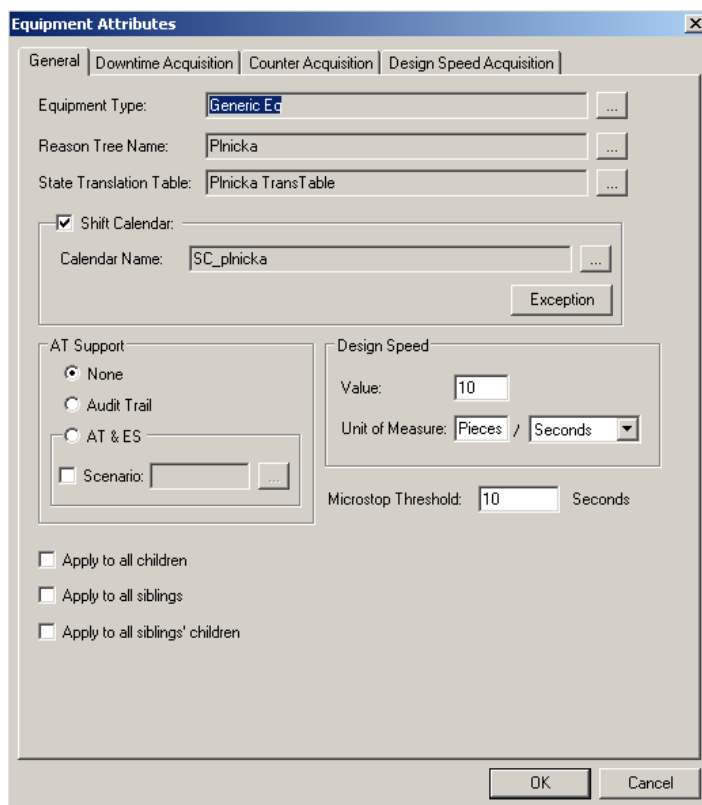


Attributes“ v modulu OEE. V prvním kroku se provádí nastavení obecných parametrů, jakými jsou zařazení do skupiny strojů. Přiřazení příslušného rozhodovacího stromu a tabulky stavů stroje.

Equipment Attributes				
Name	Description	Type	Reason Tree	State Translatio...
 BF	Plnicka	Generic Eq	Plnicka	Plnicka TransTable

**Obr. 14** Přiřazení základních atributů zařízení

V dalším kroku se provede nastavení podrobnějších atributů zařízení, které přímo souvisejí se sběrem dat. Tyto parametry jsou přístupné v nabídce „Attributes Management“ pro příslušné zařízení. Konfiguratör je rozdělen do čtyř záložek, které reprezentují jednotlivé oblasti. První částí je nastavení obecných parametrů a přiřazení rozhodovacího stromu s tabulkou stavů. Dále se zde připojí pracovní harmonogram, tzv. Shift Calendar a také výchozí Design Speed společně s jednotkou, ve které je uvedena. Zde je počítána jednotka kusy/ sekunda a výchozí hodnota na 10. Tato hodnota ovšem není směrodatná, v průběhu chodu aplikace je získávána aktuální hodnota Design Speed přímo z OPC serveru. Posledním parametrem je „Microstop Threshold“, což je hranice citlivosti na mikroprostoje.



**Obr. 15** Nastavení obecných atributů zařízení

Další záložky slouží k nastavení atributů zařízení v souvislosti s analýzou OEE a jsou rozděleny do charakteristických částí downtime, quality a speed.

#### Downtime Acquisition

Jedná se především o nastavení propojení ke zdroji dat, kterými jsou symbolické proměnné definované v Database Editor přístupné pomocí RTDS. Jako doplňkový parametr je připojen zdroj dat o pracovní směně. Takto nakonfigurovaná data budou ukládána do příslušné tabulky reprezentující downtime. Název zdroje dat je složen z metody sběru dat, což je „RTDS“. Dále je obsažen název jednotky, ve které je zdroj dat definován, což je „TEST“. Poslední částí je samotný symbolický název definovaný v Database Editor.

Název	Popis
RTDS_TEST_FILLER_STATUS	Informace o aktuálním stavu zařízení
RTDS_TEST_FILLER_SHIFT	Informace o aktuální pracovní směně

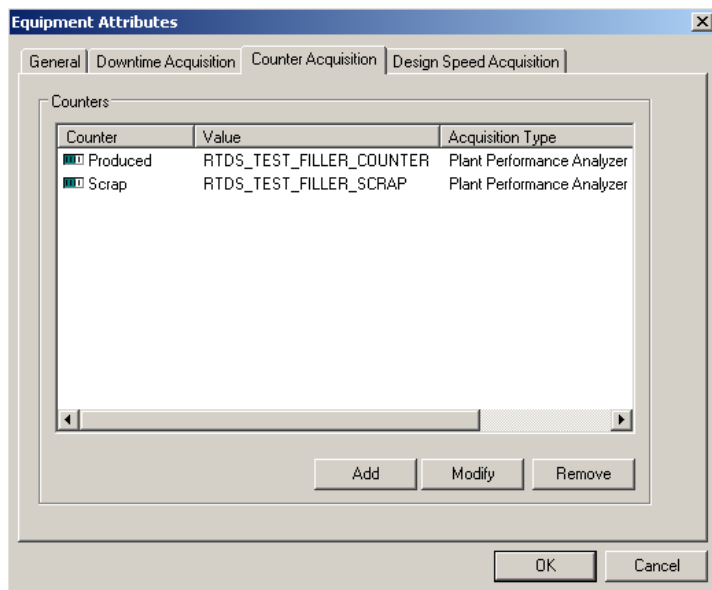
**Tab. 7** Zdroje dat pro Downtime Acquisition

Data jsou ukládána do databáze Arch RPT MGR OEERT546C3276-B61D-47fe-9AF5-66BEE7A3BA76/OEEDTMTable reprezentující Downtime Acquisition. K příslušné datové značce je mimo jiné dále zaznamenán:

<u>EqId</u>	identifikační číslo zařízení. Plnička má číslo 269.
<u>Level0-Level3</u>	identifikační čísla jednotlivých úrovní stavu stroj
<u>SI0-SI9</u>	určuje, konkrétní úroveň stavu na jednotlivých vrstvách rozhovacieho stromu
<u>Time Category</u>	určuje kategorii stavu (běží, odstávka, porucha)
<u>Shift</u>	záznam o aktuální směně

#### Counter Acquisition

V této části se připojí counters, které byly již dříve definovány v „General Registry → Counters“. Zde jsou těmto čítačům přiřazena cesta ke vstupním datům, obdobně jako v případě Downtime Acquisition.



**Obr. 16** Nastavení Counter Acquisition

Data jsou ukládána do databáze Arch RPT MGR OEERT546C3276-B61D-47fe-9AF5-66BEE7A3BA76/OEECounterTable reprezentující Counter Acquisition.

K příslušné datové značce je mimo jiné dále zaznamenán:

CounterID identifikační číslo pro jednotlivý counter

274 pro counter Produced

318 pro counter Scrap

EquipmentID identifikační číslo zařízení. Plnička má číslo 269.

CounterValue relativní přírůstek oproti předcházejícímu záznamu

EngVersion popisuje aktuální použitou verzi projektu

AbsoluteValue absolutní hodnota čítače

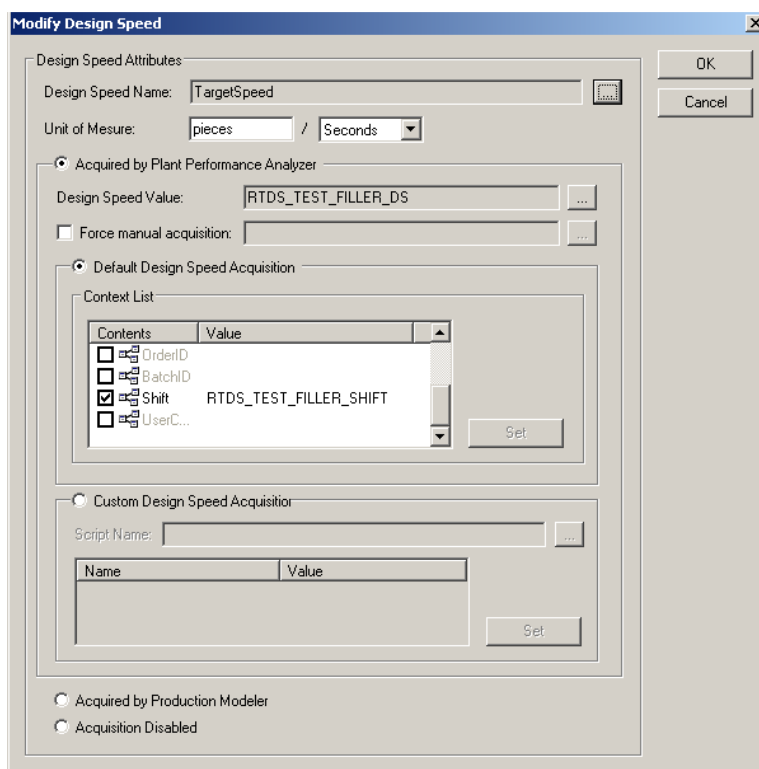
Shift záznam o aktuální směně

#### Design Speed Acquisition

V této části se připojí proměnné Design Speeds, které byly již dříve definovány v „General Registry → Design Speeds“. Zde jsou těmto datům přiřazena cesta ke vstupním datům týkajících se aktuální Design Speed a Shift, obdobně jako v případě Downtime Acquisition.

Název	Popis
RTDS_TEST_FILLER_DS	Informace o aktuální projektované rychlosti produkce
RTDS_TEST_FILLER_SH IFT	Informace o aktuální pracovní směně

**Tab. 8** Zdroje dat pro Design Speed Acquisition



**Obř. 17** Nastavení Design Speed Acquisition

Data jsou ukládána do databáze *Arch RPT MGR OEERT546C3276-B61D-47fe-9AF5-66BEE7A3BA76/OEEDesignSpeedTable* reprezentující Design Speed Acquisition. K příslušné datové značce je mimo jiné dále zaznamenán:

<u>CounterID</u>	identifikační číslo pro jednotlivý counter 274 pro counter Produced 318 pro counter Scrap
<u>EquipmentID</u>	identifikační číslo zařízení. Plnička má číslo 269.
<u>CounterValue</u>	relativní přírůstek oproti předcházejícímu záznamu
<u>EngVersion</u>	popisuje aktuální použitou verzi projektu
<u>AbsoluteValue</u>	absolutní hodnota čítače
<u>Shift</u>	záznam o aktuální směně

## 5 REPORTY

Jedním ze základních požadavků na MES systémy je přítomnost přehledného, vypovídající záznamu o vybrané části výrobní produkce, případně celé produkci. Vznikají tak přehledy nazývané Reporty, které slouží jako vstupní informace pro řídicí pracovníky podniku, kterými se zamýšlejí vedoucí směn, vedoucí výrobního oddělení, analytici společnosti, výrobní ředitelé. Reporty jsou nejčastěji zaměřeny na oblast šesti velkých ztrát, OEE a případně Downtime Pareto. Přinášejí na tyto výrobní ukazatele náhled s velkou variací zobrazovaných veličin. Jedná se o tabulky zobrazující parametry v horizontu měsíců, dní, směn i jednotlivých hodin produkce. Dále poskytují náhled prostřednictvím rozličných grafů a trendů, zobrazujících průběh sledovaných veličin.

### 5.1 Zpracování dat

MES aplikace SIMATIC IT ukládá data o procesu do tabulek v centrální databázi projektu. Konkrétní tabulky byly zmíněny v kapitole „Konfigurace zařízení“ a jsou uvedeny v příloze. Tyto data je potřeba transformovat do přehledné formy a prezentovat jako výstup analýzy výrobního procesu. K databázím se přistupuje pomocí QSL dotazů.

#### SQL

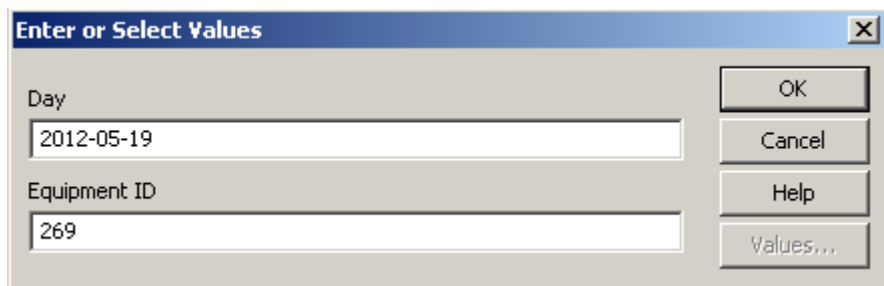
Základy jazyka SQL spadají do 70. let minulého století, kdy firma IBM prováděla výzkum relačních databází. Vznikl jazyk SEQUEL (Structured English Query Language), který tvořil sadu příkazů syntakticky velmi blízkou angličtině. Postupným vývojem došlo k přejmenování na SQL (Structured Query Language) a v roce 1986 přijetí jako standard SQL-86 americkou institucí ANSI. V pozdějších letech byly přijaty další verze standardu označované jako SQL2 a SQL3. Každá implementace SQL je ovšem specifická a neobsahuje vždy kompletní specifikaci normy. Naopak bývá doplněna o vlastní konstrukce, které standard nepopisuje. Tímto vzniká omezení ve vzájemné přenositelnosti dotazů mezi databázemi [16].

### 5.2 Tvorba reportů

Pro tvorbu reportů je použit software Desktop Intelligence a jeho část Report Manager obsažený v komponentě BusinessObjects XI. Přístup k datům je prováděn pomocí skriptů vytvořených ve „Free-hand SQL“. V projektu je vytvořeno několik rozdílných reportů monitorujících šest velkých ztrát, OEE a Downtime Pareto. Umožňují jejich zobrazení v horizontu dní, ale i rozděleno po směnách nebo jednotlivých hodinách ve

dni. Tabulky jsou doplněny o grafy a trendy poskytující větší přehled o vývoji veličin případně o jejich poměru.

Vstupní parametry pro všechny reporty jsou datum a Identifikační číslo zařízení, pro které chceme report vypracovat. ID zařízení je definováno v PPA databázi a pro stroj Plnič má hodnotu 269. Data jsou požadována před každým vyhotovením reportu.



Obr. 18 Vstup parametrů reportů

### 5.2.1 Prostoje zařízení

Zde je kladen důraz na zobrazení dostupnosti zařízení během pracovního cyklu. V této kategorii vznikají dvě velké ztráty a to vlivem poruch nebo seřizování zařízení. Charakteristickým ukazatelem je dostupnost zařízení, neboli Downtime Loss, která je dána produktivní dobou zařízení vzhledem k celkové pracovní době zařízení mimo plánovanou odstávku.

**Report č. 1** je zaměřen na zobrazení ztrát dostupnosti v horizontu dne. V záhlaví je uveden den a ID číslo zařízení, pro které probíhá analýza. První tabulka obsahuje souhrnné informace o dostupnosti zařízení za celý den. Druhá tabulka vyjadřuje informaci o dostupnosti zařízení v závislosti na pracovních směnách. Hlavní parametr reportu je obsažen v posledním sloupci obou tabulek. Obsahuje informaci o dostupnosti zařízení vyjádřenou jako Downtime Loss (viz Úvod do MES systémů). V poslední části reportu je zobrazen koláčový graf vyjadřující poměr hlavních kategorií stavu stroje (odstávka, porucha, produktivní čas) za období 24hodin.

Report je uveden v příloze **7.1 Report Downtime Loss 1**

Zdrojový kód reportu č. 1 v jazyku SQL je uveden v příloze **7.9 Zdrojový kód Downtime Loss 1**

**Report č. 2** je zaměřen na zobrazení ztrát dostupnosti v jednotlivých hodinách v průběhu dne. V záhlaví je uveden den a ID číslo zařízení, pro které probíhá analýza.

Tabulka obsahuje souhrnné informace o dostupnosti zařízení v jednotlivých hodinách. Posledním sloupci tabulky obsahuje informaci o dostupnosti zařízení vyjádřenou jako Downtime Loss (viz Úvod do MES systémů) pro jednotlivou pracovní hodinu. V dolní části reportu je zobrazen graf trendu dostupnosti zařízení (Downtime Loss) za období 24hodin.

Report č. 1 je uveden v příloze **7.2 Report Downtime Loss 2**

Zdrojový kód reportu č. 2 v jazyku SQL je uveden v příloze **7.10 Zdrojový kód Downtime Loss 2**

V tabulkách jsou aplikovány alarmy ke zvýraznění významných hodnot dosažených v dostupnosti zařízení. Podklad jednotlivých záznamů (řádků) je podbarven v závislosti na hodnotě příslušné dostupnosti.

Hodnota Downtime Loss	Zvýraznění
$\geq 90$	Hodnota
$\leq 70$	Hodnota

*Tab. 9 Prahý alarmů pro dostupnost zařízení*

## 5.2.2 Ztráta výkonnosti

Do této kategorie spadají především ztráty vlivem snížené produkční rychlosti a mikroprostoji. Charakteristickým ukazatelem je Ztráta rychlosti zařízení, neboli Speed Loss, která je dána dosaženou rychlostí produkce zařízení vzhledem k navržené rychlosti produkce, tzv. Design Speed.

**Report č. 3** je zaměřen na zobrazení ztrát výkonnosti v horizontu dne. V záhlaví je uveden den a ID číslo zařízení, pro které probíhá analýza. První tabulka obsahuje souhrnné informace o ztrátě rychlosti zařízení za celý den. Druhá tabulka vyjadřuje informaci o ztrátě rychlosti zařízení v závislosti na pracovních směnách. Hlavní parametr reportu je obsažen v posledním sloupci obou tabulek. Obsahuje informaci o ztrátě rychlosti zařízení vyjádřenou jako Speed Loss (viz Úvod do MES systémů). V poslední části reportu je zobrazen graf vyjadřující poměr projektované rychlosti produkce vzhledem k dosažené rychlosti produkce pro jednotlivé směny za období 24hodin.

Report č. 3 je uveden v příloze **7.3 Report Speed Loss 1**

Zdrojový kód reportu č. 3 v jazyku SQL je uveden v příloze **7.11 Zdrojový kód Speed Loss 1**

**Report č. 4** je zaměřen na zobrazení ztrát výkonnosti v jednotlivých hodinách v průběhu dne. V záhlaví je uveden den a ID číslo zařízení, pro které probíhá analýza. Tabulka obsahuje souhrnné informace o ztrátě rychlosti zařízení v jednotlivých hodinách. Posledním sloupci tabulky obsahuje informaci o ztrátě rychlosti zařízení vyjádřenou jako Speed Loss (viz Úvod do MES systémů) pro jednotlivou pracovní hodinu. V dolní části reportu je zobrazen graf trendu ztráty rychlosti zařízení (Speed Loss) za období 24hodin.

Report č. 4 je uveden v příloze **7.4 Report Speed Loss 2**

Zdrojový kód reportu č. 4 v jazyku SQL je uveden v příloze **7.12 Zdrojový kód Speed Loss 2**

V tabulkách jsou aplikovány alarmy ke zvýraznění významných hodnot dosažených ve Speed Loss. Podklad jednotlivých záznamů (řádků) je podbarven v závislosti na hodnotě příslušné Speed Loss.

Hodnota Speed Loss	Zvýraznění
$\geq 90$	Hodnota
$\leq 70$	Hodnota
$< 50$	Hodnota

*Tab. 10 Praha alarmů pro ztrátu rychlosti zařízení*

### 5.2.3 Ztráta kvality

Do této kategorie spadají především ztráty vlivem produkce vadných kusů a zaváděcími ztrátami při změnách ve výrobě. Charakteristickým ukazatelem je Ztráta kvality produkce, neboli Quality Loss, která je dána počtem kvalitně vyrobených kusů vzhledem k celkovému počtu vyrobených kusů.

**Report č. 5** je zaměřen na zobrazení ztrát kvality produkce v měřítku dne. V záhlaví je uveden den a ID číslo zařízení, pro které probíhá analýza. První tabulka obsahuje souhrnné informace o kvalitě produkce pro dané zařízení za celý den. Druhá tabulka vyjadřuje informaci o kvalitě produkce v závislosti na pracovních směnách. Hlavní parametr reportu je obsažen v posledním sloupci obou tabulek. Obsahuje informaci o kvalitě produkce daného zařízení vyjádřenou jako Quality Loss (viz Úvod do MES



systemů). V poslední části reportu je zobrazen koláčový graf vyjadřující poměr kvalitně vyrobených kusů v jednotlivých směnách za období 24hodin.

Report č. 5 je uveden v příloze **7.5 Report Quality Loss 1**

Zdrojový kód reportu č. 5 v jazyku SQL je uveden v příloze **7.13 Zdrojový kód Quality Loss 1**

**Report č. 6** je zaměřen na zobrazení kvality produkce v jednotlivých hodinách v průběhu dne. V záhlaví je uveden den a ID číslo zařízení, pro které probíhá analýza. Tabulka obsahuje souhrnné informace o ztrátě kvality produkce včetně přehledu o vyprodukovaných kusech pro dané zařízení v jednotlivých hodinách. Posledním sloupci tabulky obsahuje informaci o ztrátě kvality vyjádřenou jako Quality Loss (viz Úvod do MES systémů) pro jednotlivou pracovní hodinu. V dolní části reportu je zobrazen graf trendu ztráty kvality (Quality Loss) za období 24hodin.

Report č. 6 je uveden v příloze **7.6 Report Quality Loss 2**

Zdrojový kód reportu č. 6 v jazyku SQL je uveden v příloze **7.14 Zdrojový kód Quality Loss 2**

V tabulkách jsou aplikovány alarmy ke zvýraznění významných hodnot dosažených ve Quality Loss. Podklad jednotlivých záznamů (řádků) je podbarven v závislosti na hodnotě příslušné Quality Loss.

Hodnota Quality Loss	Zvýraznění
$\geq 98$	Hodnota
$\leq 95$	Hodnota
$< 90$	Hodnota

*Tab. 11 Prahý alarmů pro ztrátu kvality*

## 5.2.4 OEE

Celková efektivnost zařízení, neboli OEE (Overall Equipment Effectiveness) je všeobecně uznávaný ukazatel ke sledování využití stroje nebo zařízení. Slouží k relevantnímu porovnání výkonnosti zařízení, výrobních linek nebo celých výrobních závodů. OEE je určen kombinací informací o dostupnosti, výkonnosti a kvalitě výroby na konkrétním zařízení. Podrobnější informace a způsob výpočtu jsou uvedeny v kapitole Úvod do MES systémů.

**Report č. 7** je zaměřen na souhrnné zobrazení ukazatelů činnosti výroby včetně OEE v jednotlivých hodinách v průběhu dne. V záhlaví je uveden den a ID číslo zařízení, pro které probíhá analýza. Tabulka obsahuje souhrnné informace o ukazatelích výroby pro dané zařízení v jednotlivých hodinách. Posledním sloupci tabulky obsahuje informaci o OEE jednotlivou pracovní hodinu. V dolní části reportu je zobrazen graf trendu jednotlivých ukazatelů produkce za období 24hodin.

Report č. 7 je uveden v příloze **7.7 Report OEE**

Zdrojový kód reportu č. 7 v jazyku SQL je uveden v příloze **7.15 Zdrojový kód OEE**

V tabulkách jsou aplikovány alarmy ke zvýraznění významných hodnot dosažených v položce OEE. Podklad jednotlivých záznamů (řádků) je podbarven v závislosti na hodnotě příslušné OEE.

Hodnota OEE	Zvýraznění
$\geq 60$	Hodnota
$\leq 40$	Hodnota
$< 10$	Hodnota

*Tab. 12 Praha alarmů pro OEE*

## 5.2.5 Downtime Pareto

Tento specifický diagram slouží ke grafickému znázornění vzájemného rozdílu prostožů. Graf jednak zobrazuje délku trvání jednotlivých prostožů pomocí sloupcového grafu. Data jsou seřazena sestupně. Druhý graf je křivka vyjadřující četnost výskytu jednotlivých prostožů.

Report č. 8 je uveden v příloze **7.8 Report Downtime Pareto**

## 6 ZÁVĚR

První část diplomové práce obsahuje úvod do řídicího informačního systému podniku MES. Je definována jeho úloha a zařazení v informačním systému výrobního podniku do tzv. pyramidy výrobního procesu, založená na vzniklých standardech. O tento vývoj se zasloužily mezinárodní organizace jako je MESA, sdružující výrobce MES systémů a dalších prvků pro automatizaci a ISA, která definovala doporučení dle standardu S95. Tímto vznikl účinný nástroj pro zefektivnění výroby, zajištění a případné vynucení správných výrobních postupů, řízení a plánování výroby dle požadavků (objednávek), zajištění sběru dat z výroby a jejich záznam, sledování průběhu výroby se zaměřením na prostoje a celkovou efektivitu výroby a poskytnutí získaných dat pro analýzu a reporty. Zvláštní pozornost byla věnována konceptu šesti velkých ztrát vznikajících ve výrobě (*Six Big Losses*). Tyto ztráty jsou rozděleny do tří kategorií, kterými jsou prostoje – ztráty vlivem zastavení výroby (poruchy, výpadky atd.). Další kategorií jsou ztráty výkonnosti, které jsou způsobeny mikroprostoji a dalšími aspekty, způsobujícími sníženou rychlost produkce oproti projektované rychlosti. Poslední kategorií ztrát jsou ztráty na kvalitě. Tyto ztráty zahrnují vadné kusy vlivem snížené kvality produkce a vadné kusy vzniklé během přechodových fází výroby.

Na základě kvantifikovaných ztrát ve výrobě je možno definovat velké množství ukazatelů charakterizujících výrobní proces. Mezi ty základní mohou patřit ukazatele popisující stav stroje jako je například *Maintenance, Availability, Downtime Loss* atd. Další skupinou jsou ukazatele popisující spolehlivost stroje. Do této kategorie spadají ukazatele *MTBF, MTBA* a další. Mezi ukazatele popisující rychlost produkce spadají *Performance Rate/Time Loss, Speed Loss/Production* atd. Další kategorií jsou komplexnější ukazatele popisující výkonnost, efektivitu a kvalitu výroby. Do této kategorie spadá také ukazatel Celkové efektivity zařízení *OEE*. Jedná se o všeobecně uznávaný ukazatel využití zařízení, pracují na základě informací o dostupnosti, výkonnosti a kvalitě produkce. Je možné jej stanovit pro jednotlivá zařízení, výrobní linky nebo celé výrobní podniky.

Na základě teoretického úvodu byl vytvořen model plnicí linky lahví. Pro navržený stroj plnič (*BOTTLE\_FILLER*) byly definována potřebná data, obvykle získávána z procesní automatizace daného prvku. Jedná se o data popisující stav stroje, počet vyrobených kusů, počet vyrobených zmetků, projektovanou rychlost produkce pro aktuální produkt a informaci o pracovní směně pro záznam obsluhy stroje. K simulaci zdrojových dat slouží software *KEPServerEx V4*, který zároveň obstarává funkci OPC serveru. Simulace dat probíhá na základě kombinace několika algoritmů pro generaci dat. V kapitole jsou rovněž uvedeny adresy dat pro přístup na OPC server.

Následující části projektu obsahuje úvod do komplexního počítačového systému SIMATIC IT ve verzi 6.4. Systém splňuje celosvětové standardy definované asociacemi MESA a ISA. Je implementován jako součást rozšířeného konceptu TIA od společnosti Siemens. Slouží ke sledování, plánování a organizaci výroby společně s přímým napojením na ERP systém, kterým bývá typicky SAP. Výsledkem je systém umožňující zvyšování efektivity a pružnosti výrobního procesu společně s dokumentací výroby vhodný pro téměř všechny odvětví výrobního průmyslu.

V diplomové práci jsou popsány základní komponenty použité při tvorbě projektu. Tvorba symbolických proměnných a jejich provázání na OPC server je provedeno v Database Editoru. Sběr dat je prováděn pomocí služby Real Time Data Server (RTDS). Další významnou komponentou použitou v projektu je Plant Performance Analyzer (PPA) doložený o modul OEE-DTM. Tento nástroj, společně s RTDS, slouží k dlouhodobému sběru, analýze, zpracování a ukládání dat týkajících se především analýzy efektivity produkce. V prvním kroku byly vytvořeny PPA databázi definovány stroje sdružené do skupin. Následně je definován časový harmonogram aplikace, které slouží k definici základních kategorií procesu a zařazení jednotlivých prostojů. V návaznosti na časový harmonogram je vytvořen rozhodovací strom pro pracovní stroj plnič. Rozhodovací strom představuje hierarchické uspořádání stavů zařízení. K vytvořenému rozhodovacímu stromu se váže tabulka stavů, která představuje stavy z rozhodovacího stromu doplněné o identifikační číslo, podle kterého budou zařazeny příchozí data o stavu stroje. K zařízení plnička jsou přiřazeny čítače udávající počet celkově vyrobených kusů a počet zmetků a registr Design Speed. Tyto čítače a registr jsou svázány se zdrojem dat poskytovaným RTDS. Dále je nakonfigurováno připojení na zdroj dat o stavu plničky. Všechna tyto data jsou ukládána do databáze navíc společně se záznamem o aktuální pracovní směně obsluhy zařízení.

Poslední kapitola práce je věnována prezentaci výsledků analýzy ukazatelů činnosti výroby, tzv. reportům. Ty slouží k přehlednému a vypovídajícímu zobrazení analýzy vybraného zařízení vzhledem s ohledem na sledovaný parametr. Reporty přinášejí hlavní přínos pro vedoucí pracovníky a lidi odpovědné za analýzu a plánování produkce. Reporty obsažené v projektu jsou zaměřeny především na oblast šesti velkých ztrát. Vstupním parametrem při spuštění reportu je datum, pro které chceme report zpracovat a číslo zařízení. Report č. 1 a 2 je zaměřen na sledování dostupnosti zařízení. Zobrazuje dobu trvání jednotlivých stavů stroje a určuje jeho dostupnost (Availability) v horizontu dnu, pracovní směny a v průběhu jednotlivých hodin produkce. Jsou doplněny o grafy znázorňující poměr základních stavů stroje a vývoj dostupnosti v průběhu zvoleného dne. Report č. 3 a 4 je zaměřen na sledování

výkonnosti. Zde jsou hlavními parametry navržená produkční rychlost a dosažená rychlost produkce. Tímto vzniká údaj o ztrátách rychlosti zařízení (Speed Loss). V tabulkách je zaznamenán vývoj během dne, směn a jednotlivých hodin. Grafy zobrazují poměry mezi požadovanou a skutečnou rychlostí produkce a vývoj Speed Loss v průběhu zvoleného dne. Report č. 5 a 6 jsou zaměřeny na sledování kvality produkce (Quality Loss) a zobrazují ji v měřítku dnu, směny a pracovních hodin. Koláčový graf zobrazuje poměr kvalitních vyrobených kusů v jednotlivých pracovních směnách. Na dalším grafu je zachycen trend kvality v průběhu zvoleného dne. Kombinací informací o dostupnosti, výkonnosti a kvalitě je možno určit celkový ukazatel efektivnosti produkce, tzv. OEE. Tyto veličiny jsou souhrnně prezentovány v Reportu č. 7 v průběhu zvoleného dne. Na grafu je zobrazen trend těchto veličin společně s OEE. Report č. 8 zobrazuje Downtime Pareto. Jedná se o graf informující jednak o četnosti jednotlivých důvodů odstávky tak i o jejich souhrnném trvání.

Výsledkem diplomové práce je komplexní aplikace modelující výrobní zařízení a obsahují MES systém poskytující sběr dat pomocí OPC, kategorizaci a zpracování dat s následnou archivací v databázi. Data jsou prezentována pomocí SQL reportů a zobrazují ztráty vzniklé ve výrobě. Na modelovém příkladu si lze všimnout velkého vlivu Speed Loss na trend OEE, který jej prakticky kopíruje. Z pohledu vedoucího pracovníka s cílem optimalizace výroby a zvýšení efektivity se v tomto případě nabízí zaměření především na oblast Speed Loss.

# 7 PŘÍLOHY

## 7.1 Report Downtime Loss 1

Report Downtime Loss

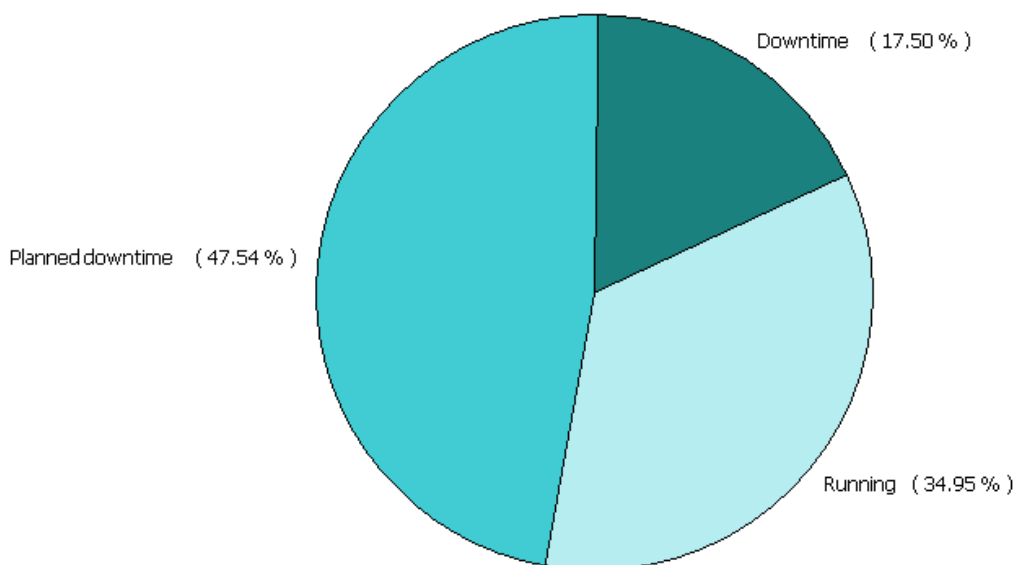
2012-05-19

ID: 269

Duration	Planned downtime	Downtime	Production Time	Downtime Loss %
23:59:34	01:15:54	03:04:47	19:38:53	86.45

Shift	Duration	Planned downtime	Downtime	Production Time	Downtime Loss %
1	08:02:32	00:25:49	01:02:10	06:34:33	86.39
2	08:03:47	00:25:11	01:01:50	06:36:46	86.52
3	07:53:15	00:24:54	01:00:47	06:27:34	86.44

Stav stroje/24h



## 7.2 Report Downtime Loss 2

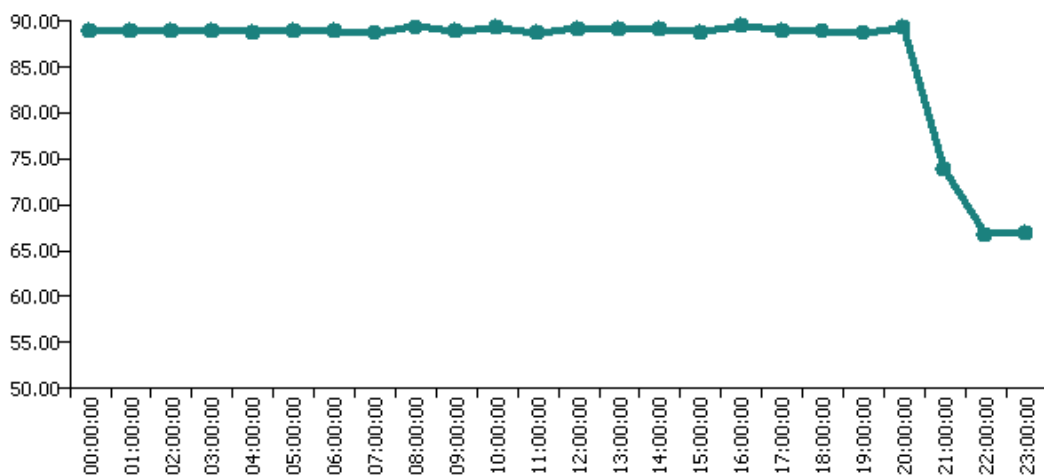
### Report Downtime Loss by 24 hours

2012-05-19

ID: 269

OD	DO	Planned Downtime	Downtime	Production Time	Downtime Loss %
00:00:00	01:00:00	00:03:02	00:06:21	00:50:10	88.76
01:00:00	02:00:00	00:03:13	00:06:22	00:50:45	88.85
02:00:00	03:00:00	00:03:05	00:06:21	00:50:12	88.77
03:00:00	04:00:00	00:03:14	00:06:25	00:51:15	88.87
04:00:00	05:00:00	00:03:02	00:06:21	00:50:04	88.74
05:00:00	06:00:00	00:03:16	00:06:23	00:51:03	88.89
06:00:00	07:00:00	00:03:05	00:06:17	00:50:12	88.88
07:00:00	08:00:00	00:03:17	00:06:20	00:49:50	88.72
08:00:00	09:00:00	00:03:05	00:06:08	00:51:18	89.32
09:00:00	10:00:00	00:03:16	00:06:17	00:50:11	88.87
10:00:00	11:00:00	00:03:16	00:06:07	00:50:21	89.17
11:00:00	12:00:00	00:03:04	00:06:31	00:50:43	88.61
12:00:00	13:00:00	00:03:16	00:06:11	00:50:40	89.12
13:00:00	14:00:00	00:03:08	00:06:10	00:50:27	89.11
14:00:00	15:00:00	00:03:06	00:06:18	00:50:46	88.96
15:00:00	16:00:00	00:03:13	00:06:21	00:50:03	88.74
16:00:00	17:00:00	00:03:15	00:06:03	00:51:24	89.47
17:00:00	18:00:00	00:03:05	00:06:15	00:50:14	88.93
18:00:00	19:00:00	00:03:19	00:06:28	00:51:12	88.79
19:00:00	20:00:00	00:03:07	00:06:22	00:49:27	88.59
20:00:00	21:00:00	00:03:02	00:06:13	00:51:04	89.15
21:00:00	22:00:00	00:03:05	00:14:49	00:41:44	73.80
22:00:00	23:00:00	00:03:05	00:18:54	00:37:56	66.74
23:00:00	00:00:00	00:03:18	00:18:50	00:37:52	66.78

Vyvoj dostupnosti stroje / 24h



### 7.3 Report Speed Loss 1

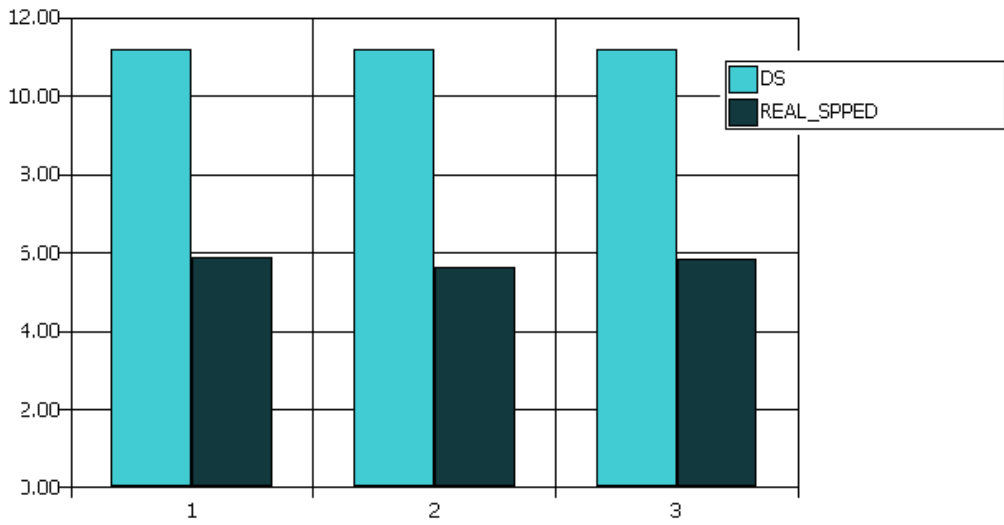
Report Speed Loss

2012-05-19	ID: 269
------------	---------

Duration RUN	Produced	Design Speed	Speed	Speed Loss %
19:38:53	496,537.00	11.15	5.75	51.54

Shift	Duration RUN	Produced	Design Speed	Speed	Speed Loss %
1	06:34:33	169,132.00	11.16	5.84	52.32
2	06:36:46	162,560.00	11.15	5.60	50.22
3	06:27:34	164,845.00	11.15	5.81	52.05

Design Speed & Real Production Speed / Shift / 24h





## 7.4 Report Speed Loss 2

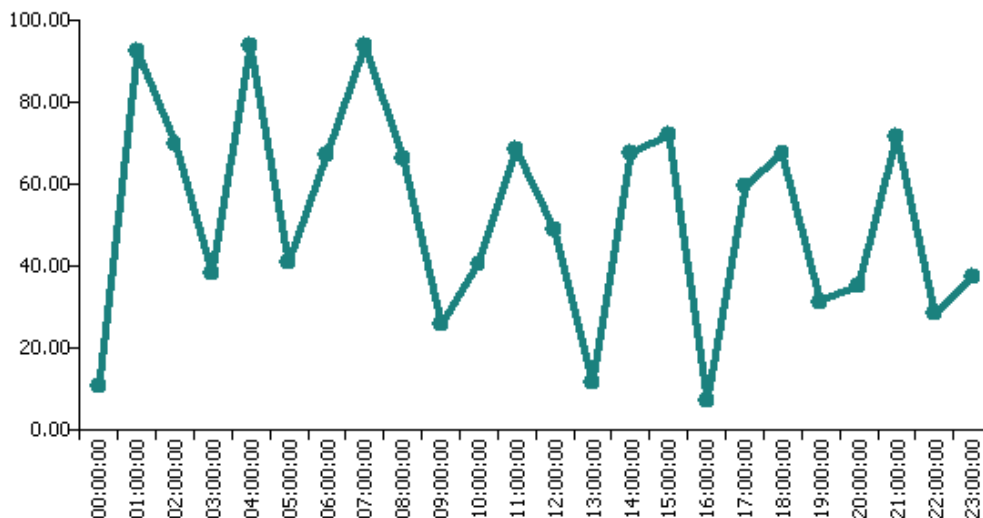
### Report Speed Loss by 24 hours

2012-05-19

ID: 269

OD	DO	Duration	RUI Produced	Design Speed	Speed	Speed Loss %
00:00:00	01:00:00	00:50:10	3,999.00	10.50	1.12	10.66
01:00:00	02:00:00	00:50:45	35,138.00	10.50	9.71	92.44
02:00:00	03:00:00	00:50:12	26,258.00	10.50	7.34	69.89
03:00:00	04:00:00	00:51:15	14,660.00	10.50	4.01	38.21
04:00:00	05:00:00	00:50:04	35,162.00	10.50	9.86	93.87
05:00:00	06:00:00	00:51:03	15,667.00	10.50	4.30	40.97
06:00:00	07:00:00	00:50:12	25,215.00	10.50	7.06	67.20
07:00:00	08:00:00	00:49:50	35,103.00	10.50	9.84	93.72
08:00:00	09:00:00	00:51:18	27,100.00	11.26	7.46	66.29
09:00:00	10:00:00	00:50:11	10,652.00	11.50	2.97	25.84
10:00:00	11:00:00	00:50:21	16,704.00	11.50	4.66	40.53
11:00:00	12:00:00	00:50:43	28,489.00	11.50	7.87	68.46
12:00:00	13:00:00	00:50:40	20,307.00	11.50	5.63	48.96
13:00:00	14:00:00	00:50:27	4,699.00	11.50	1.31	11.40
14:00:00	15:00:00	00:50:46	28,043.00	11.50	7.77	67.55
15:00:00	16:00:00	00:50:03	29,655.00	11.50	8.29	72.09
16:00:00	17:00:00	00:51:24	2,984.00	11.50	0.82	7.12
17:00:00	18:00:00	00:50:14	24,425.00	11.50	6.83	59.42
18:00:00	19:00:00	00:51:12	28,333.00	11.50	7.74	67.34
19:00:00	20:00:00	00:49:27	12,714.00	11.50	3.60	31.27
20:00:00	21:00:00	00:51:04	14,575.00	11.50	4.03	35.02
21:00:00	22:00:00	00:41:44	29,401.00	11.50	8.22	71.45
22:00:00	23:00:00	00:37:56	11,775.00	11.50	3.28	28.49
23:00:00	00:00:00	00:37:52	15,479.00	11.50	4.30	37.38

Vyvoj ztraty rychlosti / 24h



## 7.5 Report Quality Loss 1

### Report Produced & Quality Loss

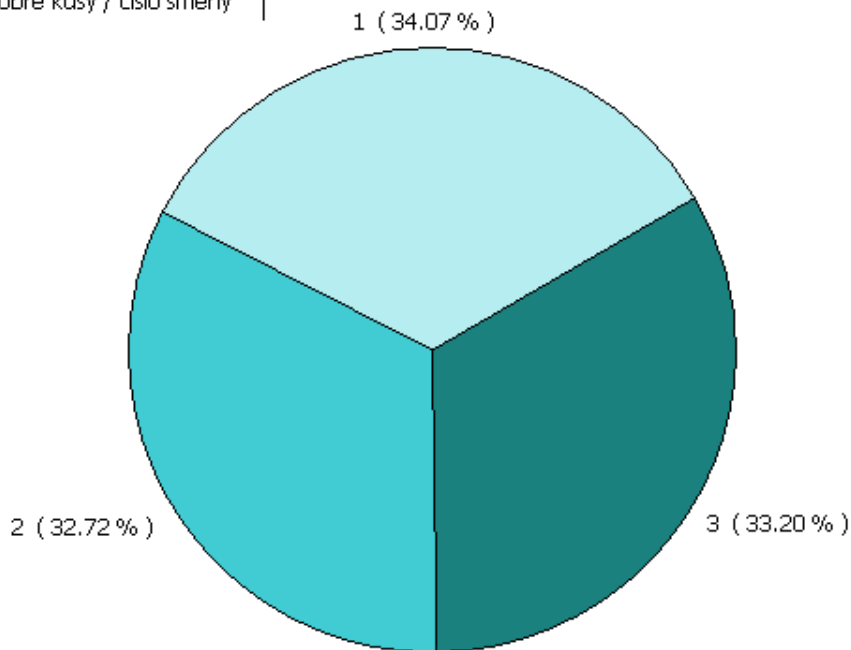
2012-05-19

ID: 269

PROD	SCRAP	GOOD	QL_RATE %
496,537.00	10,887.00	485,650.00	97.81

Shift	PROD	SCRAP	GOOD	QL_RATE %
1	169,132.00	3,660.00	165,472.00	97.84
2	162,560.00	3,639.00	158,921.00	97.76
3	164,845.00	3,588.00	161,257.00	97.82

Dobre kusy / cislo smeny



## 7.6 Report Quality Loss 2

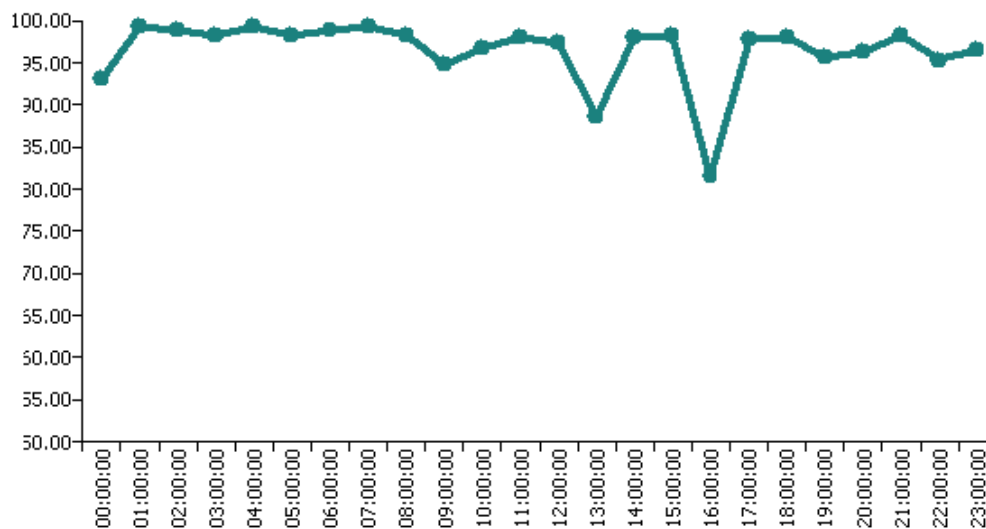
### Report Produced & Quality Loss by 24 hours

2012-05-19

ID: 269

OD	DO	Vyprodukovano ks	Zmetky ks	Kvalitni ks	Kvalita %
00:00:00	01:00:00	3,999.00	276.00	3,723.00	93.10
01:00:00	02:00:00	35,138.00	277.00	34,861.00	99.21
02:00:00	03:00:00	26,258.00	277.00	25,981.00	98.95
03:00:00	04:00:00	14,660.00	276.00	14,384.00	98.12
04:00:00	05:00:00	35,162.00	277.00	34,885.00	99.21
05:00:00	06:00:00	15,667.00	277.00	15,390.00	98.23
06:00:00	07:00:00	25,215.00	276.00	24,939.00	98.91
07:00:00	08:00:00	35,103.00	277.00	34,826.00	99.21
08:00:00	09:00:00	27,100.00	469.00	26,631.00	98.27
09:00:00	10:00:00	10,652.00	549.00	10,103.00	94.85
10:00:00	11:00:00	16,704.00	554.00	16,150.00	96.68
11:00:00	12:00:00	28,489.00	554.00	27,935.00	98.06
12:00:00	13:00:00	20,307.00	519.00	19,788.00	97.44
13:00:00	14:00:00	4,699.00	541.00	4,158.00	88.49
14:00:00	15:00:00	28,043.00	547.00	27,496.00	98.05
15:00:00	16:00:00	29,655.00	543.00	29,112.00	98.17
16:00:00	17:00:00	2,984.00	552.00	2,432.00	81.50
17:00:00	18:00:00	24,425.00	552.00	23,873.00	97.74
18:00:00	19:00:00	28,333.00	551.00	27,782.00	98.06
19:00:00	20:00:00	12,714.00	550.00	12,164.00	95.67
20:00:00	21:00:00	14,575.00	552.00	14,023.00	96.21
21:00:00	22:00:00	29,401.00	540.00	28,861.00	98.16
22:00:00	23:00:00	11,775.00	552.00	11,223.00	95.31
23:00:00	00:00:00	15,479.00	549.00	14,930.00	96.45

Vyvoj kvality produkce/ 24h



## 7.7 Report OEE

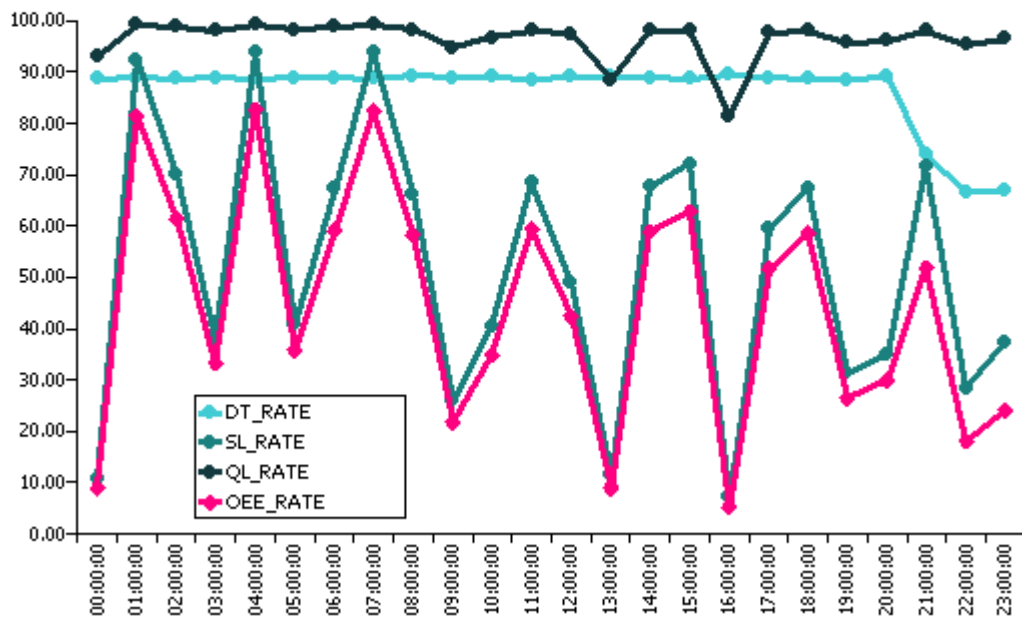
### Report Losses & OEE by 24 hours

2012-05-19

ID: 269

DD	DO	Downtime Loss %	Speed Loss %	Quality Loss %	OEE %
00:00:00	01:00:00	88.76	10.66	93.10	8.81
01:00:00	02:00:00	88.85	92.44	99.21	81.49
02:00:00	03:00:00	88.77	69.89	98.95	61.39
03:00:00	04:00:00	88.87	38.21	98.12	33.32
04:00:00	05:00:00	88.74	93.87	99.21	82.65
05:00:00	06:00:00	88.89	40.97	98.23	35.77
06:00:00	07:00:00	88.88	67.20	98.91	59.07
07:00:00	08:00:00	88.72	93.72	99.21	82.50
08:00:00	09:00:00	89.32	66.29	98.27	58.18
09:00:00	10:00:00	88.87	25.84	94.85	21.78
10:00:00	11:00:00	89.17	40.53	96.68	34.94
11:00:00	12:00:00	88.61	68.46	98.06	59.49
12:00:00	13:00:00	89.12	48.96	97.44	42.52
13:00:00	14:00:00	89.11	11.40	88.49	8.99
14:00:00	15:00:00	88.96	67.55	98.05	58.92
15:00:00	16:00:00	88.74	72.09	98.17	62.80
16:00:00	17:00:00	89.47	7.12	81.50	5.20
17:00:00	18:00:00	88.93	59.42	97.74	51.65
18:00:00	19:00:00	88.79	67.34	98.06	58.63
19:00:00	20:00:00	88.59	31.27	95.67	26.50
20:00:00	21:00:00	89.15	35.02	96.21	30.03
21:00:00	22:00:00	73.80	71.45	98.16	51.76
22:00:00	23:00:00	66.74	28.49	95.31	18.12
23:00:00	00:00:00	66.78	37.38	96.45	24.08

Losses & OEE / 24h



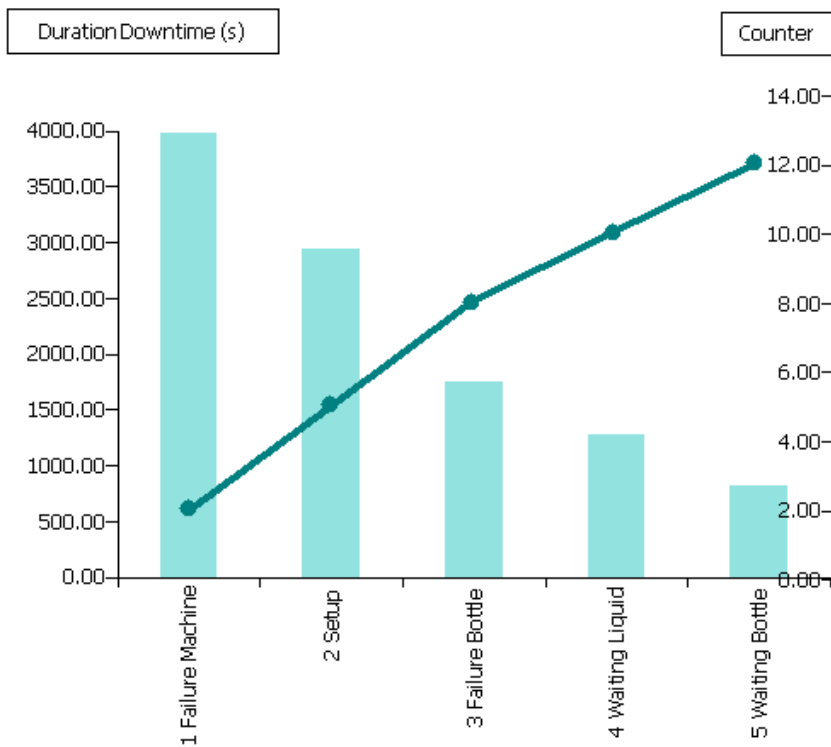
## 7.8 Report Downtime Pareto

### Downtime Pareto

2012-05-19

ID: 269

Label	Duration Downtime (s)	Duration downtime	Counter
1 Failure Machine	3,990.00	01:06:30	2.00
2 Setup	2,941.00	00:49:01	5.00
3 Failure Bottle	1,756.00	00:29:16	8.00
4 Waiting Liquid	1,289.00	00:21:29	10.00
5 Waiting Bottle	828.00	00:13:48	12.00



## 7.9 Zdrojový kód Downtime Loss 1

### 1. tabulka – celkový přehled

```
-- Downtime Loss
DECLARE @StartTime    datetime
DECLARE @EqId        integer
SET @EqId            = @variable('Equipment ID')
SET @StartTime       = @variable('Day')

SELECT CONVERT(char(8), DATEADD(second, Duration, '0:00:00'), 108) AS Duration,
       CONVERT(char(8), DATEADD(second, Duration_PDT, '0:00:00'), 108) AS Duration_PDT,
       CONVERT(char(8), DATEADD(second, Duration_DT, '0:00:00'), 108) AS Duration_DT,
       CONVERT(char(8), DATEADD(second, Duration_RUN, '0:00:00'), 108) AS Duration_RUN,
       CONVERT(float, Duration_RUN)*100/(CONVERT(float, Duration)-
CONVERT(float, Duration_PDT)) AS DT_RATE
FROM (
  SELECT sum(DATEDIFF(s, StartTime, EndTime)) AS Duration
  FROM [Arch_RPT_MGR_OEERT546C3276-B61D-47fe-9AF5-66BEE7A3BA76/OEEDTMTable]
  WHERE
    StartTime BETWEEN @StartTime AND @StartTime+1
  ) AAA
JOIN
(
  SELECT sum(DATEDIFF(s, StartTime, EndTime)) AS Duration_PDT
  FROM [Arch_RPT_MGR_OEERT546C3276-B61D-47fe-9AF5-66BEE7A3BA76/OEEDTMTable]
  WHERE
    StartTime BETWEEN @StartTime AND @StartTime+1
    AND
    LEVEL0 = 128
  ) BBB
ON 1=1
JOIN
(
  SELECT sum(DATEDIFF(s, StartTime, EndTime)) AS Duration_DT
  FROM [Arch_RPT_MGR_OEERT546C3276-B61D-47fe-9AF5-66BEE7A3BA76/OEEDTMTable]
  WHERE
    StartTime BETWEEN @StartTime AND @StartTime+1
    AND
    LEVEL0 = 139
  ) CCC
ON 1=1
JOIN
(
  SELECT sum(DATEDIFF(s, StartTime, EndTime)) AS Duration_RUN
  FROM [Arch_RPT_MGR_OEERT546C3276-B61D-47fe-9AF5-66BEE7A3BA76/OEEDTMTable]
  WHERE
    StartTime BETWEEN @StartTime AND @StartTime+1
    AND
    LEVEL0 = 159
  ) DDD
ON 1=1
```

### 2. tabulka – dělení na směny

```
-- Downtime Loss
DECLARE @StartTime    datetime
DECLARE @EqId        integer
SET @EqId            = @variable('Equipment ID')
SET @StartTime       = @variable('Day')

SELECT AAA.Shift,
       CONVERT(char(8), DATEADD(second, Duration, '0:00:00'), 108) AS Duration,
       CONVERT(char(8), DATEADD(second, Duration_PDT, '0:00:00'), 108) AS Duration_PDT,
       CONVERT(char(8), DATEADD(second, Duration_DT, '0:00:00'), 108) AS Duration_DT,
```

```

CONVERT(char(8), DATEADD(second, Duration_RUN, '0:00:00'), 108) AS Duration_RUN,
CONVERT(float, Duration_RUN) * 100 / (CONVERT(float, Duration) -
CONVERT(float, Duration_PDT)) AS DT_RATE
FROM (
SELECT Shift, sum(DATEDIFF(s, StartTime, EndTime)) AS Duration
FROM [Arch_RPT_MGR_OEERT546C3276-B61D-47fe-9AF5-66BEE7A3BA76/OEEDTMTable]
WHERE
    StartTime BETWEEN @StartTime AND @StartTime+1
GROUP BY Shift) AAA
JOIN
(
SELECT Shift, sum(DATEDIFF(s, StartTime, EndTime)) AS Duration_PDT
FROM [Arch_RPT_MGR_OEERT546C3276-B61D-47fe-9AF5-66BEE7A3BA76/OEEDTMTable]
WHERE
    StartTime BETWEEN @StartTime AND @StartTime+1
    AND
    LEVEL0 = 128
GROUP BY Shift) BBB
ON AAA.Shift = BBB.Shift
JOIN
(
SELECT Shift, sum(DATEDIFF(s, StartTime, EndTime)) AS Duration_DT
FROM [Arch_RPT_MGR_OEERT546C3276-B61D-47fe-9AF5-66BEE7A3BA76/OEEDTMTable]
WHERE
    StartTime BETWEEN @StartTime AND @StartTime+1
    AND
    LEVEL0 = 139
GROUP BY Shift) CCC
ON BBB.Shift = CCC.Shift
JOIN
(
SELECT Shift, sum(DATEDIFF(s, StartTime, EndTime)) AS Duration_RUN
FROM [Arch_RPT_MGR_OEERT546C3276-B61D-47fe-9AF5-66BEE7A3BA76/OEEDTMTable]
WHERE
    StartTime BETWEEN @StartTime AND @StartTime+1
    AND
    LEVEL0 = 159
GROUP BY Shift) DDD
ON CCC.Shift = DDD.Shift

```

## 7.10 Zdrojový kód Downtime Loss 2

tabulka – dělení po hodinách

```
-- Downtime Loss
DECLARE @StartTime    datetime
DECLARE @EqId        integer
SET @EqId            = @variable('Equipment ID')
SET @StartTime = @variable('Day')

SELECT CONVERT(char(8), DATEADD(hour, AAA.HOUR, '0:00:00'), 108) AS START,
       CONVERT(char(8), DATEADD(hour, AAA.HOUR, '1:00:00'), 108) AS STOP,
       CONVERT(char(8), DATEADD(second, Duration_PDT, '0:00:00'), 108) AS Duration_PDT,
       CONVERT(char(8), DATEADD(second, Duration_DT, '0:00:00'), 108) AS Duration_DT,
       CONVERT(char(8), DATEADD(second, Duration_RUN, '0:00:00'), 108) AS Duration_RUN,
       CONVERT(float, Duration_RUN) * 100 / (CONVERT(float, Duration) -
CONVERT(float, Duration_PDT)) AS DT_RATE
FROM (
    SELECT DATEPART(hour, StartTime) AS HOUR, sum(DATEDIFF(s, StartTime, EndTime)) AS
Duration
    FROM [Arch_RPT_MGR_OEERT546C3276-B61D-47fe-9AF5-66BEE7A3BA76/OEEDTMTable]
    WHERE
        StartTime BETWEEN @StartTime AND @StartTime+1
    GROUP BY DATEPART(hour, StartTime) AAA
    JOIN
    (
    SELECT DATEPART(hour, StartTime) AS HOUR, sum(DATEDIFF(s, StartTime, EndTime)) AS
Duration_PDT
    FROM [Arch_RPT_MGR_OEERT546C3276-B61D-47fe-9AF5-66BEE7A3BA76/OEEDTMTable]
    WHERE
        StartTime BETWEEN @StartTime AND @StartTime+1
        AND
        LEVEL0 = 128
    GROUP BY DATEPART(hour, StartTime) BBB
    ON AAA.HOUR = BBB.HOUR
    JOIN
    (
    SELECT DATEPART(hour, StartTime) AS HOUR, sum(DATEDIFF(s, StartTime, EndTime)) AS
Duration_DT
    FROM [Arch_RPT_MGR_OEERT546C3276-B61D-47fe-9AF5-66BEE7A3BA76/OEEDTMTable]
    WHERE
        StartTime BETWEEN @StartTime AND @StartTime+1
        AND
        LEVEL0 = 139
    GROUP BY DATEPART(hour, StartTime) CCC
    ON BBB.HOUR = CCC.HOUR
    JOIN
    (
    SELECT DATEPART(hour, StartTime) AS HOUR, sum(DATEDIFF(s, StartTime, EndTime)) AS
Duration_RUN
    FROM [Arch_RPT_MGR_OEERT546C3276-B61D-47fe-9AF5-66BEE7A3BA76/OEEDTMTable]
    WHERE
        StartTime BETWEEN @StartTime AND @StartTime+1
        AND
        LEVEL0 = 159
    GROUP BY DATEPART(hour, StartTime) DDD
    ON CCC.HOUR = DDD.HOUR
    ORDER BY AAA.HOUR
```



## 7.11 Zdrojový kód Speed Loss 1

### 1. tabulka – celkový přehled

```
-- Speed Loss
DECLARE @StartTime    datetime
DECLARE @EqId        integer
SET @EqId            = @variable('Equipment ID')
SET @StartTime = @variable('Day')

SELECT PROD,
        CONVERT(char(8), DATEADD(second, Duration, '0:00:00'), 108) AS Duration,
        CONVERT(char(8), DATEADD(second, Duration_RUN, '0:00:00'), 108) AS Duration_RUN,
        DS_1H/DS_REC AS DS_AVG,
        PROD/Duration_RUN AS REAL_SPPED,
        PROD/Duration AS REAL_SPPED2,
        (PROD/Duration)/(DS_1H/DS_REC)*100 AS SL_RATE
FROM (
    SELECT sum(DATEDIFF(s,StartTime,EndTime)) AS Duration
    FROM [Arch_RPT_MGR_OEERT546C3276-B61D-47fe-9AF5-66BEE7A3BA76/OEEDTMTTable]
    WHERE
        StartTime BETWEEN @StartTime AND @StartTime+1
    ) FFF
JOIN
(
    SELECT sum(CounterValue) AS PROD
    FROM [Arch_RPT_MGR_OEERT546C3276-B61D-47fe-9AF5-66BEE7A3BA76/OEECounterTable]
    WHERE
        CounterID = 274
        AND
        StartTime BETWEEN @StartTime AND @StartTime+1
    ) AAA
JOIN
(
    SELECT sum(DATEDIFF(s,StartTime,EndTime)) AS Duration_RUN
    FROM [Arch_RPT_MGR_OEERT546C3276-B61D-47fe-9AF5-66BEE7A3BA76/OEEDTMTTable]
    WHERE
        LEVEL0 = 159
        AND StartTime BETWEEN @StartTime AND @StartTime+1
    ) BBB
JOIN
(
    SELECT sum(DesignSpeedValue) AS DS_1H
    FROM [Arch_RPT_MGR_OEERT546C3276-B61D-47fe-9AF5-66BEE7A3BA76/OEEDesignSpeedTable]
    WHERE
        DesignSpeedId = 86
        AND StartTime BETWEEN @StartTime AND @StartTime+1
    ) CCC
JOIN
(
    SELECT Count(*) AS DS_REC
    FROM [Arch_RPT_MGR_OEERT546C3276-B61D-47fe-9AF5-66BEE7A3BA76/OEEDesignSpeedTable]
    WHERE
        DesignSpeedId = 86
        AND StartTime BETWEEN @StartTime AND @StartTime+1
    ) DDD
ON 1=1
ON 1=1
ON 1=1
ON 1=1
```

### 2. tabulka – dělení na směny

```
-- Downtime Loss
DECLARE @StartTime    datetime
DECLARE @EqId        integer
SET @EqId            = @variable('Equipment ID')
SET @StartTime = @variable('Day')
```

```

SELECT FFF.Shift,
      PROD,
      CONVERT(char(8), DATEADD(second, Duration_RUN, '0:00:00'), 108) AS Duration_RUN,
      DS_1H/DS_REC AS DS_AVG,
      PROD/Duration AS REAL_SPPED2,
      (PROD/Duration)/(DS_1H/DS_REC)*100 AS SL_RATE
FROM (
  SELECT Shift, sum(DATEDIFF(s,StartTime,EndTime)) AS Duration
  FROM [Arch_RPT_MGR_OEERT546C3276-B61D-47fe-9AF5-66BEE7A3BA76/OEEDesignSpeedTable]
  WHERE
    StartTime BETWEEN @StartTime AND @StartTime+1
  GROUP BY Shift) FFF
JOIN
(
  SELECT Shift, sum(CounterValue) AS PROD
  FROM [Arch_RPT_MGR_OEERT546C3276-B61D-47fe-9AF5-66BEE7A3BA76/OEECounterTable]
  WHERE
    CounterID = 274
    AND StartTime BETWEEN @StartTime AND @StartTime+1
  GROUP BY Shift) AAA
ON FFF.Shift = AAA.Shift
JOIN
(
  SELECT Shift, sum(DATEDIFF(s,StartTime,EndTime)) AS Duration_RUN
  FROM [Arch_RPT_MGR_OEERT546C3276-B61D-47fe-9AF5-66BEE7A3BA76/OEEDTMTTable]
  WHERE
    LEVEL0 = 159
    AND StartTime BETWEEN @StartTime AND @StartTime+1
  GROUP BY Shift) BBB
ON AAA.Shift = BBB.Shift
JOIN
(
  SELECT Shift, sum(DesignSpeedValue) AS DS_1H
  FROM [Arch_RPT_MGR_OEERT546C3276-B61D-47fe-9AF5-66BEE7A3BA76/OEEDesignSpeedTable]
  WHERE
    DesignSpeedId = 86
    AND StartTime BETWEEN @StartTime AND @StartTime+1
  GROUP BY Shift) CCC
ON BBB.Shift = CCC.Shift
JOIN
(
  SELECT Shift, Count(*) AS DS_REC
  FROM [Arch_RPT_MGR_OEERT546C3276-B61D-47fe-9AF5-66BEE7A3BA76/OEEDesignSpeedTable]
  WHERE
    DesignSpeedId = 86
    AND StartTime BETWEEN @StartTime AND @StartTime+1
  GROUP BY Shift) DDD
ON CCC.Shift = DDD.Shift

```

## 7.12 Zdrojový kód Speed Loss 2

tabulka – dělení po hodinách

```
-- Speed Loss
DECLARE @StartTime    datetime
DECLARE @EqId    integer
SET @EqId    = @variable('Equipment ID')
SET @StartTime = @variable('Day')

SELECT CONVERT(char(8), DATEADD(hour, AAA.HOUR, '0:00:00'), 108) AS START,
        CONVERT(char(8), DATEADD(hour, AAA.HOUR, '1:00:00'), 108) AS STOP,PROD,
        CONVERT(char(8), DATEADD(second, Duration, '0:00:00'), 108) AS Duration,
        CONVERT(char(8), DATEADD(second, Duration_RUN, '0:00:00'), 108) AS Duration_RUN,
        DS_1H/DS_REC AS DS_AVG,
        PROD/Duration_RUN AS REAL_SPPED,
        PROD/Duration AS REAL_SPPED2,
        (PROD/Duration)/(DS_1H/DS_REC)*100 AS SL_RATE

FROM (
    SELECT DATEPART(hour,StartTime)AS HOUR, sum(DATEDIFF(s,StartTime,EndTime)) AS
Duration
FROM [Arch_RPT_MGR_OEERT546C3276-B61D-47fe-9AF5-66BEE7A3BA76/OEEDTMTTable]
WHERE
        StartTime BETWEEN @StartTime AND @StartTime+1
GROUP BY DATEPART(hour,StartTime)) FFF
JOIN
(
    SELECT DATEPART(hour,StartTime)AS HOUR, sum(CounterValue) AS PROD
FROM [Arch_RPT_MGR_OEERT546C3276-B61D-47fe-9AF5-66BEE7A3BA76/OEECounterTable]
WHERE
        CounterID = 274
        AND StartTime BETWEEN @StartTime AND @StartTime+1
GROUP BY DATEPART(hour,StartTime)) AAA
ON FFF.HOUR = AAA.HOUR
JOIN
(
    SELECT DATEPART(hour,StartTime)AS HOUR, sum(DATEDIFF(s,StartTime,EndTime)) AS
Duration_RUN
FROM [Arch_RPT_MGR_OEERT546C3276-B61D-47fe-9AF5-66BEE7A3BA76/OEEDTMTTable]
WHERE
        LEVEL0 = 159
        AND StartTime BETWEEN @StartTime AND @StartTime+1
GROUP BY DATEPART(hour,StartTime)) BBB
ON AAA.HOUR = BBB.HOUR
JOIN
(
    SELECT DATEPART(hour,StartTime)AS HOUR, sum(DesignSpeedValue) AS DS_1H
FROM [Arch_RPT_MGR_OEERT546C3276-B61D-47fe-9AF5-66BEE7A3BA76/OEEDesignSpeedTable]
WHERE
        DesignSpeedId = 86
        AND StartTime BETWEEN @StartTime AND @StartTime+1
GROUP BY DATEPART(hour,StartTime)) CCC
ON BBB.HOUR = CCC.HOUR
JOIN
(
    SELECT DATEPART(hour,StartTime)AS HOUR, Count(*) AS DS_REC
FROM [Arch_RPT_MGR_OEERT546C3276-B61D-47fe-9AF5-66BEE7A3BA76/OEEDesignSpeedTable]
WHERE
        DesignSpeedId = 86
        AND StartTime BETWEEN @StartTime AND @StartTime+1
GROUP BY DATEPART(hour,StartTime)) DDD
ON CCC.HOUR = DDD.HOUR
ORDER BY AAA.HOUR
```

## 7.13 Zdrojový kód Quality Loss 1

### 1. tabulka – celkový přehled

```
-- Quality Loss
DECLARE @StartTime    datetime
DECLARE @EqId integer
SET @EqId      = @variable('Equipment ID')
SET @StartTime = @variable('Day')

SELECT SCRAP,
       PROD,
       (PROD-SCRAP) AS GOOD,
       (PROD-SCRAP)/PROD*100 AS QL_RATE
FROM (
  SELECT sum(CounterValue) AS SCRAP
  FROM [Arch_RPT_MGR_OEERT546C3276-B61D-47fe-9AF5-66BEE7A3BA76/OEECounterTable]
  WHERE
    CounterID = 318
    AND StartTime BETWEEN @StartTime AND @StartTime+1
  ) AAA
JOIN
(
  SELECT sum(CounterValue) AS PROD
  FROM [Arch_RPT_MGR_OEERT546C3276-B61D-47fe-9AF5-66BEE7A3BA76/OEECounterTable]
  WHERE
    CounterID = 274
    AND StartTime BETWEEN @StartTime AND @StartTime+1
  ) BBB
ON 1 = 1
```

### 2. tabulka – dělení na směny

```
-- Quality Loss
DECLARE @StartTime    datetime
DECLARE @EqId integer
SET @EqId      = @variable('Equipment ID')
SET @StartTime = @variable('Day')

SELECT AAA.Shift,
       SCRAP,
       PROD,
       (PROD-SCRAP) AS GOOD,
       (PROD-SCRAP)/PROD*100 AS QL_RATE
FROM (
  SELECT Shift, sum(CounterValue) AS SCRAP
  FROM [Arch_RPT_MGR_OEERT546C3276-B61D-47fe-9AF5-66BEE7A3BA76/OEECounterTable]
  WHERE
    CounterID = 318
    AND StartTime BETWEEN @StartTime AND @StartTime+1
  GROUP BY Shift) AAA
JOIN
(
  SELECT Shift, sum(CounterValue) AS PROD
  FROM [Arch_RPT_MGR_OEERT546C3276-B61D-47fe-9AF5-66BEE7A3BA76/OEECounterTable]
  WHERE
    CounterID = 274
    AND StartTime BETWEEN @StartTime AND @StartTime+1
  GROUP BY Shift) BBB
ON AAA.Shift = BBB.Shift
ORDER BY AAA.Shift
```

## 7.14 Zdrojový kód Quality Loss 2

tabulka – dělení po hodinách

```
-- Quality Loss
DECLARE @EndTime      datetime
DECLARE @StartTime    datetime
DECLARE @EqId         integer
SET @EqId             = @variable('Equipment ID')
SET @StartTime        = @variable('Day')
SET @EndTime          = @StartTime+1

SELECT CONVERT(char(8), DATEADD(hour, AAA.HOUR, '0:00:00'), 108) AS START,
       CONVERT(char(8), DATEADD(hour, AAA.HOUR, '1:00:00'), 108) AS STOP,
       PROD,
       SCRAP,
       (PROD-SCRAP) AS GOOD,
       (PROD-SCRAP)/PROD*100 AS QL_RATE
FROM (
  SELECT DATEPART(hour,StartTime)AS HOUR, sum(CounterValue) AS SCRAP
  FROM [Arch_RPT_MGR_OEERT546C3276-B61D-47fe-9AF5-66BEE7A3BA76/OEECounterTable]
  WHERE
    CounterID = 318
    AND StartTime BETWEEN @StartTime AND @EndTime
  GROUP BY DATEPART(hour,StartTime)) AAA
JOIN
(
  SELECT DATEPART(hour,StartTime)AS HOUR, sum(CounterValue) AS PROD
  FROM [Arch_RPT_MGR_OEERT546C3276-B61D-47fe-9AF5-66BEE7A3BA76/OEECounterTable]
  WHERE
    CounterID = 274
    AND StartTime BETWEEN @StartTime AND @EndTime
  GROUP BY DATEPART(hour,StartTime) ) BBB
ON AAA.HOUR = BBB.HOUR
ORDER BY AAA.HOUR
```

## 7.15 Zdrojový kód OEE

```
-- OEE
DECLARE @EndTime      datetime
DECLARE @StartTime    datetime
DECLARE @EqId         integer
SET @EqId             = @variable('Equipment ID')
SET @StartTime        = @variable('Day')
SET @EndTime          = @StartTime+1

SELECT RRR.START AS START,
       RRR.STOP AS STOP,
       DT_RATE,
       SL_RATE,
       QL_RATE,
       DT_RATE*SL_RATE*QL_RATE/100/100 AS OEE_RATE

FROM
(
  SELECT
    CONVERT(char(8), DATEADD(hour, AAA.HOUR, '0:00:00'), 108) AS
    START,
    CONVERT(char(8), DATEADD(hour, AAA.HOUR, '1:00:00'), 108) AS STOP,
    PROD,
    SCRAP,
    (PROD-SCRAP) AS GOOD,
    (PROD-SCRAP)/PROD*100 AS QL_RATE

  FROM (
    SELECT
      DATEPART(hour,StartTime)AS HOUR, sum(CounterValue) AS SCRAP
    FROM [Arch_RPT_MGR_OEERT546C3276-B61D-47fe-9AF5-66BEE7A3BA76/OEECounterTable]
    WHERE
      CounterID = 318
      AND StartTime BETWEEN @StartTime AND @EndTime
    GROUP BY DATEPART(hour,StartTime)) AAA
  JOIN
  (
    SELECT
      DATEPART(hour,StartTime)AS HOUR, sum(CounterValue) AS PROD
    FROM [Arch_RPT_MGR_OEERT546C3276-B61D-47fe-9AF5-66BEE7A3BA76/OEECounterTable]
    WHERE
      CounterID = 274
      AND StartTime BETWEEN @StartTime AND @EndTime
    GROUP BY DATEPART(hour,StartTime) ) BBB
  ON AAA.HOUR = BBB.HOUR
) RRR
JOIN
(
  SELECT
    CONVERT(char(8), DATEADD(hour, AAA.HOUR, '0:00:00'), 108) AS
    START,
    CONVERT(char(8), DATEADD(hour, AAA.HOUR, '1:00:00'), 108) AS STOP,
    CONVERT(char(8), DATEADD(second, Duration_PDT, '0:00:00'), 108)AS
    Duration_PDT,
    CONVERT(char(8), DATEADD(second, Duration_DT, '0:00:00'), 108)AS
    Duration_DT,
    CONVERT(char(8), DATEADD(second, Duration_RUN, '0:00:00'), 108)AS
    Duration_RUN,
    CONVERT(float,Duration_RUN)*100/(CONVERT(float,Duration)-
    CONVERT(float,Duration_PDT)) AS DT_RATE

  FROM (
    SELECT
      DATEPART(hour,StartTime)AS HOUR,
      sum(DATEDIFF(s,StartTime,EndTime)) AS Duration
    FROM [Arch_RPT_MGR_OEERT546C3276-B61D-47fe-9AF5-66BEE7A3BA76/OEEDTMTTable]
    WHERE
      StartTime BETWEEN @StartTime AND @StartTime+1
    GROUP BY DATEPART(hour,StartTime)) AAA
  JOIN
  (
    SELECT
      DATEPART(hour,StartTime)AS HOUR,
      sum(DATEDIFF(s,StartTime,EndTime)) AS Duration_PDT
    FROM [Arch_RPT_MGR_OEERT546C3276-B61D-47fe-9AF5-66BEE7A3BA76/OEEDTMTTable]
    WHERE
      StartTime BETWEEN @StartTime AND @StartTime+1
```

```

        AND
        LEVEL0 = 128
    GROUP BY DATEPART(hour,StartTime)) BBB
    ON AAA.HOUR = BBB.HOUR
    JOIN
    (
    SELECT          DATEPART(hour,StartTime)AS HOUR,
                   sum(DATEDIFF(s,StartTime,EndTime)) AS Duration_DT
    FROM [Arch_RPT_MGR_OEERT546C3276-B61D-47fe-9AF5-66BEE7A3BA76/OEEDTMTable]
    WHERE
        StartTime BETWEEN @StartTime AND @StartTime+1
        AND
        LEVEL0 = 139
    GROUP BY DATEPART(hour,StartTime)) CCC
    ON BBB.HOUR = CCC.HOUR
    JOIN
    (
    SELECT          DATEPART(hour,StartTime)AS HOUR,
                   sum(DATEDIFF(s,StartTime,EndTime)) AS Duration_RUN
    FROM [Arch_RPT_MGR_OEERT546C3276-B61D-47fe-9AF5-66BEE7A3BA76/OEEDTMTable]
    WHERE
        StartTime BETWEEN @StartTime AND @StartTime+1
        AND
        LEVEL0 = 159
    GROUP BY DATEPART(hour,StartTime)) DDD
    ON CCC.HOUR = DDD.HOUR
) SSS
ON RRR.START = SSS.START
JOIN
(
SELECT          CONVERT(char(8), DATEADD(hour, AAA.HOUR, '0:00:00'), 108) AS START,
                CONVERT(char(8), DATEADD(hour, AAA.HOUR, '1:00:00'), 108) AS STOP,
                PROD,
                CONVERT(char(8), DATEADD(second, Duration, '0:00:00'), 108) AS Duration,
                CONVERT(char(8), DATEADD(second, Duration_RUN, '0:00:00'), 108) AS
                Duration_RUN,
                DS_1H/DS_REC AS DS_AVG,
                PROD/Duration_RUN AS REAL_SPPED,
                PROD/Duration AS REAL_SPPED2,
                (PROD/Duration)/(DS_1H/DS_REC)*100 AS SL_RATE
FROM (
    SELECT          DATEPART(hour,StartTime)AS HOUR,
                   sum(DATEDIFF(s,StartTime,EndTime)) AS Duration
    FROM [Arch_RPT_MGR_OEERT546C3276-B61D-47fe-9AF5-66BEE7A3BA76/OEEDTMTable]
    WHERE
        StartTime BETWEEN @StartTime AND @StartTime+1
    GROUP BY DATEPART(hour,StartTime)) FFF
    JOIN
    (
    SELECT          DATEPART(hour,StartTime)AS HOUR,
                   sum(CounterValue) AS PROD
    FROM [Arch_RPT_MGR_OEERT546C3276-B61D-47fe-9AF5-66BEE7A3BA76/OEECounterTable]
    WHERE
        CounterID = 274
        AND StartTime BETWEEN @StartTime AND @StartTime+1
    GROUP BY DATEPART(hour,StartTime)) AAA
    ON FFF.HOUR = AAA.HOUR
    JOIN
    (
    SELECT          DATEPART(hour,StartTime)AS HOUR,
                   sum(DATEDIFF(s,StartTime,EndTime)) AS Duration_RUN
    FROM [Arch_RPT_MGR_OEERT546C3276-B61D-47fe-9AF5-66BEE7A3BA76/OEEDTMTable]
    WHERE
        LEVEL0 = 159
        AND StartTime BETWEEN @StartTime AND @StartTime+1
    GROUP BY DATEPART(hour,StartTime)) BBB
    ON AAA.HOUR = BBB.HOUR
    JOIN
    (
    SELECT          DATEPART(hour,StartTime)AS HOUR, sum(DesignSpeedValue) AS DS_1H
    FROM [Arch_RPT_MGR_OEERT546C3276-B61D-47fe-9AF5-66BEE7A3BA76/OEEDesignSpeedTable]
    WHERE
        DesignSpeedId = 86
        AND StartTime BETWEEN @StartTime AND @StartTime+1

```

```

GROUP BY DATEPART(hour,StartTime)) CCC
ON BBB.HOUR = CCC.HOUR
JOIN
(
SELECT DATEPART(hour,StartTime)AS HOUR,
        Count(*) AS DS_REC
FROM [Arch_RPT_MGR_OEERT546C3276-B61D-47fe-9AF5-66BEE7A3BA76/OEEDesignSpeedTable]
WHERE
        DesignSpeedId = 86
        AND StartTime BETWEEN @StartTime AND @StartTime+1
GROUP BY DATEPART(hour,StartTime)) DDD
ON CCC.HOUR = DDD.HOUR
) TTT
ON SSS.START = TTT.START
ORDER BY RRR.START

```



## 8 LITERATURA

- [1] SIMATIC IT OEE, Concept Guide, Siemens AG, 04/2009
- [2] MESA Model, [online], [cit. 2011-12-20], dostupné z:  
<http://www.mesa.org/en/modelstrategicinitiatives/MESAModel.asp>
- [3] Výpočet celkové efektivity zařízení, Pantek, [online], [cit. 2011-12-12],  
dostupné z:  
<http://www.pantek.cz/produkty/vypocet-celkove-efektivita-zarizeni-oee/>
- [4] SIMATIC IT OEE, Functional Overview, Siemens AG, 2009
- [5] Wauters, F., Mathot, J., Overall Equipment Effectiveness, ABB, June/2002
- [6] Sledování prostojů a celkové efektivity výrobních zařízení (OEE), Pantek ,  
[online], [cit. 2011-12-12], dostupné z:  
<http://www.pantek.cz/produkty/wonderware-performance-software/>
- [7] Volko, V., OEE, [online], [cit. 2011-12-12], dostupné z:  
<http://www.volko.cz/co-je-to-oee>
- [8] [www.mes.cz](http://www.mes.cz), [cit. 2011-12-12]
- [9] PÁSEK, J., Programovatelné automaty v řízení technologických procesů,  
Skriptum VUT Brno, 2007
- [10] SIMATIC IT 6.4, Technical Overview, Siemens AG, 04/2009
- [11] SIMATIC IT OEE, Developer Guide, Siemens AG, 04/2009
- [12] SIMATIC IT OEE, Getting Started manual, Siemens AG, 2009

- [13] Data Sheet for the SIX Big Losses, Cambridge Numerical Control, [cit. 2011-12-12], dostupné z: <http://www.dnc-max.co.uk/>
- [14] SIMATIC IT Shift Calendar 6.4, Concept Guide, Siemens AG, 03/2009
- [15] Bořil, J., Braun, V., Simatic IT – nadčasové řešení úrovně MES, Automa, 10/2003, [cit. 2012-01-05], dostupné z:  
[http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id\\_document=28944](http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=28944)
- [16] SQL, [online], [cit. 2012-05-12], dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/SQL>
- [17] <http://www.kepware.com/kepserverex/>, [cit. 2012-05-10]

## 9 SEZNAM ZKRATEK

BPM	Business Process Modeler
CAB	Client Application Builder
DIS	Data Integration Service
ERP	Enterprise Resource Planning
MES	Manufacturing Execution System
MESA	Manufacturing Enterprise Solutions Association
MM	Material Manager
MTBA	Mean Time Between Assists
MTBF	Mean Time Between Failures
OEE	Overall Equipment Effectiveness
OLE	Object Linking and Embedding
OPC	OLE for Process Control
PDefM	Product Definition Manager
PDS-I	Predictive Detailed Scheduler – Interactive
PLC	Programmable Logic Controller
POM	Production Order Manager
POPR	Production Operation Recorder
PPA	Plant Performer Analyzer
PRM	Personnel Manager
RDBMS	Relation DataBase Management System
RTDS	Real Time Data Server
SCADA	Supervisory Control And Data Acquisition
SHC	Shift Calendar Manager
SQL	Structured Query Language
STT	State Translation Table
TEEP	Total Effective Equipment Performance
TIA	Total Integrated Automation
ODBC	Open DataBase Connectivity

## 10 SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1. Manuály firmy Siemens

Příloha 2. Soubory s Reporty v programu Desktop Intelligence

Příloha 3. Soubor s konfigurací OPC serveru KEPServerEX

Příloha 4. CD s elektronickou verzí práce a přílohami