



**Ing. Andrej Červeňan, PhD.**

# **Systém údržby**

Cielom učebnice *Systém údržby* je prezentovať najnovšie teoretické poznatky o priemyselnej údržbe, ktorá v súčasnosti predstavuje komplexnú starostlivosť o hmotný majetok podniku zameranú na dosahovanie čo najvyššej efektívnosti výroby cestou minimalizácie strát. Z obsahového hľadiska možno publikáciu rozdeliť do troch oblastí. V úvodnej časti sa nachádza popis „základných kameňov“ potrebných na vytvorenie efektívneho systému údržby v priemyselnom podniku, postupne sú vysvetlené ciele, úlohy, etapy, základné stratégie a organizačné formy údržby. Ďalšia časť publikácie je zameraná na progresívnu filozofiu údržby - Totálne produktívnu údržbu, pričom najväčší priestor je venovaný problematike autonómnej údržby a štandardizácii údržbárskych prác. Záverečná časť sa zaoberá problematikou zvyšovania efektívnosti výroby na základe identifikácie a kvantifikácie rôznych typov strát pomocou ukazovateľa „Celková efektívnosť zariadenia“.

Publikácia je určená študentom bakalárskeho a inžinierskeho štúdia na technických univerzitách zaoberajúcich sa problematikou navrhovania a prevádzky výrobných strojov, resp. systémov, napríklad v študijných programoch „Výrobné systémy a manažérstvo kvality“ a „Výrobná a environmentálna technika“. Široké uplatnenie nájde aj v podmienkach podnikovej praxe predovšetkým u riadiacich i technických pracovníkov nielen z oblasti priemyselnej údržby.

Všetky práva vyhradené. Nijaká časť textu nesmie byť použitá na ďalšie šírenie akoukoľvek formou bez predchádzajúceho súhlasu autora alebo nakladateľstva.

© Ing. Andrej Červeňan, PhD.

Recenzenti: doc. Ing. Jozef Antala, PhD.  
doc. Ing. Juraj Grenčík, PhD.

Schválila Vedecká rada Strojníckej fakulty STU v Bratislave dňa 13. januára 2015

Vydal: CKV Consult, s r.o., Ružinovská 5, 821 01 Bratislava  
Rozsah: 68 strán, 17 obrázkov, 3 tabuľky, 5,4 AH  
1. vydanie, Bratislava 2015  
ISBN 978-80-971986-0-2

# Obsah

<b>1 Úvod</b> .....	5
<b>2 Základy priemyselnej údržby</b> .....	7
2.1 Ciele údržby .....	8
2.2 Úlohy údržby .....	9
2.3 Druhy údržby .....	10
2.4 Základné stratégie údržby .....	11
2.4.1 Korektívna údržba (Údržba po poruche) .....	12
2.4.2 Preventívna údržba .....	13
2.4.3 Súčasné progresívne stratégie údržby .....	14
2.5 Organizačné formy údržby .....	16
2.6 Dokumentácia v údržbe .....	20
2.6.1 Technická dokumentácia od výrobcu (dodávateľa) stroja .....	22
2.6.2 Dokumentácia súvisiaca s vykonávaním prác údržby .....	22
2.6.3 Dokumentácia súvisiaca s náhradnými dielmi .....	23
2.6.4 Dokumentácia pre plánovanie a riadenie údržby .....	23
2.7 Náhradné diely .....	24
2.8 Model fungovania údržby v priemyselnom podniku .....	25
Otázky a úlohy .....	26
<b>3 Totálne produktívna údržba (TPM)</b> .....	27
3.1 Program troch núl .....	28
3.1.1 Nulový počet porúch .....	28
3.1.2 Nulový počet nepodarkov .....	29
3.1.3 Nulový počet nehôd (úrazov) .....	29
3.2 Základné piliere TPM .....	30
3.3 Plánovaná a preventívna údržba .....	31
3.4 Autonómna údržba .....	32
3.4.1 Úlohy obsluhy strojov .....	32
3.4.2 Sedem krokov zavedenia autonómnej údržby .....	33
3.5 Štandardizácia údržbárskych činností .....	36
3.5.1 Štandardy autonómnej údržby .....	36
3.5.2 Štandardy preventívnej a plánovanej údržby .....	37
3.5.3 Štandardy na vykonávanie jednoduchých korektívnych zásahov .....	41
3.5.4 Systém LOTO štandardov .....	42
3.6 Postup zavádzania TPM do praxe .....	42
3.7 TPM v montážnych výrobných systémoch .....	43
Otázky a úlohy .....	44
<b>4 Celková efektívnosť zariadenia (CEZ)</b> .....	45
4.1 Druhy strát .....	45
4.1.1 Straty na strane pracovníka .....	46
4.1.2 Straty na strane stroja .....	47

4.1.3 Materiálové straty .....	48
4.1.4 Energetické straty .....	49
4.2 Výpočet ukazovateľa CEZ .....	49
4.2.1 Miera dostupnosti ( <i>MD</i> ) .....	50
4.2.2 Miera výkonnosti ( <i>MV</i> ) .....	52
4.2.3 Miera kvality ( <i>MK</i> ) .....	52
4.2.4 Celkové straty .....	53
4.3 Optimalizácia využitia strojov pomocou CEZ .....	58
4.3.1 Najlepší z najlepších .....	61
4.4 Celková produktívna efektívnosť zariadenia .....	61
Otázky a úlohy .....	62
<b>5 Ukazovatele pre hodnotenie efektívnosti údržby .....</b>	<b>63</b>
<b>Použitá literatúra .....</b>	<b>65</b>
<b>Register .....</b>	<b>67</b>

# 1 Úvod

Údržba sprevádza človeka v celej jeho histórii. Už pračlovek venoval čas opravám a vylepšovaniu svojich primitívnych nástrojov využívaných pri obstarávaní potravy. S rozvojom spoločnosti postupne narastal aj význam údržby. Dlhý čas realizovali opravy samotní používatelia alebo priamo výrobcovia vecí. Typickými predstaviteľmi boli kováči, ktorí nielen vyrábali rôzne výrobné alebo dopravné zariadenia, ale ich aj opravovali a vylepšovali. Až priemyselná revolúcia spôsobila rozvoj špecializácie pracovníkov na vykonávanie údržby a vznik profesie údržbára. Rast zložitosti výrobných zariadení si postupne vyžiadala odbornú špecializáciu údržbárov a vytvorenie špecializovaných útvarov zameraných na určité údržbárske práce. Ich činnosť bolo treba organizovať a riadiť nielen vnútorne ale aj vzhľadom na fungovanie výroby. Spočiatku išlo o čo najrýchlejšie odstránenie poruchy, neskôr začali prevažovať preventívne stratégie zamerané na minimalizáciu poruchovosti strojov, čo umožnil rozvoj i ekonomická dostupnosť metód technickej diagnostiky.

Jedným zo znakov súčasného spôsobu výroby je, že väčšina výrobkov už počas výroby pozná nielen svojho odberateľa ale aj presný termín dodania. Najmä v automobilovom priemysle dominuje systém organizácie Just in Time, kedy sú jednotlivé súčiastky na montáž dodávané v malých dávkach v presne určenom čase ich použitia. To kladie vysoké nároky nielen na presné plánovanie výroby ale aj na samotné zabezpečenie výroby. Jedným z kľúčov k dodržaniu výrobných plánov je spoľahlivo fungujúci výrobný systém, pretože každá neplánovaná odstávka predstavuje prerušenie výroby, následkom čoho môže dôjsť k oneskoreniu dodávok, resp. nedodržaniu termínu dodávok, čo býva v praxi sprevádzané vysokými sankciami. Údržba výrobných zariadení sa tak stala jedným z najdôležitejších aspektov dobre a spoľahlivo fungujúceho výrobného systému a tvorí jeden z významných podporných procesov výroby. Pridaná hodnota údržby spočíva v tom, že zabezpečuje trvalé plnenie funkcií výrobných zariadení podniku a umožňuje mu tak vytvárať zisk. Hlavnou výzvou, s ktorou sú konfrontované podniky v dnešných dňoch, je dosiahnutie maximálnej efektívnosti výroby cestou minimalizácie strát všetkého druhu. Z pohľadu údržby to znamená minimalizovať počet a trvanie neplánovaných i plánovaných odstávok výrobných zariadení, ako aj optimalizovať náklady na údržbárske zásahy. Hlavnú úlohu v tomto procese má totálne produktívna údržba, ktorej zavedenie predstavuje jednu z hlavných podmienok pre udržanie konkurencieschopnosti podniku.

Cieľom publikácie, ktorú práve držíte v rukách, je predstaviť priemyselnú údržbu v kontexte súčasnej doby. Pritom treba povedať, že za posledných niekoľko desiatok rokov sa výrazne zmenil pohľad údržbu a dnes sa stáva dôležitou súčasťou procesov zameraných na optimálne využívanie hmotného majetku počas celého jeho technického života. Hoci sa údržba považuje za technickú disciplínu, jej efektívne fungovanie nie je možné bez kvalitného a správneho riadenia, ktoré musí vychádzať zo správne stanovených cieľov a vhodne zvolenej stratégie.

Nielen ciele údržby, ale aj úlohy, hlavné stratégie, organizačné formy, technická dokumentácia a problematika náhradných dielov tvoria základné stavebné kamene systému priemyselnej údržby. Ich predstavenie napĺňa obsah úvodnej kapitoly „Základy priemyselnej údržby“.

Ako už bolo spomenuté, jedným z rozhodujúcich prvkov udržania konkurencieschopnosti podniku v súčasnosti je zavedenie totálne produktívnej údržby (TPM). Tejto progresívnej filozofii údržby je venovaná tretia kapitola. Postupne sú predstavené jej hlavné ciele vyjadrené programom troch núl a základné piliere, na ktorých je vytvorená. Najväčší priestor je venovaný autonómnej údržbe a štandardizácii údržbárskych prác, ktoré predstavujú kľúčové prvky TPM.

Zvyšovanie efektívnosti výroby nie je možné bez identifikácie a kvantifikácie strát, ktoré sú neoddeliteľnou súčasťou výrobného procesu. Asi najčastejšie sa pritom využíva metodika založená na vyhodnocovaní celkovej efektívnosti zariadenia (CEZ). Štvrtá kapitola sa preto zaoberá problematikou strát, spôsobom výpočtu ukazovateľa CEZ, jeho čiastkových mier i možnosťou uplatnenia CEZ v procese zvyšovania efektívnosti výroby. V závere sú stručne predstavené kľúčové ukazovatele využívané na hodnotenie systému údržby.

Napriek intenzívnemu rozvoju techniky, metód diagnostiky i rozsiahlemu využívaniu informačných systémov si aj v budúcnosti rozhodujúcu úlohu vo všetkých procesoch údržby udržia ľudia. Ich znalosti, skúsenosti a zručnosti budú aj naďalej kľúčové nielen pri vykonávaní opráv a kontrol strojov, ale aj pri navrhovaní a manažovaní procesov údržby. Úspešné

zavádzanie nových komplexných systémov údržby do praxe, predovšetkým totálne produktívnej údržby, je podmienené neustálym vzdelávaním všetkých pracovníkov. Pre ich úspešné fungovanie je nevyhnutné, aby aspoň základné znalosti o priemyselnej údržbe mali všetci zamestnanci firmy. Vážení čitatelia, verím, že táto publikácia bude predstavovať prínos a prispeje k rozšíreniu vedomostí v oblasti priemyselnej údržby.

Záverom by som chcel veľmi poďakovať recenzentom práce, doc. Ing. Jozefovi Antalovi, PhD. zo Strojníckej fakulty STU v Bratislave a doc. Ing. Jurajovi Grenčíkovi, PhD. zo Strojníckej fakulty Žilinskej univerzity za dôsledné prečítanie rukopisu a cenné pripomienky k obsahovej i formálnej stránke publikácie.

V Bratislave 1. decembra 2014

Andrej Červeňan

## 2 Základy priemyselnej údržby

Starostlivosť o výrobné stroje sprevádza priemyselnú výrobu už od jej prvopočiatkov. Samotná produkcia výrobkov prebieha vo výrobnom systéme, ktorý tvorí zoskupenie strojnotechnologických zariadení. Jeho úlohou je realizácia technologického procesu, tak aby sa postupne udiala premena polotovaru, resp. vstupnej suroviny na výrobok s geometrickými a kvalitatívnymi parametrami predpísanými technickou dokumentáciou. Výrobný proces sa vyznačuje presne stanovenými postupmi vychádzajúcimi z konštrukčnej dokumentácie výrobku. Na začiatku je výroba súčiastok, nasleduje montáž podskupín, celkov, celý proces končí finálnou montážou a výstupnou kontrolou. Medzi hlavné požiadavky kladené na výrobné systémy v súčasnosti patrí pružnosť a vysoká produktivita výroby. Pružnosť vyjadruje schopnosť včasnej reakcie na požiadavky zákazníka týkajúce sa rôznych zmien vo vyrábanej produkcii. Zvyšovanie produktivity priamo súvisí so zlepšovaním dostupnosti výrobných strojov. V mnohých prípadoch je ich nízka dostupnosť hlavnou príčinou zlej produktivity. A práve údržba technických zariadení predstavuje jeden z najdôležitejších aspektov dobre a spoľahlivo fungujúceho výrobného systému, pričom sa jedná o jeden z významných podporných procesov výroby. Pridaná hodnota procesu údržby sa prejavuje zníženou poruchovosťou, znížením negatívnych dôsledkov porúch, optimalizáciou investičných nákladov, zlepšením riadenia ľudských zdrojov. Nie zriedkavo je v praxi pod pojmom údržba myslený len spôsob ako zachovať alebo udržať požadovaný stav výrobných strojov a zariadení. To je však iba vyjadrenie hlavného cieľa, keďže v súčasnosti sa údržbou v podnikoch sledujú viaceré ciele.

### **Definícia pojmu „Údržba“ (podľa STN EN 13 306)**

*Údržba predstavuje proces riadenia všetkých technických a administratívnych činností počas životného cyklu objektu, zameraných na udržanie alebo obnovenie takého jeho stavu, v ktorom môže vykonávať požadovanú funkciu, pri zohľadnení optimálnych nákladov a požiadaviek na kvalitu, bezpečnosť a prostredie.*

Medzi hlavné technické činnosti údržby zaraďujeme činnosti bežnej údržby, ako sú čistenie, mazanie a nastavovanie strojov, ďalej vykonávanie opráv, realizáciu obnovy formou generálnej opravy či rekonštrukcie. Údržbárske činnosti v podobe revízií a kontrol slúžia na zistenie a posúdenie skutočného stavu strojov alebo výrobného systému ako celku. Typické funkcie, ktoré v súčasnosti vykonáva oddelenie údržby vo výrobnom podniku, možno zhrnúť do nasledovného zoznamu:

- opravy strojov,
- technická príprava plánovaných opráv,
- preventívna údržba,
- zaistenie bezpečnosti strojov,
- plánovanie a rozvrhovanie prác,
- predbežné kalkulácie opráv a preventívnych zásahov,
- riadenie zásob náhradných dielov, mazív a pomocných materiálov,
- riadenie údržbárskych prác,
- zabezpečenie prevádzky výrobných strojov,
- zaistenie kvality výrobkov,
- školenie a tréning operátorov v rámci autonómnej údržby,
- vedenie evidencie,
- dohľad nad dodržiavaním predpisov (prehliadky, revízie),
- riadenia databázy údajov o strojoch,
- rozpočtovanie údržby,
- vypracovávanie správ a analýz,
- návrhy finančných plánov,
- návrhy konštrukcie či úprav strojov.

Na rozdiel od výrobného procesu, ktorý jednoznačne definuje technologický postup, je proces údržby takmer vždy unikátny s ťažko vopred opísateľnými pracovnými postupmi, najmä pokiaľ sa jedná o odstraňovanie porúch. Unikátnosť sa prejavuje aj v rozsahu a pravidelnosti vykonávaných prác, rozmanitosti použitého náradia a súvisí predovšetkým s veľkou konštrukčnou rozmanitosťou strojov. V čase požadovaného šetrenia zdrojov ponúka priemyselná údržba rozsiahle možnosti úspor spočívajúce v predĺžovaní životnosti strojov či ich komponentov (čím sa znižuje potreba nových investícií, resp. náklady), zvyšovaní efektívnosti a znižovaní energetickej náročnosti zariadení.

## Prekonaný pohľad na údržbu

Údržbu ešte aj v súčasnosti v mnohých podnikoch považujú za útvár, ktorého hlavnou úlohou je udržiavať výrobné zariadenia v prevádzkyschopnom stave. Ako hlavné kritériá hodnotenia sa používajú rýchlosť reakcie, dĺžka trvania opravy a ako sa plnia plány preventívnej údržby. Dôraz sa kladie predovšetkým na odstraňovanie vzniknutých problémov a dobrú organizáciu práce.

## Progresívny pohľad na údržbu

Útvár údržby je riadený a organizovaný s využitím metód na báze zvyšovania spoľahlivosti a efektívnosti využívania majetku (najmä výrobných strojov), riadenia zásob a riadenia rizík, čím dochádza k integrácii výroby a údržby hmotného majetku. Nastáva prechod od koncepcie manažérstva údržby ku koncepcii manažérstva majetku (Asset Management) a jeho údržby. Pojem *manažerstvo majetku* možno definovať ako súbor pravidiel, metód, postupov a nástrojov na optimalizáciu vplyvu nákladov, výkonnosti a rizík spojených s hmotným majetkom spoločnosti po celú dobu jeho užitočného života. V tejto súvislosti dochádza aj k zmene hlavného cieľa údržby, ktorá je primárne zameraná na predchádzanie poruchám a prerušeniam výroby pri zvyšovaní efektivity výrobného procesu ako celku.

### 2.1 Ciele údržby

Základom pre vytvorenie efektívneho systému údržby v priemyselnom podniku je jasné definovanie cieľov vyjadrujúcich, *prečo údržbu robíme*. Ich obsah musí vychádzať z primárnych cieľov podniku stanovených pre oblasť výroby, ktorých dosahovaniu majú napomáhať. Tak ako v priebehu času dochádza k ich zmene napr. v dôsledku zmeny situácie na trhu, musia sa tomu prispôsobovať aj ciele údržby predstavujúce hlavné východiská pri tvorbe optimálnej stratégie a kreovaní vhodnej organizačnej štruktúry útvaru údržby.

#### Hlavný cieľ údržby

Ako vyplýva z definície pojmu údržba, hlavným cieľom údržbárskych činností je zabezpečenie prevádzkyschopnosti a pohotovosti výrobných zariadení pri minimalizácii potrebných nákladov. Inak povedané, ide o zaistenie takého stavu strojov, kedy dokážu vyrábať kvalitné výrobky v takej kapacite, na akú boli konštruované, pričom tento stav má byť dosiahnutý pomocou čo najmenších nákladov a za čo najkratší čas. Spôsoby, akými sa tento cieľ naplňa, prešli veľkými zmenami. Od čisto korektívnej údržby aplikovanej v dávnej minulosti sa postupne prešlo k preventívnym stratégiám, pričom v súčasnosti začínajú dominovať prístupy využívajúce diagnostiku stavu strojov.

#### Hospodárske ciele údržby

Hospodárske ciele vychádzajú z hlavného cieľa a vyjadrujú, čo sa snažíme dosiahnuť údržbou vo vzťahu k výrobe. Sú zamerané na dosiahnutie čo najlepšej disponibility strojov ako kľúčovej podmienky pre zaistenie vysokej produktivity výroby a na minimalizáciu potrebných zdrojov (finančných, ľudských). Základné hospodárske ciele sledované údržbou možno zhrnúť do nasledovných bodov:

- minimalizácia prerušení výroby v dôsledku negatívnych javov (havária, porucha, ...),
- dosiahnutie alebo predĺženie plánovanej technickej životnosti výrobných zariadení,
- realizácia údržbárskych činností pred vznikom poruchy, čím sa zabraňuje, resp. minimalizujú možné negatívne následky,
- efektívne využívanie interných údržbárskych kapacít.

#### Humanitné ciele údržby

Netreba zabúdať, že pomocou údržby strojov sa sledujú aj humanitné ciele, ktoré sú zamerané na oblasť ochrany zdravia pracovníkov a na minimalizáciu hrozieb pre životné prostredie. Vo vzťahu k BOZP možno ako hlavný cieľ údržby označiť predchádzanie úrazom



a poškodeniu zdravia zaistením bezpečného a bezproblémového chodu strojov a spolupodieľanie sa na vytváraní pozitívnej firemnej kultúry. Z tohto pohľadu plní údržba primárnu úlohu, ktorou je zabezpečenie optimálnej pripravenosti výrobných zariadení k bezpečnej a zdravie neohrozujúcej prevádzke. Sekundárnou úlohou je zabezpečovanie pracovníkov k bezpečnej práci, realizácia preventívnych opatrení, plnenie legislatívnych povinností (povinné revízie a prehliadky).

V súčasnosti čoraz väčšiu dôležitosť aj v oblasti údržby získava ochrana, resp. zabránenie poškodzovaniu životného prostredia. Mnohé postupy a činnosti spojené so starostlivosťou o strojový park môžu mať významný environmentálny dopad, napr. vo forme emisií škodlivých plynov do ovzdušia, vypúšťania odpadových vôd, produkcie odpadov, či znečistenia pôdy, alebo iných miestne environmentálne a spoločensky závažných aspektov. Do úvahy sa pritom berú nielen bežné prevádzkové podmienky ale aj abnormálne stavy, ako sú odstávky, nábehy do prevádzky i poruchy a havárie.

## 2.2 Úlohy údržby

Napĺňanie cieľov popísaných v predchádzajúcej podkapitole sa dosahuje pomocou plnenia čiastkových úloh, z ktorých najdôležitejšie sú:

- reakcia na podnety z výroby,
- predchádzanie poruchám,
- predchádzanie recidíve porúch,
- analýza a skracovanie času opravy,
- tréning zručností operátorov.

### Reakcia na podnety z výroby

Ako reakcie na podnety z výroby sa označujú všetky činnosti operatívneho charakteru, ktorých vykonanie nie je možné odložiť. Najčastejšie sa jedná o:

- korektívne zásahy – odstraňovanie porúch a problémov,
- kontrolu stavu zariadení na základe upozornení operátorov či autodiagnostických systémov,
- bežnú údržbu v podobe čistenia, mazania a nastavovania strojov.

Vzhľadom na skutočnosť, že väčšina takýchto zásahov predstavuje reakciu na podnety s náhodným výskytom, sú určitým problémom pri riadení údržby. Ich realizácia si vyžaduje operatívny presun kapacít, prerušenie už rozpracovaných zákaziek a pod.

### Predchádzanie poruchám

Možno skonštatovať, že ťažisko údržbárskych prác sa v súčasnosti nachádza v oblasti preventívnych činností zameraných na minimalizáciu výskytu porúch. Ich efektívna aplikácia si vyžaduje systematický prístup založený na plánovaní aktivít, ktorý sa dá zhrnúť do nasledovných krokov:

- Prvým krokom je príprava stratégie údržby a jej zavedenie do praxe. Ide najmä o určenie kritických strojov a ich častí, voľbu diagnostických metód, rozhodnutie, ktoré činnosti budú vykonávané internými a externými pracovníkmi.
- Kľúčový prvok predstavuje vytvorenie ročného (mesačných) plánu údržby pre jednotlivé stroje, ktoré určujú časovú postupnosť vykonania činností systematickej i prediktívnej údržby.
- Implementácia systematickej (periodickej) údržby je zameraná na zásahy realizované v pevne definovaných časoch (po uplynutí určitého počtu prevádzkových hodín, 1x za rok, mesiac a pod...).
- Zámerom zavedenia prediktívnej údržby je, že zásahy sa vykonávajú na základe skutočného stavu zariadenia a jeho uzlov, ktorý sa vyhodnocuje na základe merania určitých parametrov. Docieľuje sa tým úspora nákladov i času.

### Predchádzanie recidíve porúch

Recidíva porúch predstavuje jednu zo zbytočných príčin malej dostupnosti strojov a z určitého hľadiska aj plytvanie financiami i časom pri predčasnej výmene poškodených

súčiastok. Dochádza k nej v dôsledku neodstránenia prvotnej príčiny poruchy. Napríklad nevyváženosť hriadeľa môže spôsobiť v dôsledku silných vibrácií predčasné poškodenie ložísk. Ak v rámci opravy budú vymenené iba ložiská a nevykoná sa vyváženie hriadeľa, nedôjde k odstráneniu prvotnej príčiny a ložiská bude potrebné predčasne vymeniť opäť. Základom prevencie je presná a podrobná evidencia korektívnych zásahov, aby bolo možné nežiaduce opakovanie vôbec odhaliť. Najčastejšie sa tak deje na základe častej výmeny rovnakých súčiastok pred uplynutím ich plánovanej životnosti. Následne je potrebné vykonať analýzu možných príčin a zrealizovať navrhnuté možnosti ich odstránenia.

### **Skracovanie času opravy**

Jednu z ciest zvyšovania dostupnosti strojov a teda aj zlepšovania efektívnosti výroby predstavuje skracovanie času opráv. Oblasti s najväčším potenciálom pre zlepšenie treba vidieť v procese informovania o poruche zo strany užívateľa stroja a v oblasti diagnostiky stroja z hľadiska určenia prvotnej príčiny. Aj napriek používaniu rôznych sofistikovaných diagnostických metód je rýchlosť odhalenia príčiny poruchy do veľkej miery závislá od znalostí a skúseností zasahujúcich pracovníkov. Dôležité je preto zabezpečiť pravidelné odovzdávanie informácií medzi personálom údržby. Predĺženie opravy môžu spôsobiť aj problémy v zásobovaní s náhradnými dielmi, nielen z pohľadu ich nedostupnosti v požadovanom čase či množstve, ale aj pri nevhodnom rozmiestnení skladov náhradných dielov v rámci podniku.

### **Tréning zručnosti pracovníkov údržby a operátorov strojov**

Narastajúca zložitosť strojov, zvyšujúce sa nároky na ich údržbu, požiadavky na zaistenie kvality produkcie a vysokej dostupnosti výrobných zariadení, častá zmena produkcie a najmä zavádzanie autonómnej údržby vymedzujú určitý rámec nárokov na znalosti a zručnosti pracovníkov vo výrobe i údržbe. U operátorov sú vyžadované čoraz väčšie vedomosti o fungovaní stroja, súvislostiach medzi kvalitou výroby a funkciou jednotlivých uzlov stroja. Tieto skutočnosti viedli k postupnému rozširovaniu pôsobenia útvaru údržby aj do oblasti vzdelávania a tréningu výrobných pracovníkov či prípravy podkladov pre realizáciu najmä autonómnej údržby. Úspešné zapojenie operátorov do procesu starostlivosti o stroje je podmienené existenciou štandardov čistenia, mazania a kontroly strojov, ktorých vytváranie, resp. modifikácia patrí do kompetencií útvaru údržby. Okrem toho je potrebné formou rôznych tréningov či školení pravidelne oboznamovať operátorov s požadovanými údržbovými činnosťami a ich vykonávaním podľa štandardov. Podobná situácia je aj v prípade preventívnej, resp. plánovanej údržby. Veľký rozsah diagnostiky strojov sa premieňa do tvorby manuálov kontroly, resp. diagnostiky zariadení, pričom technikov údržby treba pravidelne zaškoľovať na vykonávanie nových postupov pomocou nového a neraz i zložitejšieho prístrojového vybavenia.

Záverom možno konštatovať, že úlohy údržby, na ktorých plnenie sa v súčasnosti kladie najväčší dôraz, vychádzajú z požiadavky zabezpečenia optimálnych podmienok pre dosahovanie maximálnej produktivity výrobných zariadení. Od opráv pokazených strojov sa prechádza k zabraňovaniu ich poruchám cestou predchádzania poškodzovania súčiastok. Ďalšou kľúčovou úlohou je zaistenie uspokojivej nepretržitej prevádzky stroja po dobu navrhnutej životnosti, prípadne vhodnou údržbou doceliť aj jej predĺženie. V neposlednom rade ide o zabezpečenie čo najväčšej využiteľnosti stroja s minimálnymi odstávkami na údržbu či opravy a zaistenie jeho bezpečnej prevádzky.

## **2.3 Etapy údržby**

Zabezpečenie, resp. obnovenie prevádzky schopnosti výrobných zariadení sa v praxi dosahuje pomocou širokého spektra činností. Podľa obsahu ich možno zatriediť do štyroch základných skupín, ktoré sa označujú ako etapy údržby (v niektorých zdrojoch sa používa označenie druhy údržby):

- bežná údržba (I. etapa),
- inšpekcia (II. etapa),
- opravy (III. etapa),
- obnova (IV. etapa).

*Bežná údržba* zahŕňa najmä čistenie, mazanie, kontrolu a uťahovanie spojov, nastavovanie strojov a pod. Jedná sa o pravidelnú starostlivosť, ktorá je prevenciou proti zvýšenému opotrebeniu a poruchám. Zaraďujeme sem však aj realizáciu drobných opráv. Práce spadajúce pod bežnú údržbu najčastejšie vykonáva obsluha strojov.

Medzi *inšpekčné činnosti* patria všetky revízie a kontroly zariadenia s cieľom zistiť alebo overiť jeho stav počas prevádzky, resp. pred jeho uvedením do prevádzky po vykonanej oprave. Mnohé inšpekcie musia byť vykonávané pravidelne na základe požiadaviek legislatívy. Zvláštny typ inšpekcie predstavuje *diagnostika*, ktorá slúži na zisťovanie stavu objektu na základe monitorovania veličín definujúcich stav stroja. Jej výsledky sa využívajú predovšetkým na plánovanie ďalších údržbárskych zásahov.

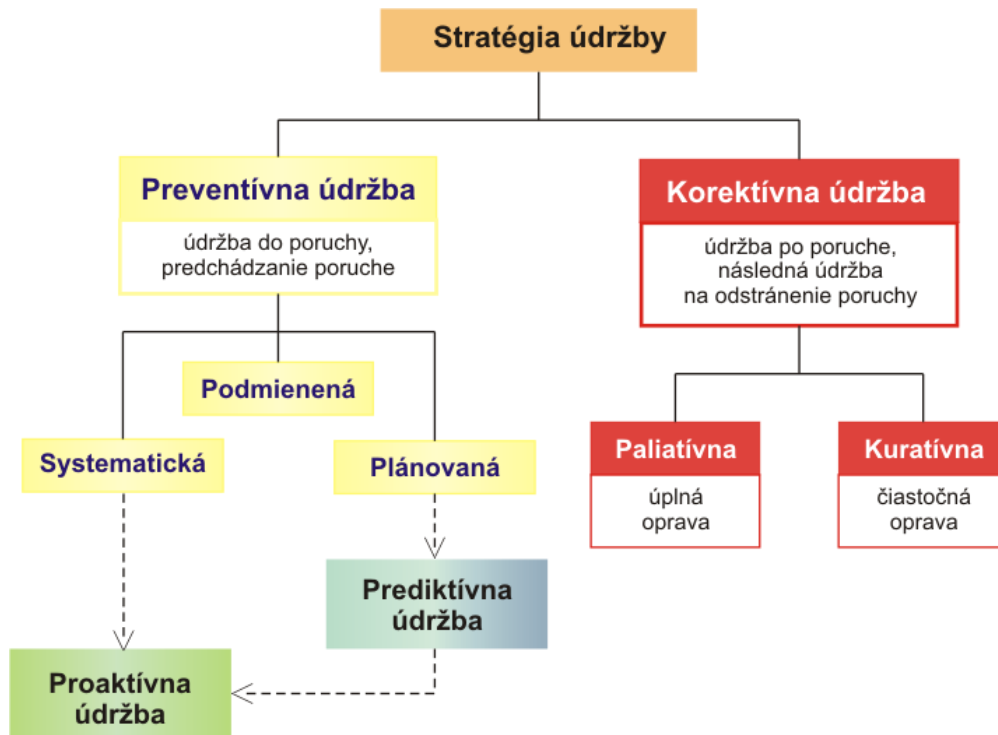
Činnosti vykonávané v rámci opráv strojov sa líšia v závislosti od ich rozsahu. Najväčší rozsah prác predstavuje *generálna oprava*, kedy sa realizuje oprava celého zariadenia. Odstraňujú sa ňou účinky dlhodobého prevádzkového opotrebenia a poškodenia, pričom cieľom je obnovenie, príp. zlepšenie pôvodnej výkonnosti, technických a prevádzkových vlastností. Realizácia generálnej opravy stroja je vzhľadom na veľké finančné i časové nároky dlhodobo dopredu plánovaná a zvyčajne sa vykonáva v špecializovaných dielňach. *Stredná oprava* zahŕňa činnosti súvisiace s výmenou alebo opravou väčšieho počtu súčiastok, resp. konštrukčných uzlov stroja. Rozsah opravy sa určuje na základe prehliadok a kontrol, najčastejšie sa vykonáva priamo na mieste, kde je stroj nainštalovaný. *Malé opravy* sú najviac sa vyskytujúcim druhom opráv, zaraďujeme sem výmeny menších súčiastok, ktoré sa v bežnej prevádzke rýchlo opotrebovávajú (tesnenia, ventily a pod.). Časť týchto opráv sa vykoná počas preventívnych prehliadok ako okamžitá reakcia na zistený stav. Vykonávateľom je priamo pracovník vykonávajúci prehliadku.

Cieľom *obnovy* je odstránenie nielen technického ale aj morálneho opotrebenia strojov a docieľuje sa pomocou modernizácie alebo rekonštrukcie. *Modernizácia* zahŕňa implementáciu rôznych vylepšení zariadenia s cieľom zvýšiť výkonnosť, zlepšiť kvalitu, zjednodušiť obsluhu, predĺžiť životnosť a pod. Pri *rekonštrukcii stroja* dochádza na viac aj k trvalej zmene charakteru rekonštruovaného objektu, napr. z univerzálneho stroja sa stane špeciálny jednocelový. V súčasnosti je bežné spájanie generálnej opravy s modernizáciou alebo rekonštrukciou zariadenia. Za obnovu stroja vykonávanej v menšej miere možno považovať aj výmenu modulov, či určitú formu „upgrade“, kedy sú určité súčiastky nahradené lepšími.

## 2.4 Základné stratégie údržby

Každá organizačná jednotka v podniku má svoj účel – poslanie, na ktorý bola zriadená. Akým spôsobom bude toto poslanie naplnené, si už určuje sama pomocou vhodnej stratégie. *Stratégiu údržby* možno definovať ako metódu manažmentu použitú na dosiahnutie cieľov údržby. Jedná sa o súbor pravidiel, podľa ktorých sa vykonávajú jednotlivé činnosti údržby a plánuje sa ich časový priebeh. Ako už bolo uvedené, hlavným poslaním údržby je komplexná starostlivosť o majetok podniku, predovšetkým však zabezpečenie prevádzkyschopnosti a pohotovosti výrobných zariadení pri efektívnom využití dostupných zdrojov. V zjednodušenom ponímaní sa pod stratégiou údržby často chápe rozhodnutie, či sa na danom zariadení bude uplatňovať *korektívna údržba* alebo *preventívna údržba s vopred určenými intervalmi*, resp. *preventívna údržba podľa stavu*. Tieto tri možnosti starostlivosti predstavujú základné stratégie údržby (obr.1). V praxi sa na výrobný stroj ako celok často aplikujú viaceré stratégie. Na niektoré časti sa použijú preventívne stratégie na iné údržba po poruche. Pri rozhodovaní sa vychádza z kritickosti stroja (komponentu), možnosti realizácie, či ekonomickej výhodnosti prevencie a pod.

Vhodným nástrojom využívaným pri určovaní optimálnej stratégie údržby je matica kritickosti – graf, kde na x-ovej osi sa uvádza závažnosť následkov porúch a na y-ovej osi ich frekvencia (pravdepodobnosť) výskytu. Najkritickejšiu (najhoršiu) situáciu predstavuje veľmi závažný (nepripustný) následok v dôsledku poruchy s veľmi vysokou pravdepodobnosťou výskytu. Tu je nutné zvoliť preventívnu stratégiu, ktorá neumožní nastanie poruchy, prípadne realizovať konštrukčné zásahy minimalizujúce možnosť výskytu alebo následky. Opakom je málo pravdepodobná porucha s minimálnymi následkami, v tomto prípade sa volí prevádzka do poruchy s následnou údržbou po poruche.



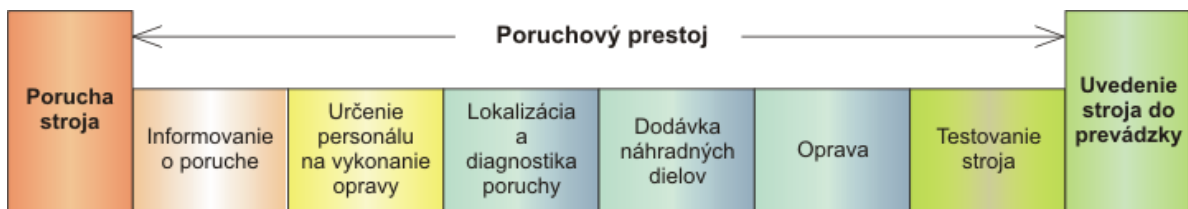
Obr.1 Základné a progresívne stratégie priemyselnej údržby

#### 2.4.1 Korektívna údržba (Údržba po poruche)

Korektívna údržba je najstaršou zo stratégií údržby a v súčasnosti má uplatnenie pri strojných zariadeniach, resp. ich častiach s minimálnym vplyvom na dostupnosť, bezpečnosť či kvalitu výroby. Definovať ju možno ako *súbor činností, ktoré sa vykonávajú po vzniku poruchy na zariadení alebo pri strate funkčnosti zariadenia s cieľom zabezpečenia jeho požadovanej funkcie, a to buď úplnej alebo dočasnej*. Hlavný cieľ sledovaný týmto typom údržby je teda zabezpečenie rýchleho obnovenia prevádzky (resp. prevádzkyschopnosti) zariadenia pri dodržiavaní bezpečnostných predpisov a navrátenie jeho pôvodných prevádzkových charakteristík. Naplnenie cieľa sa realizuje formou opravy, ktorá môže byť úplná alebo čiastočná (provizórna). Druhá možnosť sa volí, ak úplnú opravu nie je možné realizovať hneď (pre chýbajúce náhradné diely, potrebu špecializovaných pracovníkov a techniky, ...), ale pomocou dostupných prostriedkov je možné dočasné obnovenie takého stavu zariadenia, ktorý umožňuje plnenie funkcií pri zníženom výkone alebo pri akceptovateľnej zmene prevádzkových podmienok. Z pohľadu organizácie a riadenia prác údržby je potrebné uviesť, že poruchy predstavujú náhodné udalosti z hľadiska času výskytu i rozsahu poškodenia. Vo väčšine prípadov je potrebná okamžitá reakcia, čo kladie veľké nároky na pružnosť a operatívnosť útvaru údržby. Vykonávanie korektívnej údržby môže byť:

- *neplánované* – najčastejší sa vyskytujúci prípad v praxi, jedná sa o bezprostrednú reakciu na poruchu, výsledkom môže byť úplné alebo len čiastočné odstránenie poruchy,
- *plánované* – opravárenský zásah nebolo možné alebo potrebné vykonať hneď, resp. sa vykonala iba provizórna oprava a úplné odstránenie poruchy sa vykoná v dopredu naplánovanom čase. Medzi plánované opravy zaraďujeme aj opravy veľkého rozsahu (stredné a generálne), tie však nie sú reakciou na poruchu, ale slúžia na odstránenie účinkov dlhodobého prevádzkového opotrebenia či poškodenia stroja.

Ako výhodu údržby po poruche možno uviesť využitie celej životnosti súčiastky, resp. konštrukčného uzla, nízke organizačné a administratívne zaťaženie útvaru údržby zohľadňujúce fakt, že porucha je náhodná udalosť. Nevýhodou môžu byť vysoké straty najmä pri kľúčových strojoch, neočakávané náklady v dôsledku nákupu náhradných dielov, externých služieb, prípadne likvidácie škôd.



Obr. 2 Kroky procesu odstránenia poruchy.

Ako poruchový prestoj sa označuje čas, ktorý uplynie od vzniku poruchy po opätovné uvedenie stroja do prevádzky. Počas neho prebieha proces odstránenia poruchy, ktorý možno rozdeliť do postupnosti krokov znázornených na obr. 2, pričom mnohé skrývajú veľký potenciál pre minimalizáciu trvania prestoja. Informovanie o poruche je potrebné riešiť formou efektívnej komunikácie na báze otázok typu „Čo?, Kde?, Kedy?, Ako?“, aby útvár údržby dostal čo najskôr potrebné informácie pre posúdenie vzniknutej situácie. Inak povedané, pracovník údržby by mal byť predovšetkým oboznámený s tým, ktoré časti stroja nepracujú správne, ktoré sú poškodené/nefunkčné, aké odchýlky vykazuje správanie stroja voči normálnemu stavu a pod. V dôsledku nejasných informácií dochádza k problémom, ktoré predlžujú trvanie poruchového prestoja. Veľmi dôležité je vybudovanie pocitu zodpovednosti operátorov ako primárnych zdrojov informácií o (ne)fungovaní stroja. Veľmi podceňované oblasti predstavujú aj forma odovzdávania informácií (žiadanka na vykonanie práce) a tréning efektívnej komunikácie medzi operátorom a pracovníkmi údržby. Ďalším krokom zasluhujúcim si pozornosť z hľadiska skracovania trvania prestoja je proces lokalizácie a diagnostiky poruchy. Keďže vo všeobecnosti môže mať porucha viacero príčin, často tento proces prebieha metódou pokus – omyl a jeho trvanie je do značnej miery závislé od znalostí a skúseností pracovníkov. Elimináciu tohto nepriaznivého stavu možno doceliť používaním poruchových diagnostických postupov vytvorených na báze stromu porúch s uvedením možných príčin. V neposlednom rade aj oblasť náhradných dielov skrýva výrazný potenciál pre zlepšenie. Ich nedostupnosť, resp. čakanie na dodanie je hlavnou príčinou predĺženia prestoja, odloženia opravy či jej provizórneho vykonania.

Dôležitú úlohu v korektívnej údržbe hrá aj dokumentácia v podobe žiadanky na vykonanie zásahu a protokolu o vykonaní prác. Žiadanka predstavuje východiskový dokument pre začatie prác, v prípade činností zabezpečovaných externými subjektmi predstavuje oficiálnu objednávku na ich vykonanie. Protokol o vykonaní prác tvorí východisko pre hodnotenie spoľahlivosti stroja, riadenie zásob náhradných dielov, vyťaženie pracovníkov a pod. Výhody používania žiadaniek a protokolov možno zhrnúť nasledovne:

- evidencia a monitorovanie priebehu všetkých zásahov,
- evidencia a avizovanie zásahov, ktoré treba realizovať,
- podklady pre plánovanie zásahov,
- monitorovanie rozpracovanosti žiadaniek na jednotlivé zásahy,
- podklady pre hodnotenie procesov údržby.

## 2.4.2 Preventívna údržba

Súčasná starostlivosť o strojné zariadenia je do značnej miery založená na aplikácii preventívnej údržby. Jedná sa o súbor činností rôzneho charakteru, ktoré sú vykonávané ako prevencia pred výskytom porúch a podľa obsahu ich možno rozdeliť do troch hlavných skupín:

- pravidelná starostlivosť o stroj zahŕňajúca najmä čistenie, dopĺňanie prevádzkových kvapalín, mazanie, nastavovanie, a pod.,
- pravidelné prehliadky a kontroly vedúce slúžiace k odhaleniu podmienok vedúcich k poruche,
- rôzne opravy a výmeny súčiastok vykazujúcich začiatkové príznaky možného zlyhania.

Zvyšovanie produktivity práce a snaha o čo najlepšie využitie výrobných zariadení viedli už polovici 20. storočia k postupnému prechodu od korektívnej k preventívnej údržbe. V súčasnosti sa prostredníctvom preventívnej údržby sledujú nasledovné ciele:

- predĺženie životnosti komponentov – pravidelnou bežnou starostlivosťou (čistenie, mazanie) sú zabezpečené optimálne podmienky pre ich funkciu,

- zvyšovanie spoľahlivosti strojov - preventívnymi zásahmi sa znižuje pravdepodobnosť výskytu poruchy a teda aj odstávky zariadenia,
- zabezpečenie kvality výroby - porucha stroja sa často prejavuje produkciou nekvalitných výrobkov,
- zlepšovanie organizácie práce – všetky preventívne zásahy sú plánované, čo zahŕňa aj plánovanie ľudských zdrojov,
- zlepšovanie riadenia skladových zásob náhradných dielov – plánovanie preventívnych zásahov umožňuje optimálne riadenie procesu zásobovania náhradnými dielmi (množstvo a čas dodávky),
- zvyšovanie bezpečnosti a ochrany zdravia pri práci – nárast spoľahlivosti strojov je spojený s minimalizáciou rizika úrazu či zranenia v dôsledku jeho poruchy.

Už dlhšiu dobu je v preventívnej údržbe badateľný vývojový trend, ktorý sa vyznačuje ústupom stratégie údržby s pevnými a vopred stanovenými intervalmi vykonávania činností a do popredia sa dostávajú efektívnejšie spôsoby založené na diagnostike stavu stroja.

### **Údržba s vopred stanovenými intervalmi (systematická údržba)**

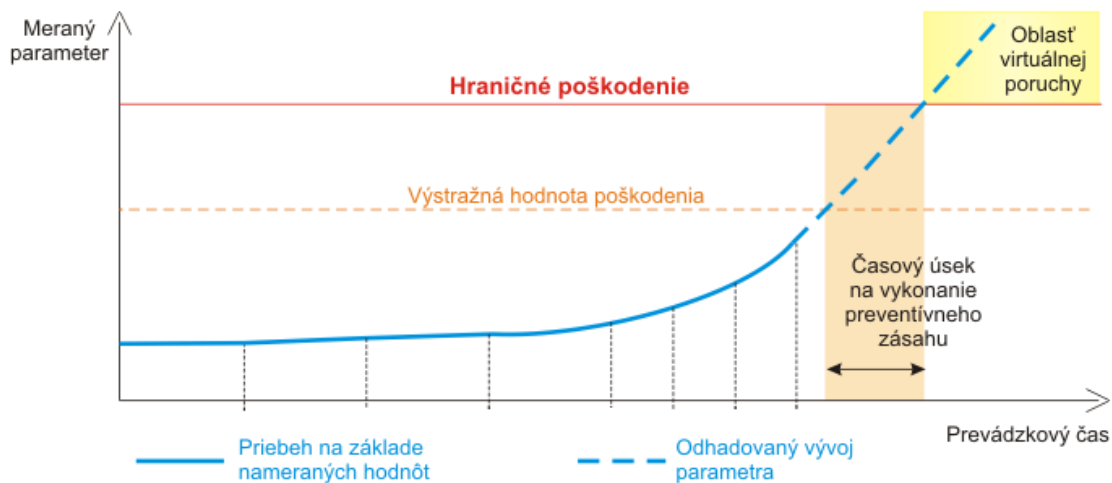
Pri tomto type údržby, niekedy označovanej aj ako údržba v pevnom cykle, sú práce vykonávané v presne daných intervaloch vyplývajúcich z minimálnej životnosti komponentov, ktorých výmena sa uskutočňuje bez ohľadu na ich skutočné opotrebenie. Typickým príkladom môže byť výmena oleja v motore automobilu po najazdení určitého počtu kilometrov. Táto stratégia sa využíva pri komponentoch, kde nie je možné merať opotrebenie (napr. klinové remene), alebo firme sa neoplatí zakúpenie diagnostickej techniky (napr. na diagnostiku ložísk, olejov a pod). Ich výmeny sa realizujú podľa odporúčaní dodávateľov. Pri niektorých zariadeniach (napr. parné kotle) je pravidelné vykonávanie určitých zásahov predpísané legislatívou.

Hlavná výhoda systematickej údržby spočíva v jednoduchom určení doby výmeny, resp. používania súčiastok, najmä ak je ich životnosť stanovená počtom dní. To sa prejavuje v jednoduchom organizovaní práce, keďže termíny zásahov sú známe dlho dopredu, nie je problém všetko dopredu zabezpečiť. Ako slabú stránku tohto typu údržby treba uviesť skutočnosť, že predstavuje určitú formu plytvania nákladov. Vzhľadom na to, že sa vôbec neberie do úvahy skutočný stav (opotrebenie) súčiastok, údržba je často vykonaná zbytočne, pretože technický stav ju vôbec nevyžadoval. To sa premieta do zbytočne vysokých nákladov najmä na obstarávanie náhradných dielov (súčiastky sa vymieňajú sa v 1/3 životnosti).

### **Údržba podľa stavu (podmienená alebo plánovaná údržba)**

Nevýhody predošlého prístupu do značnej miery minimalizuje údržba podľa stavu zariadenia, resp. jeho komponentov, pričom rozlišujeme dva prístupy – podmienenú a plánovanú údržbu. Preventívna *podmienená* údržba je charakteristická tým, že v pravidelných intervaloch sa monitoruje dosiahnutie medzného opotrebenia, ktoré však nemusí byť vyjadrené kvantitatívne (napr. môže byť určené "zaniknutím" kontrolnej drážky). Po jeho dosiahnutí nasleduje zásah spočívajúci vo výmene súčiastky. Nevýhodou tohto prístupu je, že sa nedá aplikovať pri všetkých súčiastkach (napr. ložiskách) a ťažko sa odhaduje „zvyšková“ životnosť najmä v prípade, že sa blížíme k hraničnej hodnote opotrebenia.

Pri *preventívnej plánovanej údržbe* sa kvantitatívne sleduje a trendovo vyhodnocuje opotrebenie súčiastky alebo iné charakteristiky súvisiace s opotrebením. Na základe časového vývoja nameraných hodnôt sa naplánuje zásah. Diagnostika stroja sa najčastejšie vykonáva pomocou merania vibrácií, hluku, teploty, analýzou znečistenie oleja a pod. Hlavná výhoda tohto prístupu spočíva v tom, že údržba je vykonaná na základe skutočného stavu zariadenia zisteného diagnostikou. Zásah sa vykoná až vtedy, keď to zhoršený stav stroja vyžaduje, čiže keď sú dosiahnuté limitné, resp. výstražné hodnoty kontrolovaných parametrov. Ako nevýhody možno uviesť prvotné náklady potrebné na zaobstaranie diagnostickej techniky, vyškolenie obsluhy. Určité komplikácie vnáša tento typ údržby aj do oblasti plánovania a organizácie prác, keďže vopred je známy iba termín diagnostiky, ale nie jej výsledok. Teda nevie sa, či bude potrebné hneď po diagnostike vykonať aj iné práce.



Obr. 3 Princíp preventívnej plánovanej údržby

### Najčastejšie používané metódy diagnostiky

Hlavným prostriedkom na docelenie vysokej efektívnosti preventívnej údržby je technická diagnostika. Na hodnotenie stavu zariadenia sa využíva celý rad diagnostických metód, pričom začína dominovať tzv. bezdemontážna diagnostika umožňujúca sledovanie stavu stroja počas jeho bežnej prevádzky bez potreby rôznych odstávok. Trend smeruje k úplne bezdemontážnym diagnostickým metódam, pomocou ktorých bude možné za plnej prevádzky a v reálnom čase vyhodnocovať stav stroja. V súčasnej praxi sú najpoužívannejšie tieto diagnostické metódy:

- *Tribodiagnostika* využíva mazivo ako zdroj informácií o zmenách v mazanom systéme. Rozlišuje sa diagnostika oleja, kedy sa sledujú zmeny jeho fyzikálno-chemických vlastností a diagnostika zariadenia, pri ktorej sa na základe znečistenia oleja mechanickými nečistotami sleduje druh a intenzita opotrebenia komponentov stroja. Rozhodujúcimi kritériami pre hodnotenie sú materiál, početnosť, veľkosť a tvar nečistôt. Vzhľadom na potrebu náročného technického vybavenia je tribodiagnostika v mnohých podnikoch realizovaná dodávateľsky väčšinou ako súčasť komplexného servisu poskytovaného dodávateľom mazív.
- *Infračervená termografia* je založená na bezdotykovom meraní povrchovej teploty objektu pomocou termokamery, ktorá na základe zosnímaného infračerveného žiarenia emitovaného meraným objektom zobrazí rozloženie teploty na jeho povrchu. Metóda slúži na odhaľovanie porúch prejavujúcich sa nárastom teploty v dôsledku zvýšeného trenia (ložiská, časti prevodoviek, spojok a pod.) a identifikáciu tzv. studených spojov v elektrických obvodoch vyznačujúcich sa vysokým prechodovým odporom.
- *Vibrodiagnostika* predstavuje metódu komplexného hodnotenia stavu stroja založenú na vyhodnocovaní mechanického kmitania (vibrácií) meraného na pohyblivých i pevných častiach stroja. Na základe amplitúd signálu na poruchových frekvenciách získaných prostredníctvom spektrálnej analýzy možno identifikovať druh poškodenia, určiť jeho príčinu a rozsah. Vibrodiagnostika sa využíva najmä pri hodnotení stavu ložísk, pohonov čerpadiel, ventilátorov a pod. Jedná sa o relatívne náročnú metódu vyžadujúcu nákladné prístrojové vybavenie a vysokokvalifikovaných pracovníkov, z tohto dôvodu je v mnohých podnikoch vykonávaná dodávateľsky špecializovanými firmami.

### 2.4.3 Súčasné progresívne stratégie údržby

Súčasný vývoj v oblasti preventívnej údržby vychádza z požiadavky maximalizácie efektívnosti výrobných strojov cestou redukcie strát, pričom sa však dbá nato, aby aj preventívne údržbárske zásahy predstavovali čo najmenšie straty. Skracovanie ich celkového trvania sa docieľuje minimalizáciou vykonávaných činností, ktoré sa realizujú na základe stavu zariadenia zisteného metódami technickej diagnostiky. Okrem úspory času sa takto docieľuje aj šetrenie v oblasti náhradných dielov (súčiastky sú vymieňané tesne pred uplynutím životnosti), kapacít údržby.

## Prediktívna údržba

Pri prediktívnej údržbe sú požiadavky na údržbárske zásahy zadávané na základe skutočného stavu stroja a jeho predpokladaného vývoja v budúcnosti. Nutnou podmienkou pre uplatnenie tejto stratégie je prepracovaný systém diagnostiky strojov vrátane vyhodnocovania stavu na časovej báze, t.j. vychádzajúc z časovej histórie sledovaných parametrov sa predpokladá ich vývoj v budúcnosti. Dobře vytvorený program prediktívnej údržby síce úplne nezabráni poruchám, ale do značnej miery eliminuje katastrofálne zlyhania stroja. Výhodou tejto stratégie je nárast prevádzkovej životnosti strojov, zníženie poruchových prestojov, zníženie nákladov na náhradné diely a prácu, ktoré sa objednávajú podľa prognózy vývoja stavu zariadenia. Súčasne sa zlepšuje kvalita výrobkov, zvyšuje sa bezpečnosť pracovníkov a klesá ohrozenie životného prostredia. Medzi nevýhody možno spomenúť nárast investícií do diagnostického vybavenia a vyššie požiadavky na kvalifikáciu pracovníkov.

## Proaktívna údržba

Proaktívna údržba vznikla ako výsledok spojenia preventívnej systematickej údržby s prediktívnou. Jedná sa o stratégiu zameriavajúcu sa na nápravné činnosti zamedzujúce vzniku porúch na základe vyhodnotenia ich následkov, pričom tieto činnosti sa zameriavajú na zdroje porúch. Preventívna systematická údržba tu reprezentuje plánovanie výmeny komponentov, opravy pred uplynutím životnosti bez ohľadu na ich skutočný technický stav. Prediktívny spôsob sa využíva pri predchádzaní porúch za predpokladu, že ich nastaniu predchádza určité „varovanie“ vo forme rôznych zistiteľných príznakov. Na to sa využívajú rôzne metódy technickej diagnostiky a monitorovania skutočného technického stavu strojov.

## 2.5 Organizačné formy údržby

Vykonávanie údržby v podnikoch je nemysliteľné bez riadenia jednotlivých procesov, čo sa realizuje na základe určitej organizačnej formy. Pod pojmi organizovanie a riadenie údržby ale aj výroby, či celej firmy si ľudia často predstavujú len organizačnú schému a organizačný poriadok. Tieto dokumenty sú však iba podpornými prostriedkami pre samotné organizovanie a riadenie príslušných procesov. Pojem *organizácia údržby v podniku* je podstatne širší a zahŕňa nielen rozdelenie pracovníkov do jednotlivých oddelení (tímov) ale aj stanovenie vhodnej kvalifikačnej štruktúry, priestorové usporiadanie dielní v rámci podniku, ich technické vybavenie či pravidlá pre delbu práce medzi pracovníkov internej a externej údržby. V praxi sa ešte často podceňuje skutočnosť, že úroveň organizovania a riadenia údržby má podstatný vplyv na fungovanie a výkonnosť podniku.

Pri vytváraní ľubovoľnej organizačnej štruktúry je potrebné vychádzať z nasledujúcich hlavných zásad:

- Pracovníci musia poznať, za čo sú zodpovední a súčasne aj vedieť, komu sú zodpovední.
- Manažéri musia vedieť, kto je zodpovedný za určenie cieľov a stanovenie všetkých aktivít potrebných na ich dosiahnutie.
- Manažment zabezpečuje, organizuje zdroje (pracovníkov, financie, náradie, materiál) a vedie k vykonávaniu úloh a plneniu cieľov.

Úlohou organizačnej štruktúry je vyjadrenie týchto zodpovedností čo najjednoduchšou cestou. V praxi sú časté situácie, kedy delegovanie zodpovednosti vychádzajúce z organizačnej štruktúry je jasné na riadiacej úrovni, ale nedostatky sa vyskytujú na výkonnej úrovni, kde sa vykonáva práca. Výsledkom je napríklad, že pracovníci nevedia, na koho sa majú v určitej situácii obrátiť, zlyháva prideľovanie práce, čo vedie k predlžovaniu údržbárskych zásahov, nárastu poruchovosti či škôd v dôsledku porúch.

Pre vytvorenie optimálnej organizačnej štruktúry údržby ale aj celého podniku neexistuje žiadny algoritmus či postup. Vždy je úlohou manažmentu, aby v rámci daných podmienok našiel optimálne riešenie. Podniky produkujúce rovnaký druh výrobkov a používajúce podobné výrobné technológie môžu efektívne fungovať pri výrazne odlišnej organizácii výroby i údržby. Rozdiely v organizovaní údržby sú spôsobené historickým vývojom, rôznym druhom výroby (strojárstvo, chemický priemysel, potravinársky priemysel, ...), implementáciou systémov riadenia v súvislosti so zavádzaním jednotnej formy v rámci nadnárodných koncernov a pod.



Pri návrhu organizačnej štruktúry sa využívajú dva základné prístupy k delegovaniu právomocí a zodpovednosti – *centralizácia* a *decentralizácia*. V súčasnosti je častým javom zmena organizačnej štruktúry, ku ktorej dochádza so zmenou vrcholového manažmentu podniku. Z centralizovanej formy údržby sa prechádza na decentralizovanú a naopak.

### **Centralizácia**

Vo všeobecnosti centralizácia predstavuje také usporiadanie právomocí v organizácii, keď jej vrcholové vedenie rozhoduje nielen o strategických otázkach, ale aj o väčšine otázok operatívneho riadenia. Ako pozitíva tohto usporiadania možno uviesť jednotné rozhodovanie "z centra" a stanovenie jednotných pravidiel pre celý podnik. Na druhej strane však obmedzuje autonómiu organizačných útvarov, znižuje flexibilitu rozhodovania, nevyužívajú sa všetky príležitosti a zdroje, inovatívny potenciál pracovníkov výroby i údržby. K riadeniu treba viac informácií, ich odovzdávanie môže byť zložitejšie a menej presné, čím narastajú nároky na pracovný čas a náklady na vyšších organizačných stupňoch.

### **Decentralizácia**

O decentralizácii hovoríme vtedy, keď sú manažérske a rozhodovacie právomoci delegované z centra do pôsobnosti vedenia čiastkových organizačných útvarov. Výrazne sa tak rozširuje počet osôb, ktoré prijímajú rozhodnutia a priamo sa zúčastňujú na riadení firmy. Výhodami tohto usporiadania je rýchlosť prijímania rozhodnutí, znalosť a zohľadňovanie miestnych podmienok. Kládne však vyššie nároky na schopnosti a kvalifikáciu vedúcich pracovníkov nižších stupňov, ktorí nie sú len vykonávateľmi príkazov „zhora“. Problémy môžu nastať pri potrebe koordinácie prác viacerých decentralizovaných útvarov.

Ďalším faktorom, ktorý výrazne vplýva na voľbu organizačnej formy údržby, je veľkosť podniku, pričom sa zohľadňuje predovšetkým počet a štruktúra udržiavaných strojov a počet pracovníkov údržby. V minulosti predstavoval podiel pracovníkov údržby 5 až 10 % počtu prevádzkových (výrobných) pracovníkov, v súčasnosti je tento podiel vyšší a predpokladá sa ďalší nárast. Z hľadiska počtu výkonných pracovníkov údržby možno podniky rozdeliť na:

- malé podniky (2 - 30 údržbárov),
- stredné podniky (31 – 99 údržbárov),
- veľké podniky (100 a viac údržbárov).

So zvyšujúcou sa veľkosťou podniku narastá nielen počet výkonných pracovníkov ale aj počet špecializovaných a podporných funkcií zabezpečovaných údržbou. Vo všeobecnosti platí, čím sú činnosti a počet pracovníkov údržby väčšie, tým je potrebné lepšie organizovanie a riadenie. V malých podnikoch sú mnohé funkcie kumulované na jedného pracovníka, napr. vedúci údržby je súčasne aj výkonným pracovníkom v prevádzke na úrovni majstra. Väčšina špecializovaných činností je v tomto prípade nakupovaná u externých firiem. S narastajúcou veľkosťou podniku rastie špecializácia činností a väčšia autonómnosť údržby.

Kritickým miestom v organizačnej štruktúre je určenie počtu a požadovanej kvalifikácie pracovníkov na vykonávanie údržbárskych prác, pretože objem práce sa nedá presne stanoviť a počas roka rôzne kolíše. V praxi sa to prejavuje nárazovým nedostatkom kapacít (napr. počas celozávodnej dovolenky, kedy je plánovaný veľký objem prác), ktorý sa rieši formou nakupovanej údržby. *Kapacitu údržbárskeho útvaru* možno vyjadriť ako maximálny objem údržbárskej činnosti za jednotku času realizovaný pomocou dostupných zdrojov pri uplatnení danej technológie, organizácie a riadenia činnosti. Jej veľkosť závisí najmä od počtu údržbárov, počtu a časového fondu údržbárskeho vybavenia a prácností zásahov, ktorá je daná konštrukciou a udržiavateľnosťou strojov.

### **Centralizovaná údržba**

Pri centralizovanej údržbe je zodpovednosť za všetky údržbárske činnosti delegovaná na jeden útvar podniku. Štruktúru tohto útvaru najčastejšie tvoria špecializované tímy, kde sú údržbári zoskupení na profesijnom základe. Môže ísť o jedno alebo viacprofesijné skupiny (dielne) zamerané na mechanickú údržbu, údržbu hydraulických systémov, elektroúdržbu a pod. Pracovníci nie sú viazaní na konkrétnu výrobnú prevádzku, ale podľa potreby pracujú v celom podniku. Riadenie činnosti, plánovanie a prideľovanie práce je realizované vedúcim

útvary, ktorý komunikuje buď s vedúcimi jednotlivých skupín alebo priamo s jednotlivými pracovníkmi. Úlohy sú zadávané na základe hierarchicky zostaveného poradia na určité kratšie časové obdobie. Centralizovaná údržba sa využíva najmä v malých a stredných podnikoch.

### **Výhody**

- pracovníci sú riadení z jedného centra
- existuje technická príprava opráv
- vedie sa centrálna evidencia o strojoch
- pracovníci zabezpečia aj komplexné opravy
- vytvorené podmienky pre identifikáciu a analýzu príčin porúch

### **Nevýhody**

- problémy s komunikáciou (prevádzka – centrála i výroba - údržba)
- pracovníci nemajú detailné znalosti o strojoch
- doprava náradia a náhradných dielov na prevádzky
- predlžuje sa čas opravy

### **Decentralizovaná údržba**

Decentralizovaná údržba sa vyznačuje tým, že pracovníci údržby sú na základe odbornosti a pracovno-právnych vzťahov priradení k jednotlivým nižším výrobným organizačným celkom (prevádzkam, linkám a pod.). Úsek údržby pracuje samostatne a má priame napojenie na organizačnú štruktúru výrobnej jednotky. Pracovníci sú špecialisti na zariadenia prevádzky, čo však môže obmedzovať ich nasadzovanie na výpomoc v iných prevádzkach. Výhodou je vysoká operatívnosť a flexibilita. Pri veľkej decentralizácii však môže nastať „rozpad“ systému riadenia údržby (začnú prevládať individuálne alebo skupinové záujmy).

### **Výhody**

- údržba je umiestnená v blízkosti výroby, je operatívnejšia
- neviazne komunikácia ani doprava náhradných dielov a materiálu
- zvyčajne lepšie ohodnotenie údržbárov (patria pod výrobu, sú priamo viazaní na plnenie plánu)
- dobrá znalosť jednotlivých strojov a prevádzkových podmienok pracovníkmi

### **Nevýhody**

- pokles odbornosti a zanedbávanie odborného rastu údržbárov
- informácie o strojoch nie sú centralizované a plánovanie opráv nemusí byť v súlade s podnikovými plánmi
- obmedzená možnosť využitia údržbárov aj v inej prevádzke
- nárast počtu údržbárov (v rámci podniku ako celku)

### **Kombinovaná údržba**

Kombinovaná údržba predstavuje kombináciu predchádzajúcich dvoch foriem s rôznym rozsahom centralizácie a decentralizácie vykonávaných činností. Zámerom je v špecifických podmienkach konkrétneho podniku čo najviac využiť prednosti oboch foriem a súčasne minimalizovať ich nedostatky. Táto organizačná forma je uplatňovaná najmä vo veľkých podnikoch s rozsiahlym výrobným programom a vysokým počtom pracovníkov s rôznou kvalifikačnou štruktúrou. Decentralizované zvyčajne ostávajú činnosti vyžadujúce znalosti výrobného procesu, strojov a podmienok, v ktorých pracujú. Ich vykonávanie je väčšinou zabezpečené pomocou viacprofesijných tímov „prvého zásahu“. Pracovníci týchto tímov sa často stávajú súčasťou väčších prevádzkových (výrobných) tímov, majú zodpovednosť za realizáciu centrálny určeného plánu údržby. Na základe úzkeho prepojenia s výrobou sa očakáva ich iniciatíva v oblasti prevencie porúch.

Centrálny riadená údržba vykonáva náročné činnosti vyžadujúce vysokú odbornosť a zručnosť vo vzťahu k udržiavaným zariadeniam. Ich realizácia prebieha na základe časových plánov alebo požiadaviek jednotlivých prevádzok a zabezpečujú ju špecializované oddelenia s celopodnikovou pôsobnosťou. Medzi najčastejšie centralizované údržbárske činnosti patria:

- vykonávanie špecializovaných prác,
- služby kontrolného, diagnostického charakteru,
- technická príprava údržby,
- vykonávanie generálnych opráv,
- obstarávanie náhradných dielov.

## Výhody

- denné operatívne zásahy a preventívnu údržbu vykonáva decentralizovaná zložka údržby
- väčšie opravy vykonávajú centralizované rôzno profesijné skupiny
- zníženie nákladov na údržbu

## Nevýhody

- nastávajú informačné skraty medzi úsekmi centralizovanej a decentralizovanej údržby

## Integrovaná údržba

Jedná sa o špecifickú organizačnú formu, kde pracovníci údržby okrem údržbárskych činností vykonávajú aj bežné prevádzkové práce (napr. čistenie, mazanie). Na jej realizáciu sú potrební univerzálni špecialisti so širokou škálou vedomostí a zručností.

## Externá údržba, outsourcing údržby

Široký rozsah činností údržby a požiadavka efektívneho využívania zdrojov nútia podniky pristupovať k realizácii niektorých prác dodávateľskou formou od externých firiem. K nákupu externej údržby sa pristupuje z dôvodov:

- sporadického vykonávania úzkošpecializovaných činností,
- činností, ktoré môžu z legislatívneho hľadiska vykonávať iba oprávnené organizácie (osoby),
- činností, ktoré na svoju realizáciu potrebujú drahé a unikátne zariadenia,
- činností vyžadujúcich posilnenie kapacít v danom období.

Objem nakupovaných služieb do značnej miery závisí od veľkosti firmy a štruktúry udržiavaného majetku. Pre menšie firmy je skôr charakteristické, že operatívnu údržbu (opravy porúch) vykonávajú pomocou vlastných kapacít a ostatné práce sú zabezpečené dodávateľsky. Veľké firmy si takmer celý rozsah prác pokrývajú vlastnými zdrojmi, alebo využívajú outsourcing údržby, kedy je údržba v plnom rozsahu zabezpečovaná externou firmou. V súčasnosti firmy v čoraz väčšej miere požadujú komplexnosť poskytovaných služieb a v niektorých prípadoch na dodávateľské organizácie prenášajú aj zákonnú zodpovednosť za stav hmotného majetku so všetkými z toho vyplývajúcimi dopadmi. Veľmi dôležitým dokumentom pri nakupovanej údržbe je zmluva o údržbe. Dobrú pomôcku pri jej zostavovaní predstavuje norma STN EN 13 269 Údržba, Návod na prípravu zmlúv o údržbe.

### Hlavné dôvody PRE outsourcing údržby

- úspora nákladov
- zvýšenie kvality
- nedostatok vlastných skúseností a znalostí
- chýbajúce licencie pre špeciálne práce
- chýbajúce špeciálne zariadenia
- zníženie vlastnej zodpovednosti
- nedostatok pracovníkov s potrebnými znalosťami a zručnosťami
- riadenie prác externým pracovníkom
- flexibilita
- zníženie nadčasovej práce (zníženie počtu kmeňových pracovníkov)

### Hlavné dôvody PROTI outsourcingu údržby

- strata kontroly nad činnosťou
- výsledky nemusia zodpovedať vynaloženým nákladom
- zložitosť zadania pre externú firmu
- obavy z nekvalitnej práce
- vznik závislosti od dodávateľa
- riziko nekorektného konania dodávateľa
- dodávateľ nemusí mať potrebné skúsenosti
- obava z úniku obchodného tajomstva
- náročnosť riadenia dodávateľa (problémy s koordináciou prác viacerých dodávateľov)

## Infraštruktúra údržby

S formou organizácie údržby v podniku je neoddeliteľne spojená aj infraštruktúra údržby, ktorá predstavuje nevyhnutnú podmienku pre plnenie stanovených úloh. Jedná sa predovšetkým o vybavenie dielni údržby tvorené potrebným náradím, montážnymi prípravkami, pomôckami pre kontrolu a nastavovanie, meracou a diagnostickou technikou a rôznym príslušenstvom potrebným pre realizáciu údržbárskych prác (napr. zdvíhaky, vozíky). Pri vybavení jednotlivých dielni sa vychádza v prvom rade zo spravovaného majetku (udržiavaných strojov), pričom následne sa berie do úvahy aj:

- celková organizačná štruktúra podniku (delenie na prevádzky, úseky) a forma organizácie údržby (centralizovaná, decentralizovaná, kombinovaná),
- kategorizácia pracovísk a prevádzok,
- kategorizácia strojov (podľa kritickosti, preferovanej stratégie údržby),
- vzdialenosti medzi prevádzkami, resp. pracoviskami,
- rozmiestnenie potrebného zázemia (sklady náhradných dielov, mazív a pod.),
- objem prác externej údržby a rozmiestnenie ich pracovísk.

Výrazný vplyv na infraštruktúru údržbárskej dielne má druhová a typová štruktúra udržiavaných strojov, rozsah a náročnosť vykonávaných prác a plnenie ďalších cieľov, ktoré určujú činnosti úseku údržby. Vzhľadom na súčasné trendy v oblasti údržby strojov musí infraštruktúra údržbárskej dielne umožňovať realizáciu týchto činností:

- demontážne a montážne práce,
- zámočnicke práce (prispôsobovanie súčiastok),
- základné elektrikárske práce,
- základné zvaračské práce (zváranie plameňom a elektrickým oblúkom),
- práce spojené s čistením strojov,
- zabezpečenie skladovania nebezpečných látok (mazivá, čistiace prostriedky a pod.),
- zabezpečenie skladovania náhradných dielov, pomocných materiálov, prípravkov a pod.

Neoddeliteľnou požiadavkou kladenou na infraštruktúru údržby je aj zabezpečenie väzby na hygienické predpisy, bezpečnosť a ochranu zdravia pri práci i predpisy vzťahujúce sa na ochranu životného prostredia. V praxi to znamená najmä vybavenie dielni ochrannými pomôckami nevyhnutnými pri vykonávaní určitých prác, prostriedkami pre poskytnutie prvej pomoci pri úrazoch, prostriedkami pre likvidáciu požiaru, či následkov havárie, na pravidelnú kontrolu používaného náradia a prístrojov a pod.

## 2.6 Dokumentácia v údržbe

Vykonávanie údržbárskych prác je v súčasnosti spojené s používaním či vypracovávaním veľkého množstva rozličných dokumentov, ktoré zahŕňame pod spoločný názov *dokumentácia v údržbe*. Norma STN EN 13 460 ju definuje ako súbor všetkých dokumentov spracovávaných a používaných vo firme počas prevádzky výrobných zariadení. Táto norma určuje celý súbor dokumentov a informácií, ktoré sa majú brať do úvahy pri nadobúdaní a prevádzke zariadenia, či výrobného systému (príp. jeho časti), aby bolo možné organizovať jeho údržbu. Tieto dokumenty a informácie v nich uvedené sa považujú za implicitnú alebo explicitnú súčasť objednávky strojného zariadenia. Podľa účelu možno dokumenty rozdeliť do štyroch hlavných skupín:

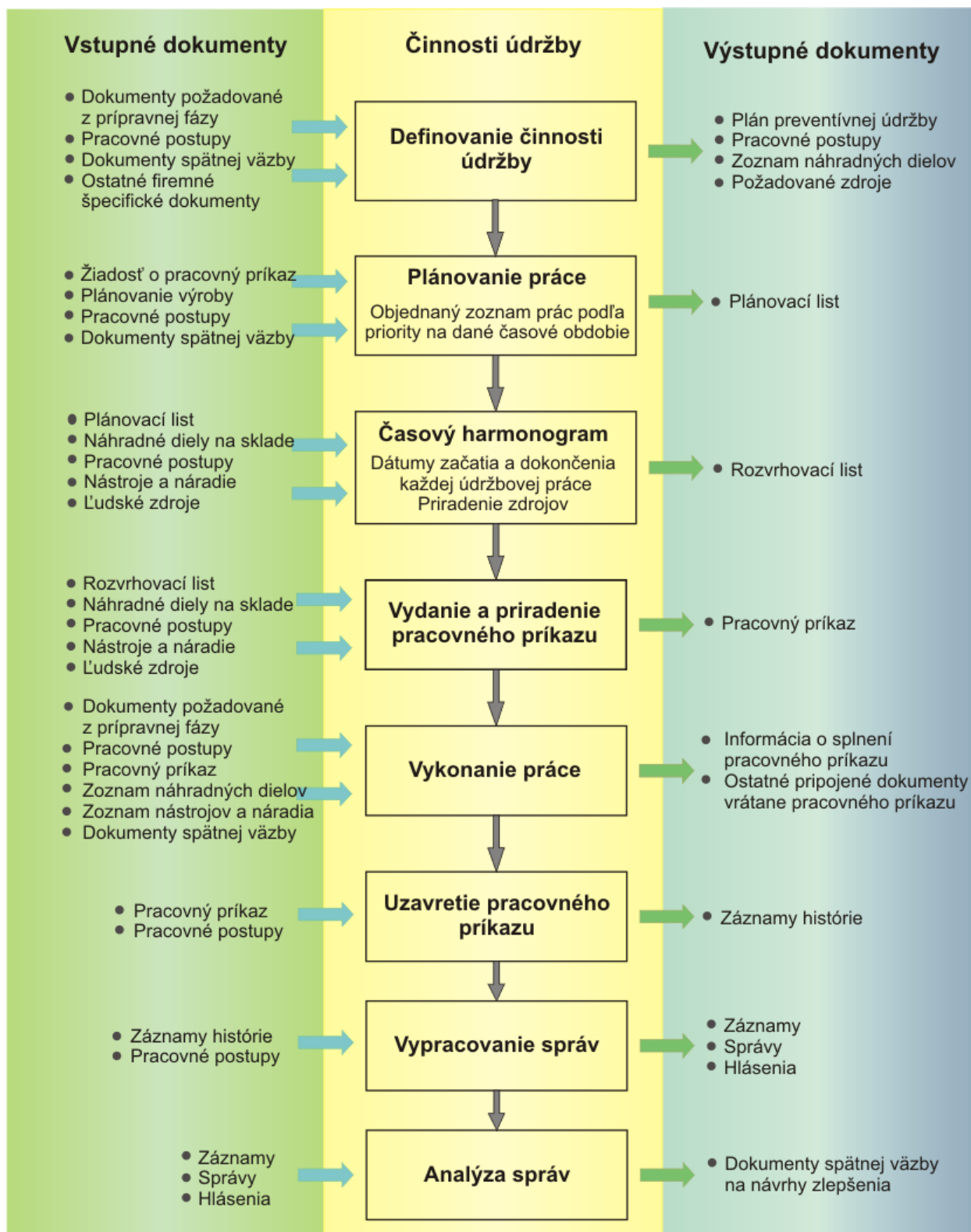
- technická dokumentácia k strojom od ich výrobcov,
- dokumentácia súvisiaca s vykonávaním prác údržby,
- dokumentácia súvisiaca s náhradnými dielmi,
- dokumentácia pre plánovanie a riadenie údržby.

Úplná, presná a správna dokumentácia je nutnou podmienkou pre efektívne fungovanie systému údržby v podniku. Na obr. 4 je znázornené využitie jednotlivých dokumentov v rôznych procesoch údržby. Všetky činnosti údržby musia byť zadané buď na základe plánov údržby alebo výskytu poruchy či inej udalosti. Pre tento účel sú generované dokumenty jasne definujúce kto, kedy, ako, pomocou čoho má vykonať potrebné práce. Pri ich realizácii pracovníci využívajú „podporné dokumenty“ vo forme výkresov, schém, pracovných postupov a pod. Ukončenie prác je spojené so spracovaním dokumentov umožňujúcich spätne zistiť kedy, kto, s akým vybavením, koľko trval prestoj, aké boli náklady a ďalšie informácie o zásahu či poruchovosti (spoľahlivosti) strojov. Neúplnosť a nedostatky technickej dokumentácie sú najväčšie prekážky pri realizácii údržby a v praxi sa prejavujú predĺžovaním trvania zásahov, recidívou porúch, chýbajúcimi náhradnými dielmi, problémami pri zostavovaní plánov údržby a pod. Ako najčastejšie nedostatky v dokumentácii údržby možno uviesť:

- Nie je spracovaná detailná výkresová dokumentácia strojov.
- Zlé (chýbajúce) pracovné postupy a údržbárske inštrukcie.

- Nejasné postupy (inštrukcie) pre demontáž a montáž.
- Nedostatočné podklady pre diagnostiku – zlé určenie kontrolných bodov.
- Nedostatočný zoznam náhradných dielov.

V súčasnosti sa väčšina dokumentov tvoriacich dokumentáciu v údržbe používa vo forme elektronických dokumentov spravovaných pomocou informačného systému. Dosiahlo sa tým uľahčenie a sprehľadnenie činností spojených s dokumentáciou údržby, úspora času pri príprave a vytváraní dokumentov, úspora ľudských i materiálnych zdrojov,



Obr. 4 Uplatnenie dokumentácie v procese údržby

### 2.6.1 Technická dokumentácia od výrobcu (dodávateľa) stroja

Tento súbor dokumentov predstavuje východisko nielen pre plánovanie a vykonávanie údržbárskych prác ale aj pre samotnú prevádzku stroja. Obsahuje informácie potrebné pre jeho inštaláciu a zapojenie, uvádza vyžadované energetické vstupy (napr. vstupný tlak v pneumatickom obvode), požiadavky na prostredie a pod. Pomocou tejto dokumentácie sa vypracovávajú podklady pre preventívnu údržbu (časové plány, pracovné postupy, kontrolné a diagnostické postupy). Niektoré dokumenty sú zasa nepostrádateľné pri diagnostike a oprave porúch pri korektívnej údržbe. Technickú dokumentáciu zvyčajne získava prevádzkovateľ od dodávateľa (výrobcu) pri preberaní stroja a najdôležitejšie dokumenty, ktoré ju tvoria, sú uvedené v nasledujúcom prehľade.

- Technické a prevádzkové parametre (údaje) stroja
- Návod na obsluhu stroja - technické inštrukcie na dosiahnutie správnej funkcie objektu a jeho výkonu vzhľadom na jeho technické špecifikácie a bezpečnostné podmienky
- Návod na údržbu - technické inštrukcie s cieľom zachovania alebo obnovenia stavu objektu, v ktorom môže vykonávať požadovanú funkciu
- Zoznam súčiastok a zoznam náhradných dielcov
- Výkresy zostáv i súčiastok pre ich demontáž, opravu a montáž
- Plány mazania - výkresy zobrazujúce polohu mazacieho miesta každého objektu spolu so špecifikáciou údajov o mazaní a technických podmienok
- Schémy zapojenia všetkých energetických obvodov - celková schéma elektrických, pneumatických a hydraulických rozvodov. Súčasťou schém sú aj spínacie obvody
- Logická schéma stroja - diagram ovládania stroja objasňujúci celkovú logiku jeho systémov.
- Schémy zapojenia napájacích a kontrolných obvodov
- Schémy potrubí a meracích prístrojov - celková schéma vedenia kvapaliny (vzduchu, pary, oleja, paliva atď.) a riadenia ich toku
- Situačný plán - výkres zobrazujúci všetky plochy určitého konkrétneho pracoviska
- Správa o skúške (protokol, atest) - správa o uvedení do prevádzky dokazujúca, že objekt je v zhode s dodacími podmienkami
- Revízna správa – súbor certifikátov, že objekt spĺňa špecifické bezpečnostné a zákonné požiadavky (zdvíhacie zariadenie, parné kotly, tlakové nádoby atď.)

### 2.6.2 Dokumentácia súvisiaca s vykonávaním prác údržby

Veľký súbor prác predovšetkým pri plánovanej údržbe je vykonávaný na základe pracovných postupov. Norma STN EN 13 460 definuje pracovný postup pri údržbe ako súhrn postupných krokov, ktoré sa majú dodržať s cieľom splniť operácie údržby, a to od prvých prípravných činností, až po analýzu konkrétnej dokončenej práce a návrh činností, ktoré sa majú podniknúť v budúcnosti na zlepšenie podobných prípadov. Postupy sa najčastejšie vypracovávajú pre činnosti spadajúce pod plánovanú, resp. preventívnu údržbu vo forme rôznych štandardov či návodov. Kľúčovým dokumentom v tomto súbore je pracovný príkaz, ktorý obsahuje všetky informácie na vykonanie údržby a odkazy na iné dokumenty potrebné na vykonanie údržby. Nasledujúci zoznam obsahuje hlavné dokumenty zaradené pod dokumentáciu súvisiacu s vykonávaním prác údržby.

- Záznam o údržbe strojov podľa pracovných príkazov
- Záznam histórie údržby a opráv stroja (karta stroja)
- Pracovný príkaz (objednávka práce) - hlavný dokument na povolenie, sledovanie a riadenie každej činnosti údržby.
- Postupy preventívnej údržby a údržby po poruche
- Postupy (štandardy) pre realizáciu autonómnej údržby a údržbárskych činností
- Postupy pre realizáciu kritických údržbárskych činností
- Postupy (štandardy) pre diagnostikovanie strojov
- Záznam meraných parametrov pre hodnotenie technického stavu stroja
- Postupy pre kalibráciu diagnostických a skúšobných zariadení

- Diagram príčin a dôsledkov porúch (Ishikawov diagram) - diagram zobrazujúci podľa dôležitosti rôzne príčiny, ktoré spôsobujú daný účinok (poruchu)
- Postup pre preskúmanie príčin kritických porúch
- Kontrolný diagram pre MTBF – MTTR pre kľúčové výrobné zariadenia.

### 2.6.3 Dokumentácia súvisiaca s náhradnými dielmi

Realizácia mnohých údržbárskych zásahov nie je možná bez použitia náhradných dielov. K výmene súčiastok alebo konštrukčných celkov na stroji dochádza buď pri poruche v dôsledku ich poškodenia, alebo sa jedná o formu prevencie pred poruchou. V súčasnosti narastajúci stupeň unifikácie konštrukcie výrobných strojov môže mať za následok, že mnohé náhradné diely sú spoločné pre viaceré stroje. Preto je presná identifikácia náhradných dielov a dostupnosť potrebných informácií o nich základným predpokladom efektívneho fungovania riadenia zásob náhradných dielov ale aj údržby ako celku. Problémy v tejto oblasti sa prejavujú predlžovaním trvania zásahov, alebo ich odkladaním v dôsledku nedostatku potrebných dielov, na druhej strane duplicita identických dielov evidovaných ako rôzne skladované položky vedie k nárastu skladových zásob a k neefektívnemu využívaniu finančných zdrojov. V nasledujúcom zozname sú uvedené základné dokumenty súvisiace s náhradnými dielmi.

- Záznam spotreby náhradných dielov
- Zoznam skladovaných a objednávaných náhradných dielov
- Zoznam kritických náhradných dielov (diely pre súrne použitie)
- Objednávka a postup pre nákup náhradných dielov
- Postup pre identifikáciu náhradných dielov (systém klasifikácie, kódovanie)
- Postupy pre manipuláciu, skladovanie a dodávanie náhradných dielov

### 2.6.4 Dokumentácia pre plánovanie a riadenie údržby

Do tejto skupiny sú zaradené všetky dokumenty slúžiace na plánovanie činností údržby, ich následnú evidenciu a vyhodnocovanie pomocou rôznych ukazovateľov. V súčasnosti sa väčšina dokumentov využíva v elektronickej podobe, pričom podľa potreby sú v aktuálnej podobe generované informačným systémom.

- Zoznam všetkých spracovávaných a archivovaných dokumentov
- Inventárny zoznam hmotného investičného majetku (HIM)
- Postup na identifikáciu objektov – súčasťou dokumentu je aj návod na kódovanie objektov, na kódovanie pracoviska a ako prepojiť kód objektu s kódom pracoviska.
- Formulár pre zber údajov pre vyhodnotenie CEZ
- Postup na preskúmanie príčin kritických porúch
- Výrobný plán (plánovanie využitia výrobných zdrojov a odstávok)
- Záznam o využití a pohotovosti výrobného zariadenia
- Záznam o využití údržbára v nadväznosti na realizované príkazy
- Záznam o spotrebe náhradných dielov a technických prostriedkov
- Záznam o nákladoch na údržbu - výdavky údržby sú klasifikované podľa druhu údržby a štruktúry obchodných nákladov v danom časovom úseku.
- Organizačná schéma podniku - grafické zobrazenie jednotiek podniku (funkčné alebo divízne) ukazujúce tok formálnej právomoci
- Zmluvy externej údržby - súbor aktualizovaných platných zmlúv o údržbe vrátane ich dodatkov.
- Postupy pre hodnotenie spotreby času na odstraňovanie kritických porúch
- Postup riadenia dokumentácie o údržbe
- Dokumentácia súvisiaca s používaním informačného systému údržby
- Postupy pre plánovanie a riadenie údržbárskych činností
- Záznamy o kvalifikácii a školeniach pracovníkov údržby
- Záväzné zákony a nariadenia
- Postupy na plánovanie a zavádzanie vnútorných auditov údržby

- Vnútorne audity údržby – dokumenty obsahujúce zoznam preverovaných kritérií a ukazujúce minimálny požadovaný výkon a dosiahnuté výsledky.
- Postup vykonávania nápravných činností po vnútornom audite – najčastejšie akčné plány s pravidelnou kontrolou vývoja.

## 2.7 Náhradné diely

Obnovenie alebo udržanie prevádzkyschopnosti stroja je často spojené s výmenou poškodených, resp. opotrebovaných dielov za nové. Pojmom náhradné diely sa označujú všetky súčiastky a konštrukčné celky stroja, ktoré možno v prípade poruchy či opotrebenia nahradiť pri zachovaní pôvodnej, resp. docielení lepšej funkcie stroja. Ich dostupnosť rozhodujúcim spôsobom ovplyvňuje vykonávanie opráv i preventívnych zásahov. Nezanedbateľný je aj ich dopad na ekonomiku (efektívnosť) údržby najčastejšie vyhodnocovaný na základe objemu viazaných prostriedkov vo forme skladových zásob. Všeobecným cieľom riadenia zásob náhradných dielov je minimalizácia úrovne zásob pri súčasnom zachovaní alebo zlepšení dostupnosti skladovaných položiek. Tieto dve požiadavky však predstavujú určitý rozpor pri určovaní skladových zásob. Na jednej strane je snaha o čo najmenšiu zásobu náhradných dielov z dôvodu minimalizácie objemu viazaných financií a zníženia nákladov na skladovanie a ošetrovanie dielov. Na druhej strane požiadavka maximalizácie zásob náhradných dielov vyjadruje potrebu poistnej zásoby, pretože ich nedostupnosť vedie k predĺžovaniu údržbárskeho zásahu a nárastu strát. Ich veľkosť je väčšinou oveľa väčšia ako hodnota chýbajúcich náhradných dielov. Zlyhanie procesu riadenia zásob náhradných dielov sa prejavuje:

- prezásobením – neprimerane vysoká zásoba náhradných dielov a materiálov údržby,
- nedostatkom – nedostatočná zásoba niektorých položiek spôsobuje ich dočasný nedostatok,
- rastúcim trendom celkového objemu zásob náhradných dielov vyjadreného počtom položiek alebo výškou viazaných finančných prostriedkov.

Pri vytváraní zásoby náhradných dielov je potrebné zohľadňovať nasledovné faktory:

- vek zariadenia,
- záťaž komponentov zariadenia vo vzťahu k miere využitia zariadenia,
- stupeň opotrebenia komponentov,
- požiadavku dobrého stavu komponentov, ktoré sú predpokladom správnej funkcie zariadenia,
- riadenie a starostlivosť o výrobné zariadenie,
- technická úroveň operátorov a personálu údržby,
- plán výroby a plán odstávok.

Pri hodnotení celkovej zásoby treba vychádzať z nasledovných kritérií pre posudzovanie jednotlivých náhradných dielov:

- ročný obrat,
- cena,
- disponibilita zásob, príp. výrobných kapacít pri zákazkovej výrobe dielov,
- dodacie termíny,
- skladovacie podmienky,
- veľkosť a hmotnosť,
- náklady na dodanie,
- spotreba jednotlivých položiek.

Presná a úplná identifikácia jednotlivých náhradných dielov a dostupnosť informácií o nich predstavujú nutné podmienky efektívneho riadenia zásob. Hlavným cieľom je zabránenie duplicitnému nákupu rovnakých dielov evidovaných pod rôznymi skladovými číslami. Určitý problém môže spôsobovať narastajúci stupeň unifikácie konštrukcie výrobných strojov, dôsledkom čoho sú mnohé náhradné diely spoločné pre viaceré stroje, ale v dokumentácii môžu mať rôzne označenia.

Segmentácia skladovaného portfólia predstavuje ďalší nástroj pre efektívne riadenie zásob náhradných dielov. Cieľom je rozdelenie skladovaného sortimentu do skupín vyžadujúcich



odlišný prístup k plánovaniu a riadeniu zásob. Segmentáciu možno vykonať podľa rôznych kritérií:

- ABC analýza zásob podľa veľkosti a hodnoty,
- ABC analýza podľa spotreby,
- segmentácia podľa frekvencie spotreby – identifikácia dielov s nízkou (nulovou) a sporadickou (náhodnou) spotrebou za dlhšie obdobie,
- rozdelenie dielov podľa kritickosti.

Predpoveď budúcej spotreby predstavuje kritický krok pri vytváraní zásoby náhradných dielov z hľadiska určenia ich štruktúry i množstva. Vychádza sa pritom z histórií spotreby dielov i údržby stroja, ktoré však musia byť dostatočne dlhé (najlepšie niekoľko rokov). Pritom treba rozlišovať potrebu dielov na vopred plánované zásahy údržby (preventívnu údržbu, stredné a generálne opravy) a potrebu na náhodné – neplánované zásahy predstavujúce opravy porúch. Dôležité je aj správne zohľadnenie charakteru spotreby dielov, kde typické skupiny sú reprezentované rýchlo obrátkovými dielmi a dielmi so sporadickou spotrebou.

## 2.8 Model fungovania údržby v priemyselnom podniku

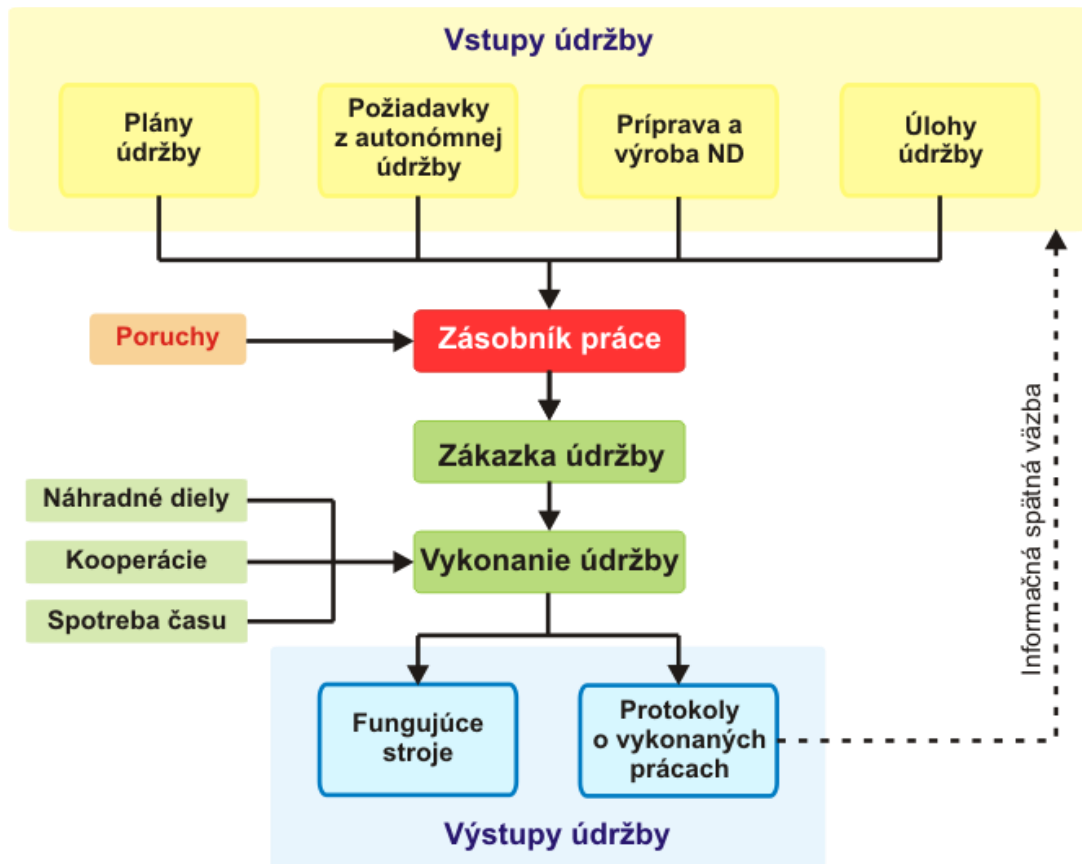
Ciele a úlohy údržby vychádzajúce z hlavných cieľov podniku tvoria východiskový rámec pre fungovanie útvaru údržby. Zatiaľ čo v minulosti sa kládol dôraz na rýchle odstraňovanie porúch a určujúcou bola stratégia korektívnej údržby, v súčasnosti dominujú preventívne stratégie. To sa premietlo aj do zmeny celkovej štruktúry údržbárskych prác, kde došlo k poklesu počtu korektívnych zásahov po poruche a nárastu preventívnych činností. Ďalším rozdielom je veľký podiel plánovaných prác rezultujúci z požiadavky na efektívne fungovanie údržby a šetrenie finančných zdrojov. Kľúčovú úlohu v mnohých procesoch hrá informačný systém, ktorý nie je len programom pre plánovanie práce, ale slúži aj na vyhodnocovanie poruchovosti, prípravu podkladov, vytváranie výkazov, prehľadov a pod.

Na údržbu sa možno pozeráť aj ako na určitý systém, ktorý na základe vstupov produkuje výstupy (obr. 5). Primárnym výstupom sú spoľahlivo fungujúce výrobné stroje, sekundárnym rôzne dokumenty v podobe správ, prehľadov, štandardov a pod. následne využívané na zlepšovanie procesov údržby. Požiadavky na vykonanie prác predstavujú vstupné impulzy pre jeho činnosť, ich hlavnými zdrojmi sú:

- *Plány údržby* obsahujúce časový rozvrh prác na jednotlivých zariadeniach. Pri ich zostavovaní sa vychádza zo systematickej údržby zahŕňajúcej práce vykonávané v pevnom časovom cykle i údržby na základe stavu, kde požiadavky na práce vychádzajú z výsledkov diagnostiky. Zaraďujeme sem aj plány na realizáciu opráv väčšieho rozsahu (stredné, generálne). Okrem určenia času realizácie zásahu slúžia na plánovanie zdrojov na jednotlivé aktivity – pracovníkov, náhradných dielov, externých služieb.
- *Požiadavky autonómnej údržby* predstavujú informácie od operátorov o nedostatkoch zistených v rámci pravidelnej starostlivosti o stroj.
- *Úlohy údržby* reprezentujú požiadavky na vykonanie analýz, vypracovanie alebo modifikáciu štandardov používaných pri autonómnej údržbe, tréning pracovníkov a pod.
- *Oblasť prípravy a výroby náhradných dielov* zahŕňa obstarávanie dielov v nadväznosti na plán zásahov a manažovanie ich zásob, aby nebolo ohrozené vykonávanie bežných opráv. Pri starších strojoch sú firmy často nútené potrebné diely si vyrobiť vo vlastnej réžii, lebo pôvodný výrobca stroja už neexistuje.

Ďalšiu skupinu požiadaviek tvoria práce operatívneho charakteru, predovšetkým opravy porúch. Skutočnosť, že sa jedná o náhodné udalosti väčšinou spojené s požiadavkou urgentného zásahu (kvôli minimalizácii strát), môže byť príčinou rôznych problémov organizačného charakteru (zabezpečenie opravárenských kapacít, náhradných dielov a pod.). Všetky požiadavky na vykonanie prác sa hromadia v zásobníku práce, ktorý na ich základe pri zohľadnení priorít a voľných kapacít generuje zákazky údržby reprezentované pracovnými príkazmi. Súčasťou zákazky môže byť aj potrebná technická dokumentácia, požiadavka na odstavenie výrobnéj linky, dodávku náhradných dielov, zaistenie kooperácie so špecializovanými oddeleniami, resp. externými firmami, odhad potreby času na určenie dĺžky odstávky. Riadiaci pracovník zabezpečí pridelenie zákazky konkrétnemu pracovníkovi, resp.

skupine pracovníkov, ktorí ju zrealizujú. Po vykonaní prác a odovzdaní stroja do prevádzky vypracujú protokol o vykonaných prácach. Údaje z tohto dokumentu sa využívajú pri plánovaní ďalších zásahov, na sledovanie poruchovosti strojov a vyťaženia pracovníkov, pri návrhoch opatrení pre zvýšenie spoľahlivosti a pod.



Obr. 5 Model fungovania priemyselnej údržby v podniku

## Otázky a úlohy

- 1 Čo vyjadruje pojem priemyselná údržba? Charakterizujte súčasný pohľad na uplatňovanie priemyselnej údržby vo výrobných podnikoch.
- 2 Uvedte, na plnenie akých cieľov sa využíva priemyselná údržba. V čom bude spočívať rozdiel v definícii cieľov údržby v prípade automobilky, petrochemického podniku na spracovanie ropy a atómovej elektrárne?
- 3 Vysvetlite hlavné úlohy priemyselnej údržby? Aké budú rozdiely v úlohách údržby v prípade malého a veľkého podniku?
- 4 Charakterizujte jednotlivé stratégie údržby. Od čoho závisí ich voľba? Vysvetlite princíp prediktívnej a proaktívnej údržby? V čom sú ich silné a slabé stránky?
- 5 Charakterizujte základné organizačné formy údržby. Čo všetko treba zohľadniť pri vytváraní organizačnej štruktúry útvaru údržby?
- 6 Čo všetko zahŕňa pojem dokumentácia v údržbe? Prečo má dôležitú úlohu v procesoch údržby?
- 7 Na príklade konkrétnej firmy, príp. výrobnej prevádzky popíšte fungovanie údržby.

### 3 Totálne produktívna údržba (TPM)

Jedným z dôvodov nízkej konkurencieschopnosti podnikov je aj zlý stav strojového parku, ktorý sa premieňa do nízkej produktivity výroby spojenej s vysokými nákladmi či veľkými stratami. Ako už bolo vysvetlené v predchádzajúcej kapitole, súčasná údržba výrobných zariadení je zameraná na zníženie alebo úplné vylúčenie strát vznikajúcich v dôsledku technologického procesu, zlej prevádzky či údržby a chýb spôsobených ľudským faktorom. Pre dosiahnutie maximálneho využitia zariadenia je potrebné poznať ideálne podmienky pre funkciu všetkých súčiastok tvoriacich stroj rovnako aj hodnoty reprezentujúce nominálny výkon stroja. Ak sú tieto podmienky známe, je úlohou pracovníkov ich vytvorenie a následné udržiavanie. Jeden zo spôsobov organizácie a riadenia systému údržby, ktorého cieľom je vytvorenie a udržanie takýchto podmienok ako nutnej podmienky efektívnej výroby, predstavuje totálne produktívna údržba (TPM, angl. Total Productive Maintenance).

TPM vznikla postupne v druhej polovici 20. storočia ako reakcia na viaceré podnety z oblasti výroby. Jedným bolo zavádzanie metódy riadenia výroby „Just in Time“ do výrobného procesu vyžadujúcej dodávky materiálu do výrobného reťazca bez omeškaní či prerušení. Ďalším impulzom bola požiadavka na zvýšenie efektívnosti výroby a zníženie nákladov, ktorá vznikla dôsledkom zostrenia konkurenčného boja počas ropnej krízy začiatkom 70. rokov minulého storočia. Koncept TPM vytvoril Seichi Nakajima na základe štúdia rôznych systémov preventívnej a produktívnej údržby používaných v amerických a európskych podnikoch v 50-tych a 60-tych rokoch. Za kľúčové prvky možno označiť autonómnu údržbu a skutočnosť, že údržba sa stala neoddeliteľnou súčasťou výrobného procesu i procesov plánovania a riadenia výroby. Jadro systému tvorí autonómna údržba vychádzajúca z jednoduchej myšlienky, že „pracovník obsluhujúci stroj najskôr objaví problém“. Čiže úspech TPM je do značnej miery postavený na znalostiach a skúsenostiach operátorov výrobných zariadení.

#### **Definícia totálne produktívnej údržby**

*(prijatá japonským inštitútom pre podnikovú údržbu v roku 1989)*

1. TPM sa dôkladne zaoberá celým systémom výroby, aby sa predchádzalo všetkým druhom strát na pracovisku alebo na výrobnom zariadení (nulové prestoje, nulové straty rýchlosti, nulové nepodarky, nulové úrazy a nehody).
2. TPM sa zavádza nielen vo výrobe a v kooperujúcich oddeleniach, ale v celom podniku vrátane oddelení predaja, nákupu, vývoja výrobkov, administratívy a pod.
3. TPM zapája do svojich aktivít všetkých pracovníkov podniku – od výrobných robotníkov až po top manažment.
4. TPM sa usiluje dosiahnuť nulové straty pomocou činností vykonávaných malými autonómnymi tímami.

Zjednodušene povedané, totálne produktívna údržba predstavuje súbor aktivít vedúcich k prevádzkovaniu strojného parku v optimálnych podmienkach a ku zmene pracovného systému, ktorý tieto podmienky zabezpečuje.

Pozitíva zavedenia TPM sa neprejavujú len vo sfére výroby, ale hmotné i nehmotné prínosy sú badateľné v rámci celého podniku.

#### **Hmotné prínosy TPM**

- redukcia zdržaní a strát
- redukcia omylov a chýb
- redukcia porúch strojov
- zlepšenie kvality výrobkov
- zvýšenie bezpečnosti výroby
- lepšia kontrola procesov

#### **Nehmotné prínosy TPM**

- lepšia spolupráca medzi zamestnancami na všetkých úrovniach
- vyššia disciplína zamestnancov
- vytvorenie lepšieho vzťahu zamestnancov k podniku
- zlepšenie pracovnej morálky v dôsledku lepšej organizácie práce a čistejšieho prostredia

Táto japonská filozofia údržby sa postupne začala uplatňovať vo väčšine úspešných svetových firiem a v súčasnosti reprezentuje mocný nástroj, ktorého správnou implementáciou možno podstatne zvýšiť konkurencieschopnosť podniku.

### 3.1 Program troch núl

Primárnym cieľom TPM je maximalizovať efektívnosť zariadení pomocou redukcie strát, ktoré sú dôsledkom prestojov, porúch a nezhodných (nekvalitných) výrobkov. Na dosiahnutie tohto cieľa je vytvorený program troch núl (Program Three Zero) zameraný na docieľenie:

- nulového počtu porúch,
- nulového počtu nepodarkov,
- nulového počtu nehôd (úrazov) .

Niektoré informačné zdroje uvádzajú ako štvrtý bod aj dosiahnutie nulového množstva nečistôt (prachu a špiny), čo reprezentuje vytvorenie optimálneho prostredia pre prácu strojov i pracovníkov. Úplné naplnenie týchto bodov v reálnej praxi nie je možné, pretože vždy sa budú vyskytovať poruchy, nepodarky i úrazy. Jedná sa skôr o symbolické vyjadrenie cesty, ako splniť hlavný cieľ TPM vyjadrený vysokou efektívnosťou strojov.

#### 3.1.1 Nulový počet porúch (Zero Failures)

Poruchové prestoje predstavujú najčastejšiu formu strát vo výrobnom procese. Znižovanie ich počtu sa docieľuje prostredníctvom preventívnej a autonómnej údržby. Požiadavky na efektívne využívanie zdrojov a znižovanie časových nárokov na vykonávanie zásahov tvoria východisko optimalizácie preventívnej údržby. Pri jej realizácii sa využíva fakt, že nie všetky stroje rovnako vplyvajú na priebeh výrobného procesu. Na jednej strane sú kľúčové stroje, na ktorých „stojí a padá“ výroba. Ich opakom sú stroje, kde poruchový prestoj má len nepatrný dopad na produkciu. Rovnaké konštatovanie platí aj na úrovni komponentov výrobného zariadenia. Čiže na jednotlivé stroje, resp. ich časti treba pri realizácii preventívnej údržby aplikovať diferencovaný prístup vychádzajúci z miery dôležitosti. Východiskom pri redukcii porúch je preto určenie rozhodovacích kritérií na kategorizáciu objektov a poruchových stavov, pričom jednotlivé skupiny by mali byť definované vo vzťahu k celkovým stratám:

- *Skupina A* reprezentuje kritické stroje s vysokým vplyvom poruchy na pohotovosť, bezpečnosť alebo životné prostredie, porucha má za následok čiastočnú alebo úplnú odstávku výroby. Cieľom údržby je zaistenie vysokej pohotovosti a bezpečnosti.
- *Skupina B* zahŕňa stroje s vysokou prioritou, pri ktorých dôsledky porúch nie sú také závažné. Ich údržba je zameraná na dosiahnutie maximálnej dostupnosti a spoľahlivosti.
- Hlavným kritériom pri realizácii údržby strojov *skupiny C* (stredná priorita) sú minimálne náklady.
- Do *skupiny E* (najnižšia priorita) sú zaradené stroje s nízkou prioritou, kde poruchy nemajú závažné dôsledky na výrobný systém, bezpečnosť a životné prostredie. Pri ich údržbe sa využíva najmä korektívna stratégia.

Pri kategorizácii strojov možno využiť nasledovné kritériá:

- technologický význam stroja, možnosti jeho nahraditeľnosti,
- požadované výrobné parametre, najmä presnosť a výkonnosť stroja, možnosť viacstrojovej obsluhy,
- technická charakteristika stroja, napr. stupeň automatizácie, zložitosť stroja (počet montážnych skupín), vplyv pracovného prostredia na stroj,
- cena stroja,
- vek stroja, predikovaná zvyšková životnosť alebo plánovaná doba používania,
- požadovaná pohotovosť stroja,
- požadovaná bezpečnosť stroja.

Na dosiahnutie cieľa „0 porúch“ bol vytvorený štvorfázový program implementácie založený na využívaní štandardov, pričom znižovanie poruchovosti sa docieľuje rôznymi spôsobmi:

1. *fáza*: Pomocou štandardizácie autonómnej údržby sa docieľi *zníženie počtu príčin porúch*, a tým aj stabilizácia časového intervalu medzi poruchami. Hlavnými krokmi sú:
  - analýza prevádzkových podmienok a identifikácia opotrebenia,
  - určenie základných podmienok mazania a čistenia,
  - pravidelné monitorovanie stavu stroja,

- vypracovanie štandardov pre dennú kontrolu a údržbu,
  - implementácia systému zaznamenávania a analýzy porúch.
2. fáza: *Predĺženie životnosti častí strojov* prostredníctvom štandardizácie preventívnej údržby je realizované prostredníctvom krokov:
- stanovenie kritických zariadení,
  - návrh opatrení na zamedzenie závažných porúch,
  - návrh nových intervalov kontroly stavu a výmeny častí zariadení pri dodržiavaní medzi opotrebenia (dynamický systém preventívnej údržby),
  - zdokonalenie procesu nastavovania strojov.
3. fáza: *Pravidelné odstraňovanie poškodení* predstavuje vykonávanie periodickej obnovy pri zhoršení stavu zariadenia a zahŕňa:
- zavedenie pravidelnej údržby,
  - implementáciu opatrení na včasné spozorovanie a odstránenie anomálií v procese.
4. fáza: *Predikcia životnosti uzlov, resp. celého zariadenia* slúži ako podklad pre plánovanie zásahov väčšieho rozsahu v podobe stredných alebo generálnych opráv.

### 3.1.2 Nulový počet nepodarkov (Zero Defects)

Požiadavky zo strany výroby na zmenšovanie počtu a skracovanie trvania zásahov sú hlavnými impulzmi na zvyšovanie efektívnosti preventívnej údržby. Vykonávané práce musia byť zamerané na časti stroja, ktoré rozhodujúcim spôsobom ovplyvňujú výkon, bezpečnosť a kvalitu výroby. Vhodný nástroj na ich určenie predstavuje *QM matica* (matica kvality údržby - Quality Maintenance Matrix), ktorá definuje:

- spôsob, ako každá kontrolovaná časť stroja ovplyvňuje kvalitu výrobku,
- počet a rozmiestnenie kontrolných bodov na stroji,
- stanovenie podmienok inšpekcie na kontrolných bodov (najmä časové intervaly),
- rozsah hodnôt, ktoré musia byť dodržané.

V praxi sa väčšinou najprv určia kľúčové znaky pre posudzovanie kvality výrobku a následne ich prepojenie s činnosťou príslušných častí stroja. Napríklad pre dodržanie predpísanej drsnosti sústruženej plochy (kritérium kvality) je dôležitý aj stav ložísk vretena sústruhu, ktoré reprezentujú kontrolované časti. Ich kontrola bude realizovaná pomocou vibrodiagnostiky raz za mesiac a maximálna prípustná hodnota efektívnej rýchlosti vibrácií je 6 mm/s. V QM matici budú tieto skutočnosti zaznamenané prehľadnou tabuľkovou formou a môže tvoriť východisko pre vypracovanie štandardov autonómnej alebo preventívnej údržby.

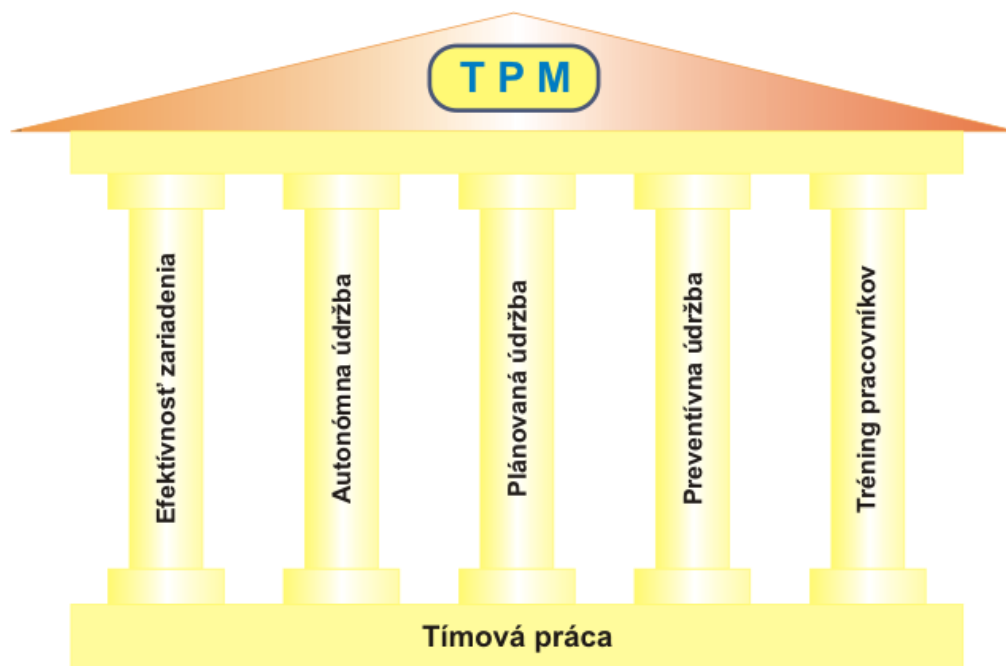
### 3.1.3 Nulový počet nehôd (úrazov) (Zero Accidents)

Nehody a úrazy predstavujú zvláštnu skupinu strát, pri ktorých nie sú rozhodujúce materiálne škody, ale následky na zdraví pracovníkov. Ohrození sú pritom ako operátori, tak aj pracovníci údržby. Vykonávanie údržbárskych zásahov je spojené s rôznymi druhmi ohrozenia pracovníkov, ktoré môžu mať rôznu príčinu:

- *Mechanické ohrozenie* zahŕňa riziko stlačenia, nárazu, strihu, navinutia, bodnutia, odretia následkom pohybu stroja, resp. jeho častí.
- *Elektrické ohrozenie* predstavuje riziko dotyku so živými časťami v dôsledku poškodenia izolácie alebo pôsobenia elektrostatických javov.
- *Tepelné ohrozenie* označuje riziko opálenia alebo omrzlín.
- *Ohrozenie látkami a materiálmi* zahŕňa kontakt s nebezpečnými látkami (poleptanie), inhaláciu plynov, nebezpečenstvo výbuchu a nebezpečenstvo požiaru.

Výsledky analýz ukazujú, že väčšina úrazov pracovníkov údržby nastala v dôsledku neúplného, resp. nesprávneho odpojenia stroja od zdrojov energií a/alebo nedostatočného zaistenia jeho častí proti neželanému pohybu. Stratégia minimalizácie počtu úrazov sa preto zameriava na vytvorenie systému riadeného odpájania a spúšťania strojov, ktorého hlavným cieľom je také zabezpečenie prípojných miest, aby po odpojení a odstránení zostatkových energií nemohlo prísť k nekontrolovanému spusteniu stroja, resp. pohybu jeho častí. Tento

system je vytvorený prostredníctvom realizácie dvoch procedúr. *Procedúra Lockout – Uzamknúť* predstavuje umiestnenie špeciálneho uzáveru a visiaceho zámku na miesto, ktoré je kritické pre uvoľnenie zdroja energie, resp. zamedzenie nežiaducej manipulácii s ním, ktorá by mohla viesť k zraneniu, usmrteniu alebo škode na majetku. Súčasťou tohto kroku môže byť aj umiestnenie mechanických zábran zamedzujúcich nekontrolovanému pohybu častí stroja. *Procedúra Tagout – Označiť* je zameraná na označenie uzáveru alebo zábrany visačkou informujúcou ostatných užívateľov, že na zariadení prebieha oprava/odstávka a z tohto dôvodu je odpojené/vypnuté. Významnú úlohu pri realizácii odpájania a zabezpečovania stroja majú aj LOTO štandardy. Jedná sa o dokumenty konkrétne popisujúce vykonávané činnosti v rámci tohto procesu. Táto problematika je podrobnejšie spracovaná v kapitole 3.5.4.



Obr. 6 Filozofia TPM je postavená na piatich základných pilieroch

### 3.2 Základné piliere TPM

Ako už bolo spomenuté v predošlých kapitolách, primárnym cieľom TPM je maximalizovať efektívnosť zariadení prostredníctvom predchádzania poruchám, ale aj minimalizáciou chýb a omylov či skracovaním prestojov. Základné piliere TPM predstavujú hlavné prostriedky na dosiahnutie tohto cieľa. Zjednodušene možno povedať, že hodnotenie efektívnosti pomocou ukazovateľa CEZ slúži na identifikáciu jednotlivých druhov strát, ktoré sú potom eliminované prostredníctvom rôznych typov údržby. TPM kladie nové nároky na zručnosti a znalosti zamestnancov výroby i údržby, preto jej súčasťou musia byť aj aktivity na ich zlepšovanie. Tímová práca je integrujúci prvok nevyhnutný pre správne fungovanie celého systému TPM.

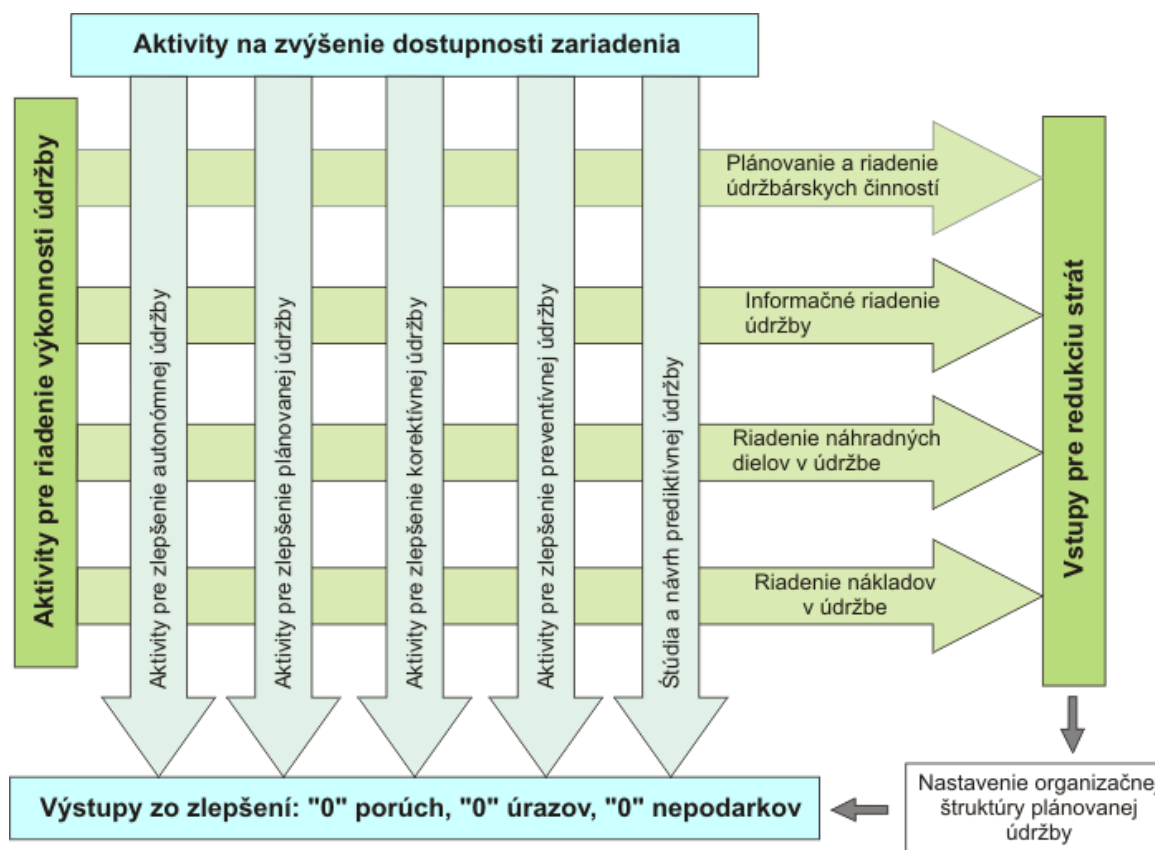
- *Hodnotenie celkovej efektívnosti zariadenia pomocou ukazovateľa CEZ* predstavuje východisko TPM stratégie. Cieľom je identifikovať a kvantifikovať jednotlivé druhy strát a navrhnúť spôsoby ich eliminácie.
- *Autonómna údržba* predstavuje zapojenie obsluhy strojov do procesu údržby, najmä na vykonávanie prác bežnej údržby a monitorovanie správania sa stroja.
- V rámci *plánovanej údržby* dochádza k optimalizácii jej obsahu s ohľadom na skutočné opotrebovanie a životnosť súčiastok. Odstraňovanie chýb zariadení sa uskutočňuje skôr než dôjde k poruche, do značnej miery sa pritom využívajú informácie od operátorov.
- *Systém preventívnej údržby a včasného manažmentu zariadení* predstavuje spojenie optimalizovaných postupov plánovanej údržby s metódami diagnostiky stroja. Zámerom je, aby zásah bol vykonaný až vtedy, keď to stav stroja, resp. opotrebenie súčiastok naozaj vyžadujú. Snahou je maximálne využiť dobu životnosti súčiastok a minimalizovať tak náklady spojené s ich spotrebou.

- *Tréning pre zlepšenie zručností a znalostí pracovníkov* sa týka najmä získavania nových praktických skúseností a zručností pracovníkov výroby i údržby spojených so starostlivosťou o výrobné zariadenie najmä formou autonómnej údržby. Súčasťou tréningov by malo byť aj rozvíjanie tímovej práce, komunikačných zručností a pod.

### Osem pilierov TPM

Požiadavky kladené na výrobné systémy v súčasnosti z hľadiska dosahovania vysokej výkonnosti, efektívnosti a kvality pri čo najmenších nákladoch si vyžiadali rozšírenie počtu základných pilierov TPM na osem:

- hodnotenie efektívnosti zariadení, definovanie 16 veľkých strát,
- zavedenie autonómnej údržby vykonávanej obsluhou strojov,
- zavedenie systému plánovanej údržby,
- rozvoj zručnosti operátorov a údržbárov,
- zavedenie starostlivosti o stroje už počas ich nábehovej fázy,
- zavedenie systému údržby vychádzajúcej z kvality výroby,
- zavedenie systému vyššej efektívnosti oddelenia administratívy,
- vytvorenie bezpečného, čistého pracovného prostredia.



Obr. 7 Koncept plánovanej a preventívnej údržby v TPM.

### 3.3 Plánovaná a preventívna údržba

Preventívnu údržbu tvorí súbor plánovaných údržbárskych zásahov rôzneho charakteru vedúcich k eliminácii vzniku neplánovaných prestojov na výrobných zariadeniach. Údržbárske kapacity pritom vykonávajú predovšetkým činnosti, ktoré účinne zabezpečujú predchádzanie poruchám, pričom sa postupne prechádza od systematickej stratégie k progresívnym prístupom na báze diagnostiky stavu stroja. Program plánovanej údržby ako súčasť TPM je zameraný na vytvorenie efektívneho systému plánovaných údržbárskych zásahov, ktorý má viesť k minimalizácii prestojov a zabezpečeniu stability výrobného procesu. Medzi charakteristické

znaky tohto programu patrí jednotný systém plánovania prác, reporty vytvárané za rôzne obdobia, sledovanie nákladov na úrovni jednotlivých strojov a pod.

Postup implementácie plánovanej údržby je tvorený postupnosťou siedmych krokov:

1. Určenie priorít na základe kategorizácie strojov, náhradných dielov, znakov nekvality a pod.
2. Redukcia nedostatkov prostredníctvom zlepšovania využívania súčasných metód a vybavenia údržby.
3. Zavedenie využívania informačného a plánovacieho systému údržby spojené s prípravou postupov opráv vo forme štandardov.
4. Vytvorenie predbežných štandardov plánovanej údržby.
5. Zlepšovanie štandardov údržby zamerané na zvýšenie efektivity vykonávanej diagnostiky a inšpekcií.
6. Docielenie úplnej diagnostiky stroja rozsiahlou implementáciou technickej diagnostiky.
7. Optimalizácia infraštruktúry a vybavenia údržby.

### 3.4 Autonómna údržba

Jedným z kľúčových prvkov TPM je autonómna údržba vychádzajúca z predpokladu, že obsluha stroja najskôr odhalí problém. Títo pracovníci najlepšie poznajú výrobný proces i používané stroje, pričom na základe svojich znalostí a skúseností by mali dokázať identifikovať takmer všetky abnormality v správaní sa zariadenia. To je dôležité najmä z hľadiska prevencie voči závažným poruchám, lebo mnohé z nich prichádzajú postupne s ľahko identifikovateľnými príznakmi (zvýšenie hluku, vibrácií). Podobne aj mnohé práce údržby predstavujú jednoduché činnosti ľahko zvládnuteľné operátormi zariadení. Zavedením systému autonómnej údržby dochádza k delbe starostlivosti o výrobné zariadenia medzi ich obsluhu a pracovníkov údržby, ktorí vykonávajú iba náročnejšie zásahy vyžadujúce špeciálnu kvalifikáciu.

#### 3.4.1 Úloha obsluhy strojov

Totálne produktívna údržba zavádza výraznú zmenu do zaužívaného delenia zodpovednosti v rámci výroby tým, že presúva zodpovednosť za správny chod stroja na jeho obsluhu. Operátori samostatne pomocou štandardov vykonávajú bežnú údržbu zariadenia (čistenie, mazanie, jednoduché kontroly). Týmto spôsobom ho lepšie spoznávajú, pričom sa očakáva postupné prepájanie týchto poznatkov so znalosťami o celom výrobnom procese. Je dôležité, aby sa operátori postupne od pracovníkov údržby dozvedeli čo najviac o funkcii výrobného zariadenia, aké problémy a prečo sa najčastejšie vyskytujú, aké môžu mať dôsledky a ako im možno predchádzať. Nezastupiteľnú úlohu pri vykonávaní bežnej údržby operátormi strojov majú štandardy, ktoré plnia funkciu určitých pomôcok pre správne, úplné a včasné vykonanie jednotlivých činností.

Ako už bolo spomenuté, od obsluhy strojov sa očakáva, že dokáže na základe svojich skúseností a pomocou svojich zmyslov správne posúdiť stav výrobného zariadenia (minimálne na úrovni dobrý/neštandardný) a odhaliť odchýlky voči bežnému správaniu. Štatistiky ukazujú, že až v 2/3 prípadoch stačí na správnu diagnostiku použitie zmyslov a nie je potrebné vykonávať žiadne merania.

- *Zrak* - pri začatí práce a počas jej trvania kontroluj určené miesta na stroji. Pri zistení nedostatkov informuj oddelenie údržby.
- *Sluch* - pozorne počúvaj, či stroj vydáva charakteristické zvuky. V prípade netypických zvukov ihneď informuj oddelenie údržby.
- *Hmat* - pri výraznej zmene teploty niektorej časti stroja ho okamžite odstav a bezodkladne informuj oddelenie údržby.
- *Čuch* - pri výskyte zápachu (napr. horiaca izolácia) alebo dymu ihneď vypni stroj a informuj oddelenie údržby.

Z pohľadu zavádzania autonómnej údržby je dôležité si uvedomiť, že operátori až po určitom čase získajú cit pre abnormality vo fungovaní stroja, resp. dokážu rozpoznať možnú poruchu, pričom tieto schopnosti sú do značnej miery individuálne. Veľmi dôležitú rolu v tomto procese hrá rozvíjanie diagnostických schopností formou rôznych tréningov.



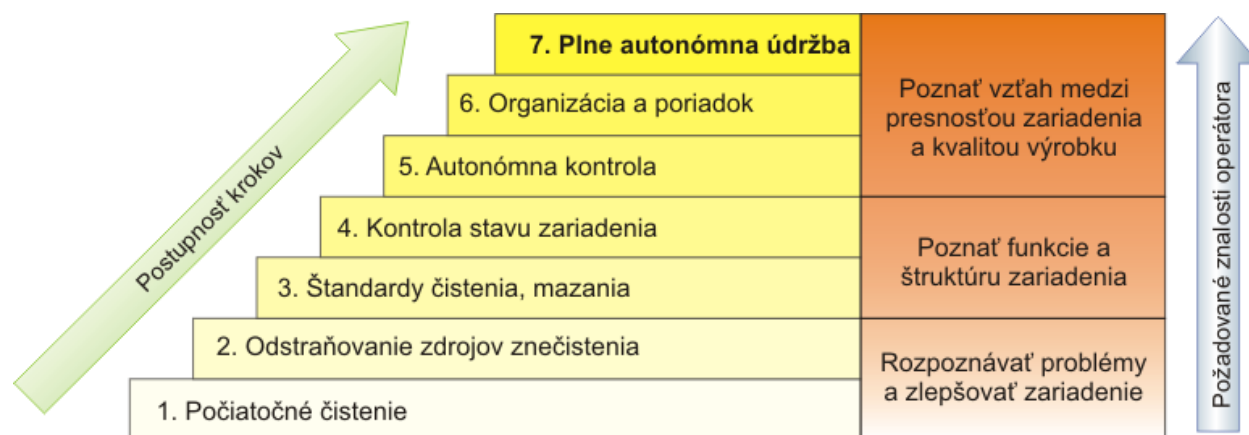
Jedným z kľúčových prvkov úspešného fungovania autonómnej údržby i TPM ako celku je komunikácia medzi obsluhou strojov a pracovníkmi údržby, ktorá musí vychádzať zo vzájomnej dôvery a rovnocenného partnerského vzťahu. Ten možno prirovnať k hre na doktora a pacienta. Obsluha stroja musí prijať rolu pacienta, ktorý na základe svojho pozorovania dokáže detailne popísať prejavy problémov stroja. Údržbár má úlohu doktora, ktorý na základe poskytnutých informácií určí diagnózu a realizuje zásah. Súčasne by sa mal podieľať na rozširovaní znalostí a zručností operátorov predovšetkým v oblasti prevencie porúch.

Záverom možno skonštatovať, že úspešné zavedenie autonómnej údržby vyžaduje tieto základné schopnosti operátorov:

- objaviť a odstrániť abnormality na stroji, príp. zamedziť možnosti ich vzniku,
- schopnosť porozumieť funkciám zariadenia a hľadať príčiny odchýlok,
- schopnosť porozumieť vzťahu medzi (funkciou) stroja a kvalitou výrobkov,
- schopnosť predvídať problémy a ich príčiny,
- schopnosť opravovať jednoduché poruchy.

### 3.4.2 Sedem krokov zavedenia autonómnej údržby

Implementáciou autonómnej údržby dochádza k delbe činností údržby medzi operátorov strojov a údržbárov, pričom vykonávanie bežnej údržby vrátane určitej formy dohľadu nad strojmi prechádza na ich obsluhu. Keďže sa jedná o výraznú zmenu nielen v procesoch údržby, ale aj v náplni práce obsluhy strojov, je nutné tento systém údržby zavádzať postupne. Za týmto účelom bol vytvorený postup tvorený siedmymi krokmi (obr. 8). Kroky 1 až 3 predstavujú základný rámec pre vytvorenie optimálnych podmienok pre fungovanie stroja. Nasledujúce kroky (4 a 5) sú zamerané na vykonávanie základných prehliadok a z nich odvodených opatrení. Veľmi dôležité je pri tom využívanie štandardov, upriamanie pozornosti pracovníkov na možné odchýlky od normálnej funkcie. Postupne treba aj zlepšovať znalosti a zručnosti operátorov, aby boli schopní samostatne pomocou štandardov vykonávať vybrané preventívne i korektívne zásahy. Finálne kroky 6 a 7 reprezentujú zlepšovacie aktivity vykonávané už na základe nadobudnutých skúseností a poznatkov pracovníkov o zverených strojoch. Pri implementácii všetkých 7 krokov je dôležité, že každý krok je založený na pochopení a uskutočnení auditu predošlého.



Obr. 8 Sedem krokov zavedenia autonómnej údržby

#### 1. krok: Začiatkové čistenie

Prvý krok je zameraný na uvedenie zariadenia (pracoviska) do základného - východiskového stavu. Jedná sa o jednorazový proces tvorený najmä čistiacimi prácami. Hlavným cieľom prác však nie je „superčistý“ stroj, ale odhalenie nedostatkov a problémov vyskytujúcich sa v podobe:

- uvoľnených súčiastok, príp. častí stroja,
- stratených alebo chýbajúcich súčiastok (skrutky, matice, kryty, a pod.),
- prasklín a trhlín, kadiaľ dochádza k úniku prevádzkových kvapalín.

V prípade jednoduchých nedostatkov sa vykoná ich okamžité odstránenie, odstránenie zvyšných je zadané do plánu údržby. Všetky práce sa realizujú tímovým spôsobom, kde vzájomne spolupracujú operátori strojov a pracovníci údržby. Ich aktivity sú zamerané na:

- odhalenie problémov (abnormality),
- identifikácia potenciálnych zdrojov problémov (napr. nezakrytované káble, ...)
- určenie zdrojov znečisťovania,
- odstránenie jednoduchých problémov (zlepšenie základného stavu).

Vykonávanie týchto činností pomáha operátorom lepšie porozumieť činnosti a funkcii stroja i jeho jednotlivých častí. V prípade nedostatkov v podobe prachu, znečistenia, či chýbajúcich súčiastok by mali byť zo strany údržby upozornení na možné následky (poruchy, rýchle opotrebovávanie súčiastok a pod).

## 2. krok: **Odstránenie zdrojov znečistenia**

Cieľom tohto kroku je identifikácia a následné odstránenie zdrojov znečisťovania. Vo všeobecnosti výsledné znečistenie stroja pochádza z troch zdrojov:

- Počas *technologického procesu* dochádza k tvorbe triesky, opotrebeniu nástrojov, využíva sa rezná kvapalina. Všetky tieto faktory výrazným spôsobom vplyvajú na znečistenie stroja, možnosti ich minimalizácie sú však veľmi obmedzené.
- *Výrobný stroj* skrýva najväčší potenciál pre elimináciu zdrojov znečistenia, pretože k znečisťovaniu dochádza v dôsledku poškodených tesnení, nadmerného mazania, nedostatočného zakrytovania pracovného priestoru a pod.
- *Okolité prostredie* sa na znečistení stroja podieľa formou prachu, nečistôt prenesených z paliet, dopravných prostriedkov a pod.

Ako už bolo spomenuté, jedným zo základných faktorov spoľahlivej funkcie stroja i zaistenia kvality produkcie je zabezpečenie jeho čistoty. Nečistoty môžu zapríčiniť nesprávne fungovanie stroja, spôsobiť poruchy, či znížiť životnosť súčiastok. Rovnako sťažujú aj nastavovanie a zoraďovanie stroja i realizáciu kontrol, meraní a diagnostiky. Čistenie stroja predstavuje neproduktívnu činnosť, čas potrebný na jeho vykonávanie možno redukovať dvoma cestami. Prvou je eliminácia zdrojov znečistenia - vhodným zakrytovaním pracovného priestoru sa zabráni rozširovaniu triesok, reznej kvapaliny či iných nečistôt na ďalšie časti stroja, správnym riešením spojov, použitím kvalitných tesnení a ďalších prvkov sa vylúčia úniky oleja a prevádzkových kvapalín, vďaka systémom automatizovaného mazania nebude dochádzať k „premazaniu“ ložísk či iných súčiastok s následkom odstrekovania maziva. Samotné čistenie možno výrazne uľahčiť a urýchliť vhodným tvarovým riešením jednotlivých častí stroja, využívaním oblých prechodov plôch a redukciou ostrých hrán. Základom je dodržanie podmienky ľahkej dostupnosti jednotlivých uzlov a dôležitých častí, najmä upínacích a ustavovacích plôch v pracovnom priestore.

## 3. krok: **Vytvorenie prvotných štandardov čistenia a mazania**

Používanie štandardov predstavuje nutnú podmienku pre úspešnú realizáciu pravidelnej starostlivosti o výrobné zariadenie prostredníctvom autonómnej údržby. Štandard je dokument - predpis určujúci záväzný postup realizácie činnosti, ktorý musí obsahovať základné informácie:

- čo (aké práce)
- ako (postup prác, náradie)
- kde (miesto, konkrétna časť stroja)
- kedy (časový plán prác)
- kto (operátor alebo údržbár)

V prípade autonómnej údržby sa vypracováva pre realizáciu základných prác bežnej údržby – čistenia a mazania, príp. jednoduchej kontroly stroja. Všetky používané štandardy musia byť dostupné pre pracovníkov spolu s plánom prác a formulárom evidencie výkonov. Pri ich zavádzaní do procesov údržby treba mať na zreteli nasledovné skutočnosti:

- Pracovníci musia byť oboznámení s účelom vykonávaných prác.
- Zariadenie musí byť prispôbené na jednoduché vykonávanie bežnej údržby, musia byť dodržané bezpečnostné a hygienické predpisy a normy.
- Čas potrebný na čistenie a mazanie musí byť započítaný do denného časového plánu.

Problematike tvorby štandardov je venovaná kapitola 3.5.

#### 4. krok: **Kontrola stavu stroja**

Kontrola stavu stroja predstavuje účinnú formu prevencie pred poruchami, ktoré je možné odhaliť v začínajúcom štádiu. Jej vykonávanie by malo byť nielen súčasťou procesu pravidelného čistenia stroja, ale rovnako dôležité je aj pravidelné sledovanie stroja počas prevádzky. Nutným predpokladom realizácie je vyškolenie operátorov z funkcie linky i samotného stroja. Najčastejšie sa jedná o zavedenie vizuálnej kontroly, pričom treba jednoznačne určiť:

- čo treba kontrolovať (aký parameter),
- aká je správna hodnota parametra,
- ako sa dá zabezpečiť správna hodnota parametra,
- môže operátor problém riešiť (alebo treba volať údržbára).

#### 5. krok: **Autonómna kontrola**

V tomto kroku dochádza k integrácii predošlých dvoch krokov do uceleného systému starostlivosti a kontroly stroja. Sú vytvorené a zavedené štandardizované postupy pre čistenie a mazanie spojené s dennou kontrolou stavu stroja operátormi. Odstraňovanie porúch prebieha formou kooperácie pracovníkov údržby s obsluhou strojov. Dôležitú súčasť systému tvorí aj analýza príčin poruchy, na základe ktorej sú navrhnuté opatrenia na zamedzenie jej opakovania. Najčastejšie sa jedná o rozšírenie kontrolných bodov, ktoré je zapracované do plánov preventívnych prehliadok.

Systém autonómnej kontroly stroja prináša nasledovné výhody:

- vypracovanie a využívanie štandardizovaných postupov pre údržbu je spojené s určením zodpovednosti za stav výrobného zariadenia,
- jednoduchšia a rýchlejšia identifikácia poruchy, skrátenie prestojov,
- vykonávanie časti činností údržby stroja jeho obsluhou.

#### 6. krok: **Organizácia a poriadok**

Zámerom je zaviesť jednotnú a prehľadnú organizáciu (usporiadanie) všetkých pracovísk. Najčastejšie sa aplikuje systém 5S, ktorý zahŕňa:

- SEIRI – *organizovanie* - vytriedenie nepotrebných položiek z pracoviska a ich odstránenie,
- SEITON – *usporiadanie* - usporiadanie potrebných položiek na vhodnom mieste, aby sa dali ľahko zobrať a použiť,
- SEISO – *čistenie* - zabezpečenie komplexnej čistoty stroja i okolia,
- SEIKETSU – *štandardizáciu* - udržiavanie vysokej úrovne organizovania pracoviska,
- SHITSUKE – *disciplínu* - tréningom pracovníkov docieľiť pocit osobnej zodpovednosť za zverené pracovisko.

Z pohľadu kvalitného vykonávania autonómnej údržby sa jedná o zaistenie jednoznačnej identifikácie používaného náradia, čistiacich prostriedkov, mazív, náhradných dielov, prehľadného usporiadania náradia používaného operátorom pri starostlivosti o stroj, usporiadania príručného skladu náhradných dielov a pod.

#### 7. krok: **Plne autonómna údržba**

Plne autonómna údržba predstavuje súbor rôznych činností údržby vykonávaných operátormi strojov, ktoré sú zamerané na docielenie vysokej efektívnosti výrobných zariadení formou pohotovej reakcie na rôzne situácie. Jej súčasťou je aj modifikácia používaných štandardov v spolupráci s útvárom údržby, zjednodušovanie údržby formou predlžovania frekvencie a skracovania dĺžky trvania činností, odstraňovanie nepotrebných činností, príp. dopĺňanie nových. Zavedenie spoluzodpovednosti obsluhy za prevádzkyschopnosť stroja sa pozitívne prejavuje výrazným znížením neplánovaných prestojov (porúch). Samostatné vykonávanie niektorých údržbárskych činností obsluhou strojov predstavuje aj nezanedbateľnú úsporu nákladov, pretože podľa niektorých zdrojov až 30% výkonov údržby možno presunúť na pracovníkov výroby.

### 3.5 Štandardizácia údržbárskych činností

Štandardizácia predstavuje jednu z ciest zvyšovania efektívnosti údržby a súčasne je aj jedným z hlavných nástrojov na dosiahnutie cieľov TPM. Vo všeobecnosti pod týmto pojmom rozumieme *proces vytvárania pravidiel zameraných na usporiadanie určenej činnosti. Výsledkom procesu je štandard – predpis predstavujúci záväzný postup realizácie tejto činnosti.* Z praktického hľadiska sa v prípade údržby strojov jedná o vypracovanie presných návodov na realizáciu rôznych údržbárskych prác so zámerom presného usmernenia pracovníkov údržby, resp. operátorov (v rámci autonómnej údržby) na to čo, kedy a ako majú vykonávať, aby nedochádzalo k omylom a chybám spôsobených s nepresnosťou či neznalosťou. Zavedením štandardov do procesu údržby sa docieli prerozdelenie prác medzi operátorov a pracovníkov údržby, čo vedie k časovým i nákladovým úsporám, súčasne je aj garanciou určitej miery kvality vykonávaných prác. Prínosy štandardizácie v oblasti údržby možno zhrnúť nasledovne:

- zlepšenie stavu zariadenia,
- zjednotenie pojmov a názvov,
- zníženie poruchovosti zariadenia,
- zlepšenie stability fungovania zariadenia,
- jasné zadefinovanie činností a zodpovedností v údržbe zariadenia,
- vybudovanie systému efektívnej údržby,
- zapojenie obsluhy do starostlivosti o svoje zariadenie,
- zvýšenie bezpečnosti.

Štruktúra štandardov by mala vychádzať zo zaužívaného členenia údržbárskych prác:

- štandardy autonómnej údržby,
- štandardy preventívnej a plánovanej údržby,
- štandardy na vykonávanie jednoduchých údržbárskych zásahov,
- LOTO štandardy.

Presné definovanie účelu jednotlivých štandardov je základom úspešnosti celého procesu a súčasne sa jedná o kľúčové východisko ako pri vytváraní celkovej štruktúry štandardov, tak aj jednotlivých štandardov. Z formálneho hľadiska musí štandard obsahovať jednoznačné určenie stroja, prevádzky, príp. linky, pre ktorého údržbu je vytvorený. V celkovom riešení treba uprednostňovať názornú formu, pri ktorej obrázky vo vizualizačnej časti slúžia na ľahkú identifikáciu časti, príp. miest zariadenia, kde sa jednotlivé činnosti budú vykonávať. V nadväzujúca tabuľková časť potom obsahuje popis činností, ktoré sa majú vykonať, frekvenciu ich vykonávania, časové trvanie, použité náradie, prístroje a pomôcky. Pri kontrolných činnostiach je potrebné jasne určiť, aké činnosti treba vykonať po zistení nedostatkov.

Ďalej treba zdôrazniť, že štandardizácia musí predstavovať otvorený proces – modifikáciou štandardov treba reagovať na podnety operátorov i pracovníkov z údržby ako súčasť procesu neustáleho zlepšovania výroby.


#### 3.5.1 Štandardy autonómnej údržby

Pojmom autonómna údržba označujeme vykonávanie bežnej údržby strojov operátormi. Najčastejšie sa jedná o čistenie stroja spojené s kontrolou zameranou na úniky prevádzkových náplní, vizuálnu kontrolu častí stroja (napr. poškodenie tlakových hadíc alebo ich koncoviek). Tieto „základné“ činnosti môžu byť rozšírené o dopĺňanie prevádzkových náplní či realizáciu jednoduchých opráv. Hoci sa jedná o relatívne jednoduché práce, najmä z pohľadu zabezpečenia ich realizácie v požadovanom čase a rozsahu (čím sa zabezpečí určitá miera kvality) sa použitie štandardov ukazuje ako nevyhnutné. Z hľadiska štruktúry sa ako optimálne riešenie javí vytvorenie hlavného štandardu (obr. 9) – prehľadná informácia o tom, kedy sa jednotlivé činnosti majú vykonať, na ktorý nadväzujú jednotlivé vykonávacie štandardy s presným popisom prác vrátane potrebného náradia. Uvádzanie dĺžky trvania jednotlivých prác v štandardoch nie je nutné, vhodnejším riešením sa javí vytvorenie časovej štruktúry zmeny tak, aby bolo jasné, kedy ktoré činnosti majú byť vykonané. Napr. počas prvej hodiny rannej zmeny na začiatku týždňa sa realizujú práce predpísané ako denné a týždenné, ďalšie dni je toto

obdobie kratšie, lebo sa realizujú iba práce dennej údržby. Štandardizáciu autonómnej údržby stroja treba najmä z pohľadu kontroly riešiť dôsledne a komplexne, pretože skúsenosti z praxe ukazujú, že činnosť operátorov sa potom obmedzí iba na práce uvedené v štandardoch. Rovnako je potrebné sa zamerať aj na problematiku následného odstraňovania nedostatkov zistených pri kontrole stroja.

Novú výzvu v oblasti autonómnej údržby predstavuje zapojenie operátorov do procesu nastavovania výrobných strojov. V súčasnosti sú firmy konfrontované so zmenšovaním výrobných dávok spojeným s požiadavkou pružnej reakcie na rôzne želania zákazníka, čo je sprevádzané častým prestavovaním strojov. Skúsenosti z praxe ukazujú, že z časového hľadiska vykonávanie týchto činností iba pracovníkmi údržby má za následok zanedbávanie preventívnej údržby z kapacitných dôvodov. Rovnako aj samotné trvanie prestavovania linky je limitované počtom údržbárov. Zapojenie operátorov v tejto oblasti môže teda priniesť benefity v podobe úspory času a potrebe menšej kapacity odborných pracovníkov. Je nesporné, že kľúčovú úlohu v tomto procese zaujímajú kvalitne spracované štandardy. Východiskom pri ich vytváraní je klasifikácia všetkých činností spojených s prestavením stroja z hľadiska realizovateľnosti operátorom (náročnosť, požiadavky na kvalifikáciu, spôsobilosť pre prácu s elektrickými zariadeniami a pod.) a dôsledkov možných chýb.

Vo všeobecnosti možno skonštatovať, že pri vytváraní štandardov autonómnej údržby treba mať na zreteli aj fakt, že operátori strojov predstavujú skupinu pracovníkov s najväčšou obmenou. Firmy nových pracovníkov čo najskôr nasadzujú do výroby (rozsah rôznych „vstupných“ školení sa minimalizuje), čiže štandardy predstavujú účinný prostriedok na zabezpečenie kvality bežnej údržby aj pri obsluhu s relatívne malými skúsenosťami s daným strojom. Ďalším faktorom je, že čoraz väčšie zapájanie operátorov do procesu údržby kladie čoraz vyššie požiadavky na ich kvalifikáciu a zručnosti, čo by malo byť spojené s ich lepším ohodnotením.

Názov stroja: BPH 320 / 1	Označenie	Servisné body	Popis servisných úkonov	Zodpovednosť	Interval kontrol				Spôsob kontroly	Záznam	LOTO	
					D	T	M	1/2R				R
Poloha stroja: Loď 1	1	Odsávanie	Kontrola stavu brúsneho prachu	pracovník		X				vizuálne	NIE	E1
Štandard vypracoval:	2	Páka	Kontrola stavu brúsneho prachu, oklepávač	pracovník	X					funkčne	NIE	E1
Štandard schválil:	3	Olejoznak	Kontrola stavu hladiny oleja	pracovník	X					vizuálne	NIE	E1
	4	Filter	Výmena filtra hydrauliky	mechanik				X		funkčne	ÁNO	E1
	5	Hadica	Kontrola povrchu a tesnosti hadice	pracovník	X					vizuálne	NIE	
	6	Maznice	Kontrola mazania, premazávač	pracovník	X					funkčne	NIE	
	7	Magnet	Kontrola upínania priložením železa	pracovník	X					funkčne	ÁNO	
	8	Hadica	Kontrola mechanického poškodenia a tesnosti, prívod el. napätia 320 V	elektromechanik	X					funkčne	ÁNO	E1
	9	Osvetlenie	Kontrola stavu svetla	pracovník	X					vizuálne	NIE	
	10	Olejová nádoba	Kontrola výšky hladiny oleja	mechanik			X			vizuálne	ÁNO	E1
	11	Závit. Skrutka	Kontrola vôle pootočením	pracovník	X					funkčne	NIE	E1
	12	Olejoznak	Kontrola stavu oleja vo vretene	pracovník	X					vizuálne	NIE	E1
	13	Rozvádzač	Kontrola hodnôt na zdroj napätia 230 - 400 V	elektromechanik		X				funkčne	ÁNO	E1
	14	Chladiaca nádoba	Kontrola koncentrácie emúzie a PH	mechanik	X					funkčne	NIE	E1


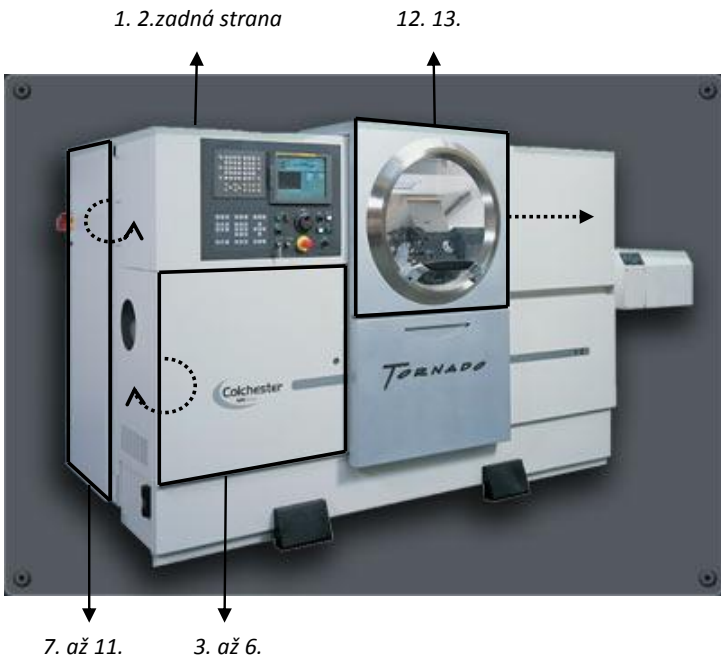
Obr. 9 Príklad štandardu pre realizáciu autonómnej údržby na rovinnej brúske BPH 320/1 [21].

### 3.5.2 Štandardy preventívnej a plánovanej údržby

Pojmom preventívna plánovaná, resp. systematická údržba označujeme súbor údržbárskych činností uskutočňovaných v súlade so stanoveným časovým plánom alebo na základe výsledkov prehliadok či kontrol stroja. Impulzmi však môžu byť aj hlásenia od operátorov upozorňujúce na nedostatky zistené v rámci autonómnej údržby alebo sledovania prevádzky stroja, ktoré je potrebné overiť pomocou technickej diagnostiky. Napríklad sa môže jednať o upozornenie na zvýšenú hlučnosť, prítomnosť vibrácií a pod.

Štandardizácia v tejto oblasti by mala byť zameraná najmä na zaistenie správneho vykonávania opakovaných kontrolných činností. Hodnotenie stavu stroja často prebieha na báze metód bezdemontážnej diagnostiky pomocou konfrontácie aktuálnych údajov s údajmi získanými meraním v minulosti. Nutnou podmienkou porovnateľnosti týchto údajov je

zabezpečenie rovnakých, príp. čo najviac podobných podmienok merania. Iné zaťaženie či režim prevádzky stroja môžu výrazne sťažiť proces hodnotenia jeho stavu. Štandardy by preto mali tvoriť určitý rámec pre realizáciu meraní a kontrol s presnou špecifikáciou meracích miest, podmienok merania či spôsobu vyhodnotenia a následnej interpretácie výsledkov. Merania v mnohých prípadoch zabezpečujú pracovníci externých firiem, ktorí majú excelentne zvládnutý spôsob merania, ale nemusia poznať špecifiká konkrétnych strojov.



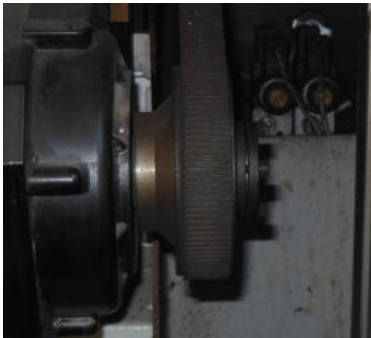


	<b>Štandard termodiagnostiky</b>	<b>Za aktuálnosť zodpovedá:</b>
<p><i>Zariadenie:</i> Colchester Tornado T2</p> <p><i>Výrobné číslo:</i></p> <p><i>Dátum:</i></p> <p><i>Prehliadku vykonal:</i></p> <p><i>Podpis:</i> .....</p>		

Servisné body		Interval				Popis úkonov	Prostriedky	Pozn.
		T	Š	R	2R			
1.	hlavný pohon			x		Kontrola prevádzkovej teploty dotknutých komponentov, pre podrobnejšie informácie vid' <b>Plán údržby č.4315</b>	Termokamera Fluke TI20, <b>evidenčná karta č. 3285</b>	
2.	remenica hl. pohonu			x				
3.	hydraulický valec			x				
4.	rozdávzač hydrauliky			x				
5.	pohon hydrauliky			x				
6.	remenica a kuž. upínanie remeňa			x				
7.	spúšťač motora			x				
8.	ostatné silové prvky			x				
9.	riadenie Fanuc			x				
10.	ostatné komponenty Fanuc			x				
11.	svorky uzemnenia			x				
12.	vreteno/skľučovadlo			x				
13.	revolverová hlava			x				



**Diagnostiku môže vykonávať len vyškolený personál za dodržania bezpečnostných predpisov !  
 Počas diagnostiky a údržby sa nepovolane osoby nesmú zdržovať v blízkosti zariadenia!  
 Zariadenie je počas uvedených činností v prevádzke a hrozí vyššie riziko zranenia!**



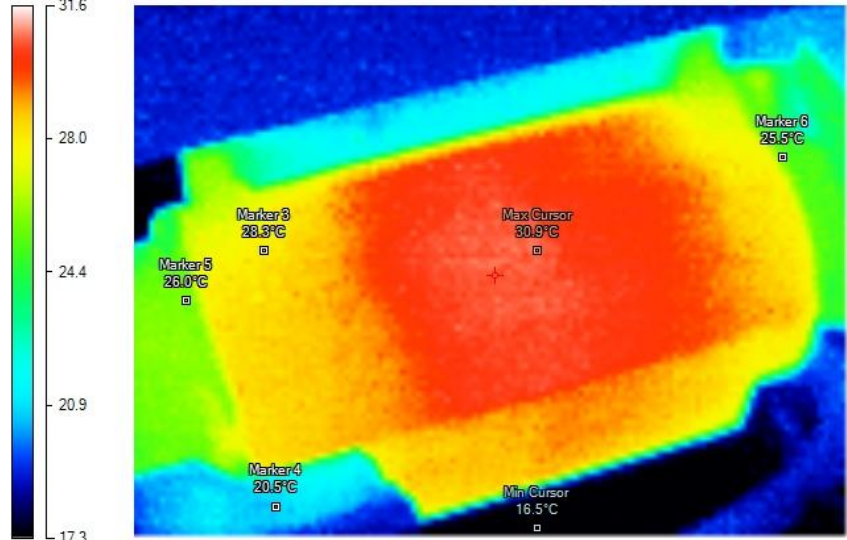
Obr. 10 Čelná strana štandardu termografickej diagnostiky obrábacieho centra [9].

		Plán údržby č. 4315	Za aktuálnosť zodpovedá:
<b>Zariadenie:</b> Tornado T2 (Series 21i-TB) <b>Výrobné číslo:</b> <b>Použitý prístroj:</b> Termokamera Fluke TI20, EK č.3285 <b>Prehliadku vykonáva:</b> Ondrej Dávidek <b>Popis:</b> uvedené merania je možné vykonať bez obmedzenia výrobného procesu a bez nutnosti zložitého odkrytovania, približná doba trvania cca 45 min. RTC nastaviť zhodnú s teplotou okolia.			
Činnosť	Detail zariadenia	Int. (m)	Inštrukcie
1. Kontrola hlavného pohonu (hlavný motor)		3	Merateľ minimálne po 1 hodine prevádzky. Čierny matný povrch, emisivita $\epsilon = 0,95$
2. Kontrola remenice hlavného motora s remeňom		3	Merateľ minimálne po 1 hodine prevádzky, v ideálnom prípade musí byť zariadenie v chode počas merania. Emisivity, $\epsilon_{\text{remeň}} = 0,90$ ; $\epsilon_{\text{remenica}} = 0,85$ (mierne zoxidovaná)
3. Kontrola hydraulického valca		3	Merateľ minimálne po 1 hodine prevádzky, $\epsilon_{\text{čierna časť}} = 0,95$ ; $\epsilon_{\text{pravá časť (náhon)}} = 0,50$ Max. teplota: 75°C
4. Kontrola rozvádzača hydrauliky		3	Merateľ minimálne po 1 hodine prevádzky, pri znečistení $\epsilon = 0,9$

Obr. 11 Presná špecifikácia kontrolných bodov a podmienok merania pri termografickej diagnostike obrábacieho centra [9].

Na obrázkoch 10 až 12 je uvedený príklad štandardu na vykonanie termografickej diagnostiky obrábacieho centra predpísanej plánom údržby. Pri jeho vytváraní sa vychádzalo z technickej dokumentácie stroja (návod na údržbu) a prevádzkových skúseností (záznamy

o poruchách i poznatky pracovníkov). Na čelnej strane štandardu (obr. 10) sú uvedené základné identifikátory (typ stroja, plán údržby a pod.). Pomocou obrázku sú vizualizované kontrolné miesta, uvedený inšpekčný interval a použitá diagnostická technika ( termokamera FLUKE). Ďalšie strany štandardu (obr. 11) obsahujú presnú špecifikáciu kontrolných bodov (vrátane ich vizualizácie) a podmienok merania, z ktorých kľúčový význam pre porovnateľnosť výsledkov má správna hodnota emisivity. Na vyhodnotenie meraní slúži formulár (obr. 12), kde pracovník po uskutočnení kontroly vloží obrázky z termokamery, uvedie zhodnotenie výsledkov a prípadný návrh opatrení, ktoré treba realizovať.

	<b>Meranie vykonal:</b> Ondrej Dávidek	<b>Použitý merací prístroj:</b> Fluke Ti20 <b>Evidenčná karta číslo:</b> 3285 <b>Iné údaje:</b>
<b>Zariadenie</b>		
<b>Názov:</b> Tornado T2 (Series 21i-TB) <b>Výrobné číslo:</b> <b>Ostatné informácie:</b> CNC sústruh		
<b>Prostredie</b>		
<b>Teplota vzduchu:</b> 16°C <b>Ostatné informácie:</b> bez výskytu priedvanu, suché prostredie <b>Dátum a čas merania:</b> 21.3.2012; 11:00 <b>Stručný popis meranie (ak je nutné):</b> Merania boli uskutočnené približne po jednej hodine a 15 minútach od spustenia zariadenia, všetky merania prebehli počas prevádzky. RTC bola štandardne nastavené na teplotu okolia.		
<b>Činnosť</b>		
1. Kontrola hlavného pohonu (hlavný motor)		
<b>Pohľad vo viditeľnom spektre</b>	<b>Termografický obraz</b>	
		
<b>Popis</b>		
Maximálna teplota motora dosahuje 30,9°C (max. prevádzková teplota okolia je 40°C), motor teda funguje správne a nie je nutný žiadny zásah. Teploty sú rozložené rovnomerne. Meranie bolo vykonané počas chodu motora po jednej hodine prevádzky.		
<b>Opatrenia</b>		
- žiadne -		

Obr. 12 Príklad protokolu o vykonanej termografickej kontrole časti stroja [9].



## Šablóna údržby

Problematika štandardizácie údržby popísaná v predchádzajúcich kapitolách odpovedá situácii, kedy je pre každý stroj vypracovaný samostatný štandard. V prípade, že sa vo firme prevádzkuje veľký počet typovo rovnakých zariadení (napr. čerpadiel), ako výhodnejšie sa javí vytvorenie a používanie jedného štandardu pre údržbu určitej skupiny strojov. Možné riešenie predstavuje napríklad šablóna údržby používaná v slovenských jadrových elektrárnach (obr. 13). Jedná sa o dokument preventívnej údržby vytvorený pre skupinu typovo zhodných strojových zariadení, ktorý rámcovo stanovuje činnosti systematickej preventívnej a prediktívnej údržby. Frekvencia vykonávania týchto činností závisí od zaradenia zariadenia do príslušnej skupiny na základe kritickosti, pracovných podmienok a pracovného cyklu.

Číslo šablóny	SU 2003							
Názov šablóny	Motor 6 kW							
Kritickosť	Kritické (A)				Nekritické (B)			
Pracovné podmienky	Sťažené		Normálne		Sťažené		Normálne	
Pracovný cyklus	Vysoký	Nízky	Vysoký	Nízky	Vysoký	Nízky	Vysoký	Nízky
Termovízne merania	6M	6M	6M	6M	6M	1R	6M	1R
Vibrodiagnostika	3M	3M	3M	3M	6M	6M	6M	6M
Analýza oleja pre motory s olejovou náplňou	6M	6M	6M	6M	1R	1R	1R	1R
Analýza maziva pre motory s plastickým mazivom	6M	1R	6M	1R	6M	1R	6M	1R
Mechanická kontrola – On-line	6M	6M	6M	6M	1R	1R	1R	1R
Elektrodiagnostika – Off-line	1R	1R	1R	1R	1R	1R	1R	1R
Mechanická kontrola – Off-line	3M	6M	3M	6M	6M	6M	6M	6M
Pochôdzka systém inžiniera	DP	DP	DP	DP	DP	DP	DP	DP
Bežná oprava (BO)	MPV	MPV	MPV	MPV	MPV	MPV	MPV	MPV
Generálna oprava (GO)	6R	12R	6R	12R	6R	12R	6R	12R
Pochôdzky zmenovej obsluhy	DP	DP	DP	DP	DP	DP	DP	DP
Úradné skúšky	9R	9R	9R	9R	9R	9R	9R	9R
Revízná činnosť - skúšky	3R	3R	3R	3R	3R	4R	3R	4R

Obr. 13 Príklad šablóny údržby používaný pri údržbe zariadení v jadrových elektrárnach [15].

### 3.5.3 Štandardy na vykonávanie jednoduchých údržbárskych zásahov

Výsledkom autonómnej kontroly stroja môže byť požiadavka operátora na korektívny zásah – odstránenie zistených nedostatkov. Mnohé zásahy však predstavujú relatívne jednoduché činnosti, či už z hľadiska časového alebo požiadaviek na znalosti a zručnosti pracovníkov. Najčastejšie sa jedná o vykonanie malých opráv, výmeny súčiastok (filtre, hadice a pod.) či úpravy nástrojov alebo prípravkov spojené s nastavením (kalibráciou) stroja. Tieto práce nemusia byť vykonané kvalifikovaným pracovníkom údržby, ale sú realizované operátorom na báze korektívneho štandardu. Hlavný prínos tohto riešenia spočíva v úspore času, pretože realizácia procesu vytvorenia zákazky spolu s pracovným príkazom určitú dobu trvá a údržbárske kapacity pre vykonanie zásahu nemusia byť hneď k dispozícii. Pri tvorbe štandardov je potrebné vychádzať z počtu výskytov danej poruchy za určité obdobie, možných dôsledkov následkom nesprávneho vykonania opravy a samozrejme náročnosti prác. Kvalita realizácie jednoduchých opráv operátormi závisí nielen podrobne spracovaného postupu činností ale aj od presnej špecifikácie použitého náradia a náhradných dielov. Dôležitou súčasťou procesu implementácie týchto štandardov by mali byť školenia a praktické tréningy, pretože až 90% obsahu si človek zapamätá praktickým precvičením.

### 3.5.4 Systém LOTO štandardov

Hlavným zámerom pri vytváraní LOTO štandardov je minimalizácia rizika úrazu alebo zranenia pracovníkov vykonávajúcich údržbársky zásah na strojnom zariadení. V spojitosti so systémom TPM tieto štandardy predstavujú účinný nástroj pre splnenie jedného zo základných cieľov - nulového počtu úrazov. Skúsenosti z praxe však ukazujú, že vytvorenie

súboru LOTO štandardov pre každý stroj sa môže minúť účinku, pracovníkmi údržby sú brané ako zbytočná formalita. Je to najmä v prípadoch, kedy strojový park je zložený zo strojov, ktoré stačí pred realizáciou údržby či opravy iba odpojiť od prívodov energií. To sa vykoná buď pomocou vypínačov alebo ventilov nachádzajúcich sa na stroji alebo fyzickým odpojením energetických prívodov, pričom nie je potrebná následná kontrola odpojenia. Takéto odpájanie možno označiť za bežné (štandardné), pričom pre jeho realizáciu nie sú nutné žiadne štandardy. Táto situácia by mala byť reflektovaná pomocou smernice - základného rámca zabezpečenia stroja pred nechceným zapnutím, resp. pripojením k zdrojom energie na báze uzamykania hlavných vypínačov a uzáverov pri pneumatických a hydraulických obvodoch. Samotný systém LOTO štandardov potom predstavuje až určitú nadstavbu tohto rámca odrážajúcu špecifiká rôznych strojov. V závislosti od jeho konštrukcie môže ísť o mechanické ohrozenie pracovníkov vykonávajúcich údržbu v dôsledku pohybu rozmerných a ťažkých častí stroja následkom pôsobenia gravitácie alebo neodstránenej zvyškovej tlakovej energie z častí pneumatických alebo hydraulických obvodov. V iných prípadoch môžu byť pracovníci ohrozovaní nebezpečnými látkami či vysokou alebo nízkou teplotou niektorých častí. Vzhľadom na tieto zvláštnosti predstavuje odstavovanie takýchto strojov väčšinou jedinečný proces s presne definovanou postupnosťou krokov. Práve na minimalizáciu týchto rizík špecifických pre jednotlivé stroje treba najprv vypracovať a odskúšať postup a ten následne spracovať vo forme LOTO štandardov. V praxi sa často vyskytujú aj situácie, kedy v závislosti od druhu a rozsahu vykonávaných prác, nie je potrebné odstavovať celý stroj, ale len jeho určitú časť, resp. časti. V tomto prípade treba vypracovať súbor LOTO štandardov pre čiastkové odstavenie stroja nevyhnutné pre realizáciu príslušných prác.

### 3.6 Postup zavádzania TPM do praxe

Totálne produktívna údržba predstavuje nový prístup k fungovaniu nielen útvaru údržby ale celého podniku. V niektorých prípadoch sa jedná o radikálne zmeny, napr. zavedenie autonómnej údržby výrazne rozširuje pracovnú náplň obsluhy strojov, ktorá súčasne aj preberá zodpovednosť za fungovanie stroja. Vzhľadom na rozsiahlosť zmien a skutočnosť, že sa týka všetkých pracovníkov i oddelení podniku, bol vypracovaný postup implementácie TPM, ktorého hlavné kroky sú uvedené v tabuľke 1. Rozhodujúcu úlohu v tomto procese zohráva vedenie firmy a koordinácia činností prostredníctvom TPM organizačnej štruktúry založenej na tímovej spolupráci. Počas prípravného obdobia trvajúceho 3 až 6 mesiacov sa vytvára vhodné prostredie pre zavedenie programu TPM. Hlavné aktivity sú zamerané na informovanie zamestnancov o programe TPM, postupe zavádzania. Implementačná fáza zahŕňa postupné zavádzanie autonómnej údržby, modifikáciu systému preventívnej údržby, zlepšovanie znalostí a zručností pracovníkov formou tréningov. Úplné zavedenie TPM trvá niekoľko rokov, ale prvé zlepšenia možno očakávať už v priebehu polroka, výraznejšie až po roku od začiatku procesu.

Stav	Krok	Detaily
Príprava	1. Rozhodnutie vedenia firmy o zavádzaní TPM	Prezentácia TPM vo firme formou prednášok, kurzov, článkov vo firemnom časopise
	2. Začiatok vzdelávania a kampane pre zavádzanie TPM	Manažéri (vedúci): semináre, stretnutia na jednotlivých úrovniach Ostatní pracovníci: prednášky a prezentácie projektu TPM
	3. Vytvorenie organizačnej jednotky na propagáciu TPM	Vytvorenie rád na každej úrovni riadenia pre propagáciu TPM, vytvorenie centrálného útvaru zodpovedného za implementáciu, menovanie pracovných tímov a pridelenie zodpovednosti jednotlivcom
	4. Vytvorenie vízie a politiky TPM a jej ciele	Analýza súčasných podmienok a stanovenie cieľov
	5. Formulácia hlavného plánu implementácie TPM	Príprava podrobných plánov implementácie pre prvých 5 aktivít

<b>Úvodné kroky implementácie</b>	<b>6.</b> Začiatok implementácie TPM	Informovanie klientov, sesterských firiem a dodávateľov
<b>Implementácia TPM</b>	<b>7.</b> Zvýšenie výkonnosti (efektívnosti) každého zariadenia	Výber pilotného zariadenia a vytvorenie projektových tímov
	<b>8.</b> Zavedenie autonómnej údržby	Propagácia 7 krokov autonómnej údržby, vytvorenie štandardov
	<b>9.</b> Vytvorenie programu plánovanej údržby pre oddelenie údržby	Implementácia plánovanej a prediktívnej údržby, riadenia zásob náhradných dielov, nástrojov, pracovných príkazov a plánov
	<b>10.</b> Začiatok realizácie tréningov pre zlepšovanie zručností v činnostiach údržby	Spoločné praktické tréningy vedúcich a ostatných pracovníkov, výmena informácií medzi členmi skupín
	<b>11.</b> Vytvorenie časového plánu pre údržbu zariadení	Preventívna údržba
<b>Stabilizácia</b>	<b>12.</b> Zlepšovanie TPM a rozšírenie TPM do všetkých úrovní riadenia	System hodnotenia a oceňovania pracovníkov Prehodnotenie (zvýšenie) cieľov

Tabuľka 1 Postup implementácie TPM

### 3.7 TPM v montážnych výrobných systémoch

Z hľadiska zavádzania totálne produktívnej údržby predstavujú montážne systémy špecifickú skupinu pracovísk. Hlavné rozdiely voči systémom zameraným na výrobu súčiastok vychádzajú z toho, že pri montáži dominujú manipulačné činnosti, súčiastky sa ustavujú v požadovanej polohe a následne pripevňujú rôznymi typmi spojov (skrutkový, zvarový, lepený a pod.), ale nedochádza pritom k zmene ich tvaru či rozmerov spojenej s tvorbou triesky, resp. iných odpadov. Operácie sa vyznačujú veľkou prácnosťou, vysokým podielom ručnej práce (okrem elektrotechnického priemyslu), dominanciou ručného náradia a relatívne malým využívaním strojov. Zákaznícky orientovaný prístup charakteristický veľkou rozmanitosťou produkcie je z hľadiska montáže „eliminovaný“ využívaním unifikácie a typizácie v konštrukčnom riešení spojov, čo výrazne uľahčuje realizáciu montážnych operácií. V súčasnosti sa v hromadnej a veľkosériovej výrobe takmer výlučne používa predmetné usporiadanie pracovísk do jedno- alebo viacpredmetných liniek. Napriek tomu, že firmy sa snažia zefektívňovať montážne procesy prostredníctvom automatizácie, existuje tu veľké množstvo pracovísk, kde dominuje ľudská práca a vyžaduje sa opakované vykonávanie relatívne jednoduchých činností vrátane kontroly. Hlavným trendom pri ručných pracoviskách je ergonomické hľadisko, aby ľudský faktor reprezentovaný najmä únavou alebo nepozornosťou nebol príčinou nízkej efektivity a kvality výroby. Ďalšie rozdiely voči výrobným pracoviskám spočívajú vo väčšom uplatňovaní tímovej práce (na montážnom pracovisku väčšinou súčasne pracuje viac zamestnancov), častej rotácii pracovníkov medzi pracoviskami a s ňou spojené striedanie pracovníkov na jednotlivých pozíciách. Zavádzanie autonómnej údržby je zamerané na zaistenie kvality výrobkov a efektívnosť procesu. Podobne ako pre výrobné systémy aj pre montážne systémy bol vytvorený postup implementácie autonómnej údržby do montážneho procesu pozostávajúci zo siedmich krokov, ktorým sa docieli redukcia plytvaní a optimálne vyváženie linky.

#### 1. krok: Počiatočné usporiadanie pracovísk spojené s čistením a odstránením nepotrebných predmetov

Prvý krok postupu je zameraný na vytvorenie východiskového vnútorného usporiadania a organizácie montážnych pracovísk, čo zahŕňa rozmiestnenie všetkých zásobníkov súčiastok, pracovných stolov, prípravkov, nástrojov, zavedenie jednoznačnej identifikácie používaných predmetov a nástrojov, usporiadanie skladových priestorov v rámci celého systému a v neposlednom rade aj odstránenie všetkých nepotrebných vecí z pracovného priestoru. Súčasťou týchto prác je identifikácia problémových miest a nedostatkov, ktoré môžu negatívne vplývať na montážny proces.

## 2. krok: Prijatie protiopatrení pre problémové miesta

Prijímané opatrenia sú zamerané predovšetkým na tieto oblasti:

- *Humanizácia práce* zahŕňa predovšetkým odstránenie zbytočných pohybov pracovníkov, modifikáciu, príp. odstránenie činností, pri ktorých sa pracovníci hrbia, zohýbajú, alebo pracujú v neprirodzenej polohe a zavedenie opatrení pre uľahčenie manipulácie s ťažkými predmetmi.
- *Zlepšenie organizácie práce* sa dosahuje dôslednou aplikáciou skladovania súčiastok v zásobníkoch metódou FIFO (First In, First Out), opatreniami pre uľahčenie využívania zariadení a nástrojov, mechanizáciou súbežných operácií. Súčasťou je aj pravidelné vyhodnocovanie prínosov a zlepšení.
- Pre *zvýšenie kvality produkcie* sa zavádzajú rôzne Poka Yoke opatrenia zabraňujúce chybnej montáži súčiastok, nesprávnemu použitiu nástrojov a pod.

## 3. krok: Implementácia predbežných štandardov

Ďalší krok tvorí vypracovanie štandardov nielen pre vykonávanie montážnych prác, ale aj pre realizáciu pomocných, obslužných a kontrolných činností. Súčasne sa pripravujú podklady pre kontrolu využívania štandardov, hodnotenie efektívnosti linky a pracovníkov.

## 4. krok: Implementácia komplexnej kontroly

Aktivity v rámci tohto kroku sú zamerané na minimalizáciu strát v podobe nekvalitných výrobkov. Ich výsledkom je optimalizovaná konštrukcia nástrojov a prípravkov pre uľahčenie práce a ich zabezpečenie proti nesprávnemu použitiu. Súčasne sú implementované kontrolné mechanizmy pre identifikáciu a odstránenie opotrebovaných nástrojov, nepresných kontrolných prípravkov a meradiel.

## 5. krok: Vyváženie taktu montážnej linky

Účelom tohto kroku je docielenie stavu, kedy rozdiely v trvaní prác na jednotlivých pracoviskách budú minimálne, t.j. čas taktu bude na nich využívaný v čo najväčšej miere. Hlavnými prostriedkami na splnenie tohto zámeru sú optimalizácia rozvrhnutia montážnych prác na jednotlivé pracoviská, zlučovanie paralelných operácií, implementácia nízkonákladovej automatizácie. Prijímané opatrenia sú zamerané aj na redukciu rozpracovanej výroby.

## 6. krok: Štandardizácia montážnych prác

Zámerom rozšírenia štandardizácie na všetky práce vykonávané počas montážneho procesu je predovšetkým prevencia voči nekvalite, zavedenie určitého pracovného rytmu a eliminácia možnosti prekračovania medzných hodnôt trvania operácií.

## 7. krok: Autonómna štandardizácia montážnych procesov

Finálny krok reprezentuje autonómne vytváranie procesov, ktoré budú pohotovo reagovať na zmeny vo výrobe. Čas potrebný na štart novej produkcie možno skrátiť modernizáciou strojov a zlepšovaním zručností pracovníkov.

## Otázky a úlohy

- 1 Charakterizujte totálne produktívnu údržbu. Aké sú hlavné prínosy jej zavedenia vo firme?
- 2 Ktoré hlavné ciele sledujeme jej zavádzaním a akým spôsobom ich dosahujeme?
- 3 Charakterizujte autonómnu údržbu. Aké sú hlavné prínosy jej zavedenia do praxe? Čo považujete za kľúčové prvky pri zavádzaní a vykonávaní autonómnej údržby?
- 4 Vysvetlite postup zavádzania autonómnej údržby v podniku.
- 5 Popíšte jednotlivé druhy štandardov používaných v údržbe.

## 4 Celková efektívnosť zariadenia (CEZ)

Totálne produktívna údržba predstavuje súbor činností rôzneho charakteru (od technických po administratívne) zameraných na docielenie maximálnej efektívnosti výrobných zariadení. Na posudzovanie toho, či realizované opatrenia prinášajú želaný efekt, sa v praxi používajú rôzne metódy či ukazovatele, pričom v oblasti diskkrétnej výroby je veľmi rozšírený ukazovateľ *celková efektívnosť zariadenia CEZ* (anglicky: O.E.E. – Overall Equipment Effectiveness, nemecky: G.A.E. – GesamtAnlagenEffektivität). Pravidelné hodnotenie efektívnosti využívania strojov tvorí jeden zo základných pilierov TPM a slúži predovšetkým ako východisko pre identifikáciu a následnú elimináciu rôznych strát či plytvaní vyskytujúcich sa vo výrobnom procese.

Vo všeobecnosti možno hodnotenie efektívnosti výroby vykonať viacerými spôsobmi. Pri ekonomickom pohľade sa využívajú rôzne finančné ukazovatele, ako sú napríklad rentabilita tržieb, pridaná hodnota na jednotku produkcie, dĺžka obdobia návratnosti investície a pod. Tieto ukazovatele však ponúkajú skôr globálny náhľad na výrobu, resp. výrobok a neumožňujú hlbšiu analýzu jednotlivých výrobných či pomocných procesov. Väčšinou slúžia na analýzu nákladov, posudzovanie využitia zdrojov a pod.

Zjednodušene možno povedať, že ukazovateľ *celková efektívnosť zariadenia* svojou filozofiou vychádza z fyzikálneho pojmu účinnosť. Vo všeobecnosti sa účinnosť stroja definuje ako podiel užitočného výkonu na výstupe k príkonu (dodanej energii) na vstupe. V prípade *CEZ* je efektívnosť stroja chápaná z hľadiska, ako účinne sa využíva pracovný čas, resp. koľko výrobkov sa vyrobí za jednotku času. V žiadnom prípade však neplatí závislosť, čím viac sa vyrobí, tým sa jedná o efektívnejšiu výrobu. Nárast objemu produkcie za jednotku času sa dá doceliť aj zmenou technologických parametrov (napr. pri obrábaní zvýšením reznej rýchlosti, posuvu a pod.), ale je to vykompenzované rýchlejšim opotrebením nástrojov, strojov, nárastom nákladov i spotreby času spojených s údržbou strojov a pod. Čiže v konečnom výsledku môže dôjsť k poklesu efektívnosti, najmä z pohľadu finančných ukazovateľov.

Ak je teda efektívnosť výroby chápaná z hľadiska počtu výrobkov vyrobených za jednotku času, druhá cesta k jej zvýšeniu vedie cez minimalizáciu všetkých druhov strát vyskytujúcich sa vo výrobe. Najčastejšie sa jedná o straty vo forme prerušenia výroby v dôsledku porúch strojov, nedostatku materiálu, či výroby nekvalitných výrobkov. Vzhľadom nato, že niektoré straty sa primárne vyjadrujú v časových jednotkách (napr. rôzne prerušenia výroby), zatiaľ čo iné sa uvádzajú napr. v kusoch, bývajú všetky tieto údaje prepočítavané do podoby stratových časov umožňujúcej ľahké porovnanie či ďalšie analýzy. Z pohľadu zákazníka – odberateľa je nepodstatné, či požadovaný výrobok nebol v dôsledku poruchy vyrobený vôbec, alebo bol vyrobený ako nepodarok, v oboch prípadoch nemohol byť dodaný v požadovanom čase a vždy sa jedná o stratu. Ukazovateľ *celková efektívnosť zariadenia CEZ* predstavuje relatívne jednoduchý nástroj slúžiaci na identifikáciu a analýzu týchto strát. Jeho „konštrukcia“ vychádza z klasifikácie strát popísanej v nasledujúcej kapitole.

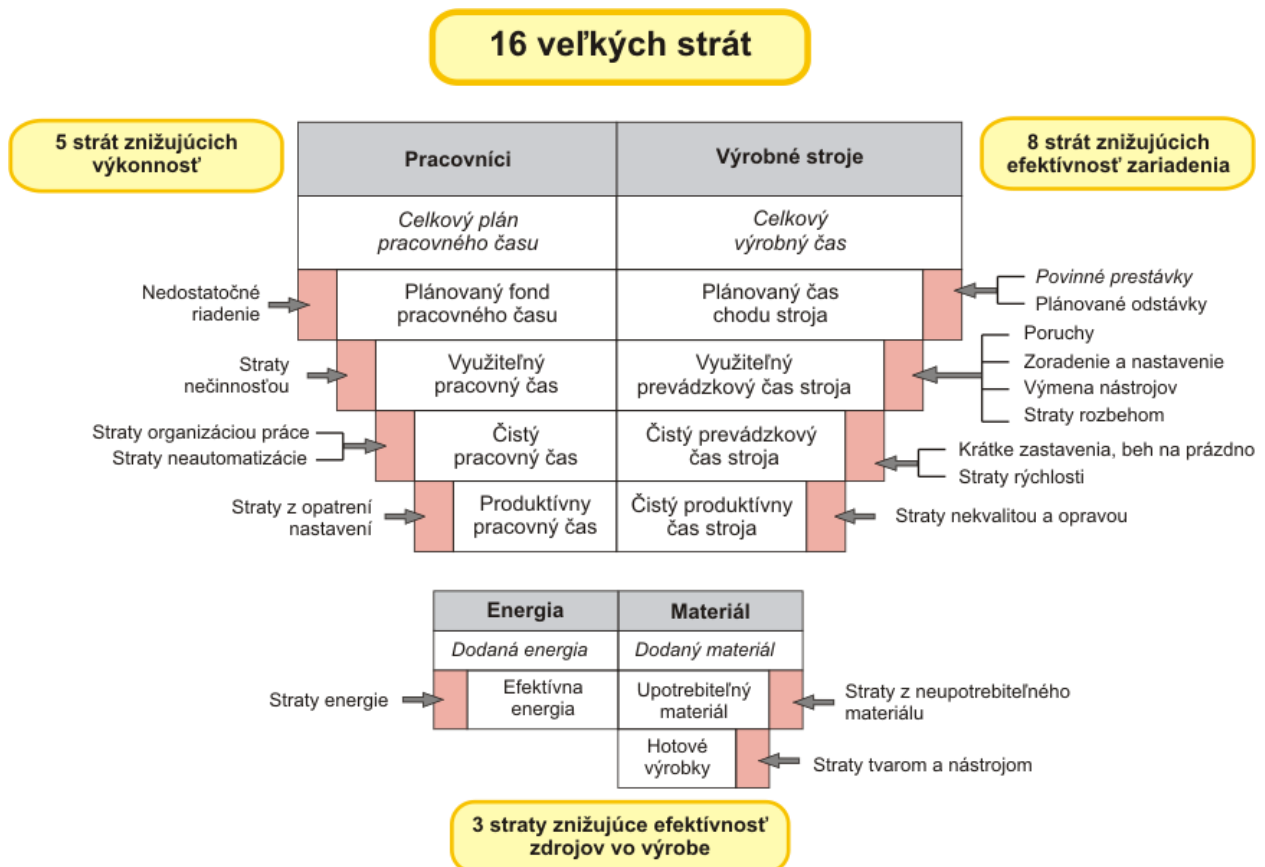
### 4.1 Druhy strát

Sprievodným javom všetkých výrobných procesov sú straty, ktoré znižujú nielen výrobný výkon, ale negatívne sa premietajú aj do celkového hospodárskeho výsledku firmy. Ako je znázornené na obr. 14, vo výrobnom procese možno identifikovať štyri hlavné skupiny strát:

- straty na strane pracovníka,
- straty na strane stroja,
- energetické straty,
- materiálové straty.

Toto rozdelenie reprezentuje hlavné východiská v systematickom prístupe k minimalizácii strát. Vo výslednej strate odrážajúcej efektívnosť procesov výroby sú rôznym podielom zastúpené všetky štyri skupiny, pričom v niektorých prípadoch nie je možné určité formy strát presne zatriediť. Dôležité je však mať na zreteli, že v reálnej praxi straty nikdy úplne neodstránime. Často nastáva situácia, kedy snaha o úplné odstránenie jedného typu strát vedie k nárastu iných. Napr. snaha dosiahnuť nulovú poruchovosť je spojená nárastom času na preventívne prehliadky z dôvodu väčšieho rozsahu vykonávaných prác, čo sa prejavuje aj poklesom času

disponibility stroja, t.j. dochádza k nárastu plánovaných strát na strane stroja, Ďalším negatívom je aj nárast nákladov na vymieňané súčiastky, vybavenie diagnostickou technikou a pod.



Obr. 14 Členenie strát znižujúcich efektívnosť využitia strojov.

#### 4.1.1 Straty na strane pracovníka

Niektoré literárne zdroje uvádzajú, že až 33 % všetkých prestojov vo výrobe je zapríčinených ľudským faktorom. Ako je znázornené na obr. 14, z hľadiska efektívnosti výroby sú rozdelené do piatich skupín:

- *Straty v dôsledku nedostatočného riadenia výroby* sa prejavujú v podobe čakania na materiál, nástroje, inštrukcie ohľadom ďalšej činnosti pri zmene vyrábaného sortimentu. Väčšinou majú za následok dlhšie zastavenie výroby na časti alebo na celej linke a pre produktivitu výroby predstavujú najväčšiu hrozbu.
- *Straty nečinnosťou* predstavujú straty na strane pracovníka, ktoré možno zjednodušene označiť ako „nemám, čo robiť“. Jedná sa o nevyťaženosť, ktorá môže vzniknúť dôsledkom zlého rozloženia práce medzi jednotlivé pracoviská, či jednotlivých pracovníkov na jednom pracovisku, zlého pridelovania práce a pod.
- *K stratám organizáciou práce* dochádza v dôsledku zlého plánovania a organizácie práce nielen na jednotlivých pracoviskách, ale aj v rámci celého výrobného systému. Pracovníci na niektorých pozíciách „nestíhajú“ pracovať v stanovenom takte, čo sa prejavuje predlžovaním priebežnej doby výroby. Najčastejšou príčinou sú nadbytočné pohyby, ktoré môžu byť spôsobené rozdielnou zručnosťou pracovníkov, nevhodným dispozičným riešením pracoviska (napr. zlé umiestnenie zásobníkov súčiastok), či zlá ergonómia pracoviska. Ako ďalšie príčiny možno spomenúť zlé zaškolenie pracovníkov, chybné výrobné postupy a pod.
- *Straty neautomatizáciou* predstavujú straty vyplývajúce z rôznych chýb, kde je ako primárna príčina uvedený „ľudský faktor“. Mnohé z nich je možné eliminovať nahradením ľudskej práce automatizovanými strojmi.

- *Straty z opatrení a nastavení* vznikajú v dôsledku potreby realizácie rôznych činností, ktoré sú zamerané ako prevencia proti výskytu chýb kvality. Najčastejšie sa jedná o rôzne kontroly, merania a nastavovania stroja.

Spoločným znakom vyššie popísaných strát na strane pracovníka je ich „netechnická“ podstata, pretože ich primárnou príčinou sú nedostatky v plánovaní a riadení výrobného procesu, problémy v logistike (najmä zásobovaní), či nedostatočné znalosti a zručnosti pracovníkov. Minimalizácia týchto strát vyžaduje systémový prístup a komplexné riešenie celej problematiky. Napríklad zámer znížiť stratové časy v dôsledku čakania, resp. nedostatku materiálu si môže vyžiadať zásahy v celom logistickom systéme - od zmeny veľkosti dopravných dávok, cez iné rozloženie skladov a medziskladov vo výrobnom systéme, iný tok informácií o pohybe dopravných prostriedkov a materiálu, až po nové dopravné prostriedky či používanie iných (nových) prepravných trás.

#### 4.1.2 Straty na strane stroja

Straty súvisiace s prevádzkou stroja možno rozdeliť do nasledovných oblastí:

- *Plánované straty* reprezentujú povinné prestávky (napr. prerušenie výroby v dôsledku povinnej obednej prestávky pre pracovníkov), plánované odstávky pre vykonávanie preventívnej (plánovanej) údržby, autonómnej údržby, či realizáciu revízií a skúšok na základe rôznych predpisov, atď.
- *Operačné straty* zahŕňajú nastavovanie strojov v súvislosti so zmenou produkcie, výmeny nástrojov, prípravkov, nečinnosť v dôsledku nedostatku materiálu alebo neprítomnosti obsluhy, a pod.
- *Výkonové straty* vyjadrujú straty vznikajúce kvôli nesprávnemu nastaveniu strojov, chybnej funkcii snímačov, či iným problémom, ktoré zapríčiňujú predĺženie výrobného taktu.
- *Straty z výroby nekvality* sú v praxi najčastejšie vyjadrené počtom opraviteľných, resp. neopraviteľných nepodarkov. Príčiny môžu byť rôzne: chybný materiál, nepresnosť výroby na predchádzajúcich pracoviskách, opotrebenie nástroja, porucha stroja, zle vykonaná oprava, atď.

Na rozdiel do strát na strane pracovníka sú tieto straty „technickej podstaty“ a súvisia s vykonávaním technologických operácií i zabezpečením prevádzkyschopnosti stroja. Ich rozdelenie na štyri skupiny odpovedá filozofii výpočtu celkovej efektívnosti zariadenia (obr. 14).

*Plánované prestoje* reprezentujú nevyhnutné straty v podobe plánovaných odstávok na realizáciu autonómnej, preventívnej údržby, kontrol, revízií a pod. Snaha o ich skracovanie môže byť kontraproduktívna (nárast poruchovosti), zavádzaním údržby na základe stavu zariadenia sa však dajú docieľiť časové úspory aj v tejto oblasti.

Prevádzka strojov je spojená s *poruchami*, ktorých dôsledkom sú poruchové prestoje reprezentujúce stratový čas, počas ktorého prebieha oprava. Ich redukciu možno docieľiť znižovaním počtu porúch i skracovaním času opravy vďaka dobrej organizácii prác, rýchlej dostupnosti náhradných dielov, potrebnej techniky a pod.

V súčasnosti preferovaná zákaznícky orientovaná výroba sa vyznačuje častými zmenami vyrábaného sortimentu. To je však spojené s potrebou výmeny nástrojov, prípravkov, vyčistením a kontrolou strojov a následným novým zoradením a nastavením strojov, resp. celej linky. Čas potrebný na vykonanie týchto činností predstavuje prestoj označovaný ako *straty zoradenia a nastavenia*. Možnosti minimalizácie týchto strát sú malé, najväčšie obmedzenie tvorí konštrukcia strojov, nástrojov a prípravkov. Určité úspory možno docieľiť zapojením operátorov na vykonávanie jednoduchších činností s pomocou štandardov. Do týchto strát je potrebné započítať aj vyrobenie overovacej série – určitého počtu výrobkov, na ktorých sa overí správnosť nastavenia strojov.

Ako strata sa označuje aj čas potrebný na výmenu nástrojov počas produkcie v dôsledku ich opotrebenia alebo poškodenia. V mnohých prípadoch je tá operácia spojená aj s potrebou opätovného nastavenia stroja. Hoci prestoje pri jednotlivých výmenách trvajú približne rovnako dlho (a ľahko sú merateľné), problém predstavuje určenie, koľko krát bude potrebné výmenu za plánované (sledované) obdobie uskutočniť. Dôvodom je skutočnosť, že životnosť nástroja má do určitej miery charakter náhodnej veličiny, čiže jej hodnota sa pohybuje v určitom časovom intervale a nedá sa presne plánovať (napr. podľa počtu vyrobených kusov).

*Straty rozbehom* vyjadrujú straty súvisiace so spustením stroja, ktoré je realizované:

- po dlhšej odstávke (víkend, celozávodná dovolenka a pod.),
- po zákonom stanovenej prestávke,
- po pravidelnej údržbe,
- po neplánovanej odstávke (po odstránení poruchy, zoraďovanie stroja).

Jedná sa o čas, ktorý uplynie od spustenia stroja až po dosiahnutie stavu, kedy je schopný produkovať kvalitné výrobky. V hovorovej reči sa tento proces nazýva ako zahriatie stroja na prevádzkovú teplotu. Počas tohto času dochádza k malým zmenám rozmerov niektorých súčiastok v dôsledku tepelnej rozťažnosti materiálov, čo sa prejaví novým vymedzením vŕí, presnejším alebo plynulejším chodom a pod. Rovnako je dôležité spomenúť, že počas tohto obdobia dochádza aj k vytváraniu mazacích filmov medzi funkčnými plochami pohybujúcich sa súčiastok. Samotné mazanie je však účinné až vtedy, keď mazivo dosiahne požadovanú teplotu, čím získa potrebné vlastnosti (najmä viskozitu) a postupne sa dostane na všetky potrebné miesta. Podcenenie týchto skutočností môže viesť k väčšiemu opotrebeniu súčiastok, čo sa prejaví znížením ich životnosti alebo aj zvýšením poruchovosti stroja.

S prevádzkou strojných zariadení sú bezprostredne spojené straty, označované ako *krátke zastavenia a beh na prázdno*. Zaraďujeme sem:

- straty sprevádzané dočasnými (krátkodobými) funkčnými poruchami,
- straty odhaliteľné ľudskými zmyslami alebo jednoduchými meraniami,
- straty nevyžadujúce výmenu súčiastok alebo opravy.

Väčšinou sa prejavujú formou ľahkých porúch odstrániteľných autonómnou údržbou. Vykonávanie ich pravidelného sledovania je veľmi dôležité, lebo kumulatívne môžu znamenať veľký časový objem.

*Straty rýchlosti* predstavujú straty, ktoré sa prejavujú predĺžením výrobného taktu v dôsledku zníženej rýchlosti práce stroja. Inak povedané existuje nesúlad medzi plánovanou a skutočnou rýchlosťou práce stroja či linky. Medzi hlavné príčiny patrí zlé nastavenie alebo znečistenie snímačov, blokovanie sklzov alebo spádových dopravníkov spriečenými súčiastkami, nečistoty na funkčných plochách zariadení, poškodenie upínacích prvkov, pokles tlaku alebo menší prietok stlačeného vzduchu v pneumatickom obvode a pod. Väčšinu týchto strát možno eliminovať pomocou autonómnej údržby.

*Straty nekvalitou a opravou* vyjadrujú stratu času, ktorý je potrebný na výrobu nového výrobku alebo na opravu nepodarku a stratu materiálu pri neopraviteľnom nepodarku, ktorý sa musí zlikvidovať. Medzi najčastejšie príčiny vzniku nekvality patria zle nastavený stroj (nedodržané technologické parametre procesu), materiálové chyby (rozmerová alebo tvarová nepresnosť polotovarov), nesprávna funkcia stroja v dôsledku poruchy, slabo zaškolený operátor. Znižovanie týchto strát predstavuje komplexný problém, ktorý je potrebné riešiť nielen na úrovni stroja, ale aj pri zohľadnení materiálových tokov, technologického procesu, procesu kontroly výrobkov a pod.

#### 4.1.3 Materiálové straty

Najrozšírenejšiu skupinu materiálových strát predstavujú *straty z neupotrebitel'ného materiálu*. Jedná sa o plytvanie vo forme nadbytočného materiálu, ktorý tvorí rozdiel medzi opracovanou súčiastkou a polotovarom najčastejšie v podobe odliatku alebo výkovku. Hlavným problémom je nadmerné zväčšovanie prídavkov, ktoré sú potrebné na elimináciu rôznych výrobných chýb polotovarov vyskytujúcich sa z dôvodu používania jednoduchších (a menej presných) odlievacích foriem či kovacích zápustiek. Ďalším negatívnym dôsledkom tohto trendu je predlžovanie kusového času, skracovanie životnosti nástrojov (napr. v dôsledku väčšieho úberu materiálu), vyššia poruchovosť strojov v dôsledku ich väčšieho zaťaženia.

Druhú skupinu materiálových strát tvoria *straty tvarom a nástrojom*. Takto sa označujú finančné straty vyplývajúce z novej výroby alebo opravy nástrojov, odlievacích foriem, kovacích zápustiek, rôznych prípravkov či iných pomôcok nevyhnutných na realizáciu výroby. Dôvodom



vzniku týchto strát je poškodenie v dôsledku chýb materiálu súčiastky, nesprávnej činnosti obsluhy stroja, poruchy stroja alebo chyby vo výrobnom procese (napr. prekročenie pracovných teplôt) a pod. Medzi tieto straty nezaraďujeme výmenu, resp. opravu nástrojov, ak sa dosiahla hraničná miera opotrebenia na konci predpokladanej doby životnosti.

#### 4.1.4 Energetické straty

Vo všeobecnosti platí, že najväčšie energetické straty sú spojené s prácou strojov. Pasívne odpory v pohyblivých častiach mechanizmov, tepelné úniky, zlá elektrická vodivosť kontaktov, odpor elektrických vodičov a pod. spôsobujú, že len časť dodanej energie sa premení na užitočnú prácu stroja. Veľkosť týchto strát je daná konštrukciou stroja, použitými pohonmi, režimom práce, pričom možnosti ich eliminácie zo strany užívateľa sú veľmi obmedzené.

Do tejto skupiny strát zaraďujeme aj úniky stlačeného vzduchu, pracovných kvapalín v dôsledku netesností v tekutinových obvodoch. Na ich minimalizáciu sa treba zamerať najmä formou autonómnej údržby.

## 4.2 Výpočet ukazovateľa CEZ

Ako už bolo spomenuté, *CEZ* je určitou analógiou mechanickej účinnosti strojov, ktorá je definovaná ako podiel výstupného výkonu ku vstupnému príkonu. Efektívnosť výrobného zariadenia sa posudzuje ako miera využitia času, ktorý bol pre výrobu k dispozícii. Tento „vstupný“ údaj je dávaný do pomeru s výstupom – množstvom vyrobenej produkcie. Hodnota *CEZ* rovná 100 % reprezentuje situáciu, kedy je daný čas využitý v maximálnej miere a pri danom kusovom čase sa vyprodukoval maximálny možný počet dobrých výrobkov.

Pri výpočte celkovej efektívnosti zariadenia sa vychádza z *celkového výrobného času*  $t_{total}$ . Jedná sa o základný časový fond vyjadrený v hodinách, stanovený ako súčin počtu zmien v sledovanom období a trvania jednej zmeny. Ak od tejto hodnoty odpočítame trvanie všetkých plánovaných prestávok a prerušení výroby  $t_{plan\_odstav}$  (obr. 15) získame *plánovaný čas chodu stroja*  $t_{plan}$

$$t_{plan} = t_{total} - t_{plan\_odstav} \quad (1)$$

Tento čas reprezentuje maximálny časový fond, počas ktorého môže prebiehať výroba. Hodnota  $Q_{hypot}$  udáva maximálny vyrobiteľný objem produkcie počas tohto času. Jeho docielenie odpovedá situácii, kedy efektívnosť zariadenia dosahuje 100 %. V skutočnosti však produkcia počas času  $t_{plan}$  dosahuje menší objem  $Q_{dobre}$ , čiže základný vzťah pre výpočet *CEZ* má tvar

$$CEZ = \frac{Q_{dobre} t_k}{60 t_{plan}} \quad (2)$$

kde  $t_k$  je takt výrobnéj linky v minútach. Základné údaje  $t_{plan}$  a  $Q_{dobre}$  potrebné pre výpočet *CEZ* sú ľahko zistiteľné z informačného systému. V mnohých prípadoch sú tieto hodnoty vrátane celkovej *CEZ* dostupné v reálnom čase.

V praxi je často užitočné posúdenie, ako výrazne znižujú efektívnosť výroby plánované prestávky a prestoje. Mnohé prestávky sú naplánované v dôsledku rôznych zákonov, vyhlášok či bezpečnostných predpisov týkajúcich sa pracovníkov, ktoré sa však nevzťahujú na výrobné stroje. V mnohých prípadoch možno skrátenie týchto prestávok docieľiť zmenou organizácie výrobného procesu. Často je to však spojené s investíciami, resp. zvýšením nákladov a pomocou *CEZ* sa dá zhodnotiť prínos návrhu. Hodnota ukazovateľa  $CEZ_{brutto}$  teda vyjadruje, ako sa vzhľadom na výslednú produkciu využíva „bezstratový“ celkový výrobný čas  $t_{total}$

$$CEZ_{brutto} = \frac{Q_{dobre} t_k}{60 t_{total}} \quad (3)$$

*Poznámka:* Vo všetkých výpočtových vzorcoch sú časové údaje predpokladané v hodinách, okrem údaju *takt linky*  $t_k$ , ktorý je potrebné zadávať v minútach. Výsledkom výpočtu *CEZ* i čiastkových mier *MD*, *MV*, *MK* vysvetlených v nasledujúcom texte je desatinné číslo v intervale  $<0; 1>$ . Z dôvodu lepšej interpretácie sa však v praxi uprednostňuje vyjadrenie v percentuálnej podobe, ktoré sa získa vynásobením vypočítanej hodnoty číslom 100.

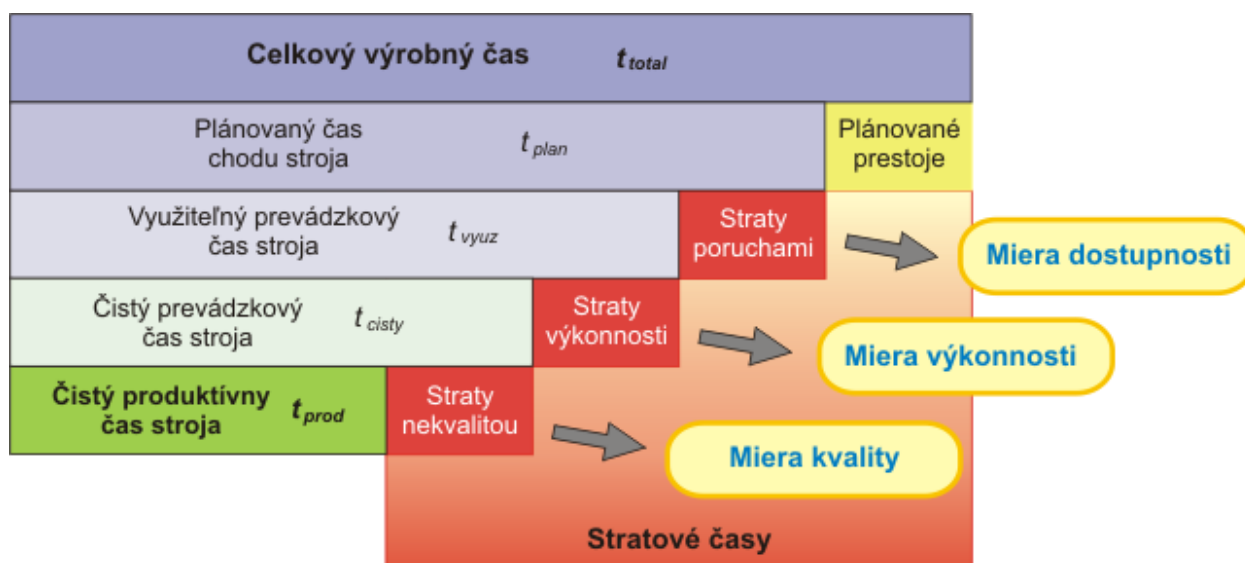
Vzťahy (2) a (3) ponúkajú globálny pohľad na efektívnosť využívania strojných zariadení. Výsledná hodnota len vyjadruje skutočnosť, aká časť z plánovaného času (pri *CEZ*), resp. celkového výrobného času (pri *CEZ<sub>brutto</sub>*) je využitá na produkciu a koľko reprezentujú neproduktívne straty. Napríklad výsledok *CEZ* = 65 % odpovedá situácii, kedy je 65 % plánovaného času chodu stroja využitých produktívne a 35 % predstavujú straty rôzneho druhu. Ak uvažujeme, že v prípade jednej 8-hodinovej zmeny je plánovaný čas 7 hodín (1 hodinu predstavujú plánované prerušenia výroby), tak vyrobený počet dobrých výrobkov  $Q_{dobre}$  odpovedá čistému produktívnemu času 4,55 hod. a 2,45 hod. sú straty.

Predchádzajúce vzťahy pre výpočet celkovej efektívnosti zariadenia zohľadňujú iba celkovú (súhrnnú) hodnotu strát a neponúkajú možnosť podrobnejšej identifikácie príčin neefektívneho využívania výrobných zariadení. Ako bolo popísané v predošlej kapitole, vo všeobecnosti je celková strata tvorená kombináciou menších – čiastkových strát na strane stroja, pracovníka, či súvisí s materiálovými alebo energetickými problémami. Keďže *CEZ* vyjadruje využitie stroja, boli nadefinované tri čiastkové miery, ktoré vychádzajú zo štruktúry strát na strane stroja (obr. 15) a umožňujú ich detailnejšiu analýzu:

- *Miera dostupnosti MD* vyjadruje vplyv neplánovaných prestojov.
- *Miera výkonnosti MV* odzrkadľuje podiel strát výrobného tempa.
- *Miera kvality MK* odráža vplyv nekvality na celkovej produkcii.

Výsledkom súčinu týchto jednotlivých mier je hodnota *CEZ*

$$CEZ = MD * MV * MK \quad (4)$$



Obr. 15 Štruktúra časov a strát používaná pri výpočte ukazovateľa *CEZ*

#### 4.2.1 Miera dostupnosti (*MD*)

Ukazovateľ *miera dostupnosti MD* vyjadruje podiel neplánovaných prestojov na plánovanom čase produkcie výrobného stroja. Najčastejšie sa jedná o prestoje spôsobené jeho poruchami, zoraďovaním a nastavovaním spojeným s výmenou nástrojov alebo prerušenia výroby súvisiace so zmenou vyrábaného produktu.

Ako je znázornené na obr. 15, pri plánovaní výroby sa vychádza z *celkového výrobného času*  $t_{total}$ , ktorý predstavuje trvanie jednej alebo viacerých pracovných zmien za sledované obdobie (týždeň, mesiac, štvrťrok a pod.). Jedná sa o teoreticky maximálny možný čas

využitelný na produkciu výrobkov. Od tohto času odčítaním trvania plánovaných odstávok, resp. prerušení výroby (napr. zákonné prestávky, porady, plánovaná údržba a pod.) získame *plánovaný prevádzkový čas stroja*  $t_{plan}$

$$t_{plan} = t_{total} - t_{plan\_odstav}$$

$t_{total}$  – celkový fond pracovného času,

$t_{plan\_odstav}$  – trvanie všetkých plánovaných odstávok za sledované obdobie vyjadrené v hodinách.

Množstvo produkcie vyrobiteľné za tento čas  $Q_{hyp}$  možno vypočítať podľa vzťahu

$$Q_{hyp} = \frac{t_{plan} 60}{t_k} \quad (5)$$

$t_k$  – takt výrobných linky v minútach.

Ak od plánovaného prevádzkového času stroja  $t_{plan}$  odčítame trvanie všetkých neplánovaných prerušení a odstávok v dôsledku porúch či výmeny nástrojov a/alebo nastavovania stroja, výsledok predstavuje *využitelný prevádzkový čas stroja*  $t_{vyuz}$ . Tento čas vyjadruje, ako dlho mohol byť stroj využitý na výrobu, t.j. bol v prevádzky schopnom stave

$$t_{vyuz} = t_{plan} - t_{porucha} - t_{nastav} \quad (6)$$

$t_{porucha}$  – trvanie všetkých prerušení výroby v dôsledku porúch vyjadrené v hodinách,

$t_{nastav}$  – trvanie všetkých prerušení výroby potrebných pre výmenu nástrojov a nastavenie stroja vyjadrené v hodinách.

Dosadením (1) do (6) získame vzťah vyjadrujúci skutočnosť, že využitelný prevádzkový čas  $t_{vyuz}$  predstavuje čas, ktorý ostane, ak od celkového fondu pracovného času odčítame všetky plánované i neplánované prestoje

$$t_{vyuz} = t_{total} - t_{plan\_odstav} - t_{porucha} - t_{nastav} \quad (7)$$

Počet výrobkov vyrobiteľných za využitelný prevádzkový čas  $Q_{teor}$  je daný

$$Q_{teor} = \frac{t_{vyuz} 60}{t_k} \quad (8)$$

$t_k$  – takt výrobných linky v minútach.

*Mieru dostupnosti MD* vyjadrujúcu podiel neplánovaných prestojov na celkovom čase produkcie výrobného stroja možno vypočítať pomocou časových údajov

$$MD = \frac{t_{vyuz}}{t_{plan}} \quad (9A)$$

resp. na základe vyrobiteľnej produkcie odpovedajúcej týmto časom

$$MD = \frac{Q_{teor}}{Q_{hyp}} \quad (9B)$$

Za optimálnu hodnotu miery dostupnosti sa považuje 0,90, resp. 90 %. Výsledná hodnota napr. 85 % vyjadruje, že 85 % z plánovaného času na výrobu  $t_{plan}$  bol stroj v prevádzky schopnom stave, resp. že 15 % z tohto času tvorili rôzne prestoje, kvôli ktorým stroj nemohol pracovať.

V niektorých literárnych zdrojoch je definovaná aj *brutto miera dostupnosti*  $MD_{brutto}$  vyjadrujúca podiel využitelného prevádzkového času stroja  $t_{vyuz}$  k celkovému výrobnému času  $t_{total}$

$$MD_{brutto} = \frac{t_{vyuz}}{t_{total}} \quad (10A)$$

resp. na základe vyrobiteľnej produkcie odpovedajúcej týmto časom

$$MD_{brutto} = \frac{Q_{teor}}{Q_{hyp\_brutto}} \quad (10B)$$

kde  $Q_{hyp\_brutto}$  vyjadruje množstvo produkcie vyrobiteľné v priebehu celkového výrobného času

$$Q_{hyp\_brutto} = \frac{t_{total} 60}{t_k} \quad (11)$$

*Poznámka:* V zahraničnej literatúre sa pre mieru dostupnosti využívajú pojmy Availability, resp. Verfügbarkheitsfaktor. Hoci podľa normy STN EN 13 306 je ich slovenským ekvivalentom výraz pohotovosť, v podnikovej praxi na Slovensku sa však rozšírilo používanie možno výstižnejších označení miera dostupnosti, resp. miera disponibility.

#### 4.2.2 Miera výkonnosti (MV)

Ukazovateľ *miera výkonnosti MV* slúži na posúdenie podielu strát výrobného tempa. Vyjadruje koľko percent z celkového strojového času (t.j. času, kedy bol stroj v prevádzky schopnom stave) bolo odpracovaných podľa normy (plánu), pričom zvyšok času predstavujú rôzne straty (čakanie na materiál, spomalený chod linky, a pod.)

V praxi pri výpočte *MV* vychádzame z ľahko dostupných údajov, ako sú využitelný prevádzkový čas  $t_{vyuz}$  a celkový počet vyrobených výrobkov (dobrých aj nepodarkov)  $Q_{celkom}$ . Čas potrebný na vyrobenie celkovej produkcie  $Q_{celkom}$  sa vypočíta podľa vzťahu

$$t_{cisty} = \frac{Q_{celkom} t_k}{60} \quad (12)$$

kde  $t_k$  udáva takt výrobnéj linky v minútach. Následne možno *mieru výkonnosti MV* vyjadriť vo forme zlomku

$$MV = \frac{t_{cisty}}{t_{vyuz}} \quad (13A)$$

Miera výkonnosti sa dá vypočítať aj na základe údajov o objeme produkcie. Najprv je však potrebné vypočítať  $Q_{teor}$  vyjadrujúci počet výrobkov vyrobených počas využitelného času  $t_{vyuz}$

$$Q_{teor} = \frac{t_{vyuz} 60}{t_k}$$

kde  $t_k$  je takt výrobnéj linky v minútach. Miera výkonnosti je potom definovaná ako podiel skutočne vyrobenej produkcie  $Q_{celkom}$  a teoreticky vyrobiteľnej produkcie za čas  $t_{vyuz}$

$$MV = \frac{Q_{celkom}}{Q_{teor}} \quad (13B)$$

Za optimálnu hodnotu miery výkonnosti sa považuje 95 %. Hodnota *MV* napr. 90 % reprezentuje skutočnosť, že z využitelného prevádzkového času sa na reálnu produkciu využije 90 % a 10 % predstavujú straty rýchlosti.

#### 4.2.3 Miera kvality (MK)

Ukazovateľ *miera kvality MK* udáva, aký je podiel nekvalitných výrobkov na celkovej produkcii. Za nekvalitný výrobok sa považuje každý, ktorý neprešiel výstupnou kontrolou, alebo bol vyradený na základe vykonanej medzioperačnej kontroly, pričom nie je podstatné, či sa jedná o opraviťelné alebo neopraviťelné nedostatky.

Najjednoduchšie možno mieru kvality vypočítať pomocou údajov o celkovom počte vyrobených výrobkov  $Q_{celkom}$  a počte nepodarkov  $Q_{zle}$  za sledované obdobie

$$MK = \frac{Q_{celkom} - Q_{zle}}{Q_{celkom}} = \frac{Q_{dobre}}{Q_{celkom}} \quad (14A)$$

Podobne ako pri predošlých mierach aj mieru kvality možno vyjadriť pomocou časových údajov, pričom platí

$$MK = \frac{t_{prod}}{t_{cisty}} \quad (14B)$$

kde *čistý produktívny čas*  $t_{prod}$  vyjadruje, koľko času sa spotrebovalo na vyrobenie dobrých kusov  $Q_{dobre}$  a  $t_{cisty}$  udáva spotrebu času na vyrobenie celkovej produkcie  $Q_{celkom}$ . Tieto časy (v hodinách) sa vypočítajú podľa nasledovných vzťahov:

$$t_{prod} = \frac{Q_{dobre} t_k}{60} \quad (15)$$

$$t_{cisty} = \frac{Q_{celkom} t_k}{60}$$

$t_k$  – takt výrobnéj linky v minútach.

Za optimálnu hodnotu miery kvality sa považuje 99 %. Vypočítaná hodnota napr. 95 % vyjadruje skutočnosť, že 95 % zo všetkých výrobkov vyrobených za sledované obdobie sú dobré kusy a 5 % predstavuje stratu vo forme nepodarky.

#### 4.2.4 Celkové straty

Ako už bolo spomenuté, ukazovateľ celková efektívnosť zariadenia *CEZ* vyjadruje v relatívnej podobe využitie stroja počas sledovaného obdobia. Doplnková hodnota do 100 % zasa udáva relatívnu veľkosť celkových strát. Pomocou vzťahov z predchádzajúcich kapitol možno vytvoriť vzťahy pre výpočet absolútnej veľkosti strát vyjadrených buď veľkosťou celkového stratového času alebo počtom nevyrobených výrobkov.

Všetky straty predstavujú v súhrne čas  $t_{straty}$ , ktorý získame rozdielom plánovaného času chodu stroja  $t_{plan}$  (1) a čistého produktívneho času  $t_{prod}$  (15)

$$t_{straty} = t_{plan} - t_{prod} \quad (16)$$

S využitím vzťahu (5) možno tento čas prepočítať na objem nevyrobenej produkciu  $Q_{straty}$

$$Q_{straty} = Q_{hyp} - Q_{dobre} \quad (17)$$

V prípade „hrubej“ hodnoty  $CEZ_{brutto}$  platí pre výpočet celkového stratového času  $t_{straty\_brutto}$  analogický výraz

$$t_{straty\_brutto} = t_{total} - t_{prod} \quad (18)$$

resp. pre nevyrobený počet výrobkov  $Q_{straty\_brutto}$

$$Q_{straty\_brutto} = Q_{hyp\_brutto} - Q_{dobre} \quad (19)$$

#### Príklad 1

Za pracovný týždeň (5 dní, 2 zmeny po 8 hodín) boli pre linku vyrábajúcu svetlomety do osobných automobilov zistené nasledovné údaje: Celkový pracovný čas 80 hodín, plánované prerušenia výroby 10 hodín, počet porúch 6, celkové trvanie odstávok v dôsledku porúch 8 hod, na začiatku a v polovici zmeny sa vykonáva výmena nástrojov spojená s kalibráciou strojov trvajúca 15 minút. Linka pracuje s taktom 2 minúty, za sledované obdobie bolo vyrobených 1550 dobrých výrobkov a 53 nepodarkov.

Vypočítajte *CEZ* linky, jednotlivé miery a výsledky zhodnoťte.

Najjednoduchšie možno celkovú efektívnosť linky na výrobu reflektorov vypočítať ako podiel času potrebného na výrobu dobrých výrobkov k plánovanému času výroby pomocou vzťahu (2). Najprv však treba určiť plánovaný čas prevádzky linky  $t_{plan}$  podľa vzťahu (1)

$$t_{plan} = t_{total} - t_{plan\_odstav} = 80 - 10 = 70 \text{ hod}$$

Pre výslednú hodnotu *CEZ* potom platí

$$CEZ = \frac{Q_{dobre} t_k}{t_{plan}} = \frac{1550 \cdot 2}{70} = 0,7381 \text{ resp. } 73,81 \%$$

Za čas  $t_{plan}$  je možné vyrobiť hypotetický počet výrobkov (5)

$$Q_{hyp} = \frac{t_{plan} 60}{t_k} = \frac{70 \cdot 60}{2} = 2100$$

Všetky straty predstavujú v súhrne čas  $t_{straty}$  (16)

$$t_{straty} = t_{plan} - t_{prod} = 70 - 51,67 = 18,33 \text{ hod}$$

resp. nevyrobenú produkciu v objeme  $Q_{straty}$  (17)

$$Q_{straty} = Q_{hyp} - Q_{dobre} = 2100 - 1550 = 550$$

Výsledky týchto výpočtov sa dajú interpretovať nasledovne. Za plánovaný čas v rozsahu 70 hodín bolo vyrobených 1550 dobrých súčiastok, čo v relatívnom vyjadrení odpovedá užitočnému využitiu plánovaného časového fondu na 73,81 %. Straty v súhrne tvoria 26,19 %, čo v absolútnom vyjadrení predstavuje 18,33 hodín, resp. 550 nevyrobených súčiastok.

Pre porovnanie vypočítame hodnotu ukazovateľa  $CEZ_{brutto}$ , ktorý odráža situáciu, kedy sú do strát započítané aj plánované prerušenia výroby, čiže výroba je plánovaná v rozsahu celkového výrobného času  $t_{total}$

$$CEZ_{brutto} = \frac{Q_{dobre} t_k}{t_{total}} = \frac{1550 \cdot 2}{80} = 0,6458 \text{ resp. } 64,58 \%$$

Počet výrobkov vyrobiteľných počas tohto času je

$$Q_{hyp\_brutto} = \frac{t_{total} 60}{t_k} = \frac{80 \cdot 60}{2} = 2400$$

V časom vyjadrení sa jedná o dobu  $t_{straty\_brutto}$  (18)

$$t_{straty\_brutto} = t_{total} - t_{prod} = 80 - 51,67 = 28,33 \text{ hod}$$

resp. nevyrobený počet výrobkov  $Q_{straty\_brutto}$  (19)

$$Q_{straty\_brutto} = Q_{hyp\_brutto} - Q_{dobre} = 2400 - 1550 = 850$$

Tieto výpočty prezentujú fakt, že výroba bude prebiehať iba počas 64,58 % celkového času, ktorý je k dispozícii. V absolútnom vyjadrení to znamená, že z 80 hodín sa na produkciu užitočne využije len 51,67 hodiny. Všetky straty v súčte predstavujú 35,42 % z celkového disponibilného času, resp. absolútne 28,33 hodín, čo odpovedá 850 nevyrobeným výrobkom. Samotných 10 hodín plánovaných prestojov znamená stratu 300 kusov nevyrobených výrobkov.

### **Výpočet miery dostupnosti MD**

Plánovaný čas prevádzky linky  $t_{plan}$  sa vypočíta podľa vzťahu (1)

$$t_{plan} = t_{total} - t_{plan\_odstav} = 80 - 10 = 70 \text{ hod}$$

Za tento čas možno vyrobiť hypotetický počet výrobkov (5)

$$Q_{hyp} = \frac{t_{plan} 60}{t_k} = \frac{70 \cdot 60}{2} = 2100$$

Počas sledovaného obdobia sa na linke vyskytlo 6 porúch s celkovým trvaním odstávok 8 hodín ( $t_{porucha}$ ) a celkovo 5 hodín trvala kalibrácia strojov ( $t_{nastav}$ ). Využitelný prevádzkový čas sa vypočíta potom podľa (6)

$$t_{vyuz} = t_{plan} - t_{porucha} - t_{nastav} = 70 - 8 - 5 = 57 \text{ hod}$$

Teoreticky vyrobiteľná produkcia za tento čas je určená pomocou (8)

$$Q_{teor} = \frac{t_{vyuz} \cdot 60}{t_k} = \frac{57 \cdot 60}{2} = 1710$$

Miera dostupnosti sa finálne vypočíta podľa vzťahu (9A)

$$MD = \frac{t_{vyuz}}{t_{plan}} = \frac{57}{70} = 0,8143 \text{ resp. } 81,43 \%$$

Rovnaký výsledok získame, ak mieru dostupnosti vypočítame pomocou množstva hypoteticky ( $Q_{hypot}$ ) a teoreticky ( $Q_{teor}$ ) vyrobiteľnej produkcie (9B).

Predošlé výpočty možno zhrnúť do nasledovných záverov. V absolútnom vyjadrení straty v dôsledku porúch a kalibrácie strojov po výmene nástrojov predstavujú 13 hodín. V relatívnom vyjadrení sa v dôsledku týchto strát plánovaný čas chodu stroja skrátil o 18,57 %, čo predstavuje 390 nevyrobených výrobkov.

### **Výpočet miery výkonnosti MV**

Východiskom výpočtu je čas  $t_{vyuz}$  vyjadrujúci, aký čas bola linka v prevádzkyschopnom stave. Z predošlých výpočtov sme získali výsledok  $t_{vyuz} = 57$  hodín, pričom za toto obdobie je možné vyrobiť maximálne  $Q_{teor} = 1710$  výrobkov. Za tento čas však bola celková produkcia  $Q_{celkom} = 1603$  výrobkov. S využitím vzťahu (13B) sa miera výkonnosti  $MV$  určí na základe podielu objemov produkcie

$$MV = \frac{Q_{celkom}}{Q_{teor}} = \frac{1603}{1710} = 0,9374 \text{ resp. } 93,74 \%$$

Pre použitie „časového“ vzorca (13A) treba najprv vypočítať, koľko trvalo vyrobenie všetkých súčiastok (12)

$$t_{cisty} = \frac{(Q_{dobre} + Q_{zle}) t_k}{60} = \frac{(1550 + 53) \cdot 2}{60} = 53,43 \text{ hod}$$

a následne hodnota miery výkonnosti  $MV$  bude

$$MV = \frac{t_{cisty}}{t_{vyuz}} = \frac{53,43}{57} = 0,9374 \text{ resp. } 93,74 \%$$

Z výpočtov vyplýva, že straty rýchlosti dosahujú veľkosť 6,26 % plánovaného času výroby, v absolútnom vyjadrení to predstavuje 3,57 hodiny, resp. 107 nevyrobených výrobkov.

### **Výpočet miery kvality MK**

Ako už bolo uvedené v kap., tento ukazovateľ slúži na vyjadrenie podielu dobrých výrobkov na celkovej produkcii. Za sledované obdobie bolo vyrobených 1550 dobrých výrobkov, 53 nepodarkov, čiže celková produkcia (dobré + zlé) bola 1603. Mieru kvality možno vypočítať podľa vzťahu (14A)

$$MK = \frac{Q_{dobre}}{Q_{celkom}} = \frac{1550}{1603} = 0,9669 \text{ resp. } 96,69 \%$$

Mieru kvality možno vypočítať aj na základe časových údajov. Čas  $t_{prod}$  potrebný na výrobu dobrých súčiastok sa vypočíta pomocou vzťahu (15)

$$t_{prod} = \frac{Q_{dobre} t_k}{60} = \frac{1550 \cdot 2}{60} = 51,67 \text{ hod}$$

Podľa (12) bude vyrobenie všetkých súčiastok trvať

$$t_{cisty} = \frac{(Q_{dobre} + Q_{zle}) t_k}{60} = \frac{(1550 + 53) \cdot 2}{60} = 53,43 \text{ hod}$$

Miera kvality  $MK$  je potom určená podielom týchto dvoch časov (14B)

$$MK = \frac{t_{prod}}{t_{cisty}} = \frac{51,67}{53,43} = 0,9669 \text{ resp. } 96,69 \%$$

Na základe predchádzajúcich výpočtov možno konštatovať, že 53 nekvalitných výrobkov predstavuje stratu vo výške 3,31 % z plánovaného času chodu stroja, čo v absolútnom vyjadrení odpovedá takmer 2 hodinám.

Správnosť predchádzajúcich výpočtov možno overiť tak, že rovnakú výslednú hodnotu *CEZ* získame pomocou vzťahu pre „priamy“ výpočet (2) a aj podľa vzťahu (4) využívajúceho pre výpočet jednotlivé miery

$$CEZ = MD * MV * MK = 0,8143 \cdot 0,9374 \cdot 0,9669 = 0,7381 \text{ resp. } 73,81 \%$$

## Príklad 2

Vypočítajte, aký prínos budú mať zmeny v organizácii práce, ktorými sa plánované prerušenia skrátia na polovicu (pozri predchádzajúci príklad).

Cieľom výpočtov je zistiť, aký celkový prínos bude mať skrátenie plánovaných prerušení na polovicu. Je zrejmé, že toto opatrenie (za predpokladu rovnakého trvania neplánovaných odstávok) prinesie nárast objemu produkcie, keďže na výrobu bude k dispozícii väčší čas.

Trvanie plánovaných odstávok podľa zadania bude  $t_{plan-odstav} = 5$  hod. Novú hodnotu plánovaného času prevádzky linky  $t_{plan}$  vypočítame podľa vzťahu (1)

$$t_{plan} = t_{total} - t_{plan-odstav} = 80 - 5 = 75 \text{ hod}$$

Za čas  $t_{plan}$  je možné vyrobiť hypotetický počet výrobkov (5)

$$Q_{hyp} = \frac{t_{plan} \cdot 60}{t_k} = \frac{75 \cdot 60}{2} = 2250$$

Na základe porovnania hypotetických objemov produkcie možno konštatovať, že skrátenie plánovaných odstávok o polovicu, t.j. o 5 hodín môže priniesť nárast produkcie maximálne o 150 výrobkov.

Za predpokladu rovnakého rozsahu neplánovaných odstávok (6 porúch s celkovým trvaním odstávok 8 hodín ( $t_{porucha}$ ) a 5 hodín na kalibráciu strojov ( $t_{nastav}$ )) sa využiteľný prevádzkový čas vypočíta potom podľa (6)

$$t_{vyuz} = t_{plan} - t_{porucha} - t_{nastav} = 75 - 8 - 5 = 62 \text{ hod}$$

a miera disponibilít bude mať hodnotu

$$MD = \frac{t_{vyuz}}{t_{plan}} = \frac{62}{75} = 0,8267 \text{ resp. } 82,67 \%$$

Z porovnania výsledkov vyplýva, že skrátenie plánovaných odstávok sa prejavilo miernym zvýšením miery disponibilít (z 81,43 % na 82,67 %).

Pre výpočet celkovej efektívnosti zariadenia, resp. ostávajúcich dvoch mier treba odhadnúť objem výslednej produkcie  $Q_{dobre}$ . Dosadenie pôvodnej hodnoty (1550 kusov zo zadania príkladu 1) do vzťahu (2) pre výpočet *CEZ* vedie k nesprávnemu výsledku 68,89 %, ktorý vyjadruje pokles efektívnosti výroby na linke. Podľa údajov uvedených v prvom príklade bolo počas 57 hodín využiteľného prevádzkového času vyrobených 1603 výrobkov, z toho 1550 dobrých a 53 nepodarkov. Cieľom je teda vypočítať, aké počty výrobkov odpovedajú novej hodnote tohto času. Ak podiel 1550/57 vyjadruje množstvo vyrobených dobrých výrobkov za 1 hodinu, potom pre odhadovaný objem produkcie vyrobenej za 62 hodín platí

$$Q_{dobre} = \frac{1550}{57} \cdot 62 = 1686$$

Počet zlých výrobkov možno určiť analogicky



$$Q_{zle} = \frac{53}{57} 62 = 58$$

Celková produkcia vyrobená za 62 hodín teda bude

$$Q_{celkom} = Q_{dobre} + Q_{zle} = 1686 + 58 = 1744$$

Pre výslednú hodnotu CEZ potom podľa (2) platí

$$CEZ = \frac{\frac{Q_{dobre} t_k}{60}}{t_{plan}} = \frac{\frac{1686 \cdot 2}{60}}{75} = 0,7493 \text{ resp. } 74,93 \%$$

Pôvodná hodnota CEZ vypočítaná v príklade 1 bola 73,81 %. Skrátenie plánovaných prerušení na polovicu, predstavuje zvýšenie plánovaného výrobného času  $t_{plan}$  o 7 %, prinesie však zlepšenie CEZ len o 1,12 %, čo odpovedá odhadovanému nárastu produkcie o 136 kusov (z 1550 na 1686).

Výraznejšie sa skrátenie plánovaných prerušení odzrkadlí pri „hrubej hodnote CEZ“, ktorá odráža využitie stroja počas celkového výrobného času  $t_{total}$

$$CEZ_{brutto} = \frac{\frac{Q_{dobre} t_k}{60}}{t_{total}} = \frac{\frac{1686 \cdot 2}{60}}{80} = 0,7025 \text{ resp. } 70,25 \%$$

Výsledok z prvého príkladu je 64,58 %, skrátenie odstavok znamená nárast o 5,67 %.

Hodnoty zvyšných dvoch mier sú rovnaké ako v príklade 1 (rozdiel v ráde stotín je spôsobený zaokrúhľovaním smerom nahor pri výpočte počtu výrobkov).

Mieru kvality MK vypočítame pomocou vzťahu (14A)

$$MK = \frac{Q_{dobre}}{Q_{celkom}} = \frac{1686}{1744} = 0,9667 \text{ resp. } 96,67 \%$$

Pre mieru výkonnosti MV podľa (13B) platí

$$MV = \frac{Q_{celkom}}{Q_{teor}} = \frac{1744}{1860} = 0,9374 \text{ resp. } 93,76 \%$$

pričom za čas  $t_{vyuz}$  teoreticky vyrobiteľná produkcia je vypočítaná podľa (8)

$$Q_{teor} = \frac{t_{vyuz} 60}{t_k} = \frac{62 \cdot 60}{2} = 1860$$

**Záver:** Skrátenie plánovaných prestojov počas sledovaného obdobia na polovicu (z 10 na 5 hodín) predstavuje nárast plánovaného výrobného času  $t_{plan}$  o 7 % (z 70 na 75 hodín). Úspora sa však prejaví zvýšením miery disponibilít len o 1,24 % (z 81,43 % na 82,67 %). Ešte menší je nárast hodnoty celkovej efektívnosti linky CEZ, ktorý dosiahne hodnotu 1,12 % (z 73,81 % na 74,93 %). V absolútnom vyjadrení to zodpovedá odhadovanému nárastu produkcie o 136 dobrých kusov (z 1550 na 1686).

### Príklad 3

Na akú hodnotu je potrebné skrátiť neplánované prerušenia výroby v dôsledku porúch a nastavovania linky z príkladu 1, aby miera disponibilít dosiahla hodnotu 90 %. Ako sa táto zmena prejaví v náraste produkcie?

Na základe údajov uvedených v príklade 1 podľa vzťahu (1) vypočítame plánovaný čas prevádzky linky  $t_{plan}$

$$t_{plan} = t_{total} - t_{plan\_odstav} = 80 - 10 = 70 \text{ hod}$$

Počas sledovaného obdobia sa na linke vyskytlo 6 porúch s celkovým trvaním odstávok 8 hodín ( $t_{porucha}$ ) a celkovo 5 hodín trvala kalibrácia strojov ( $t_{nastav}$ ). Pre využiteľný prevádzkový čas sa potom podľa (6) platí

$$t_{vyuz} = t_{plan} - t_{porucha} - t_{nastav} = 70 - 8 - 5 = 57 \text{ hod}$$

Miera dostupnosti sa finálne vypočíta podľa vzťahu (9A)

$$MD = \frac{t_{vyuz}}{t_{plan}} = \frac{57}{70} = 0,8143 \text{ resp. } 81,43 \%$$

Novú dĺžku využiteľného prevádzkového času odpovedajúcu požadovanej disponibilite 90 % určíme pomocou vzťahu získaného úpravou (9A)

$$t_{vyuz} = MD \cdot t_{plan} = 0,90 \cdot 70 = 63 \text{ hod}$$

Z rozdielu novej a pôvodnej hodnoty časov  $t_{vyuz}$  dostaneme požiadavku ušetrenia 6 hodín, čiže rozsah neplánovaných odstávok je potrebné znížiť z 13 na 7 hodín. Akým spôsobom sa táto úspora rozloží medzi skrátenie trvania poruchových a nastavovacích odstávok závisí od konkrétnych prijatých opatrení.

Nárast hodnoty miery disponibilite sa premietne do celkovej hodnoty CEZ (pri predpoklade, že ostatné miery ostanú nezmenené)

$$CEZ = MD * MV * MK = 0,90 \cdot 0,9374 \cdot 0,9669 = 0,8157 \text{ resp. } 81,57 \%$$

Čiže úspora 6 hodín odpovedá zvýšeniu hodnoty CEZ linky o 7,76 % (z 73,81 % na 81,57 %).

Objem vyrobenej produkcie odpovedajúcej novej hodnote využiteľného prevádzkového času odhadneme rovnakým spôsobom ako v príklade 2

$$Q_{dobre} = \frac{1550}{57} \cdot 63 = 1713$$

Počet zlých výrobkov možno určiť analogicky

$$Q_{zle} = \frac{53}{57} \cdot 63 = 59$$

Celková produkcia vyrobená za 63 hodín teda bude

$$Q_{celkom} = Q_{dobre} + Q_{zle} = 1713 + 59 = 1772$$

V absolútnom vyjadrení predĺženie využiteľného prevádzkového času o 6 hodín zodpovedá odhadovanému nárastu produkcie o 163 dobrých výrobkov (z 1550 na 1713).

### 4.3 Optimalizácia využitia strojov pomocou CEZ

Ako už bolo spomenuté, ukazovateľ CEZ možno v určitom zmysle chápať ako analógiu mechanickej účinnosti strojného zariadenia. Účinnosť reálnych strojov sa pohybuje výrazne pod hodnotou 100 %, ktorá odpovedá teoretickému stroju pracujúcemu úplne bez strát. Rovnaká situácia je aj v prípade výrobných systémov, kde nikdy nebude prebiehať úplne bezstratová výroba. Na rozdiel od mechaniky však pre CEZ, resp. jednotlivé miery sa v literatúre uvádzajú určité cieľové hodnoty označované ako svetová trieda a vyjadrujúce veľmi dobrú implementáciu totálne produktívnej údržby v podniku:

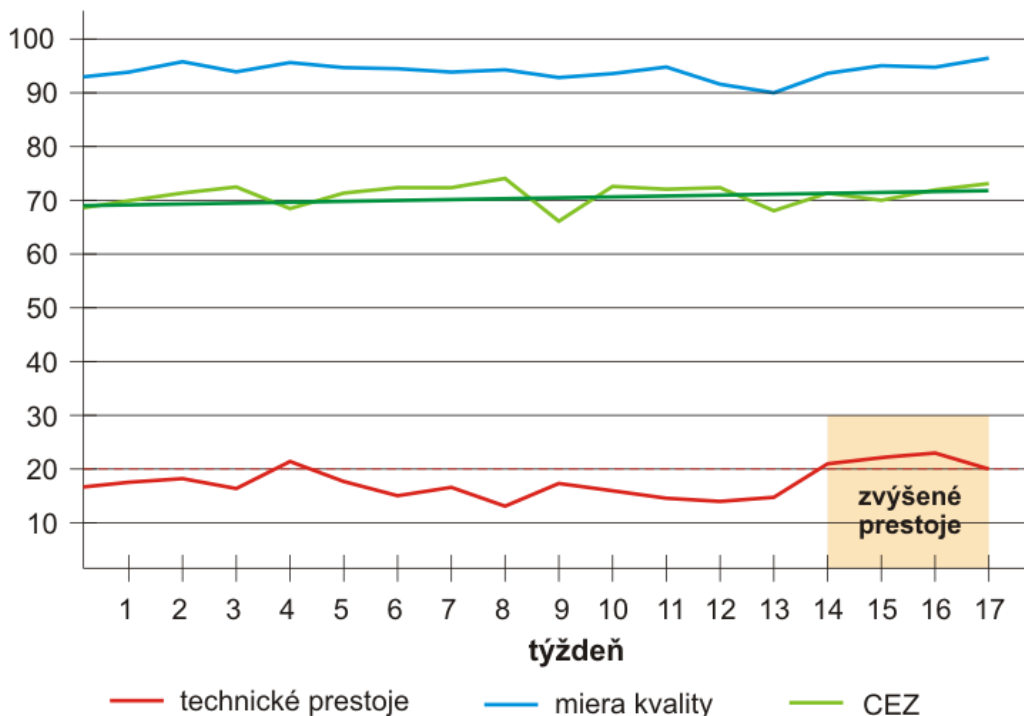
- miera dostupnosti (MD) 90 %,
- miera výkonnosti (MV) 95 %,
- miera kvality (MK) 99 %,
- celková efektívnosť zariadenia (CEZ) 85 %.

Jedná sa o empiricky určené hodnoty na základe analýzy situácie v stovkách podnikov. Tieto hodnoty predstavujú akési „prijateľné maximum“, ktoré vo všeobecnosti nie je účelné prekračovať, resp. realizácia „antistratových“ aktivít by mala smerovať k ich dosiahnutiu. Napr. disponibilita 90 % vyjadruje, že 10 % plánovaného výrobného času tvoria straty vo forme porúch či nastavovania stroja. Zvýšenie hodnoty MD sa dá docíliť len skrátením týchto časov.

Jednou z možností dosiahnutia tohto cieľa je „zrýchlenie opráv“, čo však nemusí priniesť markantné úspory. Oveľa väčší účinok možno dosiahnuť znížením poruchovosti strojov. To je však väčšinou spojené nárastom objemu prác vykonávaných formou preventívnej údržby, čo musí viesť k navýšeniu času plánovaných prestojov. Môže teda nastať situácia, že čas ušetrený vďaka nižšej poruchovosti je spotrebovaný na prevenciu a z globálneho pohľadu (celkových strát) sa nič nezíska. Rovnako treba počítať aj s nárastom nákladov spojených s preventívnou výmenou súčiastok či potrebou zaobstarania diagnostickej techniky a pod. V praxi sa priemerná hodnota CEZ pohybuje okolo 60 %, zriedkavosťou nie sú prevádzky s efektivitou využitia strojov menšou ako 50%.

Pri realizácii hodnotenia efektívnosti strojov pomocou ukazovateľa CEZ treba vychádzať zo zákaznického uhla pohľadu. Najvyššiu prioritu má teda to, či bolo, alebo nebolo vyrobené plánované množstvo výrobkov v stanovenom čase, t.j. či výrobná linka ako celok fungovala bez problémov, alebo sa vyskytli prestoje. Čiže v prvom rade pomocou CEZ hodnotiť výrobný systém ako celok, príp. jeho určité úseky. Hodnotenie jednotlivých strojov možno realizovať až sekundárne. Ako veľmi problematické sa javí vyhodnocovanie prestojov z dôvodu poruchy dodávajúceho, resp. odoberajúceho pracoviska. Pre jednotlivé stroje má význam samostatne hodnotiť poruchovosť na základe miery dostupnosti a ukazovateľov MTBF a MTTR (viac v nasledujúcej kapitole). Ostatné miery pre jednotlivé stroje môžu byť skreslené v dôsledku nečinnosti, či problémov na predchádzajúcich, resp. nadväzujúcich pracoviskách.

Pri praktickom využívaní ukazovateľa CEZ na odhaľovanie strát je prvým problémom určenie trvania sledovacieho obdobia. V podstate sú na výber možnosti hodnotenia efektívnosti počas zmeny, dňa (2 alebo 3 zmeny), pracovného týždňa, príp. mesiaca. Na výpočet optimálnej dĺžky tohto obdobia nie je vytvorený žiadny vzťah či postup, pri jej určovaní treba vychádzať najmä z objemu produkcie, resp. taktu linky a priemernej nedostupnosti linky, resp. stroja. Dĺžka by mala byť zvolená tak, aby umožňovala ľahké sledovanie vývojových trendov. Voľba príliš krátkeho obdobia sa prejaví veľkým kolísaním sledovaných hodnôt a vyhodnocovanie trendov je ťažké. Naopak pri dlhom období budú rozdiely medzi hodnotami malé, čo opäť výrazne sťažuje posudzovanie vývojových trendov.

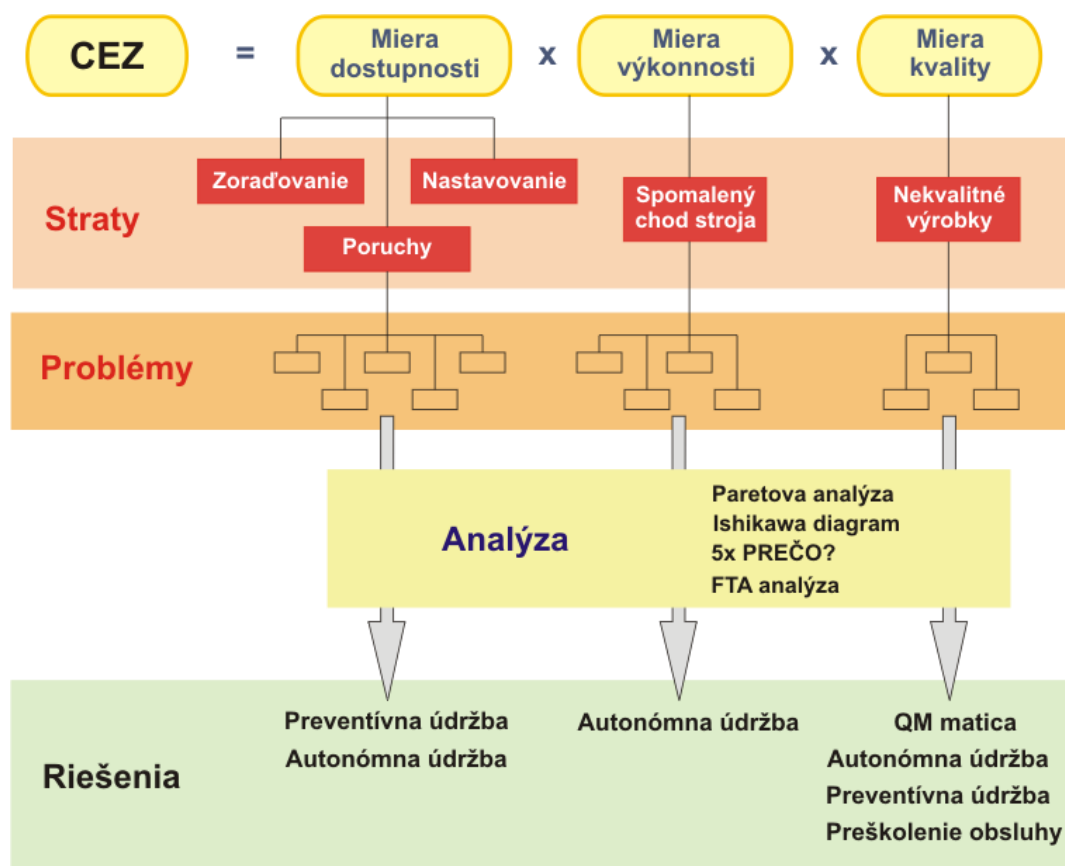


Obr. 16 Graf znázorňujúci vývoj ukazovateľa CEZ, miery kvality a poruchovosti v priebehu 17 týždňového obdobia

Celková efektívnosť zariadenia predstavuje globálny ukazovateľ informujúci o tom, aká časť z plánovaného času je využitá na produkciu a koľko tvoria neproduktívne straty. Vo výrobnej praxi je preto dôležité aj sledovanie a vyhodnocovanie mier dostupnosti, výkonnosti a kvality,

lebo len pomocou nich je možné identifikovať zdroje strát zapríčínujúce nízku hodnotu CEZ. V reálnych podmienkach často nastáva situácia, že pokles jednej miery je kompenzovaný nárastom zvyšných pričom výsledná hodnota CEZ sa nemení. Graf na obr. 16 reprezentuje situáciu, kedy počas sledovaného obdobia možno sledovať mierny nárast výslednej hodnoty CEZ, hoci v závere obdobia sa vyskytla zvýšená poruchovosť strojov, ktorá však bola vykompenzovaná zlepšenou kvalitou a výkonnosťou. Tabuľka 2 znázorňuje situáciu, kedy počas štyroch týždňov bola dosiahnutá približne rovnaká výsledná hodnota CEZ pri výraznom kolísaní hodnôt jednotlivých mier.

Presnosť a praktická využiteľnosť výsledkov vyjadrujúcich CEZ i jednotlivé čiastkové miery výrazne závisí od kvality vstupných údajov, ktorých zber sa väčšinou realizuje kombináciou ručnej a automatickej formy. Automaticky sú získavané dáta o počte vyrobených kusov, plánovaný čas výroby, trvanie plánovaných odstávok. Operátori najčastejšie zaznamenávajú poruchové prestoje, časy potrebné na výmenu nástrojov, nastavenie stroja a pod., pričom tu sa nachádza najväčšie riziko zadania nesprávnych údajov z dôvodu nepriznania (kamuflovania) problémov na pracovisku, chýb operátora a pod.



Obr. 17 Proces zvyšovania efektívnosti zariadenia pomocou ukazovateľa CEZ

Výpočet celkovej hodnoty CEZ pomocou vzťahov (2) a (3) nie je spojený so žiadnymi problémami, lebo plánovaný čas chodu stroja (linky) je dopredu známy a rovnako aj počet vyrobených dobrých výrobkov, pričom tieto údaje sú získavané automaticky z informačného systému.

Ako bezproblémové možno označiť tiež určenie miery kvality, pretože počet dobrých výrobkov a nepodarkov je ľahko zistiteľný. Prílišné kolísanie hodnôt MK počas za sebou nasledujúcich období signalizuje, že výrobný proces z hľadiska strát kvalitou nie je pod kontrolou. Pomocou vhodných nástrojov (5x prečo?, Ishikawa diagram, ...) treba jednotlivé problémy analyzovať a určiť ich príčiny. Výsledkom môže byť vytvorenie QM matice, zmeny v realizácii údržby, preškolenie obsluhy strojov a pod.

Miera dostupnosti vyjadruje vplyv neplánovaných prestojov najčastejšie v dôsledku porúch na celkovú produkciu. Nízka hodnota znamená vysokú poruchovosť strojov, ktorá môže byť spôsobená veľkým počtom porúch a/alebo dlhým trvaním opráv. Kľúčovú úlohu tu hrá presná

evidencia prestojov. Je dôležité oddeliť poruchové prestoje od krátkych zdržaní a prestojov nesúvisiacich s poruchami. V praxi to môže vyzeráť tak, že prestoje do 5 minút sa nebudú považovať za poruchové, prestoje 5 – 15 minút budú reprezentovať ľahké poruchy, 15 – 30 minút stredné poruchy a nad 30 minút vážne poruchy. Prostredníctvom histogramu a Paretovej analýzy treba zo súboru porúch za určité obdobie určiť najčastejšie sa opakujúce a najzávažnejšie. Na základe analýzy príčin treba navrhnúť opatrenia, modifikovať plány údržby.

Straty výkonu tvoria rôzne zdržania spôsobujúce pokles výkonnosti stroja prejavujúce sa formou spomaleného chodu, rôznych krátkych zdržaní, ktoré sa však vyskytujú často a opakovane. Zjednodušene možno povedať, že stroj síce vyrába, ale pomalším tempom. Zaznamenávanie týchto strát je veľmi problematické a väčšinou sa nevykonáva, pretože mnohé z nich sú na prvý pohľad ťažko zistiteľné, resp. jedná sa o ďalšie zaťaženie obsluhy stroja a odpútavanie pozornosti od výkonu hlavnej činnosti. Celkom zanedbať ich však nemožno, lebo počas sledovaného obdobia sa kumulujú a môžu dosiahnuť veľkých hodnôt. Rovnako aj odhaľovanie príčin strát výkonu je veľmi zložitá a zdĺhavá. K ich redukcii výrazne prispieva autonómna údržba zameraná najmä na kontrolu správnej činnosti snímačov, pneumatických pohonov, dopravníkov a pod.

#### 4.3.1 Najlepší z najlepších

V literatúre uvádzané „svetové“ hodnoty CEZ, resp. jednotlivých mier predstavujú dlhodobý cieľ sledovaný minimalizáciou strát vo výrobnom procese. Skutočná situácia je v mnohých podnikoch vyjadrená výrazne nižšími číslami a ich manažmenty riešia otázku stanovenia reálne dosiahnuteľných cieľov pre proces postupného zlepšovania. Na určenie krátkodobejších cieľov sa často využíva metodika „najlepší z najlepších“ (angl. Best of Best). Jej princíp spočíva v tom, že za sledované obdobie sa v rámci jednotlivých mier vyberú najlepšie dosiahnuté výsledky a z nich sa vypočíta výsledná najlepšia dosiahnuteľná hodnota CEZ. Výsledok reprezentuje v daných podmienkach dosiahnuteľný cieľ, pretože príslušné hodnoty mier boli naozaj dosiahnuté, nie je podstatné, že každá v inom období (týždni). Proces zlepšovania je založený na analýze, prečo, za akých podmienok bola príslušná najlepšia hodnota dosiahnutá, resp. prečo v iných obdobiach bola nižšia a následne sa prijímajú opatrenia pre dlhodobé dosahovanie týchto najlepších hodnôt.

	<b>CEZ</b>	<b>MD</b>	<b>MV</b>	<b>MK</b>
<i>Dlhodobý cieľ</i>	85	90	95	99
1. týždeň	65,85	75,42	90,12	96,89
2. týždeň	65,80	81,39	87,76	92,12
3. týždeň	65,42	83,15	90,98	86,48
4. týždeň	65,82	79,52	89,72	92,25
Priemerné hodnoty	65,82	79,87	89,65	91,93
<b>Najlepší z najlepších</b>	<b>73,30</b>	<b>83,15</b>	<b>90,98</b>	<b>96,89</b>

Tabuľka 2 Princíp „najlepší z najlepších“ využívaný pri stanovovaní cieľov pomocou CEZ.

#### 4.4 Celková produktívna efektívnosť zariadenia

Na posúdenie celkového využitia stroja sa používa ukazovateľ *celková produktívna efektívnosť zariadenia* TEEP (angl. Total Effective Equipment Productivity) vyjadrujúci, aké je jeho využitie vzhľadom na maximálny dostupný čas, ktorý možno vyjadriť ako 365 dní za rok a 24 hodín za deň

$$TEEP = \frac{t_{plan}}{365 * 24} CEZ \quad (20)$$

kde  $t_{plan}$  je plánovaný čas chodu stroja.

V príklade 1 bol ako sledované obdobie použitý jeden pracovný týždeň – 5 pracovných dní s dvojnennou prevádzkou a dĺžkou zmeny 8 hodín. Na základe zadaných údajov boli vypočítané hodnoty plánovaného času prevádzky linky  $t_{plan}$  70 hodín a ukazovateľa CEZ 73,81 %. Pri výpočte celkovej produktívnej efektívnosti zariadenia TEEP treba ako maximálne dostupný čas uvažovať dobu získanú súčinom 7 dní a 24 hodín. Pre výslednú hodnotu TEEP potom platí

$$TEEP = \frac{t_{plan}}{7 * 24} CEZ = \frac{70}{7 * 24} 0,7381 = 0,3075 \text{ resp. } 30,75 \%$$

Výsledok vyjadruje, že iba necelých 31 % z maximálne dostupného času sa linka využíva na produkciu dobrých výrobkov. Hlavnou príčinou tejto nízkej hodnoty je skutočnosť, že z celkovo siedmich dní iba počas piatich linka pracuje 2/3 celkového dostupného času a 2 dni (víkend) nie je využívaná vôbec. Sedem dní predstavuje časový fond 168 hodín, z ktorých sa na prácu využíva iba 80 hodín (5 dní po 16 hodín), čo reprezentuje jeho využitie na 47,61 %. Takmer 17 % (rozdiel medzi 47,61 a 30,75) tvoria rôzne druhy strát. Výrazné zvýšenie hodnoty TEEP možno docieľiť zavedením tretej zmeny, príp. využívaním víkendovej práce.

Ak do výrazu (20) dosadíme za CEZ zlomok zo vzťahu (2) a po následnej úprave získame vzťah pre výpočet TEEP na základe počtu dobrých výrobkov vyrobených za sledované obdobie  $Q_{dobre}$  a taktu výrobnéj linky v minútach  $t_k$

$$TEEP = \frac{Q_{dobre} t_k}{60 * 365 * 24} \quad (21)$$

#### Otázky a úlohy

- 1 Charakterizujte jednotlivé druhy strát znižujúce efektívnosť výrobného procesu.
- 2 Na konkrétnom výrobnom pracovisku identifikujte straty a navrhňte spôsob ich minimalizácie.
- 3 Čo vyjadruje ukazovateľ celková efektívnosť zariadenia (CEZ)? Čo vyjadrujú, a ako sú definované čiastkové miery?
- 4 Ako sa využíva CEZ pri optimalizácii využívania strojov? Popíšte princíp metodiky „najlepší z najlepších“.
- 5 Za pracovný týždeň (5 dní, 2 zmeny) boli zistené nasledovné údaje:  
Celkový pracovný čas 80 hodín, plánované prerušenia výroby 11 hodín, počet porúch 8, celkové trvanie odstávok v dôsledku porúch 9 hod, takt výrobnéj linky 2 minúty, počet dobrých výrobkov 1745, počet nepodarkov 31.  
Vypočítajte CEZ linky, jednotlivé miery a výsledky zhodnoťte.
- 6 Vypočítajte, aký prínos budú mať zmeny v organizácii práce, ktorými sa plánované prerušenia skrátia na 8 hodín a predpokladaná dĺžka poruchových prestojov bude maximálne 6 hodín. (Ostatné potrebné údaje použite z príkladu 5).

## 5 Ukazovatele pre hodnotenie efektívnosti údržby

Na posudzovanie efektívnosti fungovania výroby i celého podniku sa využívajú rôzne ukazovatele založené na kvantifikácii nákladov a príjmov. Hoci sa údržba strojov bezprostredne týka výrobného procesu, podobný prístup pri hodnotení jej efektívnosti nie je možné uplatniť. Norma STN EN 13 306 síce definuje *efektívnosť údržby* ako pomer medzi plánovanými cieľmi údržby a skutočným výsledkom, avšak vzhľadom na to, že údržba predstavuje komplexnú činnosť, číselné vyjadrenie vstupov i výstupov je problematické. V praxi sa preto hodnotenie údržby realizuje pomocou ukazovateľov výkonnosti, ktoré súčasne predstavujú aj nástroje riadenia údržby. Ich úplný zoznam je uvedený v norme STN EN 15 341 Údržba – Kľúčové ukazovatele výkonnosti údržby, stručný prehľad obsahuje tabuľka 3.

<b>Produktivita</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Percento výkonu zamestnancov údržby</li> <li>• Podiel porúch na celkovom počte hodín čistého pracovného času</li> <li>• Podiel zmeny objemu vyrobenej produkcie ku zmene nákladov na údržbu</li> </ul>
<b>Plánovanie</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Plnenie termínov plánovaných (normovaných) opráv</li> <li>• Podiel plánovaných prác na celkovom počte hodín údržby (vrátane hodín externých dodávateľov)</li> <li>• Podiel nadčasov na celkovom počte hodín údržby (bez hodín externých dodávateľov)</li> <li>• Podiel korektívnej údržby (údržba po poruche) na celkovom počte hodín údržby (vrátane hodín externých dodávateľov)</li> </ul>
<b>Využitie</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Podiel plánovaných prác údržby na celkovom počte hodín údržby (vrátane hodín externých dodávateľov)</li> <li>• Podiel bežnej údržby na celkovom počte hodín údržby (vrátane hodín externých dodávateľov)</li> </ul>
<b>Náklady</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Podiel nákladov na obstarávacej hodnote HIM</li> <li>• Podiel nákladov na údržbu na celkových nákladoch prevádzky</li> <li>• Podiel nákladov na preventívnu (plánovanú) údržbu na celkových nákladoch na údržbu</li> <li>• Podiel nákladov na korektívnu (neplánovanú) údržbu na celkových nákladoch na údržbu</li> </ul>

Tabuľka 3 Štruktúra kľúčových ukazovateľov hodnotenia efektívnosti údržby

Spôľahlivosť stroja predstavuje dôležitú charakteristiku využívanú pri hodnotení jeho celkového stavu. Nízka spoľahlivosť je dôsledkom vysokej poruchovosti, ktorá môže byť spôsobená nedostatočnou údržbou, zlými prevádzkovými podmienkami alebo vekom stroja. Hodnotenie spoľahlivosti vychádza z nasledovných dát, ktoré sú sledované útvarom údržby:

- počet porúch za určité časové obdobie (pričom z hľadiska ďalšej analýzy je dôležitá ich presná evidencia (príčina, podmienky, ...),
- trvanie odstávky (odstávok) stroja v dôsledku poruchy,
- čistý čas opravy,
- čas do prvej poruchy,
- čas medzi dvoma poruchami,
- životnosť súčiastky/uzla (výrobcom stanovenú a garantovanú hodnotu, kedy je súčiastka bez poškodenia schopná vykonávať činnosť, na ktorú je určená pri dodržaní výrobcom stanovených podmienok Skutočná životnosť súčiastky je vyššia ako výrobcom udávaná a výrazne sa dá ovplyvniť dobrou údržbou.),
- trvanie činností (odstávok) preventívnej údržby,
- intervaly preventívnej údržby.

*Stredný čas prevádzky medzi poruchami* MTBF (Mean Time Between Failure) je ukazovateľom spoľahlivosti zariadenia, ktorý vyjadruje ako dlho priemerne pracuje zariadenie medzi dvoma neplánovanými prestojmi (poruchami). Sledujú sa všetky neplánované zásahy za určité obdobie (mesiac, rok).

$$MTBF = \frac{\text{Čistá doba prevádzky}}{\text{Počet porúch}}$$

Čistá doba prevádzky vyjadruje využiteľný prevádzkový čas stroja (pozri kap. 4.2), kedy je stroj v prevádzky schopnom stave. Cieľom je dosahovať čo najdlhšie trvanie MTBF, najmä prostredníctvom znižovania poruchovosti.

*Stredný čas medzi plánovanými opravami* MTBR (Mean Time Between Repair) udáva, ako dlho priemerne pracuje zariadenie medzi dvoma plánovanými opravami

$$MTBR = \frac{\text{Čistá doba prevádzky}}{\text{Počet plánovaných opráv}}$$

Minimalizáciou počtu plánovaných opráv sa predlžuje trvanie MTBR.

*Stredný čas do obnovy* MTTR (Mean Time To Restoration) je ukazovateľ vyjadrujúci priemernú dobu odstraňovania poruchy, pričom sa sledujú všetky neplánované zásahy za určité obdobie (mesiac, rok).

$$MTTR = \frac{\text{Celková doba údržbárskych zásahov}}{\text{Počet porúch}}$$

MTTR možno použiť ako kritérium hodnotenia závažnosti porúch.



## Použitá literatúra

- [1] Bátora, J., Trnka, T.: Prínosy a skúsenosti so systémom TPM v závode Hella Slovakia Signal-Lighting s.r.o., In: zborník Stredoeurópske fórum údržby 2011, Vysoké Tatry, Štrbské Pleso, Slovensko, máj 2011, ISBN 978-80-554-0363-2
- [2] Bátora, J.: TPM – implementácia v závode Hella Slovakia Signal-Lighting s.r.o., In: zborník Národné fórum údržby 2010, Vysoké Tatry, Štrbské Pleso, Slovensko, máj 2010
- [3] Biňasová, V., Rakyta, M.: Totálne produktívna údržba v procesoch montáže, In: zborník Národné fórum údržby 2012, Vysoké Tatry, Štrbské Pleso, Slovensko, máj 2012, ISBN 978-80-554-0531-5
- [4] Boledovič, Ľ., Kormanec, P.: Analýza technických problémov v údržbe, IPA Slovakia, [citované 6. 2. 2014], dostupné na: <http://www.ipaslovakia.sk/sk/referencie/analiza-technicky-ch-problemov-v-udrzbe-atp>
- [5] Borris, S.: Total Productive Maintenance, McGraw-Hill Corp. USA, 2006, ISBN 0-007-146733-5
- [6] Červeňan, A., Antala, J.: Možnosti uplatnenia informačných systémov pri diagnostike porúch strojov, In: zborník Národné fórum údržby 2014, Vysoké Tatry, Štrbské Pleso, Slovensko, jún 2014, ISBN 978-80-554-0880-4
- [7] Červeňan, A.: Optimalizácia konštrukcie výrobných strojov z hľadiska údržby, In: zborník Stredoeurópske fórum údržby 2011, Vysoké Tatry, Štrbské Pleso, Slovensko, máj 2011, ISBN 978-80-554-0363-2
- [8] Červeňan, A.: Štandardizácia – kľúčový prostriedok pri zvyšovaní efektivity údržby, In: zborník Národné fórum údržby 2013, Vysoké Tatry, Štrbské Pleso, Slovensko, máj 2013, ISBN 978-80-554-0685-5
- [9] Dávidek, O.: Optimalizácia systému údržby v spoločnosti BOST SK, a. s., diplomová práca, Sjf STU v Bratislave 2012
- [10] Flanderová, L., Rakyta, M.: Údržba ako dôležitá súčasť spoľahlivého výrobného systému, In: zborník Stredoeurópske fórum údržby 2011, Vysoké Tatry, Štrbské Pleso, Slovensko, máj 2011, ISBN 978-80-554-0363-2
- [11] Grenčík, J. a kol: Manažérstvo údržby, Slov. spoločnosť údržby vo vydavateľstve BEKI design, s.r.o. Košice, 2013, ISBN 978-80-89522-03-3
- [12] Grenčík, J.: Údržba - prostriedok zmiernenia dopadov krízy, In: zborník Národné fórum údržby 2009, Vysoké Tatry, Štrbské Pleso, Slovensko, máj 2009, ISBN 978-80-554-0018-1
- [13] Hladík, T., Tulach, P., Šucha, M.: Efektívni řízení náhradních dílů, In: zborník Národné fórum údržby 2012, Vysoké Tatry, Štrbské Pleso, Slovensko, máj 2012, ISBN 978-80-554-0531-5
- [14] Chovanec, A., Eliáš, J., Furch, J., Hejmal, Z.: Komplexná starostlivosť o stroje a zariadenia, Trenčianska univerzita A. Dubčeka v Trenčíne, Trenčín 2008, ISBN 978-80-8075-351-1
- [15] Jasovský, Ľ., Zamponi, E.: Spätná väzba z vykonanej údržby, efektívny nástroj zvyšovania spoľahlivosti zariadenia, In: zborník Národné fórum údržby 2013, Vysoké Tatry, Štrbské Pleso, Slovensko, máj 2013, ISBN 978-80-554-0685-5
- [16] Kleštinec, A.: Modifikácia stratégie udržiavania systémov na základe analýzy histórie korektívnej údržby, diplomová práca, Sjf STU v Bratislave 2014
- [17] Kolektív autorov: Stratégia, organizácia a riadenie priemyselnej údržby, špecifický modul I, TU Košice, Košice 2002
- [18] Monchy, F.: Maintenance, Dunod, Paris, France, 2004, ISBN 2 10 007816 X

- [19] Petko, J., Kyseľ, B., Rentka, M.: Desať druhov energetických strát, In: zborník Národné fórum údržby 2009, Vysoké Tatry, Štrbské Pleso, Slovensko, máj 2009, ISBN 978-80-554-0018-1
- [20] Peťková, V.: Teória a aplikácia vybraných metód technickej diagnostiky, TU Košice, Košice 2010, ISBN 978-80-553-0483-0
- [21] Petřík, F.: Zlepšenie systému údržby vo výrobnom podniku, diplomová práca, SJF STU v Bratislave 2013
- [22] Rakyta, M., Slaninka, T.: TPM - koncept pre redukciu strát a nákladov procesov údržby, In: zborník Národné fórum údržby 2009, Vysoké Tatry, Štrbské Pleso, Slovensko, máj 2009, ISBN 978-80-554-0018-1
- [23] Rakyta, M.: Implementácia pilierov TPM, In: zborník Národné fórum údržby 2013, Vysoké Tatry, Štrbské Pleso, Slovensko, máj 2013, ISBN 978-80-554-0685-5
- [24] Rakyta, M.: Projektovanie proaktívnych údržbových systémov v kontexte TPM, In: zborník Stredoeurópske fórum údržby 2011, Vysoké Tatry, Štrbské Pleso, Slovensko, máj 2011, ISBN 978-80-554-0363-2
- [25] Rakyta, M.: TPM - program tvorby excelentnosti údržby, In: zborník Národné fórum údržby 2010, Vysoké Tatry, Štrbské Pleso, Slovensko, máj 2010
- [26] Rakyta, M.: Údržba ako zdroj produktivity, Slovenské centrum produktivity, Žilina 2002, ISBN 80-968324-3-3
- [27] Raschman, P., Pačaiová, H.: Stratégia, organizácia a riadenie priemyselnej údržby, špecifický modul II, TU Košice, Košice 2002
- [28] Součková, I.: Metóda 5S v údržbe, In: zborník Národné fórum údržby 2013, Vysoké Tatry, Štrbské Pleso, Slovensko, máj 2013, ISBN 978-80-554-0685-5
- [29] STN EN 13 269: Údržba. Návod na prípravu zmlúv o údržbe
- [30] STN EN 13 306: Terminológia údržby, SÚTN 2011
- [31] STN EN 13 460: Dokumentácia údržby
- [32] STN EN 15 341 Údržba – Kľúčové ukazovatele výkonnosti údržby
- [33] Tekulová, Z., Králik, M.: Využitie metódy ABC pri riadení zásob náhradných dielov, In: zborník Národné fórum údržby 2014, Vysoké Tatry, Štrbské Pleso, Slovensko, jún 2014, ISBN 978-80-554-0880-4
- [34] Valent, J.: Znižovanie potreby údržby cez zavedenie pozície OTH (optech hybrid - údržbár operátorom), In: zborník Národné fórum údržby 2010, Vysoké Tatry, Štrbské Pleso, Slovensko, máj 2010
- [35] Valent, O. : Úspory v podniku zavedením prediktívnej proaktívnej údržby. Prečo u Vás to nejde, In: zborník Národné fórum údržby 2009, Vysoké Tatry, Štrbské Pleso, Slovensko, máj 2009, ISBN 978-80-554-0018-1
- [36] Valent, O.: Požiadavky na modernú údržbu, In: zborník Stredoeurópske fórum údržby 2011, Vysoké Tatry, Štrbské Pleso, Slovensko, máj 2011, ISBN 978-80-554-0363-2
- [37] Vráb, F. - Trnovec, M. 2005. Sledovanie a zlepšovanie efektívnosti výrobných zariadení. In Produktivita a Inovácie 5/2005. ISSN 1335-5961

# Register

<b>A</b>	
asset management.....	8
autonómna kontrola.....	35
<b>C</b>	
ciele údržby	
hospodárske ciele.....	8
humanitbé ciele.....	8
<b>D</b>	
diagnostika.....	15
diagnostika pomocou zmyslov.....	32
infračervená termografia.....	15
tribodiagnostika.....	15
vibrodiagnostika.....	15
<b>E</b>	
efektívnosť údržby.....	63
<b>I</b>	
infraštruktúra údržby.....	19
inšpekcia stroja.....	11
<b>K</b>	
kapacita útvaru údržby.....	17
kategorizácia strojov.....	28
komunikácia medzi obsluhou strojov a pracovníkmi údržby.....	33
<b>L</b>	
LOTO procedúra Lockout (uzamknúť).....	30
LOTO procedúra Tagout (označiť).....	30
<b>M</b>	
manažérstvo majetku.....	8
matica kritickosti.....	11
matica kvality údržby.....	29
modernizácia stroja.....	11
<b>O</b>	
odstránenie zdrojov znečistenia.....	34
ohrozenie	
elektrické ohrozenie.....	29
mechanické ohrozenie.....	29
ohrozenie látkami a materiálmi.....	29
tepelné ohrozenie.....	29
oprava.....	12
čiastočná (provizórna) oprava.....	12
generálna oprava.....	11
malá oprava.....	11
stredná oprava.....	11
úplná oprava.....	12
organizačná štruktúra.....	16
centralizovaná.....	17
centralizovaná údržba.....	17
decentralizovaná.....	17
decentralizovaná údržba.....	18
externá údržba.....	19
integrovaná údržba.....	19
kombinovaná údržba.....	18
outsourcing údržby.....	19
<b>P</b>	
pracovný postup pri údržbe.....	22
pracovný príkaz.....	22
predchádzanie poruchám.....	9
predchádzanie recidíve porúch.....	9
prestoje	
plánovaný prestoj.....	47
poruchový prestoj.....	47
protokol o vykonaní prác.....	13
<b>R</b>	
rekonštrukcia stroja.....	11
riadenie zásob náhradných dielov.....	24
<b>S</b>	
segmentácia sortimentu náhradných dielov .....	24
straty.....	45
operačné straty.....	47
plánované straty.....	47
straty neautomatizáciou.....	46
straty nečinnosťou.....	46
straty nekvalitou a opravou.....	48
straty organizáciou práce.....	46
straty rozbehom.....	48
straty rýchlosťou.....	48
straty tvarom a nástrojom.....	48
straty v dôsledku nedostatočného riadenia výroby.....	46
straty z neupotrebitelného materiálu.....	48

straty z opatrení a nastavení .....	47
straty z výroby nekvality .....	47
straty zoradenia a nastavenia .....	47
výkonové straty .....	47
stredná doba do obnovy MTTR .....	64
stredná doba medzi plánovanými opravami MTBR .....	64
stredná doba medzi poruchami MTBF .....	64
systém 5S .....	35

## Š

štandard .....	36
formálne riešenie štandardu .....	36
prvotné štandardy čistenia a mazania ..	34
šablóna údržby .....	41
štruktúra štandardov .....	36
štandardizácia .....	36

## U

údržba	
bežná údržba .....	11

prediktívna údržba .....	16
preventívna plánovaná údržba .....	14
preventívna podmienená údržba .....	14
proaktívna údržba .....	16
systematická údržba .....	14
údržba podľa stavu .....	14
údržba s vopred stanovenými intervalmi .....	14
údržba v pevnom cykle .....	14

## V

veľkosť podniku .....	17
výrobný systém .....	7

## Z

začiatkové čistenie .....	33
základné schopnosti operátorov .....	33

## Ž

žiadanka na vykonanie opravy .....	13
------------------------------------	----

Ing. Andrej Červeňan, PhD.

System údržby

Vydal: CKV Consult, s r.o., Ružinovská 5, 82101 Bratislava

Rozsah: 68 strán, 17 obrázkov, 3 tabuľky, 5,4 AH

1. vydanie, Bratislava 2015

ISBN 978-80-971986-0-2



## **Ing. Andrej Červeňan, PhD.**

(\*1971) Vyštudoval Strojnícku fakultu Slovenskej technickej univerzity v Bratislave v študijnom odbore Výrobné systémy s priemyselnými robotmi a manipulátormi. V roku 2000 obhájil dizertačnú prácu v študijnom odbore Strojárske technológie a materiály. V súčasnosti pôsobí na Ústave výrobných systémov, environmentálnej techniky a manažmentu kvality na Strojníckej fakulte STU. Od roku 2004 sa venuje problematike priemyselnej údržby nielen v rámci pedagogicko-výskumných aktivít na fakulte, ale aj ako akreditovaný školiteľ pre skupinu PSA Peugeot Citroën formou rôznych školení a seminárov určených pre pracovníkov priemyselných podnikov realizovaných v Koordinačnom centre odborného vzdelávania na Strojníckej fakulte STU v Bratislave.

