

9 NÁVRH MTM OPTIMALIZÁCIE MONTÁŽNEJ LINKY

Úvod

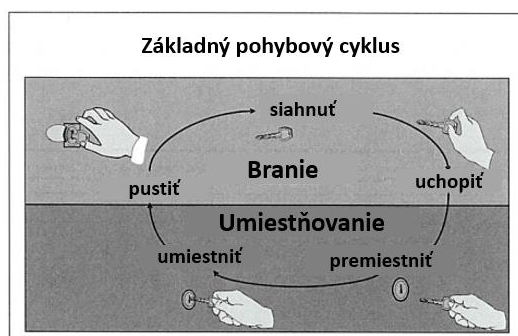
Podnik Schaeffler Skalica ako súčasť celosvetového koncernu Schäffler dodávajúci produkty v oblasti Automotiv Industry pociťuje každodenný tlak na potrebu zvyšovania produkcie, znižovania cien produktov pri zvyšovaní kvality produktov. Preto pri rastúcich cenách surovín a energií je potrebné udržať si konkurencieschopnosť a jednou z ciest ako to dosiahnuť je napríklad neustále zlepšovanie v oblastiach odstraňovanie plytvania a zvyšovania produktivity. Aby si podnik udržal tento rastúci trend, siahol po nástrojoch a metódach, pomocou ktorých dokáže výrobu optimalizovať a tzv. „zoštíhľovať“ – odstraňovať plytvania.

Jednou z niekoľkých metód optimalizácie produktivity a pracovných podmienok je aj metóda MTM, ktorá je v úzkej spolupráci s ergonómiou v Schaeffler Skalica úspešne implementovaná už 7 rokov.

9.1 Základy metodiky MTM

MTM je metóda merania a analýzy práce, ktorej základné procesy boli vyvinuté v 40. rokoch 20. storočia v USA ako systém vopred stanovených časov. V roku 1948 boli zverejnené v knihe „Methods-Time Measurement“ (MTM). MTM je postup, ktorý analyzuje manuálne činnosti alebo metódy na základné pohyby a priraduje každému pohybu preddefinovanú časovú normu (hodnotu), ktorá je závislá od druhu pohybu a podmienok, v ktorých je pohyb vykonávaný. Patrí medzi metódy merania práce prostredníctvom vopred určených časov. (Maynard a kol., 1948)

Pri podrobnej analýze ľudskej práce sa ukázalo, že sa skladá zo súboru úkonov a pohybov, ktoré sa pravidelne opakujú (Obr. 9.1). Takéto základné prvky práce sú nazývané základné pohyby (napr. siahnuť, uchopiť, premiestniť, umiestniť a pustiť).



Obr. 9.1. Schéma základného pohybového cyklu

Metóda je založená na princípe, že každú manuálnu prácu možno rozdeliť na základné pohyby, z ktorých možno spätne vytvoriť akýkoľvek pracovný postup. Pre tieto základné pohyby sú určené časové hodnoty pre ich dĺžku trvania. Týmto spôsobom metóda MTM v sebe spája faktory pohybu i času vo vzájomnej väzbe. To umožňuje pomocou tejto metódy nielen presne opísať vymedzený pracovný postup a jeho podmienky, ale zároveň určiť i jeho časové trvanie. Pri tomto postupe možno takmer vylúčiť používanie stopiek na normovanie práce.

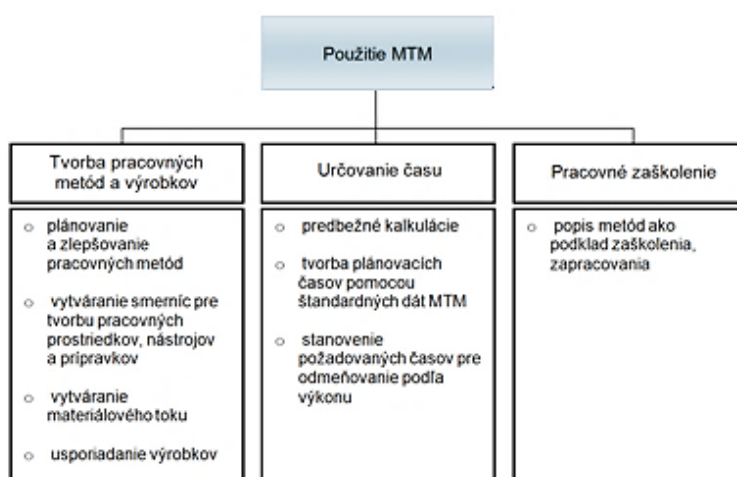
Vo svete sú používané rôzne nástroje a metódy na princípe vopred určených časov. Základný princíp MTM bol stanovený na základe obsiahleho snímania ľudského pohybu a to z viacerých priemyselných odvetví. Vopred stanovené časy definované v MTM metodike boli nasnímané kamerou, upravené pomocou štatistických metód a zhrnuté do *MTM karty normovaných časov*. Preto je MTM jednou z najprepracovanejších a medzinárodne platných metód na analýzu práce. Základom použitia MTM v súlade s ergonomickými zásadami je tzv. „Normovaný výkon“ opísaný ako výkon stredne zručného, zaučeného pracovníka, ktorý môže tento výkon vykonávať dlhodobo bez nadmernej únavy.

V súčasnosti existuje niekoľko metód MTM vyvinutých z pôvodnej metodiky, ktorých použitie je závislé od typu procesu, opakovateľnosti a jeho zložitosti. V princípe, čím je výrobný cyklový čas kratší, tým podrobnejšia a aj prácnejšia MTM metóda musí byť použitá. Najpoužívanějšíe metódy aplikované v podnikoch sú (Sdružení MTM pro Českou republiku a Slovenskou republiku, 2009):

- MTM-1 veľkosériová výroba, cyklový čas do 1 minúty.
- MTM-UAS sériová výroba, cyklový čas 1 až 5 minút.
- MTM-MEK kusová výroba, cyklový čas 5 až 30 minút.
- MTM-Logistic pre logistické činnosti.

„Od začiatku správne!“ zdôrazňuje nutnosť minimalizovať náklady a dosiahnuť čo najlepšiu produktivitu už pri vzniku výrobku. MTM možno použiť v celom toku tvorby hodnôt v podniku (Obr. 9.2). V rámci riadenia pracovného systému sa používa v dvoch fázach, a to:

- **v prvej fáze (koncept plánovania MTM)** – najvyššou prioritou je plánovanie systému práce a pracovného prostredia s ohľadom na hospodárnosť a človeka (ergonómia),
- **v druhej fáze (koncept optimalizácie MTM)** – zastupuje prevádzkovú fázu optimalizácie pracovného procesu, nasledujúcom po zahájení výroby. Pozornosť je sústredená na neustále zlepšovanie vzhľadom na meniace sa potreby výroby.



Obr. 9.2. Použitie metódy MTM

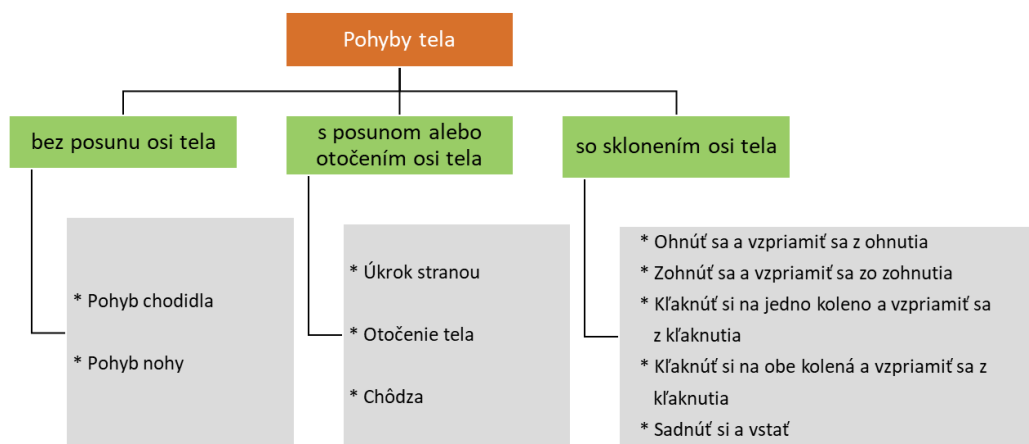
9.1.1 Základný pohybový cyklus

Pri analýzach bolo zistené, že ovplyvniteľné postupy sa skladajú z 80 až 85 % z piatich základných pohybov rúk, uvedených v Tab. 9.1.

Tabuľka 9.1. Základné pohyby rúk

<i>Stiahnuť</i>	<i>Uchopiť</i>	<i>Premiestniť</i>	<i>Umiestniť</i>	<i>Pustiť</i>
pohyb ruky k predmetu	získanie kontroly nad predmetom	pohyb ruky s predmetom	zloženie alebo priloženie predmetu	zrušenie kontroly nad predmetom

Pre súhrnnú pohybovú štúdiu je však potrebné uvažovať aj so základnými pohybmi tela (Obr. 9.3) a pohybmi očí (zrakové funkcie).



Obr. 9.3. Základné pohyby tela

Pri pohybových cykloch v rámci MTM metodiky je uvažované s **ovplyvňujúcimi veličinami**, ktoré presnejšie špecifikujú podmienky za akých sú pohyby vykonávané, sú to:

- potreba kontroly – *nízka, stredná, vysoká* (svalová, zraková, myšlienková),
- dĺžka pohybu,
- typ priebehu pohybu,
- vynaloženie sily / hmotnosť predmetu.

9.1.2 Dátová karta

Časové hodnoty pri podrobných analýzach MTM-1 sú malé, preto je zavedená kratšia časová jednotka (TMU – Time Measurement Unit) čo je definované ako 1/100 000 hodiny. Prepočet vzhľadom na sekundy, minúty a hodiny je uvedený v Tab. 9.2

Tabuľka 9.2. Prepočet časových jednotiek (TMU)

Časové jednotky			
TMU	sekundy	minúty	hodiny
1	0,036	0,0006	0,00001
27,8	1	-	-
1 666,7	-	1	-
100 000	-	-	1

Vnímanie a senzomotorika ľudského organizmu ako aj ergonómia je definovaná v Tab. 9.3. Farebne je tu znázornené, ktoré pohyby, analyzované v MTM, je možné vykonávať ľavou a pravou rukou súčasne, a ktoré nie je možné vykonávať ani po zaučení.

Tabuľka 9.3. Tabuľka súčasných pohybov

		Oddélit D		Umístit P			Uchopit G			Přemístit M			Sáhnout R		
		2	1E	1NS	1SS	1S	4	1B	1A	2	C	B	A	C	B
		1D	2NS	2SS	2S			1C	5				Bm	D	E
		D	E	D	E	D	E	O	W	O	W	O	W	O	W
Sáhnout R	A, E														
	B														
	C, D														
Přemístit M	A, Bm														
	B														
	C														
Uchopit G	1A, 2, 5														
	1B, 1C														
	4														
Umístit P	1S														
	1SS, 2S														
	1 NS, 2SS, 2 NS														
Oddélit D	1E, 1D														
	2														

Možnost vykonávání současných pohybů :

- = snadno
- = po zacvičení
- = těžko i po zacvičení, analyzovat jako pohyby jdoucí za sebou
- W: uvnitř normálního zorného pole
- O: mimo normální zorné pole
- E: snadná manipulace
- D: obtížná manipulace

Pohyby neuvedené v tabulce:

- T Otočit - snadno se všemi základ. pohyby, výjma D a takového případu T, který vyžaduje kontrolu
- AP Tlačit - každý případ prozkoumat
- P3 Umístit - vždy obtížně
- D3 Oddélit - za normálních okolností těžko
- RL Pustit - vždy snadno
- D Oddélit - každá třída soudržnosti obtížně, pokud je nutné zaučení a pokud je třeba brát ohled na možnost poranění ruky či poškození předmětu

Příklad datových kariet s uvedenými pohyby pracovníka a ich časová kapacita sú uvedené na Obr. 9.4 a Obr. 9.5.

9.1.3 MTM analýza, workbook

Na tvorbu MTM-1 analýz je vytvorený list analýzy (Obr. 9.6) s klasifikáciou činností pre ľavú a pravú ruku (možnosti vykonávania súčasných pohybov podľa Tab. 9.3). Na presné určenie činností je nutné mať určený aj „počet“ – koľkokrát sa daná operácia opakuje v rámci jedného cyklu a „frekvenciu“ alebo „početnosť“ – na koľko vyrobených kusov sa daná operácia rozdelí (napr. výmena debničky raz za 100 ks).

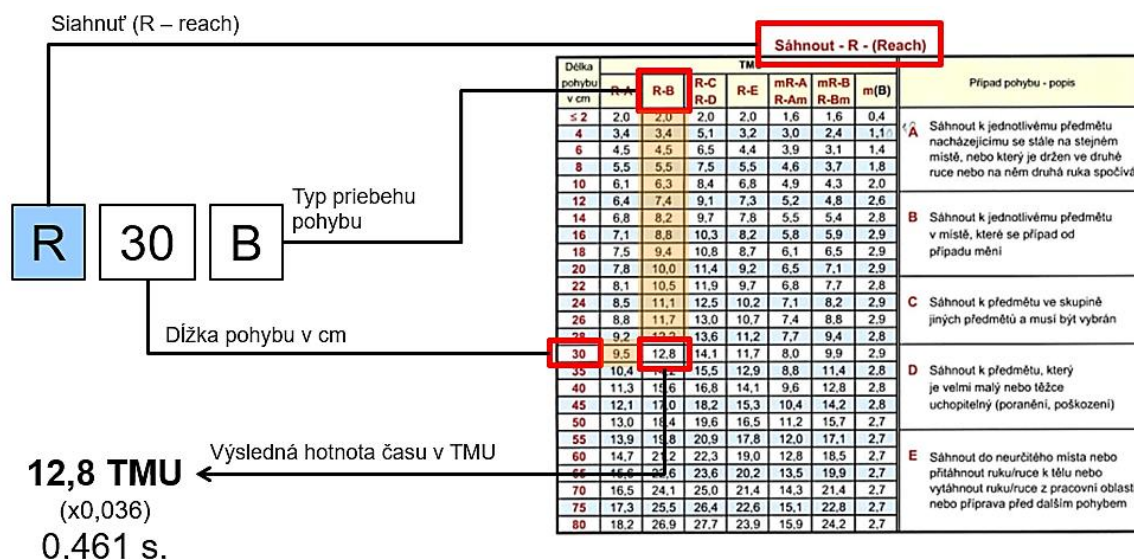
Jednotlivé listy analýz pracovísk sú ako súčasť “Workbooku”, v ktorom sú sumarizované všetky dáta na realizáciu MTM workshopu.

MTM - ANALÝZA										SCHAEFFLER GRUPE
Analyse Status:		Súčasný stav								
Názov operácie:		Montáž ARRE na lise GECHTER. Diely : Púzdro + ARRE + Pružina + Matica								
Číslo stanice:		1,0								
Číslo pracovníka:		1,0								
		Sume: 138,75 TMU / 4,995 s / 0,08325 min								
Začiatok:		siahnutie k púzdru								
Koniec:		pustenie spímačov na lise								
St Nr	Ľavá ruka	Frekvencia	Počet	Symbol	TMU	Symbol	Počet	Frekvencia	Pravá ruka	
01	k púzdru do zasobníku	1,0	1,0	R50C	19,60	[R-C			k púzdru do zasobníku	
		1,0	1,0	G4B	9,10		1,0	1,00		
					9,10	G4B	1,0	1,00		
	púzdro do zorného pola			M-B]	11,80	M24B	1,0	1,00	púzdro do zorného pola	
	zrakova kontrola				7,30	EF	1,0	1,00	zrakova kontrola	
				M-C]	7,90	M10C	1,0	1,00	do naradia	
				G2]		[G2				
	umiestniť do naradia			P1SE	5,60	P1SE	1,0	1,00	umiestniť do naradia	
				RL1	2,00	RL1	1,0	1,00		
	pre ARRE do zasobníku	1,0	1,0	R26C	13,00	R-C			pre ARRE do zasobníku	
		1,0	1,0	G4B	9,10					
					9,10	G4B	1,0	1,00		
	do naradia			M30C	14,10	M-C	1,0	1,00	do naradia	
				G2]		[G2	1,0	1,00		
	umiestniť do naradia			P1SE	5,60	P1SE	1,0	1,00	umiestniť do naradia	
				RL1	2,00	RL1	1,0	1,00		
	pre pružinku do zasob.			R-C	13,00	R26C	1,0	1,00	pre pružinku do zasobníku	
		1,0	1,0	G4B	9,10					
					9,10	G4B	1,0	1,00		
	do naradia			M-C]	13,70	M26C	1,0	1,00	do naradia	
				G2]		[G2	1,0	1,00		
				RL1	2,00	RL1	1,0	1,00		
	pre maticu do zasobníku	1,0	1,0	R35C	15,50	[R-C	1,0	1,00	pre maticu do zasobníku	
	na spinac			R30A	9,50	R30A	1,0	1,00	na spinac	
				G5	0,00	G5	1,0	1,00		
	stlačiť snimac			M2A	2,00	M2A	1,0	1,00	stlačiť snimac	
				-	55,60	PT			PT otočného stola = 2s = 55,6TMU	
				RL2	0,00	RL2	1,0	1,00		
Summe:					138,8	TMU				
					4,995	s				
					0,0833	min				

Obr. 9.6. MTM analýza (Schaeffler Skalica)

9.1.4 Princíp MTM kódovania

Na to, aby bolo možné pochopiť prácu s dátovou kartou a potom s MTM analýzami, v nasledujúcej časti štúdie bude uvedený príklad ako vplyvajú jednotlivé ovplyvňujúce veličiny pohybov na tvorbu skladby kódu. Výstupom kódu (Obr. 9.7) bude časová hodnota pohybu v TMU jednotkách s prepočtom na sekundy podľa Tab. 9.2.



Obr. 9.7. Kódovanie MTM

9.1.5 Princípy optimalizácie

Základom samotnej MTM optimalizácie sú napr.:

1. Zníženie „potreby kontroly“ jednotlivých pohybov:

- Siahnuť na stále miesto – zmena z R-B na R-A (predmetom určiť presné miesto).
- Brať komponenty nie zo zamiešaných, ale z jednotlivých (triedených) – zmena z R-C na R-A (namiesto z násypníkov privádzať diely z vibračných zásobníkov polohované a na presné miesto).
- Premiestňovať na dorazy namiesto na približné miesto – zmena z M-B na M-A, z M-C + P1SE na M-A.
- Umiestňovať diely do náradia s väčšou vôľou – zmena z M-C + P1SE na M-C (doplniť prípadne zväčšiť nábehové hrany a zrazenia).

2. Skrátenie pohybov:

- Priblížiť privod komponentov čo najbližšie k procesu – princíp „Proces + 100“.
- Zmeniť náradie na skrátenie pohybov.
- Zúžiť zorné pole – zníženie ET.
- Priblížiť obsluhované stroje (layout) – skrátenie chôdze W-P, úkrokov SS-C.

3. Ergonomická úprava pracoviska:

- Eliminovať zbytočné zmeny polohy tela – sadanie si SIT a STD, zohýbanie sa B a S, kľakanie si KOK a KBK, ...
- Znížiť počet zbytočných pohybov – napr. prehmaty do pracovnej pozície G2, prehmaty medzi rukami G3 a pod. na elimináciu možnosti vzniku karpálnych tunelov.

4. Zmena procesu výroby:

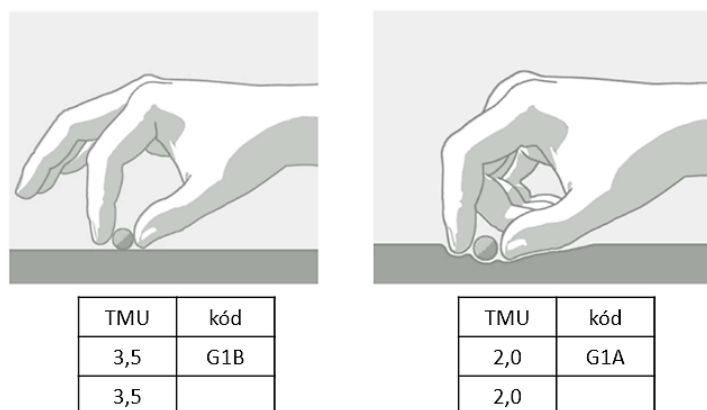
- Eliminovať neproduktívne vzhľadové kontroly pri zachovaní kvality – ET, EF.
- Zmeniť typ balenia produkcie.

5. Prerozdelenie prac. činností (vyváženie zaťaženia) medzi pracovníkmi:

- Zmeniť rozhranie v linke s viacerými strojmi, pracoviskami.

Príklady optimalizácie sú uvedené na Obr. 9.8 až Obr. 9.13 a príklady optimalizácie z praxe sú uvedené na Obr. 9.14 až Obr. 9.16.

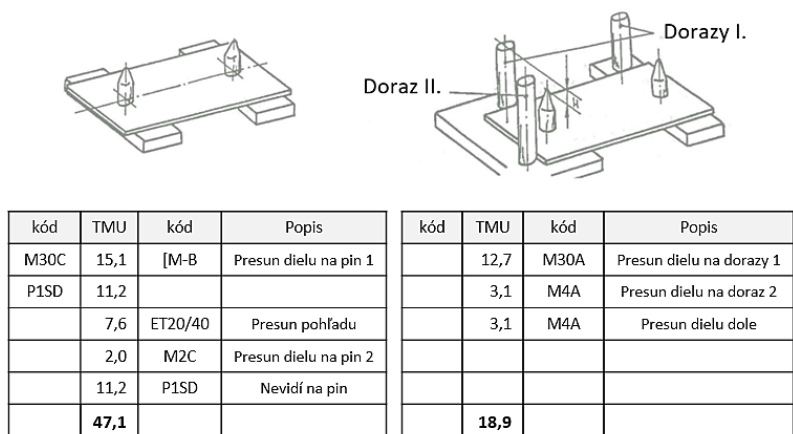
Uchopenie malých dielov (Obr. 9.8) (penová podložka).



Úspora času: 1,5 TMU = 43%

Obr. 9.8. Optimalizácia – uchopovanie

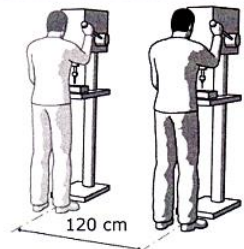
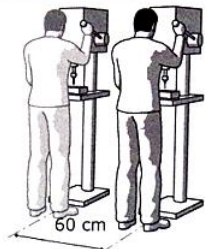
Umiestnenie dielu na presné kolíky (Obr. 9.9) (použitie dorazov).



Úspora času: 28,2 TMU = 60%

Obr. 9.9. Optimalizácia – umiestňovanie

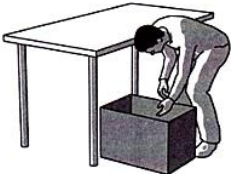
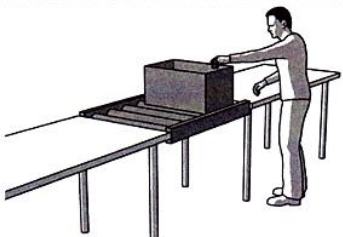
Optimalizácia vzdialenosti medzi pracoviskami (Obr. 9.10).

Pre úkrok stranou platia rovnaké pokyny ako pri chôdzi a otočení tela. Vzdialenosť medzi strojmi je väčšia.				Vzdialenosť medzi strojmi je redukovaná.			
							
TMU	Kód	PxČ	Popis	TMU	Kód	PxČ	Popis
136,4	SS 30 C2	4	k inému stroju	68,2	SS 30 C2	2	k inému stroju
136,4				68,2			

Úspora času: 68,2 TMU = 50%

Obr. 9.10. Optimalizácia – vzdialenosť medzi pracoviskami

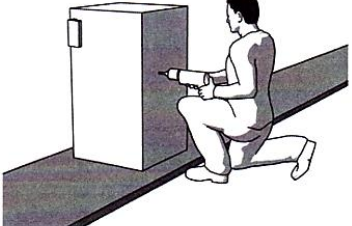
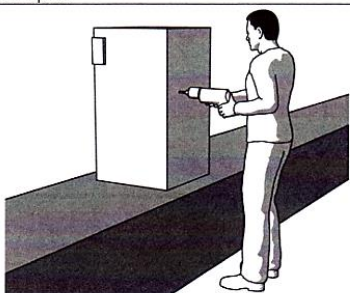
Optimalizácia pozície dielov aplikáciou ergonómie (Obr. 9.11).

Pre zabránenie zohnutia sa používa valčekový dopravník (výška 80cm) pre dopravenie dielov na ďalšie pracovisko.					
					
TMU	Kód	Popis	TMU	Kód	Popis
29,0	S	zvyšná dráha	12,8	R 30 B	posunúť nádobu na dopravník
4,3	mR 10 B		0,0	G 5	
2,0	G 1 A		13,3	M 30 B	
4,3	M 10 Bm		0,0	RL 2	
31,9	AS	odložiť			
75,0	W 5 P				
29,0	S				
4,3	mM 10 B				
2,0	RL 1				
31,9	AS				
231,7			26,1		

Úspora času: 205,6 TMU = 89%

Obr. 9.11. Optimalizácia – pozícia dielov (ergonómia)

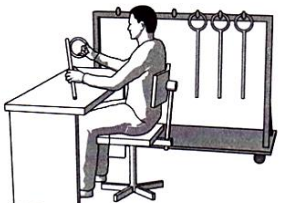
Optimalizácia pozície pracovného miesta aplikáciou ergonómie (Obr. 9.12).

Pri montáži domáceho spotrebiča sa dosiahne pracovná pozícia tela vo vzpriamenom postoji zvýšením dopravného pásu					
					
TMU	Kód	Popis	TMU	Kód	Popis
29,0	KOK	nasadiť skrutkovač	15,1	M 30 C	nasadiť skrutkovač
5,4	mM 10 C		.	.	
.	.		.	.	
4,3	M 10 Bm		.	.	
31,9	AKOK	vytiahnuť skrutkovač	13,3	M 30 B	vytiahnuť skrutkovač
4,3	mM 10 B				
74,9			28,4		

Úspora času: 46,5 TMU = 62%

Obr. 9.12. Optimalizácia – pozícia pracovného miesta (ergonómia)

Optimalizácia pozície dielov aplikáciou ergonómie (Obr. 9.13).

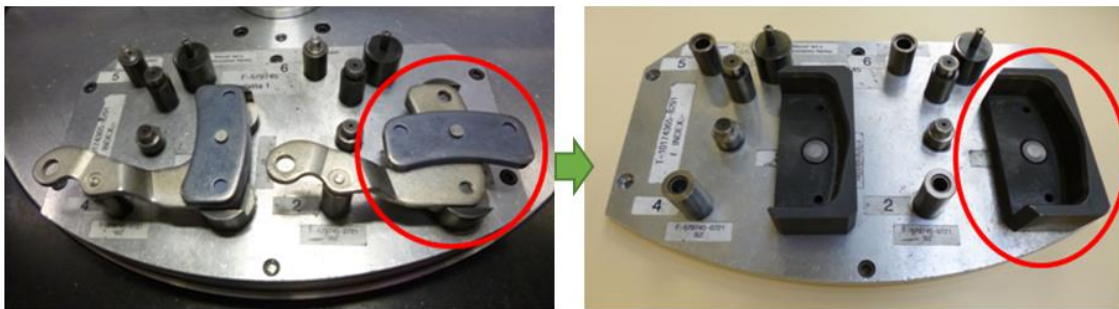
Pre zavesenie montovaných dielov na dopravný vozík musí pracovník pri každom dieli vstať			Pomocou konštrukčnej zmeny na dopravnom vozíku je možné diely zavesiť bez vstávania		
					
TMU	Kód	Popis	TMU	Kód	Popis
43,4	STD	k háku	21,8	M 50 C	k háku
18,6	TBC 1		.	.	
5,4	mM 10 C		.	.	
.	.		.	.	
18,6	TBC 1	k dielu	19,6	R 50 C	k dielu
34,7	SIT				
6,4	mR 10 C				
127,1			41,4		

Úspora času: 85,7 TMU = 67%

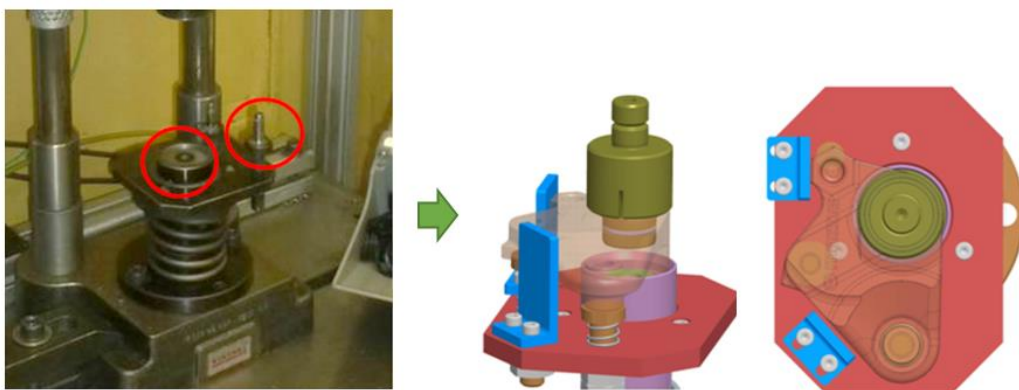
Obr. 9.13. Optimalizácia – pozícia dielov (ergonómia)

Príklady optimalizácie z konkrétnej praxe, firmy Schaeffler, spol. s r. o., Skalica, sú napr.:

1. Použitie dorazov znižuje potrebu kontroly zrakom pri polohovaní dielu do náradia/nástroja (Obr. 9.14 a Obr. 9.15). Diel je možné polohovať na jednoduché alebo tvarované dorazy s nábehom (zrazená hrana), ktoré diel nasmerujú do presnej polohy.



Obr. 9.14. Optimalizácia – zmena umiestnenia dielu v náradí nitovačky na dorazy (Schaeffler Skalica)



Obr. 9.15. Optimalizácia – zmena umiestnenia dielu v náradí lisu na dorazy (Schaeffler Skalica)

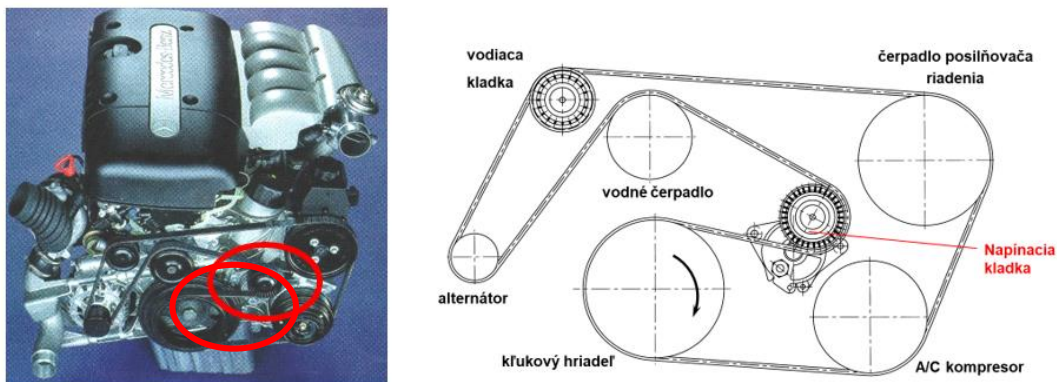
2. Dorazy (Obr. 9.16) znižujú/skracujú čas potrebný na presné „doumiestnenie“ predmetu do pracovnej pozície až o 60 %.



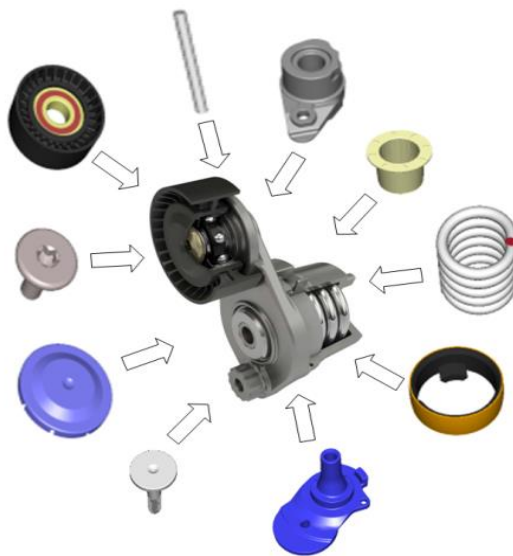
Obr. 9.16. Optimalizácia – páskovanie krabice, presná pozícia na dorazy (Schaeffler Skalica)

9.2 Opis produktu

Ako príklad praktického nasadenia MTM optimalizácie vo výrobe bude uvedená analýza montáže napínacej kladky rozvodového remeňa, používanej v spaľovacích motoroch (Obr. 9.17). Napínacia kladka rozvodového remeňa (Obr. 9.18) slúži na napnutie a vedenie remeňa, tlmenie vibrácií a zníženie dynamických nárazových síl.



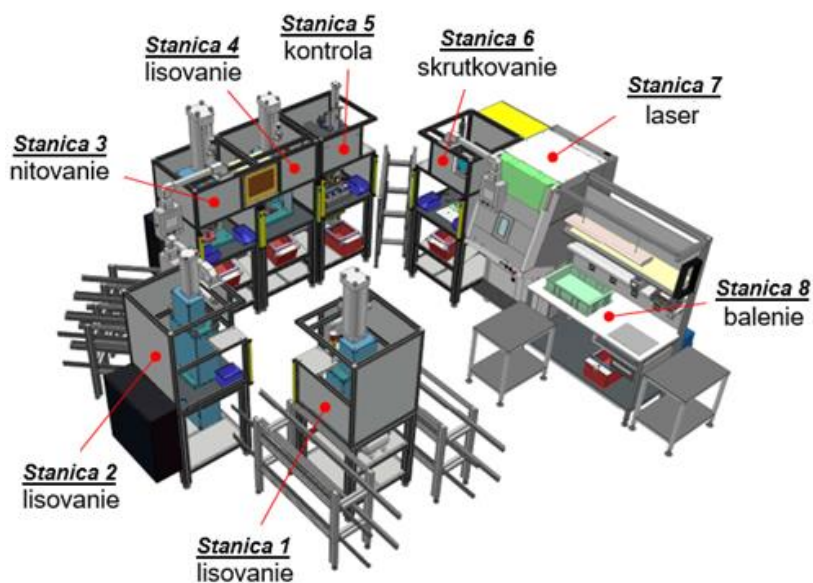
Obr. 9.17. Spaľovací motor – napínacia kladka rozvodového remeňa



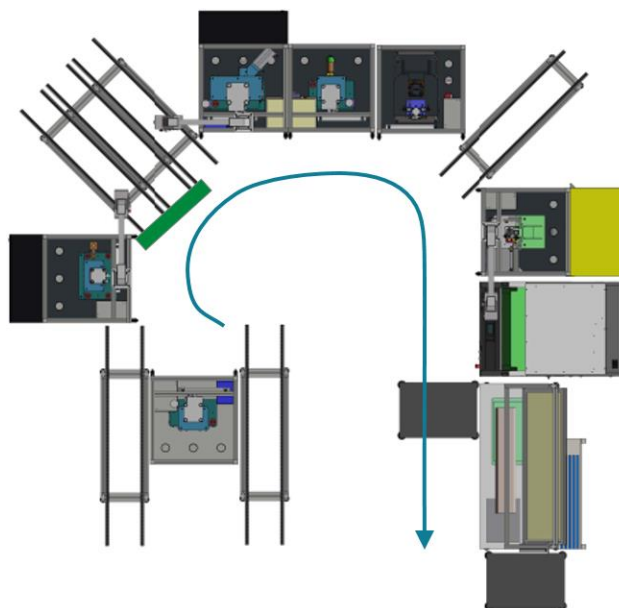
Obr. 9.18. Napínacia kladka rozvodového remeňa

9.3 Opis pracoviska

Montážne pracovisko (Obr. 9.19 a Obr. 9.20) napínacej kladky sa skladá z jednotlivých strojov (staníc) – lisy, nitovačka, kontrolná stanica, skrutkovačka, zariadenie na značenie laserom a stôl balenia. Na prísun dielov k jednotlivým strojom sú medzi stanicami nainštalované valčekové dopravníky na plastové prípadne kartónové debničky.



Obr. 9.19. Dispozičný plán (layout) pracoviska 3D (Schaeffler Skalica)



Obr. 9.20. Dispozičný plán (layout) pracoviska 2D (Schaeffler Skalica)

9.4 Optimalizácia práce podľa MTM

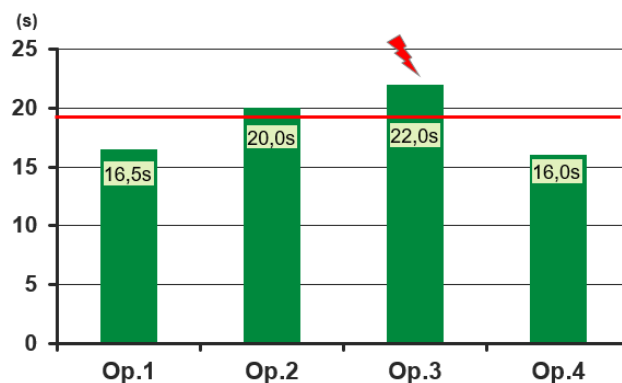
Pre každú pracovnú stanicu ako aj celú linku je potrebné zobrať do úvahy faktory, ktoré možno v rámci MTM optimalizácie zmeniť a zlepšiť podľa bodov, uvedených v kap. 9.5:

- Prívod vstupného materiálu – debničky, násypníky, vibračné zásobníky a pod.
- Spôsob zásobovania materiálom – pracovník v linke, mikrologista mimo linky.
- Spôsob odvozu hotovej produkcie.
- Procesné časy strojov a zariadení – možnosť využitia práce v prekrytom čase.

- Dispozičný plán (layout) pracoviska – skrátenie presunov pracovníkov (chodenie, úkroky, pozícia linky voči zásobovacím cestám a pod.).
- Pracovné (ergonomické) podmienky – výška pracoviska a vstupného materiálu, osvetlenie, hluk, vetranie, rotácia (výmena) pracovníkov na pozíciách počas pracovnej zmeny.
- Automatizácia a robotizácia činností.
- Bezpečnosť práce – svetelné závory, krytovanie strojov.

9.4.1 Optimalizácia montážnej linky

Pre názornosť sa nasledujúca časť štúdie bude venovať pracovnému rozhraniu montážnej linky medzi stanicou 2 a stanicou 3 (Obr. 9.23 a Obr. 9.24). Bude sa vychádzať z AWD diagramu vytiaženia pôvodného stavu Obr. 9.21, kde možno vidieť nevyváženosť práce jednotlivých operátorov Op.1 až Op.4.



Obr. 9.21. AWD diagram montážnej linky

Požadovaný cyklový čas C_t pre montáž napínacej kladky a dodanie zákazníkovi je $C_t = 0,316 \text{ min.} = 19 \text{ sek.}$ Takt linky určuje operátor s najdlhším časom, t. j. operátor č. 3 (Op.3), ktorý má vytiaženie až 22 sekúnd a tvorí tzv. „Úzke miesto“ (angl. Bottleneck, nem. Engpass). Existujú dve možnosti ako požadovaný C_t dosiahnuť, a to:

1. Optimalizovať prácu operátorov s vyšším ako požadovaným taktom – napr. zmenou dosahov, zmenou procesných časov strojov, prácou v prekrytom čase stroja a pod.
2. Prerozdeliť činnosti rovnomerne medzi všetkých operátorov – napr. posunutím pracovného rozhrania, tzv. „Nivelizácia“.

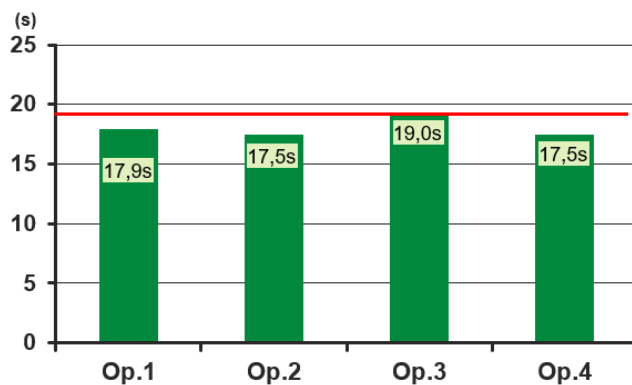
Pre predložený príklad sa aplikuje 2. možnosť, t. j. prerozdelenie pracovných činností a čiastočne prebehne optimalizácia samotného „handling“ (manuálna činnosť) priblížením vstupných komponentov k procesom.

To znamená, že operátor č.1 neskončí operáciou 1.5, ale bude vykonávať aj operácie 2.1 až 2.4 od operátora č. 2., t. j. nevyloží medziprodukt zo Stanice 2 na valčekovú dráhu, ale na tento medziprodukt pridá ďalší plastový diel (operácia 1.6) a až potom diel odloží na plochu pred pneumatický lis. Potom ešte naloží diely (operácia 1.7 + 1.8) do pneumatického lisu, tento lis „len“ spustí a vracia sa na začiatok svojho cyklu k Stanici 1. (Obr. 9.25 a Obr. 9.26). Operátor č. 2 zoberie diel z plochy a naloží do Stanice 3 (operácia 2.1), naloží pružinu (operácia 2.2) a zlisovaný diel z pneumatického lisu (operácia 2.3). Tým sa časť

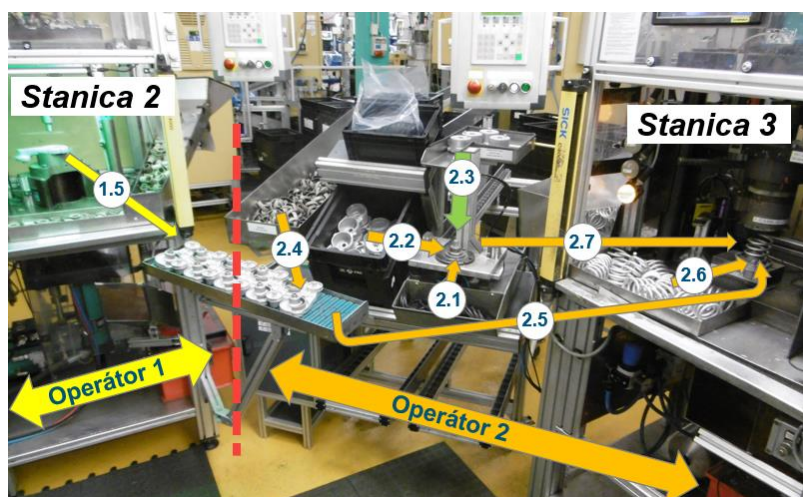
činností presunie z Operátora č. 2 na Operátora č.1 a vyrovná sa ich zaťaženie zo 16,5 sekúnd (20 sekúnd) na 17,9 sekundy (17,5 sekundy).

Podobným spôsobom možno presunúť činnosti z Operátora č. 3 na Operátora č. 4, konkrétne vybratie produktu zo Stanice 6 (skrútkovanie), ďalej obsluhu Stanice 7 (laserové značenie) a nakoniec činnosti balenia, ktoré vykonával pôvodne.

Týmto sa vyrovnali cyklové časy všetkých operátorov v linke podľa Obr. 9.22, čím sa upravil požadovaný cyklový čas na 19 sekúnd.



Obr. 9.22. AWD diagram montážnej linky po optimalizácii



Obr. 9.23. Postup montáže pred optimalizáciou (Schaeffler Skalica)

soll analysa	MTM - ANALYSE										SCHAEFFLER
	Analyse Status: SOLL - St.1 + St.2 + lis										worker: 1
	Begin: siahni na zalisovaný diel v St.1										OEE: 100%
	Ende: spusti lis										Parts Amount : 1
	Message:										
	Sume Tz 496,94 TMU / 17,89 s / 0,2982 min.										
	Diferent Tz 39,17 TMU / 1,41 s / 0,0235 min.										
	Operácie										
	Pohyby										
	Výpočty										
St Nr	Linke Hand	Häufigkeit	Anzahl	Symbol	TMU	Symbol	Anzahl	Häufigkeit	Rechte Hand		
1.6					18,6	TBC1	1,0	1,0			
	pre plast. REIB			R-C]	15,0	W-P	1,0	1,0	chôdza k lisu		
				G1A]							
	REIB na diel v PR	1,0	1,0	M26C	13,7						
		1,0	1,0	P1NSE	10,4						
	prehmat			G2]							
		1,0	1,0	RL1	2,0						
					13,3	M30B	1,0	1,0	diel na plochu lisu		
					2,0	RL1	1,0	1,0			
1.7					15,5	R35C	1,0	1,0	pre tesnenie		
					12,9	G4C	1,0	1,0			
					15,1	M30C	1,0	1,0	tesnenie do lisu		
						G2					
					11,2	P1SD	1,0	1,0	ohybky diel		
1.8	pre hliníkový GEH			R-B]	2,0	RL1	1,0	1,0			
		1,0	1,0	R24B	11,1						
		1,0	1,0	G1A	2,0						
	GEH na tesnenie v lise	1,0	1,0	M35C	16,8						
		1,0	1,0	P1SSE	9,1						
1.9		1,0	1,0	RL1	2,0	R-A			na spínač lisu		
					6,8	R14A	1,0	1,0			
					0,0	G5	1,0	1,0			
					2,0	M2A	1,0	1,0	spustenie lisu		
					2,0	M2B	1,0	1,0			
					0,0	RL2	1,0	1,0			
1.10					18,6	TBC1	1,0	1,0			
					30,0	W-P	2,0	1,0	chôdza k St.1		
Operator9 Operator10 MM-analýza 3.1.List_opatreni 3.2.List_činností 3.3.Analý											

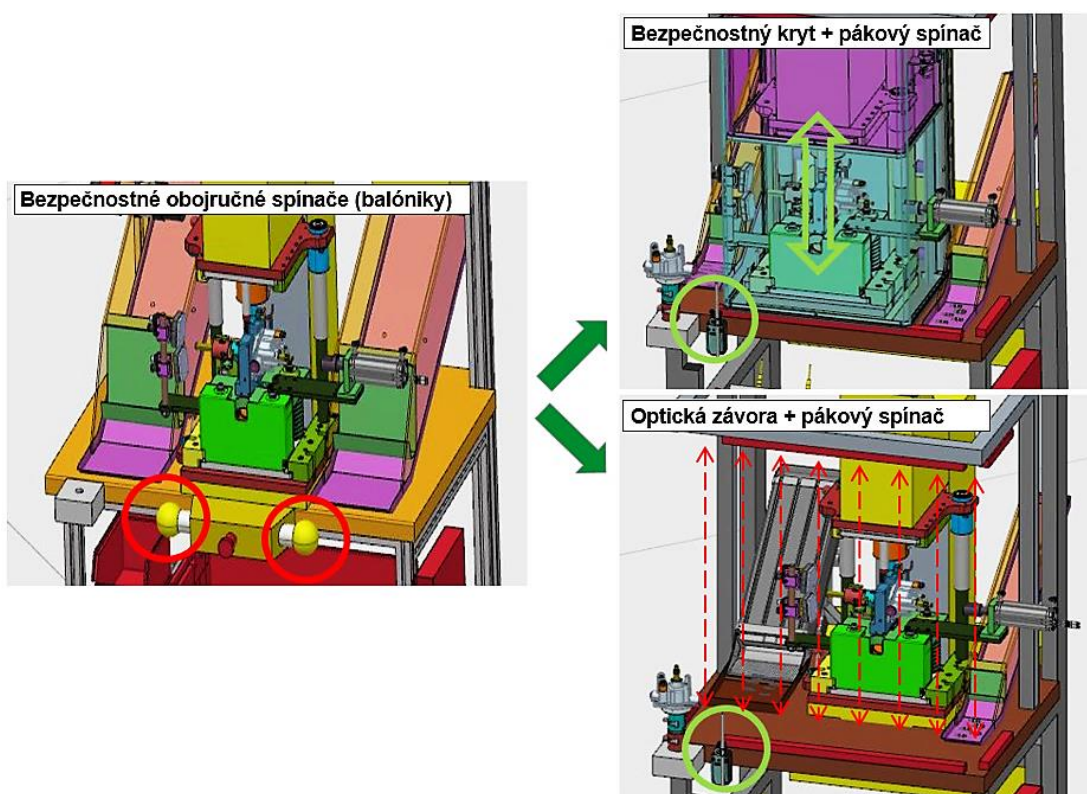
Obr. 9.26. MTM analýza Operátor č.1 – po optimalizácii (Schaeffler Skalica)

9.5 Optimalizácia obslužnosti

Ďalšou z možností využitia MTM metodiky je znižovanie „obslužnosti“ t. j. počtu pracovníkov v procese výroby. Tento postup je ale priamo závislý od ekonomiky procesu a jednotkových nákladoch – stroj verzus človek. Preto musia byť náklady prepočítané v pomere cyklového času a počtu operátorov vo výrobe. Ak sú náklady na operátora vyššie

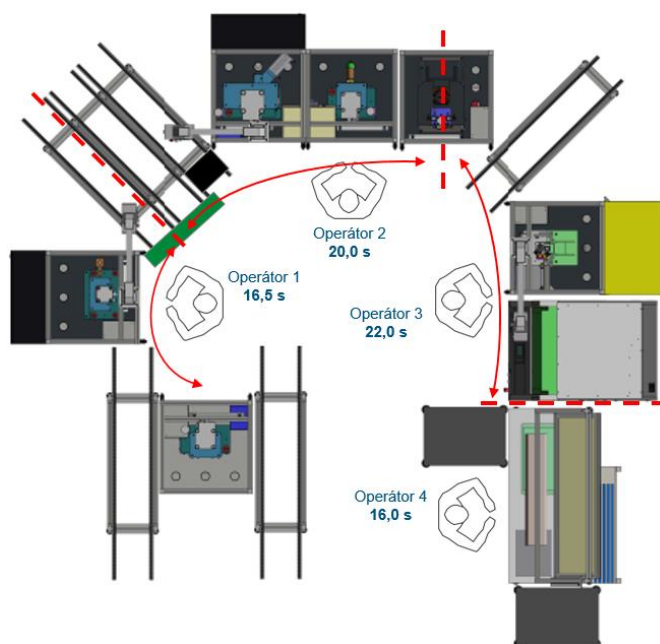
ako náklady na prevádzku strojov, vtedy je pre majiteľa procesu ekonomicky výhodnejšia redukcia operátorov pri nevyhnutnom navýšení cyklového času výroby.

Ak pôjde o zníženie obslužnosti linky na montáž napínacej kladky, je nutné sa viac zamerať na priamu optimalizáciu pracovísk na zníženie počtu pohybov a ich zjednodušenie. Je to preto, že ten istý objem práce je potrebné rozdeliť na menej operátorov, čo spôsobí zvýšenie cyklového času. Primárne sa využije práca v prekrytom čase strojov *Pt* (Process Time). V tomto prípade je potrebná úprava strojov na samočinnú prevádzku, keď operátor nemusí čakať na stroj počas *Pt*. Príklad použitia zmeny spúšťania stroja je uvedený na Obr. 9.27. Tu je možná úprava spúšťania stroja z obojručného držania spínačov na použitie jedného spínača spolu s bezpečnostným prvkom. Ako bezpečnostný prvok možno použiť napr. krytovanie pracovného priestoru pohyblivým krytom alebo zabezpečenie optickými závorami. Je to podmienka BOZP, aby operátor nedal ruky do nebezpečného priestoru počas procesu.

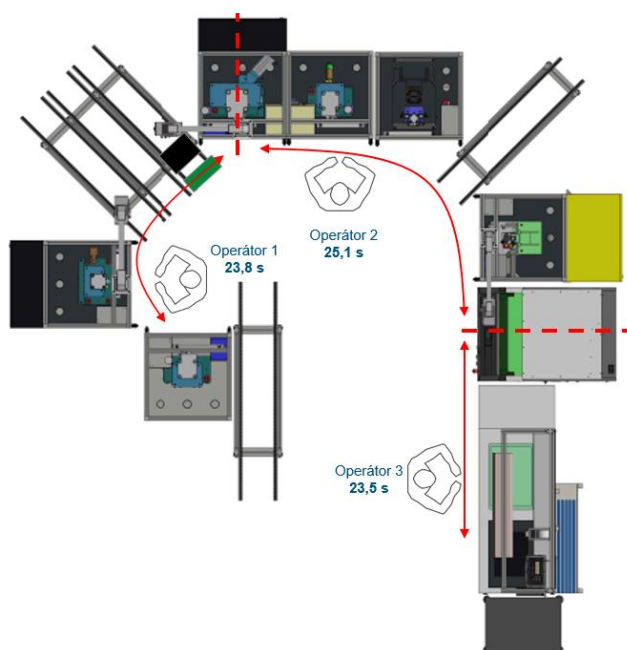


Obr. 9.27. Zmena typu spúšťania zabezpečenia strojov

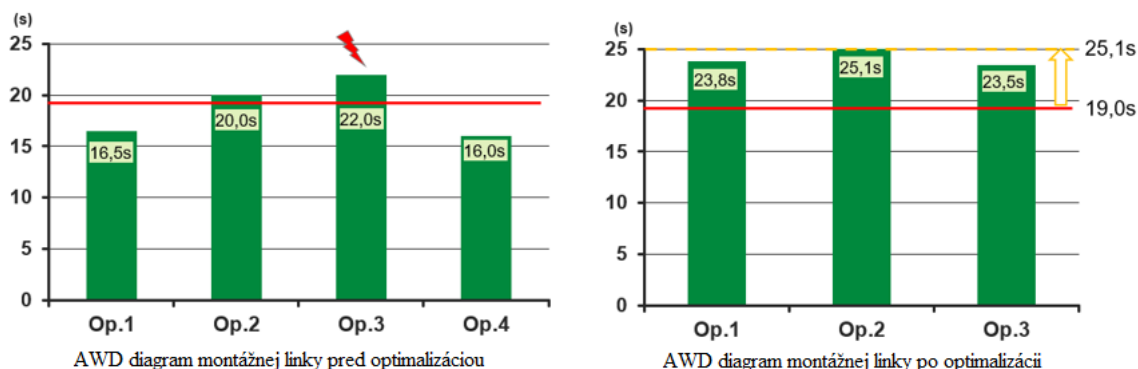
Ostatný postup prerozdelenia činností je obdobný ako je uvedené v kap. 9.4, s tým rozdielom, že činnosti budú rozdelené už len na 3 operátorov (Obr. 9.28 a Obr. 9.29).



Obr. 9.28. Postup montáže pred optimalizáciou (Schaeffler Skalica)



Obr. 9.29. Postup montáže po optimalizácii (Schaeffler Skalica)



Obr. 9.30. AWD diagram – zmena obslužnosti

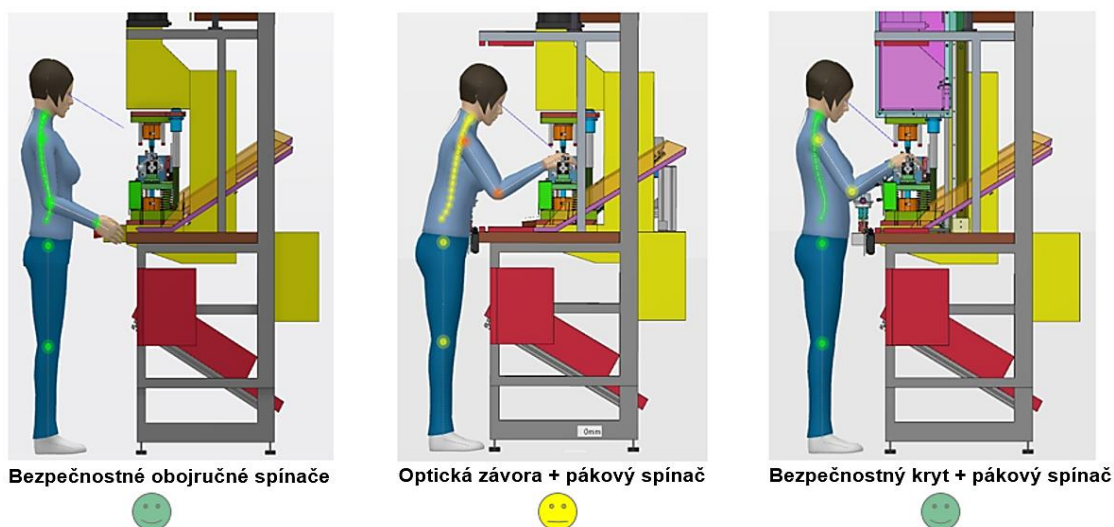
Výsledkom je zmenené pracovné rozhranie operátorov a k tomu optimalizovaný výsledný cyklový čas 25,1 sekundy (Obr. 9.30)

9.6 Optimalizácia a ergonómia

Pri každej MTM optimalizácii je nevyhnutné zabezpečiť minimálne dodržanie alebo zlepšenie ergonomických podmienok na pracovisku. Preto je vhodné pri optimalizáciách mať základné znalosti ergonómie prípadne pri návrhoch spolupracovať s ergonómom (Obr. 9.31).

Pri jednotlivých variantoch návrhu je potrebné analyzovať, aký má konkrétna zmena pracovných činností vplyv na:

- držanie tela – predklon, bočný úklon, záklon hlavy a pod.,
- prácu s bremenom – predklon s ťažkým bremenom,
- dosahové zóny,
- možnosť vzniku karpálnych tunelov – zníženie zaťaženia určitých svalov.



Obr. 9.31. Ergonómia – príklad zmeny typu spúšťania stroja

9.6.1 Ergonomické hodnotenie pracoviska

Jedným zo spôsobov ako určiť ergonomické zaťaženie na pracovisku je vypracovanie AWS (Assembly Worksheet) light analýzy na Obr. 9.32, kde sa hodnotí pracovná záťaž v súvislosti s frekvenciou pohybov.

BAP/MBAP:		Doba (%)								Frekvencia / smena		Cesta		Poznámky			
Popis:		nikdy	zriedka	príležitostne	občas	často	prevažne	neprerušite	0 h	< 25	> 25 - 125	> 125 - 250	> 250 - 500	> 500 - 750	750-1000	1000-2000	2000-3000
		< 5 %	< 0,5 h	< 0,5 h - 1 h	> 1 - 2 h	> 2 - 4 h	> 4 - 6 h	> 6 h	0 m	< 0,6 km	< 0,6 - 1,2 km	> 1,2 - 2,5 km	> 2,5 - 4 km	> 4 - 8 km	> 8 - 12 km	> 12 km	
A. Arbeitsschwere																	
Zaťaženie / Väha od 3 kg																	
Muži																	
3 - 5 kg / 30 - 50 N																	
> 5 - 10 kg / 50 - 100 N																	
> 10 - 15 kg / 100 - 150 N																	
> 15 - 20 kg / 150 - 200 N																	
> 20 - 25 kg / 200 - 250 N																	
> 25 kg / 250 N																	
Celková tonáž:																	
A. Arbeitsschwere																	
Zaťaženie / Väha od 3 kg																	
Ženy																	
3 - 5 kg / 30 - 50 N																	
> 5 - 10 kg / 50 - 100 N																	
> 10 - 15 kg / 100 - 150 N																	
> 15 - 20 kg / 150 - 200 N																	
> 20 - 25 kg / 200 - 250 N																	
> 25 kg / 250 N																	
Celková tonáž:																	
B. Spôsob práce (na základe pravidelného pracovného zaťaženia)																	
Nohy																	
a. Sedenie s malým pohybom																	
b. Sedenie s malým pohybom																	
c. Kľačanie (príčkované)																	
d. Ležanie, stápanie, ležanie rebrikom, práca na ležaní																	
e. Ohýbať bez bremena																	
a. Predklon vpred (20° - 60°)																	
b. Hlboký predklon vpred (> 60°)																	
c. Rotačný alebo bočný náklon trupu (> 20°)																	
d. Dvíhanie rúk v ramenných vlnách 90° priamo / do strany																	
b. Dvíhanie rúk v ramenných vlnách 90° priamo / do strany (nad)																	
c. Práca nad hlavou / v ľahu																	
d. Pohyb so strednou frekvenciou (10 - 20 Akol / min)																	
b. Pohyb s vysokou frekvenciou (20 - 25 Akol / min)																	
c. Pohyb veľmi vysokou frekvenciou (20 - 25 Akol / min)																	
Chrbát																	
a. Predklon vpred (20° - 60°)																	
b. Hlboký predklon vpred (> 60°)																	
c. Rotačný alebo bočný náklon trupu (> 20°)																	
d. Dvíhanie rúk v ramenných vlnách 90° priamo / do strany																	
b. Dvíhanie rúk v ramenných vlnách 90° priamo / do strany (nad)																	
c. Práca nad hlavou / v ľahu																	
d. Pohyb so strednou frekvenciou (10 - 20 Akol / min)																	
b. Pohyb s vysokou frekvenciou (20 - 25 Akol / min)																	
c. Pohyb veľmi vysokou frekvenciou (20 - 25 Akol / min)																	
Ramená																	
a. Predklon vpred (20° - 60°)																	
b. Hlboký predklon vpred (> 60°)																	
c. Rotačný alebo bočný náklon trupu (> 20°)																	
d. Dvíhanie rúk v ramenných vlnách 90° priamo / do strany																	
b. Dvíhanie rúk v ramenných vlnách 90° priamo / do strany (nad)																	
c. Práca nad hlavou / v ľahu																	
d. Pohyb so strednou frekvenciou (10 - 20 Akol / min)																	
b. Pohyb s vysokou frekvenciou (20 - 25 Akol / min)																	
c. Pohyb veľmi vysokou frekvenciou (20 - 25 Akol / min)																	
Predlaktie / Ruka - dlah / Prsty																	
a. Predklon vpred (20° - 60°)																	
b. Hlboký predklon vpred (> 60°)																	
c. Rotačný alebo bočný náklon trupu (> 20°)																	
d. Dvíhanie rúk v ramenných vlnách 90° priamo / do strany																	
b. Dvíhanie rúk v ramenných vlnách 90° priamo / do strany (nad)																	
c. Práca nad hlavou / v ľahu																	
d. Pohyb so strednou frekvenciou (10 - 20 Akol / min)																	
b. Pohyb s vysokou frekvenciou (20 - 25 Akol / min)																	
c. Pohyb veľmi vysokou frekvenciou (20 - 25 Akol / min)																	
D. Organizácia práce																	
1. Práca na smeny																	
Deň / čas																	
1 + 2																	
1 + 2 + 3																	
3.																	
poznámky																	
2. Obmedzenie taktom																	
3. Pracujúci osamote																	
4. Transportné aktivity																	
D. Pracovné dodanky:																	
1. Zrak (videnie na diaľku) vyžaduje ostrosť zraku = 0,7																	
2. Kontrola zrakov (podrobný pohľad) vyžaduje ostrosť zraku = 1,0																	
3. Farbosleposť																	
4. Sluch (napr. kontrola hlučnosti)																	
5. Jemná motorika																	
Poznámky / Odporúčanie:																	

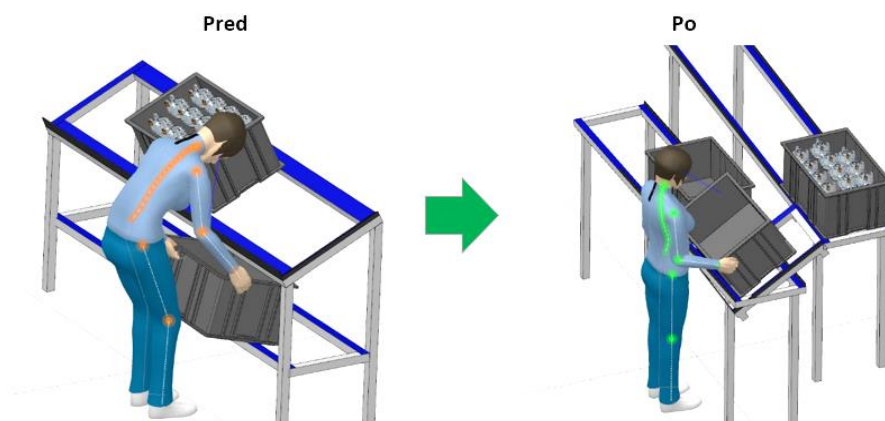
Obr. 9.32. AWS light analýza

Vyhodnotenie ergonomickej analýzy s potrebou realizácie opatrení je uvedené na Obr. 9.33.

4. Hodnotenie	
Ak sa nehodí žiadny z vyššie uvedených riadkov, označte tu krížikom ☐ Relevantné zaťaženia sa nedali stanoviť. Pre všetky ostatné prípady pozri legendu vedľa Smerodajné je predovšetkým najtmavšie zadané pole. Počet/pozícia všetkých polí označených krížikom udáva dodatočné pokyny pre určenie priorit postupu. Poznámky (napr.: doplňujúce pokyny, popis ďalšieho postupu)	
Interpretácia ☐ Chybné zaťaženie je nepravdepodobné, detailná analýza alebo opatrenia nie sú potrebné. ☐ Chybné zaťaženie je možné, detailné analýzy alebo konkrétne opatrenia sú <u>zobrazené</u>. ☐ Chybné zaťaženie je pravdepodobné, detailné analýzy alebo konkrétne opatrenia sú <u>potrebné</u>. ☐ Chybné zaťaženie! Konkrétne opatrenia sú <u>potrebné</u>!	

Obr. 9.33. Vyhodnotenie AWS light analýzy

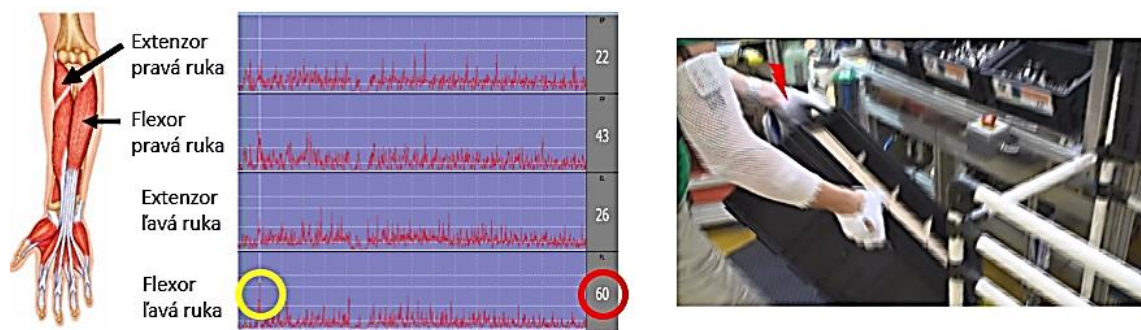
Činnosti z AWS analýzy zaradené v „tmavo-sivom“ a „červenom“ type záťaže je potrebné technickými alebo organizačnými opatreniami aj v rámci MTM zlepšovať. Príklad technického opatrenia je na Obr. 9.34. Medzi organizačné opatrenia patrí napr. tzv. „rotácia“ operátorov v linke, keď operátori po 1 až 2 hodinových cykloch menia jednotlivé pozície v linke. Týmto sa zabezpečí striedanie typov pracovného zaťaženia a dokonca aj psychicky „nie-monotónnu“ prácu počas celej pracovnej smeny.



Obr. 9.34. Príklad ergonomického opatrenia

9.6.2 Karpálne tunely

Hlavne pri montážnych prácach a v procesoch, kde sa vyskytuje enormná práca s rukami je nutné pri analýzach a MTM optimalizácii uvažovať aj s problémom vzniku „karpálnych tunelov“. Tento jav vzniká pri nadmernej záťaži určitých svalov rúk (Obr. 9.35), následkom čoho vznikajú v oblasti zápästia bolestivé zdravotné problémy, vedúce k práceneschopnosti pracovníkov a v horšom prípade k chorobe z povolania. Predísť týmto problémom možno znížením typu a počtu pohybov rukami a hlavne zápästím.



Obr. 9.35. Identifikácia pohybov – eliminácia vzniku karpálnych tunelov

Záver

V prípadovej štúdii bola uvedená optimalizácia montážnej linky, kde došlo aplikáciou najrozšírenejšej metodiky MTM, založenej na systéme vopred stanovených časov, k analýze a optimalizácii či už výrobného cyklového času, alebo počtu operátorov v linke.

Nutné je ale popri tomto nezabúdať na dodržiavanie a hlavne zlepšovanie pracovných podmienok pracovníkov v rámci ergonómie, pretože ide o ľudskú pracovnú silu, ktorá je v súčasnosti v mnohých prípadoch nenahraditeľná. Aby boli splnené podmienky 100 % normovaného výkonu MTM, je nutné pri optimalizácii zabezpečiť dostatočné zaškolenie a pravidelné preškolenie pracovníkov na nový pracovný postup, ktorý by mal byť neoddeliteľnou súčasťou a výstupom optimalizácie.

Zoznam bibliografických odkazov

MAYNARD, H. B., STEGEMERTEN, G., J. a SCHWAB, J. L. 1948. *Methods Time Measurement*, McGraw-Hill Book Company.

Sdružení MTM pro Českou republiku a Slovenskou republiku. 2009. *MTM-1 Učební podklady*. [online] [cit 2020-08-09] Dostupné na internete: <https://www.czechmtm.cz/sluzby.php>.

Schaeffler Skalica, spol. s r. o . *Schaeffler MTM Workbook*.

