

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA STROJNÍ
ÚSTAV ŘÍZENÍ A EKONOMIKY PODNIKU



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Analýza volby nového nástroje pro výrobu betonářské ocele.

**Analysis of the choice of a new tool for the production of
reinforcing steel.**

AUTOR: Adam Jonáš

STUDIJNÍ PROGRAM: Výroba a ekonomika ve strojírenství

VEDOUCÍ PRÁCE: Ing. Ladislav Vaniš

PRAHA 2021

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Jonáš** Jméno: **Adam** Osobní číslo: **476087**
Fakulta/ústav: **Fakulta strojní**
Zadávací katedra/ústav: **Ústav řízení a ekonomiky podniku**
Studijní program: **Výroba a ekonomika ve strojírenství**
Studijní obor: **Technologie, materiály a ekonomika strojírenství**

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

Analýza volby nového nástroje pro výrobu betonářské ocele.

Název bakalářské práce anglicky:

Analysis of the choice of a new tool for the production of reinforcing steel.

Pokyny pro vypracování:

Pro vybranou součást provést ekonomickou analýzu a následnou volbu nevhodnějšího nástroje:

- 1) Úvod / cíle práce.
- 2) Teoretická část:
 - princip výroby betonářských ocelí,
 - vícekriteriální hodnocení,
 - ekonomické srovnávání variant.
- 3) Analytická část – výběr variant a hodnotících kritérií. Nákladový propočet variant.
- 4) Návrhová část – výběr konečné varianty.
- 5) Závěr – zhodnocení práce.

Seznam doporučené literatury:

- [1] Management Podniku, Vladimír Žáček, České vysoké učení technické v Praze, 2016
- [2] Kvantitativní metody v manažerském rozhodování, Ivan Gros, Grada Publishing, Praha, 2003
- [3] EN ISO 15630-1:2002 – Norma pro výrobu betonářské oceli.

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) bakalářské práce:

Ing. Ladislav Vaniš, ústav řízení a ekonomiky podniku FS

Jméno a pracoviště druhé(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) bakalářské práce:

Datum zadání bakalářské práce: **30.04.2021**

Termín odevzdání bakalářské práce: **23.07.2021**

Platnost zadání bakalářské práce: **28.02.2022**

Ing. Ladislav Vaniš
podpis vedoucí(ho) práce

Ing. Miroslav Žilka, Ph.D.
podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

prof. Ing. Michael Valášek, DrSc.
podpis díkana(ky)

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Student bere na vědomí, že je povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v bakalářské práci.

Datum převzetí zadání

Podpis studenta

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto práci vypracoval samostatně, a to výhradně s použitím pramenů a literatury, uvedených v seznamu citovaných zdrojů.

V Praze dne: 20. 05. 2021

.....

Podpis

Anotace

Bakalářská práce analyzuje současný stav výroby betonářské ocele ve společnosti Valsabbia Praha s.r.o., která je zaměřena primárně na výrobu betonářské ocele pro stavební účely. Cílem bakalářské práce je identifikovat faktory ovlivňující kvalitu výroby betonářské ocele a navrhnout řešení v podobě volby nové rolny pro výrobu pomocí experimentu v průběhu výroby. Hlavními metodou pro zvolení nové rolny bude vícekriteriální rozhodování.

Klíčová slova

Betonářská ocel, Rolny, Volba nového nástroje, Vícekriteriální rozhodování, Valsabbia Praha s.r.o.

Annotation

The bachelor's thesis analyzes the current state of production of reinforcing steel in the company Valsabbia Praha s.r.o., which is focused primarily on the production of reinforcing steel for construction purposes. The aim of the bachelor's thesis is to identify the factors influencing the quality of reinforcing steel production and to propose a solution in the form of choosing a new roll for production through an experiment during production. The main method for choosing a new role will be through multi-criteria decision-making.

Keywords

Reinforcing steel, Rolls, Choice of new tool, Multi-criteria decision making, Valsabbia Praha s.r.o.

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval Ing. Ladislavu Vanišovi, vedoucímu mé bakalářské práce, za poskytnutí věcných připomínek, odborné vedení mé bakalářské práce a vstřícný přístup. Také bych rád poděkoval panu Janu Kulíškovi z firmy Valsabbia Praha s.r.o., který mi poskytl veškeré informace a vysvětlil všechny mé dotazy.

Obsah

1. Zdůvodnění zadání a cíle práce.....	8
2 Teoretická část.....	9
2.1 Betonářská ocel ve svitcích.....	9
2.1.1. Výroba betonářské ocele.....	11
2.1.2 Kontrola kvality.....	14
2.1.3 Rolny pro výrobu betonářské ocele.....	18
2.1.4 Opotřebenění rolen.....	20
2.2 Manažerské rozhodování	21
2.2.1 Rozhodování.....	21
2.2.2 Proces rozhodování.....	22
2.2.3 Cíle rozhodování	22
2.3 Vícekriteriální rozhodování	23
2.3.1 Kritéria hodnocení	24
2.3.2 Metody stanovení váhy důležitosti kritérií – Bodovací metoda	25
2.3.3 Metody agregace kritérií – Bazická metoda.....	26
2.4 Vyhodnocení ekonomických hledisek	27
3. Analytická část.....	28
3.1 Charakteristika podniku.....	28
3.1.1 Základní údaje o podniku.....	28
3.2. Analýza současného stavu	29
3.2.1 Identifikace stávajícího problému	29
3.2.2 Možné příčiny vzniklého problému.....	30
3.2.3 Možnosti řešení	32
3.2.4 Způsob měření	33
3.3 Vícekriteriální rozhodování volby nového nástroje.....	34

3.3.1 Kritéria získaná měřením.....	34
3.3.2 Další možná kritéria	35
3.3.3 Stanovení váhy důležitosti měřených kritérií	35
3.3.4 Průběh měření	37
3.3.5 Hodnocení – propočty jednotlivých variant.....	39
3.3.6 Komentář k pořadí výsledků	41
4. Implementace výsledků	42
4.1 Návrh řešení.....	42
4.2 Využití metodiky do budoucna	43
5 Závěr	44

1. Zdůvodnění zadání a cíle práce

S narůstajícím zájmem o hypotéky a s ním spojený nárůst nových staveb roste i poptávka po stavebních materiálech. Mezi klíčové výrobky pro stavební průmysl spadá také betonářská ocel. Jejím vkládáním do betonu za účelem zvýšení únosností a snížení deformací vzniká železobeton. Bez této výztuže by nebylo možné stavět dnešní konstrukce a moderní stavby. [1] [2]

Z mého osobního zájmu o tyto budovy jsem si zvolil téma bakalářské práce spojené s výrobou betonářské ocele. I přes vysokou optimalizaci a využití jako stavebního materiálu po více než 150 let je zde stále prostor pro zlepšování a zefektivňování výroby.

Hlavním cílem této bakalářské práce je volba nového nástroje pro zlepšení výroby ve firmě specializující se na betonářskou ocel. První část práce se zabývá obecným popisem výroby betonářské ocele, její kontroly a používaných nástrojů. Dále popisuje metody manažerského rozhodování a vícekritériálního rozhodování, které bude pro volbu nového nástroje použito.

Analytická část si dává za cíl nalezení faktorů ovlivňujících výrobu betonářské ocele a vyhodnocení jednoho z nich, profilových rolen. Pro jejich vyhodnocení pomocí vícekritériálního rozhodování je třeba zvolit několik variant a hodnotících kritérií dle kterých budou porovnávány. Výsledkem této metodiky řešení bude výsledný návrh optimální varianty pro výrobu a vyhodnocení použití dané metodiky do budoucna.

2 Teoretická část

2.1 Betonářská ocel ve svitcích

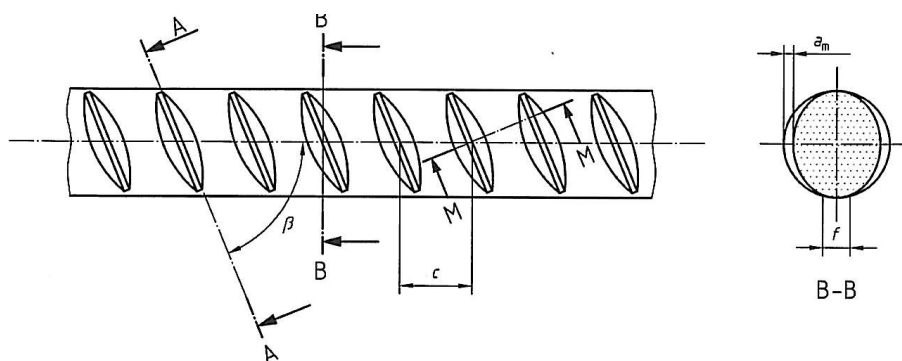
Pro betonové konstrukce větších rozměrů je potřeba vkládat ocelové pruty. Ty jsou potřebné především z důvodu pevnosti, kdy je očekáváno, že jakékoliv zatížení na povrchu konstrukce bude následně rovnoměrně rozloženo do ocelových prutů. Ocel vyrobená za tímto účelem je označována jako betonářská ocel. Tato ocel je vyráběna ze vstupního polotovaru v podobě válcovaného drátu.



Obrázek 1 - Vstupní polotovar pro výrobu betonářské ocele. (Zdroj: Vlastní tvorba.)

Chemické a mechanické vlastnosti betonářské ocele jsou stanoveny evropskou normou EN ISO 15630-1:2002, která čerpá především z německé normy DIN – 488. Daná norma především popisuje geometrické parametry betonářské ocele, chemické složení betonářské ocele a prováděné zkoušky na betonářské ocele včetně očekávaných hodnot.

Primárním výrobním požadavkem na betonářskou ocel je nízká hmotnost. Ta je požadována především z důvodu co nejmenšího nárůstu hmotnosti v rámci celkové betonové konstrukce. Z důvodu zlepšení adheze je betonářská ocel nejčastěji opatřena příčnými žebírky, které umožňují její lepší pojivost s betonem. [3]



Obrázek 2 - Schéma měřených geometrických parametrů žebírek. (Zdroj: EN ISO 15630-1:2002) [3]

Z mechanického hlediska je hlavním požadavkem vysoká mez kluzu v tahu a ohybatelnost. Tyto požadavky jsou pochopitelné z výsledného účelu betonářské ocele, kdy potřebují být na stavbě lehce manipulovatelné a schopné vysoké nosnosti těžkých konstrukcí. [3]

Betonářská ocel je často na stavbách použita ve formě armovací sítě. Armovací sítě umožní pracovníkům na stavbě rozmístit ocel do betonové konstrukce rovnoměrně a rychleji na větších plochách. Z tohoto důvodu je jediným požadavkem na chemické složení betonářské ocele možnost svažitelnosti, což znamená, že procentuální obsah uhlíku v oceli nesmí přesáhnout 0,24 %. [3]

Při výrobě žebírek v betonářské oceli je tedy velice důležitá vysoká tvarová přesnost. Větší plocha žebírka by jistě dosáhla lepší adheze ocele k betonu, ale zároveň by zmenšila v daném bodě průměr tyče. Menší průměr by následně způsobil nižší mez pevnosti kluzu a zároveň by způsobil větší problémy při následném svařování do výsledných pletiv. S příliš vysokým rozdílem v průměrech by následně tyče nemusely přijít do vzájemného kontaktu vlastní plochou. [4]

2.1.1. Výroba betonářské ocele

Výroba betonářské ocele ve svitcích v daném podniku je prováděna na několika identických strojích formou tažením válcované drátu za studena. Tváření kovových materiálů za studena patří mezi moderní výrobní technologie. Mezi její výhody patří hospodárné využívání materiálu, vysoká produktivita práce, výroba přesných polotovarů a dílů s minimálními požadavky na dokončovací operace. Efektivnost této technologie je z velké míry určována kvalitou tvářecích nástrojů, jejichž přesnost je tedy hlavním kritériem pro zaručení vysoké jakosti výroby. Pro přehlednost lze výrobní proces rozdělit na 11 částí: [5] [6]

1. Lafeta

- Místo, na které je umístěna cívka se vstupním polotovarem ve formě drátu. Cívka je umístěna na otáčivé ložisko, díky čemuž je možné drát postupně odvíjet pomocí pohonů umístěných v následných částech stroje.

2. Věž

- Drát je z lafety veden přes věž o výšce 7 m. Provlečení přes tuto věž částečně narovná drát před navinutím do stroje.

3. Odkujení drátu

- Pro následné mechanické zpracování je potřeba drát nejprve zbavit jakýchkoliv okujů a rzi vzniklých při výrobě, nebo následné přepravě. Drát je tedy provlečen přes sérii kladek, které drát prohýbají a následně rovnají, přičemž se okuje samovolně odstraňují z vnější vrstvy.

4. Čištění drátu

- Pro zajištění, že na povrchu drátu nezůstávají žádné nežádoucí prvky je drát po odkujení následně čištěn pomocí kartáčů umístěných po obvodu drátu.

5. Práškování drátu

- Pro zajištění částečné ochrany před korozí je následně narovnaný a očištěný drát práškován tenkou ochrannou vrstvou.

6. Kalibrovací stolice č. 1

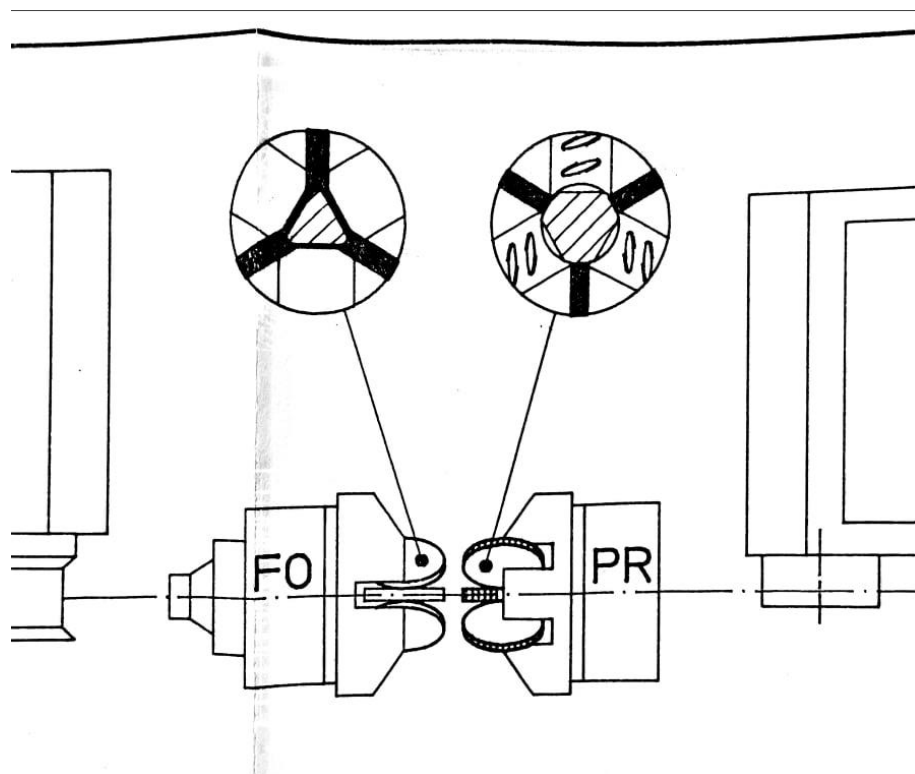
- Při vstupu do kalibrovací stolice č. 1 prochází drát sérií dvou sad rolen se třemi sadami rozmístěných po 120° obě série jsou pak vůči sobě umístěné s pootočením o 180°. První série označena RO (oval rolls) zajišťuje rovnoměrné zaoblení drátu. Druhá série označena RT (round rolls) následně drát zakulatí do dokonalého válcovitého tvaru.

7. Pohon č. 1

- 1. Pohon odvíjí drát do dalších částí výroby.

8. Kalibrovací stolice č. 2

- V kalibrovací stolici č. 2 dostává betonářská ocel svou finální tvarovou podobu. Kalibrovací stolice č. 2 obsahuje také dvě série o třech sadách se stejným rozmístěním. První série značená FO (flattening rolls) zplošťuje drát do tvaru rovnostranného trojúhelníku. Do vrcholů těchto trojúhelníků bude následně vyválcován tvar žebírek pomocí série PR (profiling rolls), které na sobě mají umístěny drážky specifického tvaru pro daný průměr drátu. Rolny PR budou následným předmětem analýzy.



Obrázek 3 - Schéma uložení rolen v kalibrovací stolici 2. (Zdroj: Servisní manuál) [7]

9. 2. Pohon

- 2. Pohon odvíjí drát do dalších částí výroby.

10. Rolny tažnosti

- Poslední rolny před navíjením výsledného výrobku lehce napnou drát a tím způsobí změnu tvaru žebírek do eliptického tvaru.

11. Navíječka

- Výsledný výrobek je následně navíjen na cívky a umístěn do skladu, kde je připraven k další výrobě.

Technologický postup, který je momentálně využíván vyžaduje od technika před začátkem sériové výroby kalibraci rolen v kalibrovací stoličce č. 2. Pro dané účely je vyválcováno krátké množství betonářské ocele, které je následně odevzdáno ke kontrole. V závislosti na průřezu používaného drátu a výsledkům z technické kontroly jsou rolny následně kalibrovány. Četnost potřebných úprav teda následně přímo závisí na zkušenosti a šikovnosti specifického technika, který ručně seřizuje dané rolny dále nebo blíže k sobě z hlediska osy drátu. Při nevyhovujících výsledcích jsou kazety obsahující rolny vyměněny za nové již připravené a překalibrované se záměrem co nejméně snížit prostoje ve výrobě. Technik dále v průběhu výroby kontroluje technický stav stroje, chladicího systému, mazání stroje a množství mazacího pudru v zásobníku. [7]

2.1.2 Kontrola kvality

Vzorky betonářské ocele jsou průběžně děleny stříháním ve standardizované délce 400 mm a odevzdávány k následné kontrole. První kontrola, která je prováděna je kontrola hmotnosti, která musí být v dané délce pro specifický průměr být maximálně vychýlena o 4 %. [3]

Následně je ocel narovnána a uložena ke stárnutí. Stárnutí je prováděno zahřátím ve výhřevné troubě při 100 °C po dobu jedné hodiny. Ocel se následně nechá vychladnout na vzduchu přirozeným způsobem. Stárnutí je požadováno za účelem simulace využití betonářské ocele ve stavbách s dlouhou životností. Pomocí stárnutí jsme tedy schopni věrohodně simulovat několikaleté zatížení betonářské ocele ve stavbách. [3]

Po stárnutí je měřený vzorek vložen do snímacího zařízení, které pomocí softwaru a vyznačení kontrolorem změří všechny požadované geometrické parametry a vyhodnotí je vůči požadovaným normám. jakékoliv výchyly od normy jsou případně následně hlášeny technikům ve výrobě.



Obrázek 4 - Snímací zařízení. (Zdroj: Vlastní tvorba.)

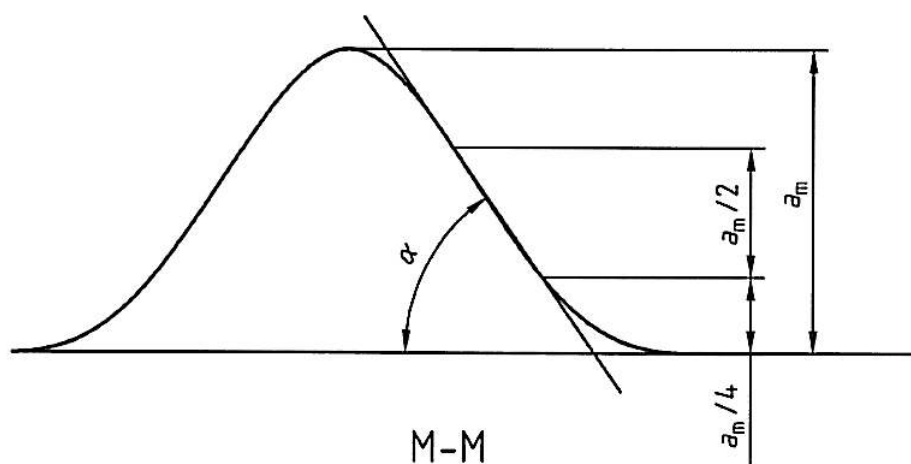
Mezi hlavní měřená kritéria patří:

- Výška příčných žebírek
- Rozteč příčných žebírek
- Úhel sklonu příčného žebírka

Výška příčných žebírek na určitém místě se zjišťuje z průměru minimálně tří hodnot naměřených v tomto místě v každé řadě na různých příčných žebírcích, která nebyla použita pro identifikaci válcovaného drátu. [3]

Rozteč příčných žebírek se zjistí na měřené délce vydělením počtem vyskytujících se mezer mezi žebírky nebo počtem vyvýšenin mezi profilováním. Měřenou délkou je vzdálenost zjištěná na přímce paralelní k podélné ose výrobku, mezi středovým bodem žebírka nebo profilování a středovým bodem jiného žebírka nebo profilování v téže řadě na výrobku. Měřená délka musí obsahovat minimálně 10 mezer mezi žebírky nebo vyvýšenin mezi profilováním. [3]

Úhel sklonu příčného žebírka k ose tyče, válcovaného drátu nebo drátu se vypočte jako průměr z individuálních úhlů naměřených pro každou řadu žebírek nebo profilování s tímtož jmenovitým úhlem. [3]



Obrázek 5 - Schéma výšky příčných žebírek. (Zdroj: EN ISO 15630-1:2002) [3]

Remarks:

DIN 488: 2009

Row	Diam. [mm]	Rib Height			Rib dist. c [mm]	Inclin.		Row dist. e [mm]	Head width [mm]	Rib length [mm]	Relative rib area fR
		Center [mm]	1/4 Pnts [mm]	3/4 Pnts [mm]		Alpha [°]	Beta [°]				
1	6.0	0.56	0.44	0.43	4.9	55	52	1.37	1.2	6.6	0.058
2		0.45	0.40	0.33	5.0	58	51	0.75	1.3	6.9	
3		0.49	0.44	0.35	4.9	52	62	1.14	1.1	5.7	
Mean		0.50	0.43	0.37	4.9	55	55	Σ: 3.26	1.20	6.4	+48.7 %

Tabulka 1 Výstupní tabulka po měření geometrických parametrů zkušební tyče. (Zdroj: Valsabbia Praha s.r.o.)

Finální zkouškou prováděnou na vzorku je zkouška tahem. Vzorek je nejprve pomocí zařízení s hroty rozmístěnými po 10 mm označen a následně vložen do měřicího zařízení. Pomocí laseru a díky vytvořeným označením následně měříme poměrné prodloužení. Stroj zároveň vyhodnocuje mez kluzu a mez pevnosti dané ocele. Pro konstrukční návrhy je nejdůležitější především mez kluzu, na kterou bývají dimenzovány meze použitelnosti dané konstrukce. [8]

Erzeugnisform/Forma výrobku Betonrippenstahl / Betonářská ocel pro výztuž do betonu Werkstoff/Materiál						
Probe Nr. (číslo zk.)	Drahtdurch messer (Průměr drátu)	Gewicht G (g)	Lange L (mm)	Delta A _s %	Stregrenze	
					F _s (kN)	R _e (N/mm ²)
1	6,0	113,0	514,0	-0,94	17,21	608,8
2	6,0	111,1	506,3	-1,13	17,48	618,3
3	6,0	111,6	506,3	-0,68	16,80	594,0
1	6,0	114,8	519,0	-0,33	16,61	587,5
2	6,0	113,6	515,2	-0,65	16,30	576,4
3	6,0	113,1	513,2	-0,70	16,29	576,3
1	6,0	117,0	529,0	-0,34	16,21	573,5
2	6,0	114,8	518,1	-0,16	14,99	530,3
3	6,0	112,0	506,3	-0,33	15,99	565,6

Tabulka 2 Výstupní tabulka po měření tahovou zkouškou. (Zdroj: Valsabbia Praha s.r.o.)

Před započítím sériové výroby je nutné provést všechna daná měření pro úvodní vzorky. Z následně získaných poznatků poté kontrolor předá získané informace technikovi, který překalibruje rolny do odpovídajících rozměrů. V moment, kdy úvodní vzorek odpovídá požadovaným rozměrům může začít sériová výroba, která je poté průběžně kontrolována s frekvencí dle požadavků zákazníka, případně norem.



Obrázek 6 - Měřící zařízení pro zkoušku tahem. (Zdroj: Vlastní tvorba.)

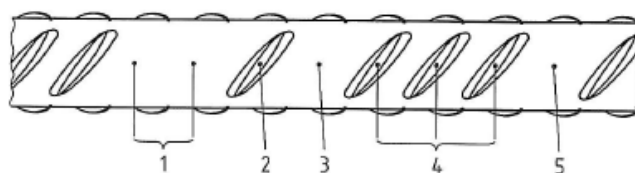
2.1.3 Rolny pro výrobu betonářské ocele

Rolny používané ve výrobě jsou dodávány od zahraniční firmy, která se specializuje výhradně na výrobu rolen pro betonářské oceli. PR rolny používané v podniku jsou o rozměrech $\varnothing 140 \times \varnothing 90 \times 15$ mm. Vysoce výkonné nástroje vyžadují vložkování slinutými karbidy nebo povlakování materiály s vysokou odolností proti opotřebení. Chemické složení rolen je z taveného karbidu wolframu a legujícího prvku Kobaltu. Wolfram je zvolen především pro svou vysokou tvrdost, která umožňuje válcování požadovaného tvaru do ocelového drátu v rámci dlouhé sériové výroby bez výrazného opotřebení. Kobalt je jakožto legující prvek volen pro své vlastnosti pevnosti při zvýšených teplotách, odolnost proti odpevnění a třecím vlastnostem. Dle hmotnostního podílu legujících prvků jsou rolny dále rozděleny do následujících tříd: [5] [9] [10]

Třída	Hmotnostní podíl WC [%]	Hmotnostní podíl CO [%]	Hmotnostní podíl, Co Ni Cr [%]	Hustota g/cm ³
1	93,0	7,0	/	14,8
2	90,5	9,5	/	14,6
3	86,5	13,5	/	14,2
4	83,0	17,0	/	13,8
5	77,5	22,5	/	13,1
6	75,0	25,0	/	12,7
7	70,0	30,0	/	13,9
8	84,2	/	15,8	13,6
9	81,0	/	19,0	13,6

Tabulka 3 Třídy rolen dle složení. (Zdroj: <http://www.deemrolls.com/products/tungsten-carbide-rolls/>) [9]

Výroba rolny je velice nákladná především z důvodu ceny vstupního materiálu a požadovaných geometrických přesností. Jedná se tedy o cenově dražší součást používanou v sériové výrobě. Každá firma také vyžaduje vlastní rozestupy vrypů v rolně, které slouží jako označení dodavatele pro stavební firmy. Dlouhodobá údržba a oprava rolen také vyžaduje zkušené zacházení a specializovaná zařízení na broušení a ostření jednotlivých vrypů. Každá rolna je také vždy opatřena rozestupy žebírek, které jsou vždy unikátní pro každého výrobce. Tyto rozestupy poté slouží k jednodušší identifikaci původu betonářské ocele pro koncového zákazníka.



Obrázek 7 Ukázka individuálních rozestupů žebírek. (Zdroj: EN ISO 15630-1:2002:)[3]

Mezi nejčastější závady rolny patří mechanické závady při výrobě. Při neodborné montáži do kazet může dojít k poškození při manipulaci. Další poškození může nastat při manipulaci uvnitř stroje při výrobě. Při výrobě dochází k přenastavení rolen z důvodu úpravy kvality výrobku. Pokud pracovník provede kalibraci neodborně, může dojít k poškození rolen. Mezi méně běžné poškození rolny patří výrobní vada, kdy může být rolna nepřesně nabroušena, což je odhaleno až po kontrole tvaru ve zkušebně.



Obrázek 8 Uložení rolen v technické místnosti. (Zdroj: Vlastní tvorba.)

2.1.4 Opotřebenění rolen

Skoro každé zařízení a mechanismus někde obsahuje určité množství kritických uzlů opotřebenění. Vysoká odolnost proti opotřebenění závisí na mechanických vlastnostech materiálu, jako je zejména vysoká tvrdost při zachování dostatečné houževnatosti. Se zrychlujícím se rozvojem výrobních zařízení a zvyšujícími se technologickými možnostmi výroby již některé vyráběné nástrojové oceli nesplňují kladené nároky pro tváření za studena. [11] [12]

Opotřebenění je definované jako nežádoucí změna povrchu nebo rozměrů tuhých těles způsobená buď vzájemným působením funkčních povrchů nebo funkčního povrchu a média, které toto opotřebenění vyvolává. Projevuje se jako odstraňování nebo přemísťování částic hmoty z funkčního povrchu. [12]

Podle zkušeností z výroby je opotřebenění nástroje ovlivněno třemi hlavními faktory:

- Konstrukce nástroje, včetně volby materiálu nástroje
- Kvalitou výroby
- Vstupním materiálem

Problémy způsobené třením a opotřebením jsou velmi problémovou částí návrhu většiny zařízení pro strojírenský průmysl, které je zároveň potřeba vždy započítat do konceptu výroby. [5]

Opotřebenění otěrem se projevuje velmi výrazně u tvářecích nástrojů, což negativně ovlivňuje jejich životnost. Odolnost proti otěru závisí s tvrdostí a strukturou nástroje. Termicky stabilní a tvrdé karbidy jsou vhodnou volbou pro takové nástroje. Jejich pozitivní vlastnosti ve formě odolnosti proti otěru a odolnost proti poklesu tvrdosti při zvýšení teploty z nich dělá vhodný materiál pro výrobu tvářecích nástrojů. Z používaných prvků má v tomto ohledu nejlepší účinek wolfram. [11]

2.2 Manažerské rozhodování

Od všech manažerů se očekávají schopnost správného a rychlého rozhodování. Každé rozhodnutí za sebou musí mít adekvátní přípravu promyšlení postupu. U individuálního rozhodování jde o promyšlení samotným manažerem, v rozhodování ve skupinách jde poté o kolektivní shodnutí se na jednom řešení. Pro učinění správného rozhodnutí je důležité si promyslet aktuální problém a jasně jej definovat. [13]

2.2.1 Rozhodování

Situace, kdy vzniká určitý problém, způsoben jakoukoliv odchylkou, ať už pozitivní nebo negativní, vyžaduje aktivní zásah manažera. Manažer musí být schopen vyhodnotit poskytnuté informace, které má k dispozici a na jejich základě učinit rozhodnutí. Výsledkem takového rozhodnutí je model rozhodovací situace. Ne vždy jsou však všechny informace dostupné, v takových situacích se počítá se schopností manažera pracovat s neurčitostí. [14]

Rozhodování lze chápat jako proces výběru jedné z více variant. Každý rozhodovací proces má dvě stránky, obsahovou a procedurální. Obsahová stránka je typická pro daný proces a odráží odlišnosti rozhodovacích procesů. Procedurální stránka rozhodování představuje určité společné rysy a vlastnosti procesů, a to bez ohledu na jejich obsah. Jedná se o rámcový postup od identifikace problému přes vyjasnění cílů, vyhodnocení variantních řešení až po volbu varianty určené k realizaci. Rozhodování se nejčastěji používá při plánování, neboť jádro plánovacích procesů tvoří rozhodovací procesy. Hlavní podstatou rozhodovacího procesu je volba, tedy rozhodnutí, mezi dvěma a více variantami při rozhodování. [15] [16]

2.2.2 Proces rozhodování

Rozhodovacím procesem je myšlen proces výběru ze dvou a více variant řešení. Na kvalitě jeho rozhodnutí závisí úspěšnost následných činností podniku. Pro provádění rozhodování musí mít manažer dostatečné znalosti a dovednosti pro provádění rozhodování. Vybrání jedné z možných variant je výsledkem řešení daného problému. Pro rozhodování jsou především důležité informace, které poskytnou manažerovi informační základnu, ze které je poté schopen určit vývoj situace. [14]

Rozhodování lze rozdělit na tři základní fáze. Fáze vnímání informací o vzniku problému, které umožní pochopit počáteční stav a usoudit, co je zdrojem problému. Fáze poznávací pomáhá identifikovat vzájemné vztahy mezi jednotlivými složkami. Nakonec fáze vyhodnocení slouží k výběru nejvhodnější varianty. [14]

2.2.3 Cíle rozhodování

Cílem rozhodování je stav, kterého se má řešením rozhodovacího problému dosáhnout. Nejběžnějšími cíli bývá zvýšení výrobní kapacity, zvýšení produkce, zvýšení kvality výroby, získání nové technologie, proniknutí na nový trh, snížení procenta reklamací, snížení určitých nákladových položek, zvýšení zisku aj [16].

Pokud má rozhodování složitější charakter může se stanovit více cílů, které jsou v hierarchických anebo rovnocenných vztazích. Cíle se značí jako konfliktní a komplementární. V případě nutnosti dosažení dílčích cílů vyznačujících se vlastní komplementaritou, tedy vzájemným doplňováním a podporou, dochází například ke zvyšování kvality produkce, zkrácení dodacích lhůt a ke zvýšení pohotovostního servisu, což výrazně pomáhá k zvýšení prodejů a průniku na další trhy. [16]

2.3 Vícekriteriální rozhodování

Metody vícekriteriálního hodnocení se mají několik základních výhod. Jednou z hlavních předností je skutečnost, že rozhodovatel může posuzovat jednotlivé varianty z pohledu mnoha různých kritérií. Rozhodovatel však musí být schopen určit důležitost jednotlivých kritérií, které hodnotí. Důvod, proč je tato metoda často používána, je však především transparentnost rozhodovacího procesu a srozumitelnost jeho výsledku ve formě pořadí variant. [16]

V úlohách vícekriteriálního rozhodování máme určenou konečnou množinu n variant, které jsou ohodnoceny na základě m kritérií. Cílem je vybrat variantu, která je nejlépe ohodnocena podle daných kritérií. Nutnou a postačující podmínkou rozhodování je proces volby. Varianty lze klasifikovat různými způsoby, od nejlepší po nejhorší nebo na efektivní a neefektivní varianty. Pro vybrání vhodné metody vícekriteriálního hodnocení, musí být určeno, o čem máme rozhodovat, jaké cíle mají být splněny, z jakých hledisek rozhodujeme a časový horizont platnosti rozhodování. Obecně lze pro úspěšné rozhodnutí a výběr varianty stanovit tento postup: [15]

- stanovení rozhodovacího problému, jeho analýza a formulace,
- definování kritérií hodnocení,
- výběr metody stanovení vah kritérií,
- stanovení vah kritérií,
- výběr metody stanovení pořadí variant,
- stanovení pořadí variant,
- určení preferenčního pořadí variant.

2.3.1 Kritéria hodnocení

Kritéria hodnocení slouží k posouzení výhodnosti jednotlivých variant rozhodování. Nejčastěji se odvodí od cílů řešení, které se vyjadřují následujícími způsoby. Prvním je maximalizace, kdy dochází například ke zvýšení zisku, tržeb či rentability. Dále je minimalizace, tedy například snížením nákladů, ztrát z nekvalitní produkce a případně dosažením určitých hodnot těchto veličin, přičemž kritérii jsou například rentabilita, náklady aj.

Dle těchto cílů tedy každé kritérium klasifikujeme buď jako kritérium maximalizační nebo kritérium minimalizační. Maximalizační (výnosová) jsou taková, kdy nejlepší hodnota má nejvyšší hodnotu. Minimalizační (nákladová) jsou naopak ta, kdy je nejnižší hodnota tou nejlepší.

Vybraná kritéria by měla být jasně definovaná a odvozená od stanoveného cíle rozhodování, srozumitelná a měřitelná. Kritéria lze dále rozdělit na kvantitativní a kvalitativní. Kvantitativní jsou snadno měřitelná. Kvalitativní jsou většinou s obecnější náplní a jejich hodnoty lze vyjádřit pouze verbálně. Soubor měřených kritérií by měl být úplný, ale zároveň ne příliš obsáhlý. Měl by co nejpřesněji zachycovat vlastnosti hodnocených variant a také varianty hodnotit ze všech podstatných hledisek. [15]

2.3.2 Metody stanovení váhy důležitosti kritérií – Bodovací metoda

Vícekritériální rozhodování je založeno na stanovení vah k jednotlivým kritériím. Po vytvoření souboru kritérií se stanovuje jejich váha. Váha vyjadřuje významnost kritéria, čím větší důležitost kritéria, tím větší váha. Váhy jsou vyjádřeny číselně, kde číslo je výrazem důležitosti jednotlivých kritérií. Čím větší význam má některé, tím je jeho váha vyšší. Stanovení vah lze v manažerském rozhodování provést několika způsoby. Jednotlivé způsoby se od sebe liší především složitostí pro rozhodovatele. Jedná se o tyto metody: [15] [16]

- Metoda pořadí
- Metoda bodovací
- Metoda párového srovnání

Pro naše hodnocení byla zvolena bodovací z toho důvodu, že jednotlivá vybraná kritéria nelze vzájemně věcně srovnávat. Metoda bodovací je založena na bodovací stupnici, pomocí které každý expert ohodnotí jednotlivá kritéria. Vyšší hodnotu uděluje expert tomu kritériu, které je dle něj důležitější. Nejčastější škála bodování je od 1 do 10 a expert může udělit stejnou hodnotu i více kritériím. [14]

Dílčí hodnota r-tého kritéria podle e-tého experta je dána vztahem:

$$p_{er} = \frac{z_{er}}{\sum_{r=1}^s z_{er}}$$

Rovnice 1

pro $r = 1, 2, \dots, s$; kde s = počet kritérií

z_{er} = Hodnota dle bodovací stupnice přiřazena e-tým expertem r-tému kritériu.

Výsledná váha důležitosti r-tého kritéria podle všech vybraných expertů se určí pomocí vztahu

$$p_r = \frac{\sum_{e=1}^q p_{er}}{q}$$

Rovnice 2

pro $r = 1, 2, \dots, q$; kde q = počet expertů.

Metoda bodovací je na rozdíl od metody pořadí vhodná i pro větší počet kritérií. [14]

2.3.3 Metody agregace kritérií – Bazická metoda

Metody vícekritériálního hodnocení se snaží o agregaci kritérií pomocí transformací hodnot kritérií na bezrozměrnou aditivní veličinu. Výhodou agregace je především srozumitelnost pro běžného uživatele. Jsou vhodné pro hodnocení variant vzhledem k velkému souboru kvantitativních kritérií. Po agregaci lze poté sestavit pořadí variant, kde nejvýše ohodnocená varianta je variantou optimální. Jednotlivé metody stanovení hodnoty variant jsou: [16]

- Metoda váženého pořadí,
- Metoda založená na přímém stanovení dílčích ohodnocení,
- Metoda lineárních funkcí užitku
- Metoda bazické varianty

Při použití bazické varianty se uvažuje vždy jedna varianta základní (bazická). Metoda bazické varianty je založena na stanovení dílčích ohodnocení variant vzhledem k jednotlivým kritériím pomocí porovnání hodnot důsledků variant vždy s hodnotami bazické varianty. Vzhledem k použití momentálně používaného nástroje v rámci měření je tato metoda vhodná pro naše rozhodování. [14]

Porovnání t-té varianty se základní variantou z hlediska r-tého kritéria se provede u kritérií minimalizačních pomocí koeficientu

$$h_{tr} = \frac{H_{zr}}{H_{tr}}$$

Rovnice 3

a u kritérií maximalizačních pomocí koeficientu

$$h'_{tr} = \frac{H_{tr}}{H_{zr}}$$

Rovnice 4

pro $t = 1, 2, \dots, v$; $r = 1, 2, \dots, s$; $z \neq t$

kde H_{tr} ... hodnota r-tého kritéria, přiřazená t-té variantě,

H_{zr} ... hodnota r-tého kritéria, přiřazená základní variantě,

s ... počet kritérií, v ... počet variant.

Komplexní vyhodnocení variant dostaneme porovnáním vážených součtů, přičemž

$$w_t = \sum_{r=1}^s p_r * h_{tr}$$

Rovnice 5

pro $t = 1, 2, \dots, v$; $r = 1, 2, \dots, s$

kde p_r ... váha důležitosti r -tého kritéria, h_{tr} ... koeficient r -tého kritéria, přiřazený t -té variantě. [14]

2.4 Vyhodnocení ekonomických hledisek

Z povahy výroby je hlavní náklad ve výrobě spojený s nevyhovující kvalitou výrobku. Tento náklad se dá označit jako nepřímý fixní náklad s náhodnou složkou, specificky náklady na garanční opravy. Je totiž závislý na výměně nástroje, případně jeho opravy, ve výrobě. Měření prováděné v této bakalářské práci je kvůli své nákladné povaze a vysoké trvanlivosti nástroje tak specifické, že jej nelze přesněji kvantifikovat. Z těchto důvodů lze tedy uvažovat že nástroj, který bude dosahovat nejvyšší agregované hodnoty kritérií je zároveň nástrojem, který tvoří nejnižší náklady ve výrobě. [17]

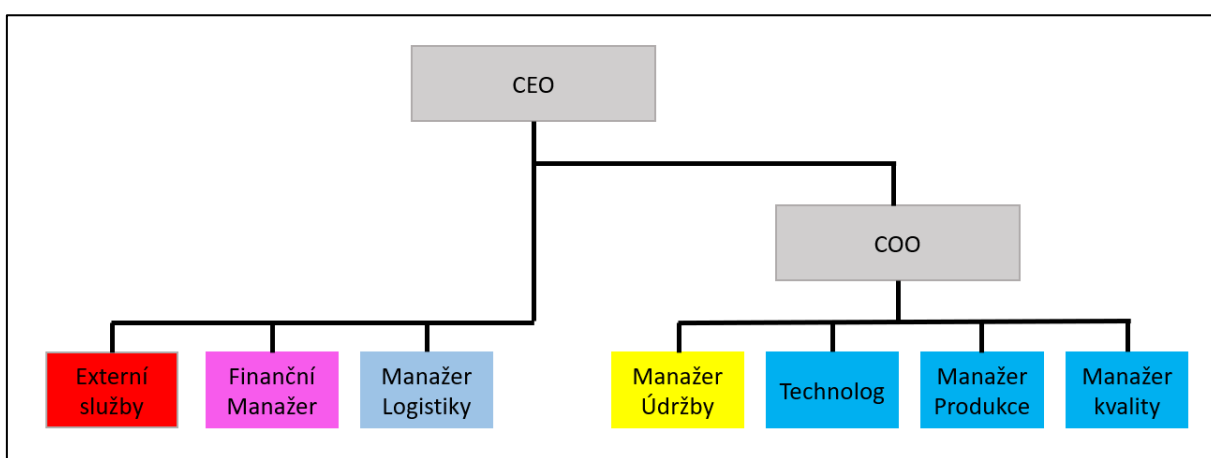
3. Analytická část

3.1 Charakteristika podniku

Firma Valsabbia Praha s.r.o. je zaměřena na výrobu a prodej kvalitní betonářské ocele pro stavební účely. Jedná se o mezinárodní koncern s výrobními závody v Česku a na Slovensku. Byla založena v roce 1996 pod obchodním názvem Ferostav Praha s.r.o. V roce 2005 byla společnost přejmenovaná podle své mateřské firmy na Valsabbia Praha s.r.o.

3.1.1 Základní údaje o podniku

Firma má momentálně 115 zaměstnanců a roční obrat 4 mld. Kč. Sídlo firmy se nachází v Kralupech nad Vltavou. Hlavními klienty firmy jsou stavební firmy z Německa, z tohoto důvodu se výroba řídí především německou normou DIN – 488. [18]



Obrázek 9 - Interní struktura firmy Valsabbia Praha s.r.o. (Zdroj: Valsabbia Praha s.r.o.)

3.2. Analýza současného stavu

V momentální situaci má firma Valsabbia Praha s.r.o. k dispozici určitý počet strojů pro výrobu betonářské ocele tvářením za studena. Výroba probíhá ve dvousměnném provozu, kdy je u každého stroje individuální obsluha. Na začátku a na konci směny je vždy provedena kontrola kvality na několika zkušebních tyčích. Přibližné množství vyrobené betonářské ocele se pohybuje v rozmezí 20 až 40 tun za směnu. Vyráběné rozměry výrobku jsou dle požadavku zákazníka a v závislosti na vstupním materiálu v průměrech 6 až 14 mm.

3.2.1 Identifikace stávajícího problému

Při některých zakázkových výroбах jsou při kontrolách koncovými zákazníky po zpracování výrobků zjištěny neodpovídající geometrické a mechanické parametry. Tento nesoulad oproti výsledkům naměřenými přímo ve výrobě je způsoben především kvůli manipulaci koncovým zákazníkem. Může se jednat o přílišné napnutí při narovnání, nebo nadměrné ohýbání žebrovaného drátu před měřením. Nicméně i po takové manipulaci by si měl výsledný drát udržet co nejlepší vlastnosti. Tyto nevyhovující parametry pak mají za následek nepoužitelnost celkové série vyrobené betonářské ocele. Při takto zjištěných nepřesnostech je výrobek následně neopravitelný a musí být dodána nově vyrobená zakázka.

Reklamované zakázky způsobují hned několik problémů ve výrobě a v rozpočtu firmy. Celá, nebo část zakázky musí být opakovaně vyráběna v předčasném termínu, což naruší termíny ostatní plánované výroby. Nadbytečná výroba také způsobuje firmě vznik nových nákladů z hlediska výroby, se kterými při zakázce nemuselo být původně počítáno. Při nedodržení smluvních podmínek a pozdnímu dodání může být firma také následně penalizována peněžitou formou.

Časté nedodržení kvality od výrobce může mít za následek zhoršení reputace firmy. To může způsobit i budoucí neprodloužení smluv se stávajícími klienty, nebo zhoršení cenových podmínek a vyjednávání smluv budoucích. S ohledem na specializaci výroby a veliké objemy jednotlivých zakázek je tedy velice důležité udržovat dlouhodobé dobré jméno firmy u stávajících klientů. Z hlediska vysoké konkurence a poměrné standardizaci výroby stavebních materiálů je jakýkoliv výkyv kvality nežádoucí.

3.2.2 Možné příčiny vzniklého problému

Přesné důvody vzniklých problému jsou těžko identifikovatelné z několika důvodů. Hlavním důvodem je vysoký počet faktorů, které ovlivňují výslednou kvalitu výrobku:

- 1) Vstupní materiál
- 2) Obsluha stroje
- 3) Používané profilové rolny
- 4) Manipulace zákazníkem

První faktor, vstupní materiál, má vliv na konečný tvar, jelikož dochází k určité variabilitě složení a velikostí průměru drátů v závislosti na momentální výrobě dodavatele. Kvůli počtu dodavatelů a objemu výroby je evidence a následná kontrola jednotlivých svitků těžko proveditelná. Používané množství svitků drátů ve výrobě komplikuje kontrolu dodržování správných rozměrových a chemických parametrů před použitím ve výrobě. Firma je tedy nucena se spoléhat na měření prováděna dodavateli. Vytvoření kontroly pro každou cívku by vyžadoval poměrně nákladné řešení. Bylo by potřeba vybudovat nové kontrolní stanice vybavené o potřebná měřící zařízení, najmout další zaměstnance pro toto nové stanoviště a také vytvořit novou formu evidence jednotlivých cívek ve výrobě. Nutnost zavedení nových kontrolních procesů ve výrobě pro kontrolu by značně prodloužila celkovou dobu výrobního procesu.

Druhým faktorem ve výrobě je obsluha stroje technikem. Správná kalibrace rolen je vždy upravována až v rámci výroby v závislosti na aktuálně používaném polotovaru. Právě vysoká nepředvídatelnost stavu výroby a nutná včasná reakce je v této části řízena operátorem, který by nemohl být nahrazen automatizací. Měření schopností jednotlivých techniků je již nyní prováděno v rámci začátku a konce směny. Vzhledem k variabilitě polotovarů a nevidování jednotlivých kalibrování v průběhu výroby by muselo dojít ke změně evidování obsluhy strojů. Takové měření je však těžko kvantifikovatelné, jelikož vždy reaguje primárně na současný stav výroby.

Třetí zásadní faktor jsou momentálně používané rolny. Aktuálně jsou používané rolny od stejného dodavatele po několik let výroby. Profilové rolny mají ze všech používaných nástrojů největší vliv na výsledný tvar betonářské ocele. Jejich možnost snadné vyměnitelnosti a možnost měření a porovnávání výsledků jednotlivých rolen ve výrobě z nich také dělají vhodnou volbu pro měření v experimentu.

Čtvrtý faktor ovlivňující výsledný tvar polotovaru je následná manipulace zákazníkem pro vlastní potřeby kontroly. I přes připomínky o vhodné manipulaci je tento faktor mimo vliv výrobce. Jedná se ovšem stále o faktor, který může způsobovat výsledné tvarové neshody s požadavky. Je tedy stále hlavní motivací pro dodržení co nejvyšší kvality ve výrobě.

3.2.3 Možnosti řešení

Momentálně je třeba identifikovat, který z faktorů má na výslednou výrobu nežádoucí vliv. V potaz se také musí brát, které faktory je ve výrobě momentálně možné změřit a upravit je s co nejmenšími zásahy do celkového chodu firmy. Dále je také nutné jednotlivé faktory a jejich možnost řešení identifikovat z hlediska náročnosti proveditelnosti. Výsledně je nutné jednotlivé identifikování problematického faktoru ve výrobě provádět v pořadí od časově a finančně méně náročných po nejnáročnější. Pokud bude zjištěno, že některé z méně nákladných řešení pozitivně zlepšilo kvalitu výroby a výsledný zákazník je s novou kvalitou výrobku spokojen, není pak následně nutné náročnější řešení provádět.

Z hlediska časové a logistické proveditelnosti a nákladnosti jsou jako nejjednodušší faktor na ověření používané profilové rolny. Z hlediska možností ve výrobě, kde je používaných několik výrobních linek je tedy možné zároveň zkusit vysoké množství rolen při stejných podmínkách pro limitování vlivu ostatních faktorů. Je ovšem nutné přesně identifikovat, které hodnoty mezi jednotlivými rolnami porovnávat a jakým způsobem jsme je schopni vyhodnotit. Hlavním problémem při tomto řešení bude nutnost snížení vlivu okolních faktorů, které stále mají vliv na kvalitu výroby.

Úprava obsluhy strojů je další v pořadí řešení z hlediska proveditelnosti. Momentální stav obsluhy stroje jednotlivými technikami je přímo spojena se schopnostmi jednotlivého technika a včasnými připomínkami z kontrolního stanoviště. Kalibrace rolen v přípravě na začátcích směny není evidovaná do podrobností. Probíhá pouze ve několikačetném upravování, dokud nejsou parametry výrobku vyhovující. V průběhu směny následně až na výjimky k dalším úpravám nedochází. Jednotlivá kalibrace rolen je tak závislá na momentálnímu stavu polotovaru a rolny. Z těchto důvodů není možné přípravy z jednotlivých směn srovnávat. Další otázkou k zohlednění je skutečnost, že jakákoliv manipulace se stroji znamená delší prostoje ve výrobě a je tedy nutné je držet na minimu. Kontrola vzorků v průběhu výroby

také probíhá s částečnou časovou prodlevou z důvodu stárnutí vzorků, není tedy možné okamžitě reagovat na změny geometrie ve výrobě. Pro kvantifikovatelné měření vlivu faktoru obsluhy by tedy bylo nutné upravit stávající evidenci a procesy a není momentálně přesně jasné které její vlastnosti mají negativní vliv na výrobu.

Časově i ekonomicky nejnáročnější na měření se dá považovat faktor vlivu vstupních polotovarů. Podrobnější evidence použitých polotovarů by vyžadovala reorganizaci logistiky a skladování ve výrobě. Jakákoliv nadměrná kontrola přesnosti drátů by následně znamenala vysoké finanční náklady z hlediska provozu a investice. Možnost požadování vyšších přesností od výrobce by také znamenala vyšší kupní cenu z hlediska nákladů ve výrobě. V neposlední odlišné průměry drátu vždy vytváří rozdílné výhody a nevýhody. Menší průměry drátů dosahují nižších hmotností konečného výrobků, ale zároveň horších geometrických a mechanických vlastností a naopak. Vyhodnocování faktorů vstupního materiálu způsobující negativní vliv výsledného výrobku se potýká jak s vysokým ekonomickým zásahem, tak také nejasností vyhodnocování.

3.2.4 Způsob měření

Po zhodnocení proveditelnosti a ekonomické náročnosti měření jednotlivých faktorů byla zvolena strategie revize aktuálně používaných rolén v porovnání s jinými rolénami na trhu. Zvolený průměr výrobku pro měření je betonářská ocel o průměru 8 mm. Metodika měření probíhala umístěním individuálních rolén od odlišných dodavatelů do výrobních strojů. Pro snížení okolních vlivů teploty a počasí probíhala výroba na jednotlivých pracovištích současně. Pro zajištění co nejmenšího ovlivnění měření ostatními faktory ve výrobě jednotlivé pracovní směny pracovaly střídavě na každém pracovišti po celou dobu měření. Dále byl na všech zařízeních používán polotovar o stejných rozměrech od stejného dodavatele ze stejné série.

3.3 Vícekriteriální rozhodování volby nového nástroje

Vzhledem k nesčetnému množství měřitelných kritérií ve výrobě byla určena pro volbu nového nástroje ve výrobě metoda vícekriteriálního rozhodování. Měřená kritéria jsou následující: Cena, doba dodání, třída materiálu, doba trvanlivosti nástroje, průměrná hodnota výšky žebírka, průměrná odchylka výšky žebírka, průměrná hmotnost vzorku, a průměrná mez kluzu.

3.3.1 Kritéria získaná měřením

Následná kritéria jsou získaná průběžným měřením v rámci výroby. Všechna tato kritéria mohou ovlivňovat kvalitu výrobku a efektivitu výroby, ale jejich nákladová kvantifikace je obtížná.

- Doba trvanlivosti nástroje se měří v tunách vyrobeného materiálu, než musí být rolna vyměněna a přesunuta na servisní prohlídku a přebroušení. Moment kdy se rolna musí vyměnit se vždy určuje v okamžiku, kdy některý z požadovaných mechanických a geometrických parametrů již neodpovídá požadované úrovni. Toto kritérium mohu uvést jako příklad kde lze těžko provést nákladovou kvantifikaci.
- Průměrná velikost výšky žebírka je vždy brána z průměru tří testovaných vzorků a měřen dle požadavků normy v milimetrech.
- Průměrná odchylka výšky žebírka je v milimetrech vypočítána za celou dobu výroby, ve kterém je daná rolna používána.
- Hmotnost je změřena v gramech z průměru tří testovaných vzorků pomocí váhy.
- Mez Kluzu je klíčová, jelikož v závislosti na její hodnotě jsou počítána a navrhována výsledná konstrukční řešení železobetonových staveb. Vliv na její výslednou hodnotu má především tvar, metoda zpracování a vstupní materiál výrobku. [10]

3.3.2 Další možná kritéria

Před objednáním rolen pro testování se musela stanovit další kritéria pro volbu vhodných nástrojů. Hlavním přípustným kritériem pro volbu nových dodavatelů rolen, které však není použito ve vícekritériálním rozhodování je splňování požadovaných norem. Dalším požadavkem je schopnost vytvoření rolny se specifickým rozestupem jednotlivých vrypů, díky kterým je možné vytrasovat výsledný výrobek k individuálním dodavatelům stavebního materiálu.

Další kritéria, která jsou zároveň použita i při měření, jsou: cena, doba dodání a použitý materiál.

- Cenou je myšlena cena pořizovací. V této ceně je zahrnuta jak nákupní cena, tak náklady související s pořízením nástroje. Z důvodu nákupu ze zahraničí bude používanou jednotkou měny euro.
- Doba dodání je měřena v týdnech. Je podstatné, aby se na dodání nástrojů nečekalo několik měsíců, což při vytížení výroby není tolerovatelné.
- Materiál je hodnocen dle třídy procentuálního hmotnostního podílu karbidu wolframu a kobaltu.

3.3.3 Stanovení váhy důležitosti měřených kritérií

Pro spravedlivé stanovení váhy důležitosti měřených kritérií bylo vybráno 5 expertů z různých oblastí podniku. Experti byli především z oblasti výroby, kontroly kvality, údržby a finančního oddělení pro získání co nejvíce úhlů pohledu a tím pádem nejobektivnější vyhodnocení váhy důležitosti jednotlivých variant. Pro hodnocení byla určena bodovací metoda pro svou jednoduchost hodnocení a vysoký počet kritérií. Zároveň je každý expert schopen dle vlastních preferencí přidělit váhu jednotlivým kritériím. Zvolená stupnice byla od 1-10 bodů, aby nastínila přiměřeně rozdílnost vzájemné váhy důležitosti jednotlivých kritérií.

Expert	Kritérium								Z _{er}
	Cena	Doba dodání	Třída materiálu	Trvanlivost	Průměrná výška žebírka	Průměrná odchylka výšky žebírka	Průměrná Hmotnost vzorku	Průměrná Mez kluzu vzorku	
E ₁	8	6	3	9	6	7	7	8	54
E ₂	2	3	5	9	7	8	6	8	48
E ₃	2	4	4	10	8	9	5	8	50
E ₄	2	5	4	10	9	7	6	7	50
E ₅	3	3	5	8	8	9	5	9	50

Tabulka 4 Ohodnocení kritérií experty v bodovací metodě.

Jednotlivá bodová ohodnocení kritéria jsou podělena celkovým počtem bodů, které daný expert udělil. Po tomto přepočtu dostáváme normovanou hodnotu jednotlivých kritérií. Po vypočtení průměrné normované hodnoty pro každé kritérium jsme následně určili jejich pořadí důležitosti.

Expert	Kritérium								i
	Cena	Doba dodání	Třída materiálu	Trvanlivost	Průměrná výška žebírka	Průměrná odchylka výšky žebírka	Průměrná Hmotnost vzorku	Průměrná Mez kluzu vzorku	
E ₁	0,1481	0,1111	0,0556	0,1667	0,1111	0,1296	0,1296	0,1481	1,000
E ₂	0,0417	0,0625	0,1042	0,1875	0,1458	0,1667	0,1250	0,1667	1,000
E ₃	0,0400	0,0800	0,0800	0,2000	0,1600	0,1800	0,1000	0,1600	1,000
E ₄	0,0400	0,1000	0,0800	0,2000	0,1800	0,1400	0,1200	0,1400	1,000
E ₅	0,0600	0,0600	0,1000	0,1600	0,1600	0,1800	0,1000	0,1800	1,000
P _r	0,0660	0,0827	0,0839	0,1828	0,1514	0,1593	0,1149	0,1590	1,000
Pořadí kritérií	8	6	7	1	4	2	5	3	

Tabulka 5 Stanovení váhy důležitosti kritérií bodovací metodou.

Z přepočtených hodnot lze určit jako nejdůležitější měřené kritérium trvanlivost. Toto kritérium je zásadní především z nákladového hlediska ve výrobě, kdy kratší trvanlivost stroje znamená následný nárůst zejména fixních nákladů z důvodu výměny nástroje a s tím spojeným zastavením výroby. Následující tři kritéria: průměrná odchylka výšky žebírka, průměrná mez kluzu,

průměrná výška žebírka, mají velmi podobnou váhu důležitosti. Jedná se o kritéria, která jsou nejvíce ovlivnitelná tvarem rolny a průběhem výroby. Nejnižší úroveň důležitosti mají všechna přípustná kritéria, což je pochopitelné vzhledem k jejich předpokládanému nízkému vlivu na kvalitu výroby.

3.3.4 Průběh měření

Pro dané měření byly ve výsledku zvoleny rolny od následujících dodavatelů (na žádost výrobce nejsou uvedeny konkrétní názvy dodavatelů):

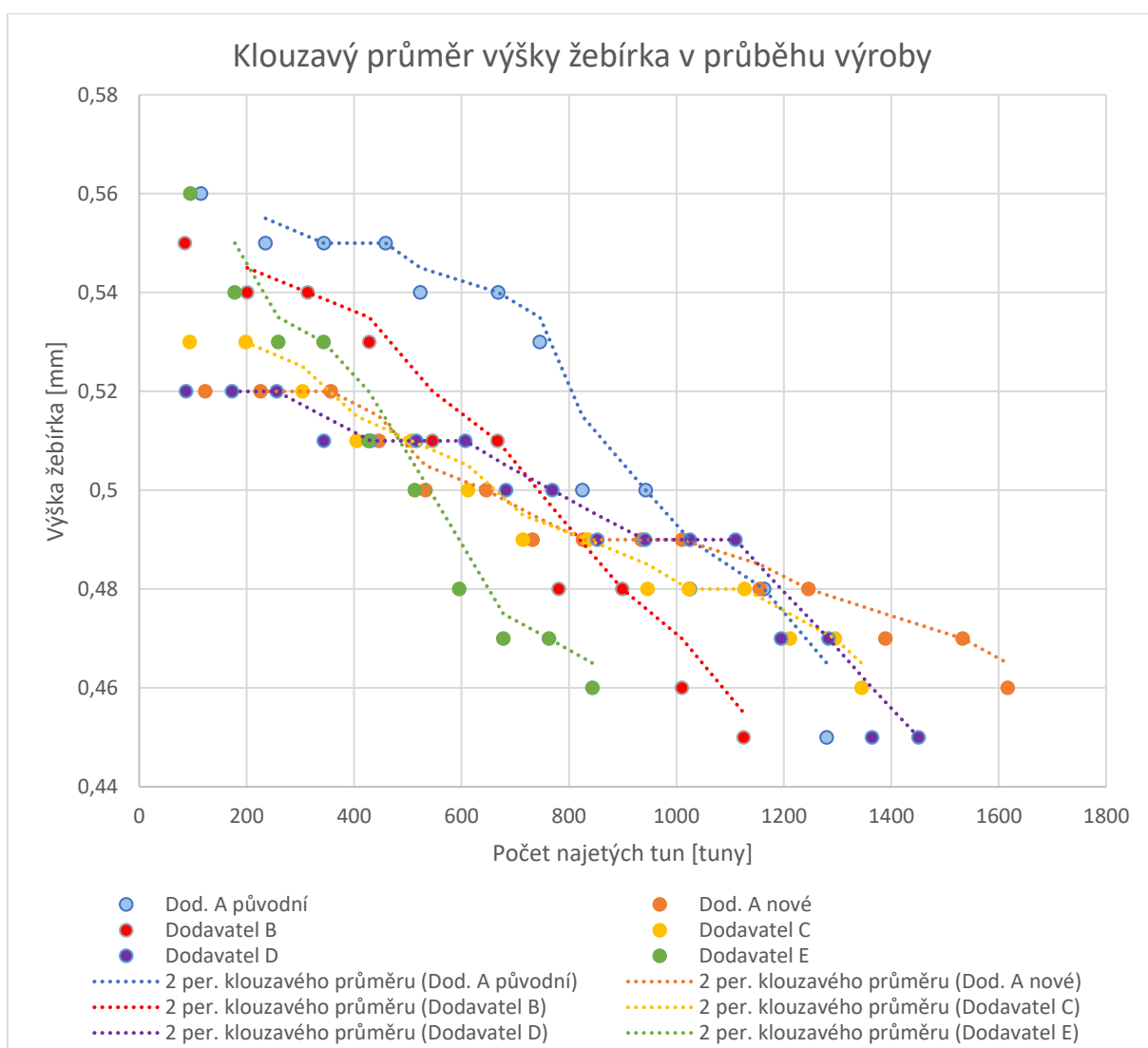
- Dodavatel A, v současnosti používaný dodavatel sídlící v Německu. Pro porovnání v experimentu byly použity rolny původního tvaru a také jejich nově vyvíjené.
- Dodavatel B Italská firma existující 30 let na trhu vyrábějící technologická řešení a nástroje na zpracování ocelových drátů.
- Dodavatel C. Firma ze severní Itálie založena v roce 1987. Firma se po celou svou dobu existence zaměřuje především na výrobu rolen.
- Dodavatel D. Německá firma zaměřující se na výrobu kontejnerů, polic a specializovaných nástrojů.
- Dodavatel E. Firma sídlící v Číně, která sama oslovila výrobní firmu pro navázání spolupráce. Jejich rolny zaujaly především kvůli své nižší ceně oproti ostatním.

Po úvodním osazení probíhala výroba, dokud vzorky v některém parametru nepřestaly vyhovovat normám. V průběhu výroby byly rolny kalibrovány jako při běžném provozu, aby jejich trvanlivost zůstala co nejdelší. Zastavení výroby na dané rolně bylo vždy ovlivněno postupnou klesající výškou žebírka, které již ani po kalibraci stroje nevyhovovalo požadované kvalitě. Po vyjmutí byly všechny rolny značně opotřebené ale po přebroušení a servisní kontrole vyhodnoceny, že by mohli být ještě opětovně využity ve výrobě.

Měření geometrie a hmotnosti probíhalo na začátku a na konci každé směny, ale tahové zkoušky byly prováděny pouze přibližně po sto tunách výroby.

Ukázka naměřených dat v proto obsahuje pouze ta data, při kterých byly provedeny všechny zkoušky kvality dohromady (viz. Obrázek 10).

Nastavované úvodní výšky žebírka jsou odlišné pro každou rolnu z důvodu odlišné celkové geometrie každého výrobce, kdy je výsledný tvar závislý na celkovém tvaru rolny. Delší životnost měli rolny s menší úvodní výškou žebírka. Rychlost opotřebení začala ve většině případů mírně narůstat ke konci životnosti rolny, z čehož lze vyvodit, že využitelná data o dlouhodobé kvalitě jednotlivých rolen lze skutečně určit pouze při dlouhodobém testování ve výrobě.



Obrázek 10 Klouzavý průměr výšky žebírka v průběhu výroby. (Zdroj: Vlastní tvorba.)

3.3.5 Hodnocení – propočty jednotlivých variant

Výsledné měření nám poskytlo následující údaje zobrazené v tabulce. Z důvodu množství hodnot a identickým postupům při výrobě byla pro srovnání zvolena bazická metoda. Jak již bylo uvedeno v teoretické části nástroj, dosahující nejvyšší agregované hodnoty kritérií je zároveň nástrojem, s nejnižšími náklady ve výrobě. A to z toho důvodu, že kvůli povaze výroby jsou s ní spojené náklady závislé téměř zcela na měřených parametrech betonářské ocele.

Varianta	Kritérium							
	Cena [EUR]	Doba dodání [týdny]	Třída materiálu	Tvrzlivost [tuny]	Průměrná výška žebírka [mm]	Průměrná odchyška výšky žebírka [mm]	Průměrná Hmotnost vzorku [g]	Průměrná Mez kluzu vzorku [N/mm ²]
Dod. A původní	750	2	1	1280	0,519	0,031	154,69	579,85
Dod. A nové	750	2	1	1617	0,493	0,015	156,08	583,35
Dodavatel B	606	3	2	1125	0,505	0,030	154,84	583,46
Dodavatel C	720	4	1	1345	0,494	0,019	154,59	582,27
Dodavatel D	700	3	1	1451	0,494	0,018	153,63	588,43
Dodavatel E	520	8	3	844	0,505	0,029	152,37	571,34

Tabulka 6 Vstupní údaje pro výběr vhodné varianty.

Jako základní varianta pro srovnání variant bazickou metodou byla zvolena testovací sada původních rolen od dodavatele A. Slouží jako původní varianta, se kterou má podnik nejvíce zkušeností. Při srovnání bude tedy jasné nejen výsledné pořadí, ale také které varianty a o jaké množství jsou lepší, či horší než původní varianta použitá ve výrobě.

Varianta	Kritérium							
	Cena [EUR]	Doba dodání [týdny]	Třída materiálu	Trvanlivost [tuny]	Průměrná výška žebírka [mm]	Průměrná odchylka výšky žebírka [mm]	Průměrná Hmotnost vzorku [g]	Průměrná Mez kluzu vzorku [N/mm ²]
Dod. A původní	750	2	1	1280	0,519	0,031	154,69	579,85

Tabulka 7 Stanovení základní varianty.

Za použití základní varianty jsme provedli přepočty na koeficient jednotlivých kritérií v závislosti na tom, zda se jedná o maximalizační, či minimalizační kritérium. Mezi maximalizačními kritérii bude: trvanlivost, průměrná výška žebra a průměrná mez kluzu. Minimalizační kritéria pak budou: cena, doba dodání, třída materiálu, průměrná odchylka výšky žebra a průměrná hmotnost vzorku.

Varianta	Hodnoty koeficientů jednotlivých kritérií							
	Cena	Doba dodání	Třída materiálu	Trvanlivost	Průměrná výška žebírka	Průměrná odchylka výšky žebírka	Průměrná Hmotnost vzorku	Průměrná Mez kluzu vzorku
Dod. A původní	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Dod. A nové	1,000	1,000	1,000	1,263	0,949	2,038	0,991	1,006
Dodavatel B	1,238	0,667	0,500	0,879	0,973	1,032	0,999	1,006
Dodavatel C	1,042	0,500	1,000	1,051	0,952	1,615	1,001	1,004
Dodavatel D	1,071	0,667	1,000	1,134	0,952	1,721	1,007	1,015
Dodavatel E	1,442	0,250	0,333	0,659	0,973	1,068	1,015	0,985

Tabulka 8 Stanovení hodnot koeficientů jednotlivých kritérií.

Při přepočtu dle váhy důležitosti jednotlivých kritérií získáme součtem výsledné agregované kritérium pro každou variantu. Varianta s nejvyšší hodnotou agregovaného kritéria lze následně považovat za nejlepší v pořadí.

Varianta	Hodnoty koeficientů kritérií se zahrnutím váhy důležitosti									Výsledné pořadí
	Cena	Doba dodání	Třída materiálu	Trvanlivost	Průměrná výška žebírka	Průměrná odchylka výšky žebírka	Průměrná Hmotnost vzorku	Průměrná Mez kluzu vzorku	Agregované kritérium w_t	
Dod. A původní	0,066	0,083	0,084	0,183	0,151	0,159	0,115	0,159	1,000	4
Dod. A nové	0,066	0,083	0,084	0,231	0,144	0,325	0,114	0,160	1,206	1
Dodavatel B	0,082	0,055	0,042	0,161	0,147	0,164	0,115	0,160	0,926	5
Dodavatel C	0,069	0,041	0,084	0,192	0,144	0,257	0,115	0,160	1,062	3
Dodavatel D	0,071	0,055	0,084	0,207	0,144	0,274	0,116	0,161	1,112	2
Dodavatel E	0,095	0,021	0,028	0,121	0,147	0,170	0,117	0,157	0,855	6

Tabulka 9 Určení agregovaného kritéria a výsledného pořadí variant.

3.3.6 Komentář k pořadí výsledků

Z naměřených údajů lze usoudit, že tři rolny měly celkově lepší výsledek než rolna momentálně používaná. Za jasně nejlepší variantu pro použití ve výrobě lze považovat nově vyvinutou rolnu od stávajícího dodavatele A. Rolny od dodavatele D se umístili na celkovém druhém pořadí. Obě zmíněné rolny oproti původní dosahují lepších hodnot v oblasti trvanlivosti a průměrné odchylce výšky žebírka.

Rolny od dodavatele C dosáhly velmi podobných výsledků jako původní rolny od dodavatele A. Zbývající rolny od dodavatelů B a E se umístili v rámci měření na posledních dvou pozicích.

Velmi podobné jsou si všechny měřené rolny v ohledu průměrné hmotnosti a průměrné mezi kluzu měřených zkušebních tyčí. Pro budoucí měření navrhuji tato kritéria z hodnocení vypustit.

4. Implementace výsledků

Z měřených výsledků lze vyhodnotit, že betonářská ocel vyrobená pomocí nových rolen od dodavatele A a rolen od dodavatele B bude dosahovat celkové nejlepší kvality. Bylo by vhodné tyto nástroje dále používat pro další zkoušení a zároveň zaslat zkušební vzorky z jejich výroby dodavatelům pro další vyhodnocení. Návrh řešení přímo vyplývá z výsledků vícekriteriálního rozhodování provedeného v analytické části.

4.1 Návrh řešení

Jak bylo již uvedeno z vícekriteriálního rozhodování vychází nejlépe varianta nových rolen od dodavatele A. Především výsledky v měřených kritériích trvanlivosti a průměrné odchylky výšky žebírka z nich dělají optimální volbu pro dlouhodobější výrobu. Výsledkem vícekriteriálního rozhodování není pouze nejlepší varianta, ale také získané pořadí včetně rozdílu hodnocení mezi jednotlivými variantami.

Pro rolny vybrané pro použití ve výrobě, je vhodné dále vyhodnocovat výsledky především po dlouhodobém používání a srovnávání případných odlišností. Ze zkušeností od zákazníků lze dále zahrnout některé jejich poznatky do oblasti kritérií ve vícekriteriálním rozhodování. Může se jednat jak o jejich vlastní měřená data, nebo na základě jejich připomínek zvolit odlišná kritéria pro hodnocení.

Po proběhnutí experimentu a zpětné vazbě od zákazníka se také bodování jednotlivých expertů může měnit a průběžně aktualizovat do hodnocení. Při přetrvávajících nevyhovujících parametrech výroby betonářské ocele je třeba se pokusit hledat řešení v jiných faktorech ovlivňujících výrobu

4.2 Využití metodiky do budoucna

Tato použitá metoda vícekriteriálního rozhodování může být i nadále použita jako metoda manažerského rozhodování v dalších oblastech firmy. Rozhodně ji lze dlouhodoběji používat pro vyhodnocení rolen po opětovném použití. Díky ukládání výsledků v digitální podobě lze provádět vícekriteriální hodnocení pro různé rozhodovací problémy s různými počty kritérií i variant.

Vícekriteriální rozhodování může být dále použito při příštím testování nových nástrojů v jiných oblastech výroby, nebo jako manažerské rozhodování v dalších oblastech podniku, kde je třeba aby byl výsledek srozumitelný všem a zároveň nad řešením volby nepanuje jednohlasná shoda.

5 Závěr

Domnívám se, že zadání mé bakalářské práce bylo splněno. Hlavním úkolem bylo zlepšit kvalitu výroby betonářské ocele ve společnosti Valsabbia Praha s.r.o. Pomocí manažerského rozhodování bylo identifikováno několik možných faktorů, které negativně ovlivňují kvalitu výroby. Z hlediska ekonomické proveditelnosti a možnosti kvantifikování měřených dat byl zvolen pro vyhodnocení faktor používaného nástroje, profilových rolen.

Cílem bakalářské práce bylo pomocí vícekriteriálního rozhodování z několika variant rolen vybrat optimální volbu. Pro toto měření byla zvolena kritéria, které mají vliv na rozhodování volby a výslednou kvalitu výrobku. Díky udělení váhy důležitosti jednotlivým kritériím bodovací metodou a následnému přepočtu pomocí bazické metody bylo vícekriteriální rozhodování možné použít. Hlavním přínosem práce je zhodnocení a srovnání jednotlivých variant po celou dobu trvanlivosti jednotlivých rolen. V průběhu hledání zdrojů pro tuto práci jsem osobně nenarazil na žádná veřejná data, která by provedla podobné měření v takovém měřítku. Vysoká výdrž rolen a množství potřebného materiálu pro takový experiment dělá z tohoto vyhodnocení unikátní situaci. Vícekriteriální rozhodování úspěšně umožnilo zvolit nový nástroj ve výrobě.

Pro budoucí vyhodnocování je potřeba provádět měření nástrojů v dlouhodobějším období. Na základě zpětné vazby od zákazníků je možné upravovat hodnoty jednotlivých kritérií, nebo také některá kritéria nahradit novými.

Seznam Obrázků

Obrázek 1 - Vstupní polotovary pro výrobu betonářské ocele. (Zdroj: Vlastní tvorba.).....	9
Obrázek 2 - Schéma měřených geometrických parametrů žebírek. (Zdroj: EN ISO 15630-1:2002) [3].....	10
Obrázek 3 - Schéma uložení rolen v kalibrovací stoličce 2. (Zdroj: Servisní manuál) [8].....	12
Obrázek 4 - Snímací zařízení. (Zdroj: Vlastní tvorba.).....	14
Obrázek 5 - Schéma výšky příčných žebírek. (Zdroj: EN ISO 15630-1:2002) [3].....	15
Obrázek 6 - Měřicí zařízení pro zkoušku tahem. (Zdroj: Vlastní tvorba.)	17
Obrázek 7 Ukázka individuálních rozestupů žebírek. (Zdroj: EN ISO 15630-1:2002:) [3].....	19
Obrázek 8 Uložení rolen v technické místnosti. (Zdroj: Vlastní tvorba.).....	19
Obrázek 9 - Interní struktura firmy Valsabbia Praha s.r.o. (Zdroj: Valsabbia Praha s.r.o.).....	28
Obrázek 10 Klouzavý průměr výšky žebírka v průběhu výroby. (Zdroj: Vlastní tvorba.).....	38

Seznam tabulek

Tabulka 1 Výstupní tabulka po měření geometrických parametrů zkušební tyče. (Zdroj: Valsabbia Praha s.r.o.).....	16
Tabulka 2 Výstupní tabulka po měření tahovou zkouškou. (Zdroj: Valsabbia Praha s.r.o.).....	16
Tabulka 3 Třídy rolen dle složení. (Zdroj: http://www.deemrolls.com/products/tungsten-carbide-rolls/) [10]	18
Tabulka 4 Ohodnocení kritérií experty v bodovací metodě.....	36
Tabulka 5 Stanovení váhy důležitosti kritérií bodovací metodou.	36
Tabulka 6 Vstupní údaje pro výběr vhodné varianty.....	39
Tabulka 7 Stanovení základní varianty.....	40
Tabulka 8 Stanovení hodnot koeficientů jednotlivých kritérií.....	40
Tabulka 9 Určení agregovaného kritéria a výsledného pořadí variant.	41

Citovaná literatura

- [1] gla, „Objem hypoték byl loni rekordní. Průměrná úroková sazba v prosinci dál klesla,“ 20 Leden 2021. [Online]. Available: <https://ct24.ceskatelevize.cz/domaci/3257384-objem-hypotek-byl-loni-rekordni-prumerna-urokova-sazba-v-prosinci-dal-klesla>.
- [2] L. Svoboda, *Stavební hmoty*, Praha: Vlastní vydání, 2018.
- [3] *EN ISO 15630-1*, 2002.
- [4] I. S. Zrza, „Způsoby výroby betonářské výztuže a problematika jejího svařování,“ 25 2 2019. [Online]. Available: <https://stavba.tzb-info.cz/beton-malty-omitky/18686-zpusoby-vyroby-betonarske-vyztuze-a-problematika-jejeho-svarovani-1-cast>.
- [5] J. Suchánek, *Erozivní opotřebení materiálů. 1. Vyd.*, Praha: Nakladatelství ČVUT, 2014.
- [6] Valsabbia Praha s.r.o., *Instruction Manual no. 9701*, 1997.
- [7] Valsabbia Praha s.r.o., *Rolling Unit Mod. LAM-ZT12 Use and maintenance handbook*, 2006.
- [8] P. I. J. Studnička DrSc., *Ocelové konstrukce*, Praha: Nakladatelství ČVUT, 2004.
- [9] D. R.-T. Limited, „Tungsten Carbide Rolls,“ 2010. [Online]. Available: <http://www.deemrolls.com/products/tungsten-carbide-rolls/>.
- [10] K. Macek, *Strojírenské materiály*, Praha: Vydavatelství ČVUT, 2003.
- [11] K. Macek, *Kovové materiály. Vyd. 1.*, Praha: nakladatelství ČVUT, 2006.
- [12] M. Vocel a V. Dufek, *Tření a opotřebení strojních součástí*, Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1976.

- [13] L. Blažek, Management - Organizování, rozhodování, ovlivňování, Praha: Grada publishing, 2011.
- [14] V. Žáček, Management Podniku, Praha: Nakladatelství ČVUT, 2009.
- [15] J. Křupka, M. Kašparová a M. Renáta, *Rozhodovací procesy*, Pardubice: Univerzita Pardubice, 2012.
- [16] J. Fotr, L. Švecová a a. kolektiv, *Mnažerské rozhodování*, Praha: Ekopress s.r.o., 2016.
- [17] E. M. W. C. P. K. William G. Sullivan, Engineering Economy Sixteenth Edition, Pearson, 2015.
- [18] Valsabbia Praha s.ro., „Valsabbia,“ [Online]. Available: <https://valsabbia.cz/>.