

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE
FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ
KATEDRA APLIKOVANÉ EKOLOGIE



Česká zemědělská
univerzita v Praze

KOMPARACE PŘÍSTUPŮ K VYUŽITÍ
NÁKLADOVÉHO ÚČETNICTVÍ MATERIÁLOVÝCH
TOKŮ A PRAKTICKÁ APLIKACE U VYBRANÉHO
PODNIKU

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Vedoucí práce: doc. Ing. Miroslav Hájek, Ph.D.

Diplomant: Bc. Tomáš Naňák

2022

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Tomáš Naňák

Regionální environmentální správa

Název práce

Komparace přístupů k využití nákladového účetnictví materiálových toků a praktická aplikace u vybraného podniku

Název anglicky

Comparison of approaches to the use of material flow cost accounting and practical application in a selected company

Cíle práce

Cílem práce je popsat současné přístupy k využití nákladového účetnictví materiálových toků (NÚMT), jejich komparace dle stanovených kritérií a navržení konkrétního metodického postupu pro zavedení NÚMT ve zvoleném podniku. Výsledná komparace by měla sloužit k rozhodování o zavádění NÚMT a praktickému využití na podnikové úrovni.

Metodika

Metodika bude vycházet z posouzení používaných metodických postupů k zavádění NÚMT. Po zhodnocení a porovnání jednotlivých metodických přístupů bude doporučen a následně aplikován návrh metodiky NÚMT ve vybrané firmě. Při praktické aplikaci bude kladen důraz na přínosy pro management podniku. V diskusi budou posouzeny teoretické přístupy k zavádění NÚMT, jeho přínosy a možnosti širšího využití v ČR.

Harmonogram:

prosinec 2021 – literární rešerše a hodnocení používaných metodik NÚMT

leden 2022 – komparace metodik, a stanovení postupu pro praktickou aplikaci

únor 2022 – praktické využití ve vybraném podniku a formulace diskuse

březen 2022 – dokončení diplomové práce

Doporučený rozsah práce

Minimálně 50 normovaných stran textu bez příloh

Klíčová slova

Environmentální účetnictví; manažerské účetnictví; materiálové toky; nákladové účetnictví; ISO 14051

Doporučené zdroje informací

- ČSN EN ISO 14051: Environmentální management – Nákladové účetnictví materiálových toků – Obecný rámec. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2013.
- HYRŠLOVÁ, J. – BEDNAŘÍKOVÁ, M. – HÁJEK, M. Material Flow Cost Accounting – “only” a Tool of Environmental Management or Tool for the Optimization of Corporate Production Processes? Scientific Papers of the University of Pardubice, 2008, Series A, 14, 131-145.
- HYRŠLOVÁ J. – VANĚČEK V. Manažerské účetnictví pro potřeby environmentálního řízení: (environmentální manažerské účetnictví). Praha: Ministerstvo životního prostředí, 2003. ISBN 80-7212-227-4.
- JASH, C. Environmental and Material Flow Cost Accounting: Principles and procedures. Heidelberg: Springer Netherlands, 2009. ISBN 1402090366.
- KRÁL, B. *Manažerské účetnictví*. Praha: Management Press, 2010. ISBN 978-80-7261-217-8.
- NAKAJIMA M. The New Management Accounting Field Established by Material Flow Cost Accounting (MFCA). Kansai University Review of Business and Commerce, 2006.
- ROSOCHATECKÁ, E. – ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE. PROVOZNĚ EKONOMICKÁ FAKULTA. *Ekonomika podniků*. Praha: Česká zemědělská univerzita, 2014. ISBN 9788021325029.

Předběžný termín obhajoby

2021/22 LS – FZP

Vedoucí práce

doc. Ing. Miroslav Hájek, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra lesnické a dřevařské ekonomiky

Elektronicky schváleno dne 25. 1. 2022

Ing. Roman Dudík, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 1. 2. 2022

prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

Děkan

V Praze dne 26. 03. 2022

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou prací na téma: „Komparace přístupů k využití nákladového účetnictví materiálových toků a praktická aplikace u vybraného podniku“ vypracoval samostatně a citoval jsem všechny informační zdroje, které jsem v práci použil a které jsem rovněž uvedl na konci práce v seznamu použitých informačních zdrojů.

Jsem si vědom, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla.

Jsem si vědom, že odevzdáním diplomové práce souhlasím s jejím zveřejněním podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby.

Svým podpisem rovněž prohlašuji, že elektronická verze práce je totožná s verzí tištěnou a že s údaji uvedenými v práci bylo nakládáno v souvislosti s GDPR.

V dne

.....

(podpis autora práce)

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji vedoucímu diplomové práce doc. Ing. Miroslavu Hájkovi, Ph.D. za vstřícnost, připomínky a cenné rady. Dále děkuji své rodině za podporu a trpělivost.

ABSTRAKT

Účetnictví materiálových toků (NÚMT) je jedním z klíčových nástrojů environmentálního manažerského účetnictví (EMA). Jeho cílem je zlepšit materiálovou efektivitu a snížit materiálové ztráty podrobným studováním materiálových a energetických toků. Efektivním využíváním zdrojů snižovat objem produkováných odpadů a tím zmírnit negativní dopady firemních činností na životní prostředí.

Práce dále představuje aplikaci metody NÚMT ve vybraném podniku od popsání metodického postupu, přes sledování výrobního procesu až po konečné výpočty. Při praktické aplikaci byl kladen důraz především na materiálové a energetické využití zdrojů.

Na základě získaných výsledků lze eliminovat nebo zmírnit nedostatky technologických postupů, zvýšit ekonomickou efektivnost výrobních procesů a zároveň snížit dopady na životní prostředí.

Klíčová slova: Environmentální účetnictví; manažerské účetnictví; materiálové toky; nákladové účetnictví; ISO 14051

ABSTRACT

Material flow accounting Accounting (MFCA) is one of the key tools of environmental management accounting (EMA). Its goal is to improve material efficiency and reduce material losses by studying material and energy flows in detail. Reduce the volume of produced waste by efficient use of resources and thus mitigate the negative impacts of company activities on the environment.

The work also presents the application of the NÚMT method in a selected company from the description of the methodological procedure, through the monitoring of the production process to the final calculations. In practical application, emphasis was placed primarily on the material and energy use of resources.

Based on the obtained results, it is possible to eliminate or mitigate the shortcomings of technological processes, increase the economic efficiency of production processes and at the same time reduce the impact on the environment.

Key words: Environmental accounting; managerial accounting; material flows; cost accounting; ISO 14051

OBSAH

1	ÚVOD.....	1
2	CÍLE PRÁCE.....	2
3	LITERÁRNÍ REŠERŠE	3
3.1	Environmentální manažerské účetnictví - EMA	3
3.2	Nákladové účetnictví materiálůvých – NÚMT	5
3.2.1	Historie a vývoj metody	5
3.2.2	Proces NÚMT	9
3.3	Základní prvky NÚMT.....	11
3.3.1	Kvantitativní středisko	11
3.3.2	Materiálová bilance.....	11
3.3.3	Kalkulace nákladů a jejich rozdělení	12
3.4	Rozdíl mezi NÚMT a konvenčním nákladovým účetnictvím.....	15
4	METODIKA	16
4.1	Porovnání metod environmentálního managementu	16
4.2	Možnosti přístupů k NÚMT	19
4.3	Představení společnosti	21
4.4	Popis výrobního procesu	21
4.5	Navržený postup implementace NÚMT.....	23
4.6	Výpočet NÚMT	27
4.6.1	Příprava stříhů	27
4.6.2	Pokládka.....	31
4.6.3	Vytvrzování.....	35
4.6.4	Frézování, odjehlení, lepení	39
4.6.5	Broušení, lakování, leštění	43
5	VÝSLEDKY	48
5.1	Výsledná kalkulace NÚMT	48
5.2	Doporučená opatření	53
5.3	Zhodnocení provedené analýzy NÚMT	55
6	DISKUZE	56
7	ZÁVĚR	59
8	PŘEHLED LITERATURY A POUŽITÝCH ZDROJŮ	60

1 ÚVOD

Ochrana životního prostředí je faktorem, který musí podniky respektovat a pokud chtějí uspět ve stávajícím podnikatelském prostředí, pak dosažení souladu se zákony na ochranu životního prostředí je nezbytně nutnou podmínkou.

Environmentální chování podniku může významným způsobem ovlivnit jeho prosperitu. Přístup podniku k životnímu prostředí hraje významnou roli i při výběru obchodních partnerů (Hyršlová 2005). Například mezinárodní koncerny u svých dodavatelů vyžadují plnění ekologických a etických závazků. Velký vliv má také poptávka koncových spotřebitelů, kteří při nákupu posuzují odpovědnost podniku, od kterého chtějí nakoupit.

Z těchto důvodů podniky začleňují environmentální aspekty do svých podnikatelských strategií a využívají například dobrovolné nástroje, které jsou doporučovány mezinárodními organizacemi (OSN, OECD) nebo environmentální politikou Evropské unie či jednotlivých členských států.

Využíváním dobrovolných environmentálních nástrojů se podniky na základě preventivních opatření snaží odstranit příčiny, které způsobují vznik škodlivých vlivů. Tato preventivní zaměření vedou k ozdravení životního prostředí a značně přispívají k realizaci udržitelné výroby a spotřeby zdrojů čili k realizaci udržitelného rozvoje (Remtová 2006).

Jedním z nástrojů, který pomáhá podniku pokračovat na cestě k udržitelnému rozvoji a zároveň zlepšit jeho environmentální a ekonomickou výkonnost, je environmentální manažerské účetnictví (EMA) (Hyršlová a kol. 2008). Je to velmi významný zdroj informací o výši nákladů na péči o životní prostředí a umožňuje managementu rozpoznat příležitosti, jak snížit náklady (Jasch 2001).

V rámci EMA lze použít širokou škálu metod, jedním z nástrojů je nákladové účetnictví materiálových toků (NÚMT), které se zaměřuje na výrobní proces a interní náklady související s materiálovými a energetickými ztrátami (Hyršlová a kol. 2008). Získané údaje o výrobním procesu ve fyzických a finančních jednotkách lze prostřednictvím NÚMT použít k hledání možností, jak zlepšit efektivní využití materiálů a energií a snížit materiálové ztráty.

2 CÍLE PRÁCE

Cílem práce je základě odborných podkladů popsat současné přístupy k využití nákladového účetnictví materiálových toků (NÚMT) a jejich komparace dle stanovených kritérií. Porovnat přínosy NÚMT s jinými metodami environmentálního účetnictví.

V praktické části je cílem navržení konkrétního metodického postupu pro zavedení NÚMT ve zvoleném podniku a jeho aplikace se zaměřením na přínosy pro management podniku.

Na základě cílů práce byly stanoveny tyto dvě základní hypotézy:

Hypotéza 1: Komunikací s dodavatelem lze snížit materiálové ztráty.

Hypotéza 2: Velkou část materiálového odpadu je možné dále využít.

3 LITERÁRNÍ REŠERŠE

3.1 Environmentální manažerské účetnictví - EMA

Běžné manažerské účetnictví je ve většině společností centrálním informačním nástrojem pro řízení společnosti, které slouží jako prostředek k rozřídění, sběru, analýze a komunikaci informací, ale ne zcela odráží environmentální náklady (Schaltegger a Burritt 2000). V obvyklém nákladovém účetnictví se environmentální a ostatní náklady agregují v režijních nákladech, což má za následek, že jsou před vrcholným managementem společnosti skryty (Jasch 2001).

Jak uvádí ve své práci Hyršlová a Vaněček (2003), z uvědomění si určitých omezení v přístupech tradičního manažerského účetnictví vyplynula potřeba vytvoření a zavedení environmentálního manažerského účetnictví (environmental management accounting - EMA) jako základního informačního nástroje na podporu rozhodování managementu v souvislosti s významnými environmentálními náklady a dopady na životní prostředí.

EMA není složkou oddělenou od tradičního manažerského účetnictví, ale jeho organickou součástí, která doplňuje manažerské účetnictví o environmentální aspekty (Kovanicová 2011).

EMA tak nabízí organizacím informační systém, ve kterém jsou výslovně zohledněny fyzické a peněžní údaje o tom, jak obchodní aktivity ovlivňují a jsou ovlivňovány environmentálními otázkami (Burritt a kol. 2002).

Environmentální účetnictví v peněžních jednotkách - MEMA (Hyršlová 2005; Hyršlová a kol. 2008)

- vyhodnocuje finanční informace ekonomických důsledků působení podniku na životní prostředí, sleduje a vyhodnocuje vznikající náklady a přínosy (výnosy, úspory nákladů)
- podává finanční informace externím uživatelům o environmentálních dopadech a jejich vlivu na finanční pozici podniku a výsledky hospodaření
- poskytuje informace umožňující plánovat a řídit chování a jeho ekonomické dopady

Environmentální účetnictví ve fyzikálních jednotkách - PEMA (Hyršlová 2005; Hyršlová a kol. 2008)

- zaměřuje se na sběr, zaznamenávání, hodnocení a předávání informací potřebných pro rozhodování uvnitř podniku
- je hlavním zdrojem environmentálních informací pro externí uživatele o environmentálních aspektech a dopadech podniku na životní prostředí (např. státní a místní orgány, veřejnost, média, apod.)
- umožňuje specifikovat silné a slabé stránky v oblasti environmentálního přístupu

Náklady nutné na dosažení souladu s environmentálními zákony nebo rostoucí poplatky a pokuty za znečišťování životního prostředí vedou firmy ke sledování environmentálních nákladů.

Podnikové environmentální náklady jsou důležitou kategorií EMA a tvoří je (Jasch 2001):

Náklady na ochranu životního prostředí

- zahrnují všechny náklady na prevenci znečišťování, odstranění environmentálních dopadů, environmentální plánování a nápravy škod, které vznikají podnikům, vládám nebo lidem

Opatření na ochranu životního prostředí

- zahrnují všechny činnosti na ochranu životního prostředí, do kterých spadají vládní nařízení, právní závazky, činnosti vykonávané podnikem pro dosažení stanovených cílů v ochraně životního prostředí a další dobrovolné aktivity

Environmentální manažerské účetnictví (EMA) je považováno za systém poskytující informace pro podporu rozhodování především v rámci environmentálního managementu. Zahrnuje také environmentální nákladové účetnictví, které využívá širokou škálu metod pro řízení podnikových procesů. Jednou z nich je účetnictví materiálových toků (NÚMT), které je nejen nástrojem environmentálního managementu, ale především nástrojem pro řízení materiálových a energetických toků a poukazuje na význam informací z výrobních procesů pro jejich optimalizaci (Hyršlová a kol. 2008).

3.2 Nákladové účetnictví materiálových – NÚMT

Nákladové účetnictví materiálových toků (Material flow cost accounting - MFCA) je jedním ze stěžejních nástrojů environmentálního manažerského účetnictví (Schaltegger a Burritt 2000; Král a kol. 2018), jehož cílem je obrátit pozornost manažerů na problematiku efektivního využití materiálu a energie pomocí podrobného informačního zachycení materiálových toků a zásob jak v hodnotovém, tak v naturálním vyjádření (Jasch 2009; Král a kol. 2018). Zkoumá vztahy mezi účetnictvím, životním prostředím a správou informací, aby bylo lépe dosaženo podpory a odpovědnosti v rozhodovacích procesech výrobních systémů (Hyršlová a kol. 2011).

3.2.1 Historie a vývoj metody

Metoda NÚMT byla původně vyvinuta v letech 1980 až 1990 Institutem managementu a životního prostředí (Institut für Management und Umwelt - IMU) v německém Augsburgu pod názvem Flow cost accounting. V této době se i v podnikové praxi začala objevovat řada nových environmentálních otázek a termínů, jako je koncepce produktové či podnikové ekologické rovnováhy, environmentální audit nebo environmentální účetnictví (Wagner 2015).

Ovšem některé klíčové prvky, jako je koncept hmotnostní bilance vstupů a výstupů nebo hodnocení materiálových toků průmyslové výroby z fyzického a hodnotového hlediska, byly v Německu diskutovány již v letech 1920 až 1930 (Wagner 2015).

Potenciální význam nové metody pro výrobní koncerny přilákal pozornost japonských úřadů a v roce 2000 začalo japonské Ministerstvo hospodářství, obchodu a průmyslu (METI) propagovat modifikovanou verzi NÚMT v japonském podnikatelském sektoru (Kokubu a Tachikawa 2013).

S rostoucí podporou a úspěchem metody NÚMT v Japonském výrobním sektoru byla navržena její standardizace pod záštitou norem pro environmentální management ISO 14000. Po celosvětovém projednání v rámci procesu normalizace ISO byla metoda v roce 2011 vydána jako norma "ISO 14051:2011 – Environmentální management – Účetnictví materiálových toků – Obecný rámec" (Wagner 2015).

Povaha normalizace navíc znamená, že každý, kdo pracuje s ISO 14051, bude vycházet ze stejného základu definic, cílů a principů implementace NÚMT (Schaltegger a Zvezdov 2015). Pro potenciální osvojitele se tím sníží úroveň složitosti zavádění metody a usnadní se přenositelnost znalostí mezi zeměmi a společnostmi (Christ a Burritt 2016).

Výhodou metody NÚMT, jak uvádí ISO 14051 (2012) a Jasch (2009) je její použitelnost pro každou organizaci, která používá materiály a energii, bez ohledu na jejich produkty, služby, velikost, strukturu, umístění a stávající systémy řízení a účetnictví. Což je demonstrováno na srozumitelných příkladech zahrnutých do normy ISO 14051, které ukazují souhru mezi materiálovým tokem a náklady v různých odvětvích, jako je zpracovatelský průmysl, farmaceutický průmysl, potravinářství nebo zemědělství. Tuto skutečnost potvrzuje celá řada případových studií publikovaných v odborných časopisech.

Například Schaltegger a kol. (2012) použili metodu NÚMT k demonstraci oblastí neefektivity v pivovaru ve Vietnamu. Tato studie identifikovala dvojnásobnou spotřebu energie a vody než ekvivalentní zařízení v Německu a umožnila manažerskému týmu lépe porozumět tomu, kde a jak se energie a voda v jejich zařízení používá a kde je třeba hledat zvýšení efektivity a potenciál pro snížení nákladů.

Nebo případová studie Kasemset a kol. (2015) ze společnosti v textilním průmyslu v Thajsku, kde bylo optimalizací šicího procesu dosaženo snížení výrobních nákladů na negativní produkty z původních 16 % na konečných 11 % nákladů.

Pro zvýšení potenciálu a použitelnosti nástroje NÚMT byl v roce 2017 vytvořen nový rámec ISO 14052, který zahrnuje principy a pokyny pro implementaci NÚMT na úrovni dodavatelského řetězce.

Dodavatelský řetězec a podniková výroba se od sebe liší pouze v otázce, jaké se používají převodní ceny, interní nebo tržní (Schmidt 2015). Jeho aplikací by mělo docházet ke zlepšování materiálové a energetické účinnosti v rámci dodavatelského řetězce, protože produkce odpadů je v organizaci často řízena povahou nebo kvalitou materiálů od dodavatele, nebo specifikací výrobku, jakou požaduje zákazník (ISO 14051 ©2012). Nakajima a kol. (2015) a Higashida (2020) potvrzují, že uplatňování NÚMT na úrovni dodavatelského řetězce pomáhá dále snižovat náklady a dopady na životní prostředí.

Metodika je neustále rozšiřována, zdokonalována a stále více aplikována v kombinaci s různými dalšími nástroji a koncepty.

Tým Bierer a kol. (2015) rozvinul model pro integrované využití nákladů životního cyklu (LCC) a hodnocení životního cyklu (LCA), který používá NÚMT jako spojení mezi těmito dvěma metodami.

Schmidt (2015) spojuje své zpracování NÚMT se zvýšením transparentnosti emisí skleníkových plynů souvisejících s výrobou. To provádí algoritmem, který převádí všechny materiálové vstupy, výstupy a energie na společné ekvivalenty CO₂.

Modifikovanou verzi NÚMT implementovali Zhou a kol. (2017) k dosažení principů 3R (Reduce - Reuse – Recycle) oběhového hospodářství v čínském ocelářském průmyslu.

Organizace, které princip NÚMT již zavedly a využívají, poukazují na tyto základní přínosy (Špaček a kol. 2016; Walz a Guenther 2021):

- jsou identifikovány oblasti, kde dochází k neefektivnímu využívání zdrojů a příčiny tohoto stavu
- díky efektivnějšímu využívání zdrojů dochází ke snížení objemu produkovaných odpadů, a tím ke zlepšení environmentální výkonnosti podniku
- dochází ke snížení výrobních nákladů jako výsledek zlepšení organizace práce, optimalizace výrobních procesů a zvýšení účinnosti využití materiálů a energie
- snižují se dopady podnikových činností a produktů na životní prostředí
- vznikají nové podněty pro inovační vývoj nových výrobků, technologií i pracovních postupů
- zkvalitňují se rozhodovací a kontrolní procesy v podniku na základě informací o průběhu výrobních procesů
- zlepšení organizace práce (organizační struktury) a podnikových postupů,
- dochází ke zlepšení procesu koordinace a komunikace mezi jednotlivými podnikovými útvary v oblasti využívání zdrojů

Společnosti získávají informace o výrobních procesech při zavádění NÚMT rozličnými způsoby. V méně rozvinutých zemích, jak uvádí Jasch (2015), řada malých a středních podniků disponuje jen velmi základními účetními systémy a nemá žádné záznamy o vstupech materiálů, spotřebě energie nebo odpadech a emisních procesech, a jen velmi málo potřebných údajů je k dispozici z faktur. Dceřiné společnosti nebo dodavatelé mezinárodních značek měly sice nainstalovaný systém pro řízení podniku SAP nebo obdobné účetní systémy, ale jen málo využívaly jejich potenciálu.

V rámci analýzy je třeba zpracovat velké množství dat, což je možné pouze s odpovídající počítačovou podporou. Proto podniky využívají různé podnikové informační softwary ERP (Enterprise Resource Planning), které integrují všechny procesy potřebné k řízení společnosti a představují komplexní nástroj na řízení celé firmy. Tyto systémy zpravidla většinu potřebných údajů obsahují, ale pro potřeby NÚMT je třeba jejich finančně nákladná úprava (Fakoya a Poll 2013; Lütje a kol. 2018).

Lütje a kol. (2018) a Schmidt (2015) zmiňují, že dosud existuje jen velmi omezený počet softwarových řešení specializovaných na NÚMT, ale společnosti zvažující zavedení NÚMT dnes očekávají sofistikovanější IT podporu.

Jednou takovou jsou softwary Sankey a Umberto, vyvinuté německou společností iPoint-systems GmbH, k posouzení ekologického a ekonomického dopadu produktů a souvisejících procesů. Programy pracují v součinnosti s normami ČSN EN ISO 14040 - Posuzování životního cyklu a ČSN EN ISO 14051 - Nákladové účetnictví materiálových toků.

Software Sankey pracuje s materiálovými nebo energetickými toky, které umožňují kontrolu množství vstupů a výstupů a zobrazují varování, pokud není rozvržení materiálů rovnoměrné.

Umberto obsahuje dva moduly, první řeší efektivní využívání zdrojů a optimalizaci procesů. Druhý modul pro hodnocení životního cyklu (LCA) se zabývá např. výpočtem uhlíkové stopy vyráběných dílů.

U všech verzí jsou výrobní procesy graficky vizualizovány pomocí šipek a jednotlivých procesů, a rychlý import primárních dat zajišťuje Microsoft Excel (iPoint-systems GmbH 2022).

Dalším nástrojem, který může sloužit jako praktický úvod do nákladového účetnictví souvisejícího se zdroji, umožnit analýzu struktury nákladů, analýzu materiálových a energetických toků ve firmě je webová aplikace od společnosti VDI Zentrum Ressourceneffizienz GmbH. Jedná se o čtyři moduly s hlavním zaměřením na hodnocení výrobních procesů na základě materiálových a energetických toků v souladu s normou ISO 14051, náklady na materiál a energie nebo porovnání investice na základě nákladů životního cyklu (VDI Zentrum Ressourceneffizienz GmbH 2022).

Propojení NÚMT se systémy plánování podnikových zdrojů (ERP) je klíčem k dalšímu rozvoji metody v rámci malých a středních podniků, zvláště z hlediska snadného přehledu materiálových a energetických vstupů a výstupů.

3.2.2 Proces NÚMT

NÚMT lze popsat jako nástroj, který analýzou fyzických materiálních toků umožňuje podniku efektivně řídit využívání materiálu i energie zlepšováním stávajících postupů (Christ a Burritt 2015).

Důraz je kladen především na transparentnost materiálových toků a na související náklady. Materiálové toky souvisí jak s tvorbou přidané hodnoty (nákup vstupního materiálu, zpracování, výrobek), tak jeho nedílnou součástí tvoří materiálové ztráty, ke kterým dochází v průběhu podnikových procesů (výrobky špatné kvality, zmetkovitost, odpad atd.) (Hyršlová a kol. 2008).

Materiálové vstupy a výstupy jsou kvantifikovány ve fyzickém a peněžním vyjádření (Christ a Burritt 2015). Jejich stanovení vychází ze znalosti objemu materiálu v procesu, hodnoty materiálů a nákladů s nimi spojenými. Po vyhodnocení nashromážděných dat lze náklady na materiály, energii a systém klasifikovat na pozitivní a negativní produkty (Zhou a kol. 2017), neboli výrobky a materiálové ztráty. Je vycházeno z předpokladu, že všechny materiály a energie vstupující do procesu musí nakonec odejít buď jako produkt nebo jako odpad (např. energetické ztráty, zmetky, nevyužitý potenciál lidských zdrojů atd.) vyprodukovaný během výrobních operací (Fakoya a van der Poll 2013; Jasch 2009).

Metoda NÚMT ukazuje fyzikální a peněžní množství materiálových toků jako dvě strany téže mince. Kvantifikací fyzikálních materiálových toků poskytuje základ pro technickou analýzu systému, a tím umožňuje sledovat neefektivní spotřebu materiálu a energie, a to jak z ekonomického, tak z ekologického hlediska (Guenther a kol. 2015).

Cíle nákladového účetnictví materiálových toků ISO 14051 stanoví tři cíle NÚMT:

- zvýšení transparentnosti materiálových toků a spotřeby energie, souvisejících nákladů a environmentálních aspektů
- podpora organizačních rozhodnutí v oblastech, jako je procesní inženýrství, plánování výroby, kontrola kvality, návrh produktů a řízení dodavatelského řetězce
- zlepšení koordinace a komunikace o materiálu a energii v rámci organizace

Pro dosažení těchto cílů kvantifikuje NÚMT materiálové toky a zásoby v procesu nebo procesech z hlediska fyzických i peněžních jednotek. Za tímto účelem je nutné přísné vymezení mezi materiálem, který tvoří součást výrobku, včetně meziprojektu, a částí materiálů, která skončí jako odpad, který má být zlikvidován (Kokubu a Kitada 2015).

Základním předpokladem dosažení cílů je:

- dobře porozumět materiálovým tokům a využití energie, které procházejí procesem a sledovat, kde dochází k jejich manipulaci, využití a přeměňování.
- propojit údaje o fyzickém množství využitého materiálu a energie s údaji o souvisejících peněžních nákladech. Tyto dva druhy údajů by měly být jasně propojeny pomocí modelu materiálových toků.
- zajistit přesnost a úplnost fyzických údajů, a identifikovat tak všechny vstupy a výstupy. Fyzické údaje o materiálových tocích by měly být převedeny na společnou měrnou jednotku, nejlépe hmotnost, pro účely analýzy a lepšího srovnání.
- odhad a přiřazení nákladů k materiálovým ztrátám. Pokud informace nejsou k dispozici, rozdělení nákladů by mělo být přesné a praktické.

V NÚMT představují informace o nákladech souvisejících s hmotnými ztrátami jeden z hlavních podnětů pro zlepšování procesů (ISO 14051 ©2012; APO ©2014).

3.3 Základní prvky NÚMT

3.3.1 Kvantitativní středisko

Vybraná část nebo části procesu, u kterých jsou ve fyzických a peněžních jednotkách kvantifikovány vstupy a výstupy. Nejprve se v každém kvantitativním středisku určí množství vstupů a výstupů ve fyzikálních jednotkách, jako je hmotnost, délka, objem nebo počet kusů, ke kterým se následně přiřadí peněžní náklady (Christ a Burritt 2015).

Kvantitativní středisko slouží jako základ pro činnosti shromažďování údajů podle NÚMT, ve kterém jsou:

- kvantifikovány materiálové toky a využití energie
- kvantifikovány materiálové náklady, energetické náklady, systémové náklady a náklady na nakládání s odpady.

Typickými příklady těchto středisek jsou sklady, střediska manipulace s odpady a výrobní útvary, kde dochází k přeměně materiálu (Král a kol. 2018).

Za materiál lze označit látku, která vstupuje do kvantitativního střediska nebo jej opouští. Vstupem se rozumí tok materiálu, který vstupuje do kvantitativního střediska. Výstupem výrobek, polotovary nebo částečně dokončený výrobek, materiálové ztráty nebo energetické ztráty opouštějící kvantitativní středisko (ISO 14051 ©2012).

3.3.2 Materiálová bilance

Srovnání fyzických hodnot vstupů, výstupů a změny zásob v kvantitativním středisku během určitého časového období (ISO 14051 ©2012).

Materiálová bilance vychází z předpokladu, že co do systému (resp. do konkrétního kvantitativního střediska) vstupuje, musí také vystupovat, resp. být uskladněno. Materiálový vstup (výrobní materiál, polotovary) se tak musí rovnat výstupu (Jasch 2009; Zhou a kol. 2017). Výstup je přitom rozdělen na dvě části, pozitivní produkty (výrobky a energie) a negativní produkty (materiálové a energetické ztráty) (Král a kol. 2018).

Jak uvádí Sahu a kol. (2021), podle konceptu hmotnostní bilance by celková hmotnost pozitivních a negativních produktů měla být vždy rovna hmotnosti vstupu. Ale

v praxi může k nerovnováze mezi vstupy a výstupy dojít v důsledku vlhkosti, účinku chemických reakcí nebo chyb měření (převodní faktory). Fyzické údaje jsou často k dispozici v mnoha různých měrných jednotkách a pro účely srovnání je nutné převést dostupné údajů na jednu standardizovanou jednotku (například hmotnost) (ISO 14051 ©2012). Veškeré významné nerovnováhy by měly být prošetřeny, protože chybějící materiály nebo údaje mohou vést organizace k identifikaci ztrát a k jejich následnému odstranění (APO ©2014).

3.3.3 Kalkulace nákladů a jejich rozdělení

Z důvodu toho, že organizace často zahrnují finanční úvahy do podpory v rozhodování, měly by být údaje o materiálových tocích převedeny na peněžní jednotky. Každý materiálový tok vstupující do kvantitativního střediska nebo jej opouštějící je třeba kvantifikovat (Christ a Burritt 2015).

Za tímto účelem začalo NÚMT rozlišovat několik kategorií nákladů (Hyršlová a kol. 2008; ISO 14051 ©2012) :

Materiálové náklady

Náklady na látku, která vstupuje do kvantitativního střediska (suroviny, pomocné materiály, polotovary) nebo jej opouští (částečně dokončený výrobek, výrobek). Materiálové náklady by měly být v každém kvantitativním středisku přiřazeny k výrobkům a k materiálovým ztrátám.

Systémové náklady

Jsou definovány jako veškeré náklady vznikající při manipulaci s materiálovým tokem podniku, které zahrnují náklady na pracovní síly, odpisy a náklady na údržbu a dopravu. Každý pohyb materiálu v podniku lze považovat za nositele systémových nákladů, bez ohledu na to, zda se jedná o suroviny, nedokončenou výrobu, polotovary, výrobky nebo materiálové ztráty.

Systémové náklady jsou vždy přiřazeny k výstupním tokům (výrobkům a materiálovým ztrátám) a dále jsou předávány navazujícím tokům a zásobám.

Náklady na nakládání s odpady

Souvisí s manipulací s materiálovými ztrátami vzniklými v kvantitativním středisku. Jejich celkové náklady by měly být přiřazeny k materiálovým ztrátám opouštějícím toto kvantitativní středisko.

Energetické náklady

Mohou být na základě rozhodnutí organizace buď zahrnuty do materiálových nákladů, nebo kvantifikovány samostatně. Mezi energetické náklady se řadí náklady na elektřinu, paliva, páru, teplo, stlačený vzduch a podobná média.

Materiálové náklady, energetické náklady a systémové náklady jsou přiřazeny nebo rozděleny k výstupům kvantitativního střediska (výrobky a materiálové ztráty) na základě podílu materiálových vstupů, které přecházejí do výrobku a materiálových ztrát.

Náklady na nakládání s odpady jsou vždy plně přiřazovány pouze k manipulaci s materiálovými ztrátami, které vznikly v kvantitativním středisku (ISO 14051 ©2012; APO ©2014; Král a kol. 2018).

Rozdělení nákladů je základem pro dosažení co největší přesnosti analýzy. Náklady by měly být kalkulovány z údajů dostupných pro jednotlivá kvantitativní střediska a jednotlivé materiálové toky a ne podle odhadu pomocí postupu pro alokaci nákladu, neboli přímému přiřazení nákladů k určitému objektu (výrobek nebo proces) (ISO 14051 ©2012).

Často se ovšem stává, že náklady energetické, systémové a náklady na nakládání s odpady nejsou známy přímo z údajů o výrobě a jdou obtížné změřit nebo odhadnout. Pro každé kvantitativní středisko jsou dostupné pouze souhrnnější údaje za celý proces nebo zařízení. Pokud tedy některé náklady nelze přiřadit přímo kvantitativním střediskům, je nutné je alokovat ve více fázích. Nejprve rozdělit náklady za celý proces mezi jednotlivá kvantitativní střediska a následně je přiřadit k výrobkům a materiálovým ztrátám (ISO 14051 ©2012; Král a kol. 2018).

V prvním kroku rozdělování je příhodné zvolit vhodné rozdělovací kritérium, které odráží co nejlépe rozdělení nákladů jednotlivým kvantitativním střediskům, vhodná rozdělovací kritéria mohou zahrnovat strojový čas, objem výroby, plochu podlahy, počet zaměstnanců, počet vykonávaných prací, apod.

Pro rozdělení nákladů z kvantitativního střediska na výrobky a materiálové ztráty, by mělo být zvoleno jiné vhodné rozdělovací kritérium, jako nejpříhodnější se zdá procentuální podíl rozdělení celkového nebo hlavního materiálu, který přímo souvisí se zpracováním.

Nutno dodat, že pro různé typy nákladů, například energetické a systémové, nemusí být nejvhodnější rozdělovací kritéria nutně stejná. Ve všech případech je určení nejvhodnějšího rozdělovacího kritéria na rozhodnutí organizace (ISO 14051 ©2012; APO ©2014).

U energetických nákladů bude v mnoha případech procentuální podíl rozdělení materiálů použit jako rozdělovací kritérium pro využití energie do výrobků a materiálových ztrát. Pokud však jsou k dispozici informace o energetické účinnosti strojního vybavení použitého v kvantitativním středisku, lze učinit přesnější kvantifikaci energetické neúčinnosti a plýtvání (ISO 14051 ©2012).

Je-li určitý čas z chodu stroje použit na nastavení, k údržbě nebo ukončení provozu, jedná se o neproduktivní čas stroje, který není využit pro výrobu. Potom by podíl energie za neproduktivní čas stroje měl být spíše přidělen do materiálových ztrát než do výrobků. To samé by platilo při skutečnosti, že stroj pracuje v režimu nižší účinnosti než stroj v optimálním chodu. Poté by podíl nevyužití energie pro výrobu spadl spíše do materiálových ztrát. Součinem procentuálních podílů energie se získá rozdělení energie vstupujících do výrobků a jeho odečtením od celkové spotřeby energie se vypočte rozdělení energie do materiálových ztrát (ISO 14051 ©2012).

Výsledkem tohoto alternativního přístupu rozdělení energetických nákladů je, že vyšší podíl energie rozdělený do materiálových ztrát, který poskytuje přesnější odraz neefektivnosti, na kterou by management měl zaměřit pozornost (APO ©2014).

Materiálové náklady lze vypočítat různými způsoby, použít lze pořizovací náklady, normované náklady, reprodukční náklady. Volba nákladů pro kalkulace je na uvážení organizace a může být ovlivněna metodou, kterou již organizace používá ve svém stávajícím nákladovém účetnictví, a proto se výsledky analýzy NÚMT mohou lišit v závislosti na zvoleném přístupu.

Výrobní proces, kde lze tok každého materiálu sledovat od začátku až do konce a povaha každého materiálu je zachována v celém procesu (například montáž součástí), vytváří v každém kvantitativním středisku výrobek a materiálové ztráty.

Zde by celková výše materiálových nákladů v každém kvantitativním středisku měla být kalkulována tím způsobem, že fyzické množství každého materiálu se vynásobí jednotkovými náklady stanovenými organizací, s cílem přeměnit oba výstupy (výrobky a materiálové ztráty) na peněžní jednotky za časové období analýzy.

V případě složitějšího procesu, do kterého vstupují například chemické reakce, mohou materiálové vstupy vykazovat velkou rozmanitost. Počáteční materiálové vstupy jsou přeměňovány na jeden nebo několik výstupů, u kterých je přesné složení materiálových toků a materiálových ztrát neznámé a není tedy možné u těchto toků vypočítat přesné jednotkové materiálové náklady. Proto se u všech těchto toků neznámého složení odhadnou jediné jednotkové materiálové náklady, a to s použitím jednotkových materiálových nákladů původních materiálových vstupů (ISO 14051 ©2012).

3.4 Rozdíl mezi NÚMT a konvenčním nákladovým účetnictvím

Odlišnost spočívá zejména v rozdílném pohledu na náklady spojené s materiálovými ztrátami a účinnost výrobních procesů.

V případě konvenčního účtování nákladů jsou všechny materiálové náklady a náklady způsobené materiálovými ztrátami a zpracováním odpadu nakonec přiřazeny k režijním nákladům jako celku nebo k výrobku jako nákladové jednotce. Výrobek tak nese náklady na materiální ztráty (odpad) a jejich zpracování. Náklady na zpracování odpadu jsou poté zřídka přiděleny různým nákladovým střediskům nebo jednotlivým nákladovým jednotkám jako přímé náklady, ale místo toho jsou obecně řešeny jako režijní náklady. Výsledkem je, že není možné přesně určit, který z výrobků a v jaké výši náklady na zpracování odpadu způsobil. Další nevýhodou konvenčního nákladového účetnictví je, že náklady na zpracování odpadu jasně neukazují, jaké náklady lze v systému ušetřit nebo omezit, pokud by došlo ke snížení materiálových ztrát (Bode a kol. 2011).

Oproti tomu NÚMT sleduje materiálové toky ve fyzických i peněžních jednotkách a považuje materiálové ztráty za součást nákladů, které mají dopad na životní prostředí. Environmentální náklady jsou způsobeny každým pořízením a zpracováním materiálu a s tím souvisejícím vznikem odpadu. Identifikací a oceněním materiálových ztrát v každém kvantitativním středisku zvlášť a tím poukazuje na náklady skryté v odpadech a neefektivitu výrobního procesu (ISO 14051 ©2012).

4 METODIKA

V této části práce budou nejprve popsány a porovnány používané metody ke sledování a hodnocení vstupů, výstupů, jejich přeměny a možných dopadů na životní prostředí z hlediska environmentálního managementu a metody NÚMT. Dále bude představen a popsán metodický postup pro zhodnocení výrobního procesu ve vybrané firmě a proveden praktický výpočet zvolené metody s důrazem na materiálové a energetické využívání zdrojů.

4.1 Porovnání metod environmentálního managementu

NÚMT není jediným analytickým nástrojem environmentálního managementu sledující dopady podnikových činností na životní prostředí. Mezi další metody můžeme zařadit:

Metoda posuzování životního cyklu - LCA (Life Cycle Assessment)

Posouzení životního cyklu je systematický proces vyhodnocování potenciálních dopadů produktů na životní prostředí za použití přístupu od kolébky po hrob, při kterém jsou brány všechny fáze životního cyklu od získání surovin přes zpracování materiálů, výrobu, distribuci a použití až po konečné odložení odpadu do země. Analýza se skládá ze čtyř fází (stanovení cílů a rozsahu, inventarizační analýzy, posouzení dopadů a interpretace výsledků), při kterých dochází k identifikaci životních fází produktu s největším příspěvkem k poškození životního prostředí a porovnání různých možností určitého produkčního systému vedoucího k minimalizaci dopadů na životní prostředí. Výsledky LCA se dají také použít k vyhodnocení zdrojů největších výrobních problémů spojených s produktem, včetně návrhu nových produktů.

Environmentální analýza vstupů a výstupů - IOA (Input Output Analysis)

Modelový přístup, který je používán ke studiu využití materiálu a jeho přeměny na odpad. Je porovnávacím nástrojem vzájemných vztahů mezi výrobou a spotřebou a nástrojem pro měření dopadů na životní prostředí. Získáváním informací o dopadech na životní prostředí, jako jsou například emise skleníkových plynů, je poté možné finančním tokům nebo výrobním nákladům přiřadit environmentální zátěž, což umožňuje sledovat tok environmentální stopy výrobním procesem, ale i podél dodavatelských a výrobních řetězců. Vzhledem k tomu, že každý výrobní krok přidává ekologickou zátěž, je

výsledkem inventarizace environmentálních dopadů výroby a spotřeby během celého životního cyklu větších skupin produktů.

Systém vyvážených ukazatelů výkonnosti organizace - BSC (Balanced Scorecard)

Je nástroj účetnictví udržitelného rozvoje, který rozšiřuje zaměření tradičního BSC o environmentální, sociální a etické aspekty. Tato metoda vytváří vazbu mezi strategií a operativními činnostmi s důrazem na měření výkonu. Cíle vycházející ze strategie organizace sledují její výkonnost ze čtyř perspektiv: finanční, zákaznické, interních procesů, učení se a růstu.

Perspektiva interních procesů se zabývá zjišťováním kritických procesů, ve kterých musí být dosaženo vynikajících výsledků. K tomu se využívají klíčové ukazatele výkonnosti podniku KPI (Key Performance Indicators), které se dají aplikovat jak na zaměstnance, tak výrobní proces. Při správném určení pomůžou konkrétní ukazatele KPI přesně změřit minulý vývoj podniku a odhadnout ten budoucí.

Ekologická stopa - EF (Ecological Footprint)

Ekologická stopa je ukazatel, který měří nároky lidské společnosti na biologickou kapacitu, jeho smyslem je jedním číslem vyjádřit trvalou udržitelnost rozvoje daného státu, regionu, komunity nebo jedince. Měří, jak rychle jsou spotřebovávány zdroje a vytvářen odpad ve srovnání s tím, jak rychle dokáže příroda absorbovat produkováný odpad a vytvářet nové zdroje. Většina těchto zdrojů a odpadů může být přepočtena na odpovídající plochy ekologicky produktivní země (orná půda, les, vodní plochy, atd.) nutné k zabezpečení životodárných systémů a odpovídá tak na otázku, zda lidská populace žije v hranicích únosné ekologické kapacity či nikoliv.

Uhlíková stopa - CF (Carbon Footprint)

Uhlíková stopa je měřítkem dopadu lidské činnosti na životní prostředí a zejména na klimatické změny. Je nepřímým ukazatelem spotřeby energií, výrobků a služeb, u kterých měří množství skleníkových plynů odpovídající určité aktivitě či výrobku vyjádřené v ekvivalentech CO₂. Uhlíkovou stopu je možné stanovit na různých úrovních – národní, městské, individuální, či na úrovni podniku a výrobku.

Všechny výše zmíněné metody se zabývají hodnocením dopadů na jednotlivé složky životního prostředí spojených s lidskou, hospodářskou nebo průmyslovou činností, a to jak v míře lokální tak globální.

Přístup BSC vytváří vazbu mezi strategií a operativními činnostmi s důrazem na měření výkonu a následné plnění finančních cílů a uspokojení potřeb zákazníků. Environmentální analýza vstupů a výstupů (IOA) je používána spíše jako nástroj k posouzení dopadů celých odvětví nebo skupiny výrobků než jednotlivých produktů. Zde musí být k dosažení podrobnější úrovně modelový přístup IOA kombinován s další analýzou procesů. Také ekologická stopa, která je souhrnným environmentálním indikátorem, odhaduje ve formě plochy dopady lidské činnosti na přírodu v širším měřítku. Naproti tomu uhlíková stopa je nejčastěji používána ve spojitosti s výrobky a definuje sumu všech skleníkových plynů, které byly vypuštěny při výrobě daného výrobku a v řadě případů bývá podpůrnou složkou jiných podrobnějších metod jako je například LCA. Metoda posuzování životního cyklu (LCA) je komplexní metodou v posuzování environmentálních aspektů produktu, ale je zaměřena na jeho environmentální dopady v průběhu celého životního cyklu. Proto spíše slouží k identifikaci možností jak zlepšit posuzovaný produkt ve všech jeho fázích od těžby surovin až po jeho odstranění.

Pro souhrnný pohled na výrobní proces a získání informací o využívání materiálových a energetických točích je ideální volbou analýza NÚMT. Nejenže umožňuje sledovat a určit neefektivitu výrobních procesů a objasnit, kde a kolik materiálových ztrát vzniká, ale dokáže i snižovat nepříznivé dopady na životní prostředí. V neposlední řadě vyjadřuje výsledky v jednoduchých fyzických a peněžních veličinách, které lze snadno pochopit.

4.2 Možnosti přístupů k NÚMT

NÚMT je založena na vstupně-výstupní analýze materiálových toků s vyššími nároky na sledování a kvantifikaci neproduktivních materiálových toků. V podstatě se tedy jedná o proces nákladového účetnictví, který se důsledněji a do hloubky zabývá fyzickými energetickými a materiálovými toky společnosti. V existující literatuře ze začátku vývoje metody je často odděleně diskutována japonská a německá verze NÚMT, což je možné připsat rozdílu v doporučených hranicích systému v rámci každého přístupu. Například japonská verze se primárně zabývala přímo produktovými řadami nebo procesy, naopak německá verze se více zajímala o organizační funkci systému spojující lidi, místo a procesy v rámci vybudovaného prostředí s cílem zlepšit produktivitu hlavní činnosti organizace.

S vydáním mezinárodní normy ISO 14051 došlo ke standardizaci procesu zavádění analýzy výrobního procesu NÚMT. Ale z důvodu výrobních specifik odlišných průmyslových odvětví dochází i k různým přístupům v implementaci metody, které jsou zapříčiněny především charakterem výrobního procesu, produktovými řadami nebo potřebami a možnostmi jednotlivých společností.

Již impuls pro implementaci NÚMT se může u jednotlivých společností lišit, že hlavní důvody jsou především:

- ekonomické (snížení nákladů nebo identifikace skrytých nákladů),
- environmentální (snížení množství odpadu nebo snížení dopadu na životní prostředí) nebo
- organizační (využití metody jako nástroje ke zvýšení kvality nebo zlepšení procesů).

Již na úplném začátku se společnosti musí rozhodnout, v jakém rozsahu analýzu provedou. Jak uvádí norma ISO 14051 (2012) metodu NÚMT je možné zavádět na celý proces, část procesu nebo pouze na jeden určitý proces, který je významný z hlediska ekonomického nebo environmentálního. Hranice NÚMT je možné rozšířit na další organizace v celém dodavatelském řetězci. Taktéž lze analýze podrobit pouze jeden produkt nebo analýzu rozšířit na celé portfolio vyrábějících výrobků. Pokud tedy proces produkuje dva nebo více produktů, je možné tyto procesy rozdělit do dvou nebo více procesů, ke kterým lze následně přiřadit nákladové položky a tím přesně určit, který

produkt způsobuje jaké náklady. Z časového hlediska může být vhodným časovým obdobím měsíc, půl roku nebo rok. Pro některá odvětví může být vhodné stanovit období sběru dat tak, aby se shodovalo s produkcí výrobní šarže.

Právě generování dat pro materiálové bilance, materiálové toky a s nimi související náklady bývá pro společnosti často velkou výzvou. Zejména přesné měření spotřeby energie a pomocných látek využívaných ve výrobním procesu bývá obtížné. I zde je možnost využít volbu, kterou norma ISO 14051 umožňuje a např. nositele nákladů energie, jako je palivo nebo pára, lze označit za materiál. V případech kdy nelze u nějaké položky určit přesně množství nebo její náklady, je možné použití odhadovaných hodnot. Určí se množství nebo náklady pro celý proces v rámci hranic NÚMT a poté se rozdělí pomocí vhodných kritérií (počet zaměstnanců, výrobní plocha, objem výroby nebo odpadů apod.) mezi kvantitativní střediska spadajících do analýzy.

Materiálové náklady mohou být dle metody, kterou organizace používá ve svém stávajícím nákladovém účetnictví, získány z jednotkových, normovaných nebo pořizovacích nákladů. Jejich rozdělení je poté možné učinit dle pozitivních a negativních produktů vycházejících z materiálové bilance. Materiálové náklady na pozitivní produkty mohou být rozděleny buď podle celkového množství materiálu pozitivních produktů, nebo pouze dle hmotnosti hlavního materiálu vstupujícího do pozitivních produktů.

Množství surovin v kilogramech je zcela určitě vhodným základem jak pro přidělení materiálových nákladů, tak i pro rozdělení ostatních nákladů (energetické, systémové, na zpracování odpadů). Existuje však také možnost se od tohoto členění odchýlit a u jiných složek nákladů použít jiné eventuality pro jejich rozdělení, například objem výroby, podlahovou plochu kvantitativního střediska, počet zaměstnanců nebo strojního vybavení, počet vykonávaných prací. Použití různých kritérií pro členění nákladů je přínosné vždy, pokud odráží rozložení skutečných nákladů více realisticky.

Ve výše popsáných případech je výběr nejvhodnějšího rozdělovacího kritéria zcela na rozhodnutí organizace.

4.3 Představení společnosti

Společnost, která poskytuje data pro analýzu materiálových toků a návrh implementace NÚMT si nepřeje být jmenována, a proto bude v práci označována jako společnost X.

Společnost X sídlí ve Středočeském kraji, čítá okolo 350 zaměstnanců a je jednou z divizí německé nadnárodní společnosti. Hlavním předmětem činnosti firmy je výroba dílů z uhlíkového kompozitu, ve které patří k nejvýznamnějším dodavatelům pro automobilový průmysl.

Jako zpevňujících materiálů se kromě karbonu využívají skelná vlákna a aramid. Výsledkem jsou extrémně lehké a vysoce pevné díly plnící vizuální i funkční požadavky zákazníků. Produktové spektrum nezahrnuje pouze exteriérové a interiérové konstrukční díly, ale také odlehčené konstrukce vozidel tzv. monokoky.

Společnost X přispívá svými inovacemi v oblasti odlehčených dílů a konstrukcí ke snižování hmotnosti automobilů, což přináší snížení emisí CO₂. Výrobky společnosti X tak nesnižují pouze spotřebu paliva, ale také chrání přírodní zdroje a životní prostředí.

4.4 Popis výrobního procesu

Tok materiálu výrobním procesem začíná navezením vstupních surovin ze skladu materiálu na pracoviště přípravy stříhů. Jedná se o tkaninu s karbonových nebo skelných vláken nasycených pryskyřicí, která je navinuta do rolí o různých šířkách a délkách. Materiál je rozbalen a postupně odvinován na pracovní stůl katrovacího zařízení a pomocí pohyblivé řezací hlavy dojde k jeho rozřezání na požadované díly. Takto připravené stříhy jsou přepraveny na jednotlivá pracoviště, kde se vyřezané stříhy pokládají v přesně určeném pořadí do hliníkových nebo kompozitových forem. Po položení stříhů do forem dojde k uzavření formy speciální folií a k odsátí vzduchu a vytvoření vakua.

Připravené formy k vytvrzení se odvázejí do autoklávu, který je možné si představit jako tubus o průměru čtyři metry a délce šest metrů. Pokládací formy se navezou do autoklávu, připojí na vakuum a autokláv se uzavře. Spustí se příslušný vytvrzovací program, během kterého dojde k natlakování vnitřního prostoru autoklávu na 6 bar a jeho nahřátí na teplotu 120 - 130°C po dobu 2 až 3 hodin. Během probíhajícího cyklu dochází při ca 80°C k přechodu pryskyřice do tekutého stavu, při kterém karbonová tkanina optimálně přilne k tvarovému povrchu formy. Po zvýšení teploty na 120 - 130°C dojde k

úplnému vytvrzení dílů. Po uplynutí nadefinovaného cyklu a otevření autoklávu jsou jednotlivé díly z forem vyjmuty a dále prochází vizuální kontrolou kvality, kde se rozhoduje, zda odpovídají specifikaci. Formy se dle nadefinovaného plánu očistí, připraví k dalšímu použití a jsou odvezeny zpět na pracoviště pokládky stříhů.

Díly odpovídající specifikaci pokračují dále výrobním procesem na ofrézování, zde po vložení dílu do frézovacího přípravku dojde k ořezu dílu na požadovaný tvar. Takto opracované díly přechází na pracoviště, na kterém probíhá odjehlení ostrých hran. Provádí se také případné opravy poškozených dílů speciálním dvousložkovým lepidlem nebo pryskyřicí s následným vytvrzením v peci při teplotě 80°C po dobu jedné hodiny a obroušením přebytků lepidla nebo pryskyřice. Do některých dílů se v lepících přípravcích lepí plastové nebo kovové komponenty, poté přichází na řadu opět vytvrzení lepidla a dobroušení. Takto připravené díly po kontrole pokračují k dalšímu zpracování, nebo jsou odeslány do externí lakovny.

V prostoru brusírny dochází pomocí pneumatických brusek nebo ručně k obroušení celého dílu před základním lakem a poté znovu k přebroušení po základním laku. Po vyfoukání dílů tlakovým vzduchem, očištění a odmaštění jsou díly odvezeny do prostoru lakovny.

Před nanesením laku dojde k nandání dílů do lakovacích držáků a v míchací kabině k přípravě laku s tvrdidlem a ředidlem dle předepsaného míchacího poměru a ručnímu promíchání připravené směsi. Lak se nanáší ve dvou krocích, základní a vrchní. Tato připravená směs se nanáší v lakovací kabině na díly ručně pomocí nízkotlaké stříkací pistole a poté jsou díly přemístěny do sušící kabiny k vytvrzení laku při teplotě okolo 80°C. Po nanesení základní vrstvy laku a jeho vytvrzení jdou díly znovu do prostoru brusírny a povrch dílů je znovu přebroušen a po očištění jdou díly znovu do lakovny. Po nanesení vrchního laku a jeho vytvrzení jsou díly přemístěny do prostoru leštírny, kde je jejich povrch za pomoci vzduchových nebo elektrických leštiček a leštících past uveden do požadovaného stavu. Vyleštěné díly jsou převáženy na pracoviště konečné kontroly, kde prochází důkladnou vizuální kontrolou. Poté následuje zabalení dílů a jejich expedice k zákazníkovi.

4.5 Navržený postup implementace NÚMT

Na základě získaných informací z odborné literatury a případových studií byl navržen následující postup implementace metody NÚMT ve společnosti X.

Po seznámení s činnostmi společnosti bylo důležitým rozhodnutím definování rozsahu implementace NÚMT, při kterém by měly být jasně identifikovány cílové produkty, linie a procesy. Hranice mohly zahrnovat jeden nebo více výrobních procesů, nicméně pro počáteční implementaci bylo vhodné se nejprve zaměřit na jeden potenciálně významný proces s environmentálními a ekonomickými dopady.

Jako cílový proces návrhu implementace NÚMT byla vybrána výroba karbonových interiérových a exteriérových dílů z uhlíkových a skelných vláken. Tento proces byl vybrán pro svůj přímý materiálový tok a také proto, že je jedním ze stěžejních výrobních linií firmy X.

Na základě rozboru stanoveného výrobního procesu pro analýzu nebyl do určené aplikační hranice zahrnut transport materiálu z příjmového skladu do výroby, který má na starosti oddělení logistiky. Analýza se bude zabývat čistě výrobním procesem.

Z podstaty toho, že se nejedná o sériovou výrobu dílů (výrobní proces specifikují spíše omezené série dílů) a některé díly neprochází celým procesem, nebylo možné aplikovat analýzu na jeden produkt. Proto muselo být do implementace zahrnuto celé spektrum vyráběných dílů v tomto výrobním procesu.

Prvním krokem bylo zmapování výrobního procesu, ve kterém byly sledovány materiálové a energetické toky a objasňováno, kde a kolik pozitivních a negativních produktů (materiálových ztrát) vzniká.

Do materiálové bilance bude vstupovat pouze materiál související přímo s výrobním procesem, který je součástí výrobků nebo se výroba produktů bez něj neobejde.

Vstupní materiály, které se nestávají součástí výrobku a ani s ním nepřechází do dalšího kvantitativního střediska, budou přiřazeny pouze k materiálovým ztrátám. Pokud tento vstupní materiál nepřidává vyráběným produktům žádnou přidanou hodnotu, budou náklady na jeho pořízení přiřazeny pouze do materiálových ztrát. Ovšem jestliže vstupní materiál předává vyráběným produktům přidanou hodnotu, jeho materiálové náklady budou rozděleny mezi výrobky a materiálové ztráty v poměru, v jakém je obsažen hlavní vstupní materiál v pozitivních a negativních produktech.

Specifickou vlastností výrobního procesu karbonových dílů je jeho energetická náročnost, zejména spotřeba elektrické energie, která zajišťuje drtivou většinu výrobních zařízení. Z tohoto důvodu nebudou energetické náklady, dle možnosti normy, součástí materiálových nákladů, ale budou kvantifikovány samostatně.

Manipulace s materiálem během výrobního procesu, je v režii oddělení výroby, bude zahrnuta do systémových nákladů, a rovněž tak manipulace s odpadem a jeho likvidace, prováděná externí firmou, bude součástí nákladů na nakládání s odpady.

Detailnější rozbor implementace NÚMT zahrnují následující kroky:

- Rozsah a časové období analýzy
- Mapování procesu a stanovení kvantitativních středisek
- Sběr a kvantifikace dat

Rozsah a časové období analýzy

Časové období pro sběr dat by mělo být dostatečně dlouhé, aby bylo možné shromáždit potřebná a objektivní data.

Z důvodu toho, firma plánuje výrobu v týdenních cyklech, byla pro sběr dat potřebných k provedení analýzy NÚMT zvolena doba jednoho měsíce. Tato doba trvání byla také vybrána s ohledem na minimalizaci účinku jakýchkoli významných odchylek ve výrobním procesu, které by mohly ovlivnit použitelnost a spolehlivost dat.

Stanovení kvantitativních středisek

Kvantitativní střediska lze v rámci hranic NÚMT stanovit na základě několika faktorů, jako je velikost a uspořádání podniku, povaha podnikových činností, počet vyrobených produktů, technické aspekty výrobního procesu a podrobnosti o toku materiálu v jednotlivých dílčích procesech z hlediska nákladů a hmotnosti.

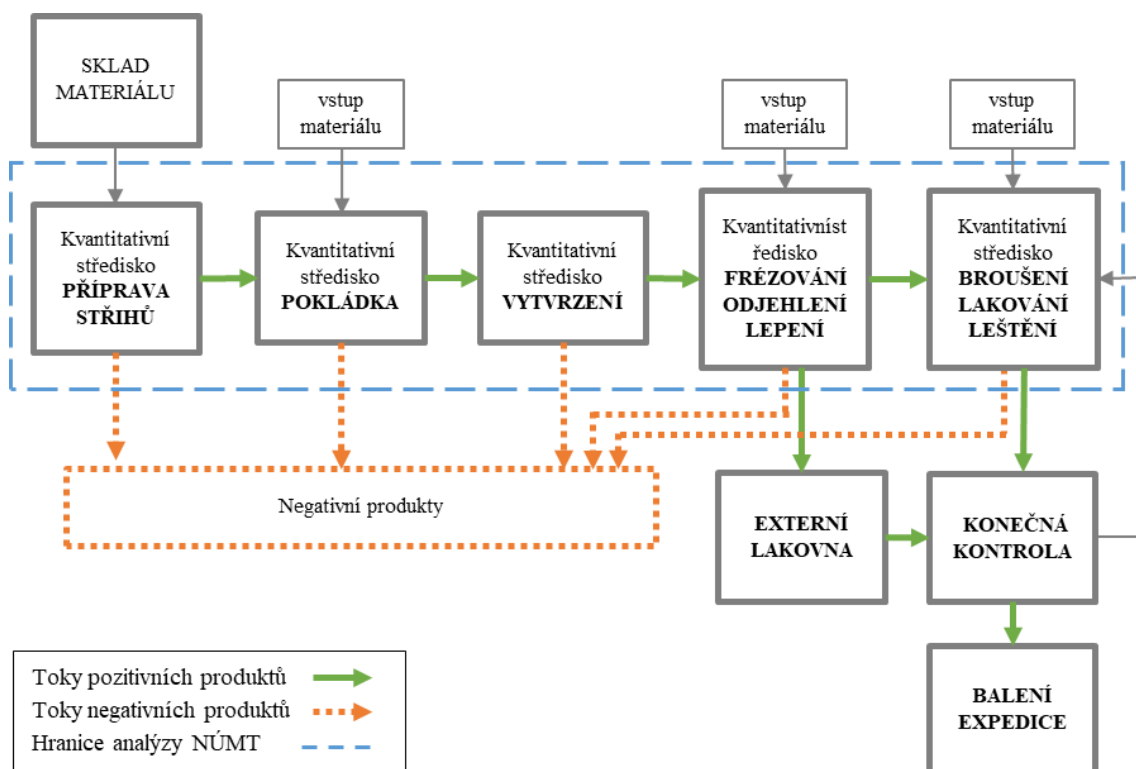
Po zmapování a podrobné analýze byl výrobní proces rozdělen na tyto kvantitativní střediska:

- příprava stříhů
- pokládka
- vytvrzení
- frézování, odjehlení, lepení
- broušení, lakování, leštění

Hlavním kritériem rozdělení výrobního procesu na tato kvantitativní střediska byla především rozdílnost výrobních operací a výrobních postupů, ale zároveň také umístění jednotlivých výrobních středisek v rámci výrobní haly, přesněji vzdálenost mezi navazujícími středisky. Spojení některých dílčích středisek do jednoho kvantitativního střediska bylo provedeno vzhledem k jejich velmi těsné blízkosti a hlavně kvůli provázanosti a opakovatelnosti těchto výrobních operací ve výrobním procesu.

Zároveň byla stanovena prováděcí hranice pro analýzu NÚMT včetně přesného určení kvantitativních středisek, které budou součástí analýzy.

Obr. 1: Schéma výrobního procesu se zakreslením nákladových středisek a hranicí analýzy NÚMT



Sběr a kvantifikace dat

U každého kvantitativního střediska v rámci hranic NÚMT bylo nutné provést rekonstrukci materiálových toků, při kterém došlo k identifikaci všech vstupních materiálů, jejich druhu a množství. Taktéž bylo nutností stanovit vzniklé množství materiálových ztrát.

Některá nashromážděná data o vstupních materiálech nebyla ve stejných fyzických jednotkách, a proto musely být na hmotnostní jednotky dováženy nebo dopočítány a odhadnuty na základě znalosti výrobního procesu.

V rámci sběru dat bylo třeba dále nalézt a specifikovat náklady energetické, systémové a náklady spojené s odpady, které byly vynaložené v jednotlivých kvantitativních střediscích za sledované období.

Výstupem tohoto kroku budou materiálové bilance všech kvantitativních středisek i celého výrobního procesu v hmotnostních i peněžních jednotkách. Dalším výstupem budou informace o energetických a systémových nákladech, a nákladech na nakládání s odpady v jednotlivých kvantitativních střediscích. Součástí všech výsledků bude také rozdělení vstupních materiálových toků na pozitivní a negativní produkty.

4.6 Výpočet NÚMT

4.6.1 Příprava stříhů

Vstupním materiálem do tohoto kvantitativního střediska jsou tkaniny z uhlíkových a skelných, případně aramidových vláken. Tkaniny jsou namotané na rolích o různých šířkách a délkách, rozdílná je také jejich tloušťka a obsah pryskyřice, kterou obsahují.

Pro výpočet hmotnosti bude u každého materiálu odečtena z popisu materiálu nebo technického listu procentuální hmotnost vláken (uhlíkových, skelných) a pryskyřice na 1 m^2 , a vynásobena spotřebou daného materiálu za zkoumané období. Celková spotřeba jednotlivých materiálů byla vypočtena součinem jednotkových spotřeb a počtem vyrobených dílů v daném období. Součtem dílčích hmotností uhlíkových vláken, skelných vláken a pryskyřice získáme celkovou hmotnost materiálů potřebnou k výrobě dílů za zkoumané období.

V daném období vstupuje do procesu přípravy stříhů 29 různých materiálů, které jsou v různém stupni rozpracovanosti a je obtížné změřit jejich délku a tedy odhadnout jejich hmotnost. Odhad hmotnosti by byl v tomto případě velmi nepřesný, a proto nebude pro účely analýzy s rozpracovaným materiálem na pracovišti počítáno a jako vstupní materiál pro analýzu poslouží celková hmotnost materiálů potřebných pro výrobu dílů za zkoumané období.

V průběhu výrobního procesu řezání stříhů dochází, jako u každého procesu, ke ztrátám materiálu neboli odpadu. Z velké tvarové různorodosti a různé velikosti jednotlivých stříhů nelze řezací programy sestavit bez materiálových ztrát. Řezací programy jsou automaticky skládány speciálním softwarem, který u každého programu počítá procentuální výtěžnost materiálu. Řezací programy jsou sestavovány pro každý druh materiálu a výrobek zvlášť. Ve sledovaném období jich bylo použito celkem 169 a drtivá většina byla použita opakovaně.

Ke stanovení množství materiálu, který přechází do výrobků a materiálových ztrát, bude použita metoda váženého průměru, který zobecňuje aritmetický průměr a poskytuje charakteristiku statistického souboru. Pro výpočet váženého průměru jsou potřeba jednak hodnoty, jejichž průměr chceme spočítat, a zároveň jejich různá důležitost, různá váha.

Při stanovení důležitosti jednotlivých hodnot výtěžnosti bylo přihlédnuto ke spotřebě materiálu nejvíce obrátkových dílů. Tyto díly prochází celým výrobním procesem, a tudíž budou pro analýzu nejvíce vypovídající hodnotou. Jednotlivé váhy výtěžnosti materiálů jsou tedy určeny dle spotřeby materiálu za sledované období a jejich rozhraní jsou

následující. Hranice do 100 m² spotřebovaného materiálu odpovídá váze důležitosti 1, množství 101-1000 m² důležitosti 2 a spotřeba materiálů vyšší než 1001 m² je ohodnocena váhou 3.

Vypočítaná hodnota váženého průměru odpovídá procentuální spotřebě materiálu přecházející do výrobků, pozitivních produktů. Hmotnost materiálových ztrát, negativních produktů, získána rozdílem celkové hmotnosti a hmotnosti přecházející do výrobků.

Tabulka 1: Materiálová bilance kvantitativního střediska – Příprava stříhů

Kvantitativní středisko - PŘÍPRAVA STŘIHŮ			
Materiál	Vstupy	Výstupy	
	Hmotnost	Výrobky	Materiálové
	(kg)	(kg)	ztráty (kg)
Karbonová a skelná tkanina	8 603	5 925	2 678
Spotřební materiál	5	- - -	5
Materiál celkem	8 608	5 925	2 683
Podíl rozdělení (%)□		69%	31%

Materiálové náklady jsou pro jednotlivé materiály spočítány součinem ceny materiálu za m² a spotřebou daného materiálu v m². Celková cena potřebného materiálu za stanovené období je součtem dílčích cen jednotlivých materiálů a její rozdělení na pozitivní a negativní produkty bylo provedeno ve stejném poměru jako hmotnostní rozdělení materiálových toků na pozitivní (výrobky) a negativní produkty (materiálové ztráty).

Řezací nože jsou provozním materiálem potřebným k rozřezání karbonové a skelné tkaniny na jednotlivé stříhy. Hmotnost spotřebovaných řezacích nožů nedosahuje ani hodnoty 0,5 kilogramu a je zanedbatelná v porovnání s hmotností spotřebované tkaniny. Nebude proto zahrnuta do materiálové bilance, ovšem hodnota řezacích nožů bude rozložena do výrobků a materiálových ztrát dle poměru pozitivních a negativních produktů hlavního materiálu, tedy karbonové a skelné tkaniny.

Do výrobního střediska ještě vstupují materiály, které lze označit za spotřební materiál. Jedná se převážně o položky typu kancelářský materiál, tisk etiket a průvodek práce, papírová lepicí páska, barva pro popis stříhů apod. Hmotnost těchto spotřebních materiálů je nízká, byla odhadnuta a jeho cena přiřazena čistě do materiálových ztrát a to

z důvodu, že nevstupuje přímo do výrobků a nepřechází s ním do následujícího kvantitativního střediska.

Tabulka 2: Materiálové náklady kvantitativního střediska – Příprava stříhů

Kvantitativní středisko - PŘÍPRAVA STŘIHŮ			
Materiálové náklady	Vstupy	Výstupy	
	Náklady	Výrobky	Materiálové
	(€)	(€)	ztráty (€)
Karbonová a skelná tkanina	263 836	181 708	82 128
Provozní materiál	2 600	1 791	809
Spotřební materiál	854	- - -	854
Náklady celkem	267 290	183 499	83 791
Podíl rozdělení (%)□		69%	31%

Pod energetické náklady v tomto středisku spadá pouze elektřina. Zjistit přesnou spotřebu elektrické energie u řezacích strojů, mrazicího boxu pro nízko obrátkové materiály, počítače a tiskárny nebo osvětlení by bylo velmi komplikované. Proto byla z podnikových podkladů odečtena celková spotřeba elektrické energie za sledované období a kvalifikovaným odhadem procentuálně rozdělena mezi všechny dílčí výrobní provozy závodu s ohledem na jejich strojní vybavení.

Energetické náklady rozděleny dle materiálové spotřeby vstupující do výrobků a materiálových ztrát.

Tabulka 3: Energetické a systémové náklady kvantitativního střediska – Příprava stříhů

Kvantitativní středisko - PŘÍPRAVA STŘIHŮ			
Druh nákladů	Celkem	Výrobky	Materiálové
	(€)	(€)	ztráty (€)
		Podíl rozdělení (%)	
Energetické náklady	903	622	281
Elektřina	903	69%	31%
Systémové náklady	18 532	12 763	5 769
Pracovní síly	16 295	69%	31%
Údržba a opravy	1 228		
Odpisy strojních zařízení	1 009		

K systémovým nákladům lze ve středisku přiřadit náklady na personál, odpisy strojních zařízení a náklady na jejich údržbu a opravy. Náklady na odpisy strojních a personální náklady čerpány z údajů účetního systému firmy. Údaje o roční údržbě a opravách strojů odečteny z výkazu oprav a údržby střediska za dané období dělené dvanácti měsíci.

Všechny dílčí systémové náklady přiřazeny k pozitivním a negativním produktům ve stejném v poměru, v jakém je obsažen materiál ve výrobku a materiálových ztrátách.

Náklady za manipulaci s nařezanými stříhy, tedy s pozitivními produkty, v rámci výrobního střediska jsou v režii pracovníků střediska a tyto náklady jsou započítány v nákladech na personál. Převoz stříhů mimo středisko Přípravy stříhů je zajišťován pracovníky následujícího kvantitativního střediska Pokládka.

Odpad tkaniny z uhlíkových nebo skelných vláken vzniklý při řezání stříhů je nebezpečným odpadem. Důvodem je pryskyřice, kterou tkaniny obsahují, a která slouží jako pojivo. Ovšem po vytvrzení pryskyřice v peci při 110°C po dobu jedné hodiny, se tento odpad stává ostatním odpadem, tedy již není nebezpečný. Dalším odpadem je papírový a plastový odpad z obalů tkanin. V konečné fázi tak vzniká v kvantitativním středisku Přípravy stříhů převážně ostatní odpad. Za nebezpečný odpad se na pracovišti lze považovat pouze obaly od barev pro potisk vyřezaných stříhů.

Náklady za manipulaci s odpadem vzniklým na pracovišti musely být přerozděleny mezi jednotlivá kvantitativní střediska z celkových nákladů firmy za nakládání s interním odpadem. První myšlenkou bylo procentuální rozdělení nákladů dle podlahové plochy jednotlivých výrobních středisek, ale ze získaných výsledků bylo zřejmé, že velikost podlahové plochy nekorresponduje s výší vyprodukovaného množství odpadu ve výrobních střediscích.

Proto bylo přistoupeno také k procentuálnímu přiřazení nákladů ke střediskům, ale podle objemu vyprodukovaného odpadu. Toto rozdělení v konečném důsledku tolik nezakreslí celkové negativní náklady v jednotlivých kvantitativních střediscích, i když bude hmotnost odpadů v některých střediscích částečně odhadnuta.

Náklady na likvidaci odpadů vypočítány součinem množství odpadu a cenou za jeho likvidaci účtovanou odpovědnou firmou, která tuto službu pro společnost X zajišťuje. Všechny náklady spojené s vyprodukovanými odpady a jejich likvidací jsou přiřazeny k negativním produktům.

Tabulka 4: Náklady na nakládání s odpadem kvantitativního střediska – Příprava stříhů

Kvantitativní středisko - PŘÍPRAVA STŘIHŮ			
Druh nákladů	Celkem (€)	Hmotnost (kg)	Podíl rozdělení (%)
Náklady na nakládání s odpady	2 295	4 515	
Ostatní odpad	290	4 510	99,9%
Nebezpečný odpad	2	5	0,1%
Svoz odpadu	2 003		

4.6.2 Pokládka

Nářezané stříhy z uhlíkových a skelných vláken jsou hlavním materiálovým vstupem. Před pokládkou je z jednotlivých stříhů stržena oboustranná ochranná folie a poté se na sebe stříhy vrství do kompozitových nebo hliníkových forem. Položené stříhy tvoří samotný díl a jejich hmotnost byla přidělena do pozitivních produktů, ochranné folie se stávají odpadem.

Do pozitivních produktů patří také karbonové, hliníkové a jiné výztuže, které se vkládají mezi vrstvy tkaniny do určených míst ve formách. Hmotnost těchto výztuží byla odvážena, odečtena z balení nebo zjištěna z podnikového systému.

Dalšími materiály, které vstupují do procesu, jsou do šňůr o různých průměrech smotaná uhlíková vlákna, která se vkládají do rohů forem a suché (nenасыčené pryskyřici) uhlíkové a skelné tkaniny používané k odsátí přebytečné pryskyřice z problematických míst. Potřebné množství a hmotnost těchto materiálů je nízké a bylo odhadnuto s ohledem na díly, ve kterých se tyto materiály používají. Tyto materiály zůstávají součástí dílu a byly přiřazeny k pozitivním produktům. Ovšem při jejich ručním dělení dochází ke ztrátám, které byly sledováním odhadnuty u šňůr na 5 % a u nenасыčených tkanin na 15 % z celkové použité hmotnosti. Materiály popsané výše budou označeny v materiálové bilanci jako speciální materiály.

Pomocný materiál tvoří v největší míře speciální folie a plstěný flís. Folie se pokládají přímo na položené stříhy, používají se k utužení stříhů během procesu pokládky a k vzduchotěsnému uzavření forem. Flís se vkládá mezi folie a slouží k lepšímu odvodu vzduchu při přípravě forem k vytvrzení a v některých případech jako obal formy a ochrana proti poškození vakuové folie. Spotřeba pomocných materiálů je velmi individuální jak

druhem vyráběného produktu, tak přístupem a zkušeností pracovníka, který daný díl vyrábí. Pro určení spotřebovaného množství pomocného materiálu byly díly produkované ve sledovaném období rozděleny do tří skupin dle jejich velikosti. Z těchto tří skupin výrobků byl vybrán na základě vyráběného množství a množství použitého pomocného materiálu jeden reprezentativní výrobek, u kterého proběhlo vážení použitého materiálu. Hmotnost pomocných materiálů jednotlivých reprezentativních vzorků byla vynásobena počtem příslušných dílů v každé ze tří skupin a následně sečtením hmotností získána celková orientační hmotnost pomocného materiálu za sledované období. Příprava pomocného materiálu probíhá ručně a vznikají při ní materiálové ztráty, které byly kvalifikovaným odhadem při pozorování výrobního procesu určeny na 15 %. K této materiálové ztrátě je nutné připočítat hmotnost folie určené k utužení položených stříhů během výroby, která se po svém použití stává odpadem.

Dalším materiálovým vstupem je spotřební materiál, který zastupují teflonové a teplu-odolné lepicí pásky, těsnící pásky, vlhčené ubrousky pro práci s tkaninami napuštěnými pryskyřicí, sprejové lepidlo, chladicí sprej, papírové a hadrové utěrky nebo organická rozpouštědla používaná k očištění pokládacích nástrojů od pryskyřice a odmaštění okrajů forem při vakuovém uzavírání pokládacích forem. Jejich spotřeba je také hodně individuální a v některých případech těžce určitelná, proto byla jejich hmotnost odhadnuta s ohledem na měsíční objednávané množství kvantitativního střediska.

Tabulka 5: Materiálová bilance kvantitativního střediska – Pokládka

Kvantitativní středisko - POKLÁDKA			
Materiál	Vstupy	Výstupy	
	Hmotnost (kg)	Výrobky (kg)	Materiálové ztráty (kg)
Materiál z předchozího střediska			- - -
Ochranné folie	5 925	5 556	345
Neshodné díly			24
Výztuže	105	105	- - -
Speciální materiály	162	151	11
Pomocné materiály	1 126	935	191
Spotřební materiál	157	- - -	157
Materiál celkem	7 475	6 747	729
Podíl rozdělení (%)□		90%	10%

Výše materiálových nákladů nařezaných stříhů převzaty ze střediska Příprava stříhů. Ceny výztuží zjištěny z plánovacího systému podniku a vynásobeny počtem použitých kusů. Oboje náklady těchto materiálů byly plně přiřazeny k pozitivním produktům, protože se stávají součástí vyráběných dílů.

Náklady na speciální a pomocné materiály vypočítány součinem cen jednotlivých materiálů a jejich spotřebou (m, m²) ve sledovaném období. Rozdělení nákladů do pozitivních a negativních produktů bylo realizováno dle jednotlivých materiálových ztrát příslušných materiálů.

Materiálové náklady na spotřební materiál zjištěny vynásobením ceny jednotlivých materiálů a jejich spotřebovaným množstvím. Náklady za spotřební materiál kopírují materiálové rozdělení k negativním produktům.

Tabulka 6: Materiálové náklady kvantitativního střediska – Pokládka

Kvantitativní středisko - POKLÁDKA			
Materiálové náklady	Vstupy	Výstupy	
	Náklady (€)	Výrobky (€)	Materiálové ztráty (€)
Náklady z předchozího střediska	183 499	182 617	- - -
Neshodné díly			882
Výztuže	37 659	37 659	- - -
Speciální materiály	2 161	1 966	195
Pomocné materiály	12 279	10 192	2 087
Spotřební materiály	6 572	- - -	6 572
Náklady celkem	242 170	232 434	9 737
Podíl rozdělení (%)□		96%	4%

Do energetických nákladů ve výrobním středisku Pokládka patří pouze elektřina, která zajišťuje chod vakuových stanic rozmístěných po výrobní hale, osvětlení pracovišť nebo činnost klimatizační jednotky udržující správnou aplikační teplotu vzduchu ve výrobní hale pro zpracování stříhů z karbonových a skelných tkanin. Zde bylo opět využito procentuálního rozdělení celkových energetických nákladů ve sledovaném období na jednotlivé výrobní procesy podniku s přihlédnutím k jejich strojnímu vybavení.

Rozdělení energetických nákladů mezi pozitivní a negativní produkty uskutečněno podle spotřeb materiálů vstupujících do výrobků nebo materiálových ztrát.

Tabulka 7: Energetické a systémové náklady kvantitativního střediska – Pokládka

Kvantitativní středisko - POKLÁDKA			
Druh nákladů	Celkem (€)	Výrobky (€)	Materiálové ztráty (€)
	Podíl rozdělení (%)		
Energetické náklady	3 611	3 259	352
Elektrina	3 611	90%	10%
Systémové náklady	180 495	162 898	17 597
Pracovní síly	175 627	90%	10%
Údržba a opravy	228		
Odpisy strojních zařízení	1 019		
Manipulace s materiálem	3 621		

Personální náklady, náklady na přesun nařezaných stříhů z předchozího výrobního střediska Příprava stříhů a manipulaci s nimi v rámci výrobní haly, odpisy strojního zařízení, jeho údržba a opravy jsou systémové náklady spadající pod kvantitativní středisko Pokládka.

Náklady na personál a náklady na odpisy strojního vybavení získány z podnikového účetního systému. Z ročních nákladů za opravy a údržbu firmy vydělených dvanácti měsíci vypočítány náklady na opravy a údržbu sledovaného střediska.

Manipulaci se stříhy mají na starosti tzv. koordinátoři výroby, kteří zabezpečují plynulý chod výroby. Jejich ohodnocení, neboli personální náklady byly přiřazeny do negativních produktů, neboť jejich pracovní činnosti mají organizační charakter. Ostatní systémové náklady přiděleny dle procentuálního rozdělení materiálových spotřeb vstupujících do výrobků a materiálových ztrát.

Tabulka 8: Náklady na nakládání s odpadem kvantitativního střediska – Pokládka

Kvantitativní středisko - POKLÁDKA			
Druh nákladů	Celkem (€)	Hmotnost (kg)	Podíl rozdělení (%)
Náklady na nakládání s odpady	581	729	
Ostatní odpad	2	24	3%
Nebezpečný odpad	256	705	97%
Svoz odpadu	323		

Odpad v kvantitativním středisku tvoří především ochranné folie (vrchní a spodní) stržené z jednotlivých stříhů před jejich použitím. Jejich hmotnost byla zjištěna odvážením dvou m² ochranných folií a následným vynásobením celkovou materiálovou spotřebou stříhů v m² ve sledovaném období. Dalším odpadem jsou materiálové ztráty spojené s ruční přípravou speciálních a pomocných materiálů, do kterých dále patří folie určené k utužení položených stříhů během výroby. Poslední část odpadů tvoří spotřební materiály, které nepřechází s výrobkem do následujícího kvantitativního střediska a z tohoto důvodu byla jejich zjištěná hmotnost plně přiřazena k negativním produktům.

Jelikož většina popsaných odpadů je kontaminována pryskyřicí, organickými rozpouštědly nebo je sama o sobě nebezpečným odpadem, jsou všechny odpady z kvantitativního střediska považovány za nebezpečný odpad. Náklady na nakládání s odpady jsou součinem jejich hmotnosti a ceny za likvidaci nebezpečného odpadu. Všechny náklady spojené s odpady byly přiřazeny k negativním produktům.

4.6.3 Vytvrzování

Vytvrzování je jediným kvantitativním střediskem, ve kterém do pozitivních produktů vstupuje pouze materiál z předcházejícího kvantitativního střediska Pokládka.

Přivezené pokládací formy ze střediska se navezou do autoklávu, ve kterém dojde během vytvrzovacího cyklu za pomoci vakua, teploty a tlaku k vytvrzení dílů. Po vyvezení forem z autoklávu musí být vytvrzené díly co nejrychleji vyjmuty z horkých pokládacích forem. Před tím je však nutné z forem sejmout pomocný materiál (vakuová a speciální folie, plstěný flís) vložený do pokládacích forem ve středisku Pokládka, který se následně stává odpadem. Do plstěného flísu se během vytvrzovacího cyklu nasákne přebytečná pryskyřice. Hmotnost této pryskyřice je těžko určitelná a bývá u každého konkrétního dílu jiná. Její množství závisí na tvaru dílu, počtu vrstev a druhu použité tkaniny, tedy na jejím procentuálním nasycení karbonové nebo skelné tkaniny pryskyřicí a významnou roli zde hraje také výrobní šarže materiálu. Hmotnost přebytečné pryskyřice by bylo možné odvážit, ale tento proces by byl u 180 druhů výrobků vstupujících do výrobního procesu ve sledovaném období neefektivní. Hmotnost pryskyřice je zanedbatelná, odhadnutím v řádech jednotek kilogramů, a nebude v analýze zohledněna.

Vyjmuté díly z forem poté prochází důkladnou vizuální kontrolou. Zde vznikají materiálové ztráty v podobě dílů, které neodpovídají specifikaci zákazníka. Hmotnost materiálu a náklady na tyto neshodné díly byly vypočítány z ceny a hmotnosti hlavních materiálů (karbonová a skelná tkanina) potřebných k výrobě daných dílů. Postup výpočtu ocenění negativních (neshodných) produktů je identický s výpočtem v kvantitativním středisku Příprava stříhů.

Tabulka 9: Materiálová bilance kvantitativního střediska – Vytvrzení

Kvantitativní středisko - VYTVRZENÍ			
Materiál	Vstupy	Výstupy	
	Hmotnost (kg)	Výrobky (kg)	Materiálové ztráty (kg)
Materiál z předchozího střediska			---
Pomocné materiály	6 747	5 482	935
Neshodné díly			330
Provozní materiály	142	128	14
Spotřební materiály	25	---	25
Materiál celkem	6 913	5 610	1 304
Podíl rozdělení (%)□		81%	19%

Prázdné formy se před dalším použitím ošetřují speciálním separátorem, který usnadňuje vyjmutí vytvrzených dílů z pokládacích forem. Separátor je aplikován pomocí hadrové utěrky na čistý povrch forem, na kterém vytváří extrémně tenký povlak, který musí být tepelně vytvrzen, aby mohl poskytnout požadované separační účinky. Spotřebované množství separátoru je opět velmi těžce měřitelné (různá velikost pokládacích forem, lidský faktor). Jeho množství bylo odhadnuto a s přihlédnutím na různé velikosti forem ještě upřesněno a zkontrolováno údaji o objednaném množství ve sledovaném období. Náklady na tento provozní materiál zjištěny ze spotřebovaného množství a jeho nákupní ceny.

Dále do střediska vstupuje spotřební materiál, do kterého lze zařadit ochranné pomůcky, hadrové utěrky, nástroje potřebné k odformování dílů apod. Náklady na spotřební materiál jsou součinem cen a spotřebovaným množstvím daných materiálů a jeho hodnota byla započítána do materiálových ztrát.

Tabulka 10: Materiálové náklady kvantitativního střediska – Vytvrzení

Kvantitativní středisko - VYTVRZENÍ			
Materiálové náklady	Vstupy	Výstupy	
	Náklady (€)	Výrobky (€)	Materiálové ztráty (€)
Náklady z předchozího střediska			- - -
Pomocné materiály	232 434	210 335	10 192
Neshodné díly			11 907
Provozní materiály	1 972	1 775	197
Spotřební materiál	854	- - -	854
Náklady celkem	235 260	212 110	23 150
Podíl rozdělení (%)□		90%	10%

Výrobní proces vytvrzování je energeticky nejnáročnějším procesem z pohledu spotřeby elektrické energie. Provoz autoklávu (teplota, vakuum, tlak), tlakový vzduch k očištění forem, osvětlení, to vše zajišťuje elektrická energie. Náklady na elektrickou energii získány na základě kvalifikovaného procentuálního odhadu z celkového množství spotřebované energie. Náklady rozděleny mezi pozitivní a negativní produkty podle hmotnosti materiálu vstupujícího do výrobků a materiálových ztrát.

Pod systémové náklady spadají v kvantitativním středisku Vytvrzování personální náklady, manipulace s pokládacími formami a vytvrzenými díly, náklady na údržbu a opravy. Údaje o nákladech na údržbu a opravy strojů získány z ročních nákladů oprav a údržby střediska dělené dvanácti měsíci. Všechny ostatní systémové náklady získány z podnikového systému a byly přiřazeny k pozitivním a negativním produktům ve stejném v poměru, v jakém je obsažen materiál ve výrobku a materiálových ztrátách.

Manipulace s pokládacími formami, přesněji jejich převoz mezi výrobními středisky Pokládka a Vytvrzení je součástí pracovní činnosti pracovníků střediska, a proto jsou náklady na tuto činnost započítány v nákladech na personál. To samé platí o manipulaci s vytvrzenými díly v rámci pracoviště.

Tabulka 11: Energetické a systémové náklady kvantitativního střediska – Vytvrzení

Kvantitativní středisko - VYTVRZENÍ			
Druh nákladů	Celkem (€)	Výrobky (€)	Materiálové ztráty (€)
	Podíl rozdělení (%)		
Energetické náklady	7 402	6 006	1 396
Elektrina	7 402	81%	19%
Systémové náklady	25 660	20 821	4 839
Pracovní síly	21 727	81%	19%
Údržba a opravy	1 732		
Odpisy strojních zařízení	2 202		

Odpadem v kvantitativním středisku je především pomocný materiál (vakuová a speciální folie, plstěný flís) odstraněný z pokládacích forem po vytvrzovacím cyklu. Hmotnost pomocného materiálu je shodná s jeho hmotností ve středisku Pokládka. Dalším odpadem je speciální a spotřební materiál, který tvoří prázdné obaly od separátorů a separátorem kontaminované hadrové utěrky. Hmotnost těchto materiálů byla odhadnuta.

Všechny odpady z kvantitativního střediska jsou považovány za nebezpečný odpad a náklady na nakládání s odpady jsou součinem jejich hmotnosti a ceny za likvidaci nebezpečného odpadu. Všechny náklady spojené s odpady byly přiřazeny k negativním produktům.

Tabulka 12: Náklady na nakládání s odpadem kvantitativního střediska – Vytvrzení

Kvantitativní středisko - VYTVRZENÍ			
Druh nákladů	Celkem (€)	Hmotnost (kg)	Podíl rozdělení (%)
Náklady na nakládání s odpady	954	1 304	
Ostatní odpad	21	330	25%
Nebezpečný odpad	354	974	75%
Svoz odpadu	579		

4.6.4 Frézování, odjehlení, lepení

Tato výrobní střediska byla spojena do jednoho kvantitativního střediska kvůli jejich bezprostřední blízkosti a návaznosti v hierarchii výrobního procesu a z důvodu toho, že do výrobních středisek Frézování a Odjehlení nevstupuje velké množství materiálu.

Díly po vizuální kontrole, které vyhovují specifikaci zákazníka, jsou převezeny na středisko Frézování. Zde jsou díly vkládány do frézovacích přípravků, ve kterých dojde k jejich ořezu na požadovaný tvar. Při ořezu dílů dochází k materiálovým ztrátám, které tvoří odřezky vzniklé jejich obráběním. Zvážením deseti různých produktů, v oříznutém stavu a surovém stavu po vytvrzení, s odlišnou velikostí a tvarem, byla poměrem naměřených hodnot určena procentuální hodnota materiálových ztrát. Součinem hodnoty materiálových ztrát a celkové hmotnosti hlavních vstupních materiálů získána hmotnost odřezků.

Materiálovými ztrátami jsou také neshodné díly, které jsou nejčastěji způsobeny uvolněním dílu ve frézovacím přípravku a jeho následným chybným oříznutím.

Spotřeby provozního materiálu, kterým jsou obráběcí nástroje používané k ořezu dílů, zjištěny z evidenčních záznamů střediska a ceny z podnikového systému.

Po frézování přichází na řadu odjehlení ostrých hran dílů a obroušení určených míst dílů jako příprava pro lepení. K obroušení se používá brusný materiál o různé drsnosti a jeho spotřeba je na uvážení pracovníka. V materiálové bilanci střediska je brusivo označeno jako pomocný materiál. Jeho hmotnost přiřazena v plné výši k materiálovým ztrátám a náklady rozděleny mezi výrobky a materiálové ztráty v poměru hmotnosti pozitivních a negativních produktů hlavního materiálu vstupujícího do střediska.

Součástí střediska Odjehlení je také oprava dílů prováděná speciálním dvousložkovým lepidlem, které se po nanesení na díl vytvrzuje v peci vyhřáté na 80°C po dobu jedné hodiny a poté je odbroušeno do požadovaného stavu.

Dalším krokem ve výrobním procesu je lepení, kde se v lepicích přípravcích do určených dílů lepí plastové nebo kovové komponenty. Kovové díly tvoří přes 85 % hmotnosti všech lepených komponentů. Hmotnost velkých plastových komponentů odvážena, u malých plastových dílů odváženy pouze reprezentativní vzorky a dle jejich váhy odhadnuty hmotnosti u zbylých komponentů. Ceny jednotlivých komponentů zjištěny z podnikového systému.

Lepidla a oboustranné lepicí pásy jsou speciálním materiálem potřebným k přilepení požadovaných komponentů k jednotlivým dílům. Spotřeba speciálních materiálů zjištěna z podnikového systému a pouze dováženy a doměřeny materiálové ztráty. Dvousložková lepidla jsou dodávána v tubách a smíchání obou složek lepidla ve správném poměru zajišťují směšovací hubice, které je třeba z důvodu tuhnutí lepidla měnit při opakovaném lepení. Po nalepení komponentů a zatuhnutí lepidla je nutné přebytečné lepidlo odříznout nebo odbrousit. Tímto způsobem odvážené materiálové ztráty lepidel dosahovaly až 20 %. Lepicí pásy jsou namotané na roli a potřebné množství je odebíráno ručně, zde byly materiálové ztráty odhadnuty na 2 %. Náklady na speciální materiály a jejich ztráty dopočítány z nákupních cen vstupujících materiálů.

Tabulka 13: Materiálová bilance kvantitativního střediska – Frézování, odjehlení, lepení

Kvantitativní středisko - FRÉZOVÁNÍ - ODJEHLÉNÍ - LEPENÍ			
Materiál	Vstupy	Výstupy	
	Hmotnost (kg)	Výrobky (kg)	Materiálové ztráty (kg)
Materiál z předchozího střediska			---
Ořez dílů	5 610	5 379	217
Neshodné díly - frézování			3
Neshodné díly - odjehlení + lepení			11
Externí lakovna	- 709	- 709	---
Provozní materiál - frézování	6	---	6
Pomocné materiály	43	---	28
Lepené komponenty	5 128	5 128	---
Speciální materiály	275	219	55
Spotřební materiál	65	---	65
Materiál celkem	10 417	10 017	385
Podíl rozdělení (%)□		96%	4%

Spotřebním materiálem používaným v celém kvantitativním středisku lze označit ochranné pomůcky, papírové utěrky, nástroje a pomůcky potřebné k zajištění výroby. Množství spotřebovaného materiálu a jeho hmotnost určena jednak pozorováním výrobního procesu a pak dle evidence objednávaného množství spotřebního materiálu v rámci celého kvantitativního střediska.

Ohodnocení neshodných dílů vzniklých v průběhu výrobního procesu kvantitativního střediska provedeno stejným způsobem jako ve výrobním středisku Vytvrzení, tedy z ceny a hmotnosti hlavních materiálů potřebných k výrobě daných dílů.

Zalepené a očištěné díly jsou připraveny k dalšímu zpracování. Ovšem některé díly již nepokračují interním výrobním procesem a odchází k dalšímu zpracování do externí lakovny.

Vypočtená hmotnost a výrobní náklady dílů, které ze sledovaného výrobního procesu odchází na externí lakování, byly odečteny v materiálové bilanci od pozitivních produktů, ale nebyly přičteny k materiálovým ztrátám, a to z důvodu, že se po nalakování vrací do výrobního procesu k finální optické kontrole, zabalení a expedici k zákazníkovi.

Tabulka 14: Materiálové náklady kvantitativního střediska – Frézování, odjehlení, lepení

Kvantitativní středisko - FRÉZOVÁNÍ - ODJEHLÉNÍ - LEPENÍ			
Materiálové náklady	Vstupy	Výstupy	
	Náklady (€)	Výrobky (€)	Materiálové ztráty (€)
Materiál z předchozího střediska			- - -
Ořez dílů	212 110	203 503	7 725
Neshodné díly - frézování			126
Neshodné díly - odjehlení + lepení			756
Externí lakovna			- 25 578
Provozní materiál - frézování	1 716	1 656	60
Pomocné materiály	1 992	1 910	82
Lepené komponenty	56 994	56 994	- - -
Speciální materiály	13 611	10 500	3 111
Spotřební materiál	2 647	- - -	2 647
Náklady celkem	263 491	248 985	14 507
Podíl rozdělení (%) □		94%	6%

Elektrická energie, jako zástupce energetických nákladů, zajišťuje celý chod kvantitativního střediska.

Za energeticky nejnáročnější lze označit frézovací CNC stroje a odsávání karbonového prachu při procesu frézování, pece využívané k vytvrzení lepidel a k tvarové stabilizaci některých dílů a následující vakuové stanice k upevnění dílů ve frézovacích nebo

lepících přípravcích, tlakový vzduch apod. Náklady na elektrickou energii zjištěny procentuálním odhadem jako u předchozích kvantitativních středisek.

Rozdělení nákladů na elektrickou energii mezi pozitivní a negativní produkty provedeno podle spotřeb materiálů vstupujících do výrobků nebo materiálových ztrát.

Nejnákladnější položkou systémových nákladů jsou náklady personální, do kterých jsou započítány i náklady na manipulaci s díly, protože převoz dílů zajišťují pracovníci střediska. Další složkou systémových nákladů jsou odpisy strojů, jejich údržba a opravy. Náklady na údržbu a opravy vypočteny podílem ročních nákladů na údržbu a opravy firmy a dvanácti měsíců. Náklady na odpisy strojního vybavení z účetního systému firmy.

Materiály vstupující do výrobků nebo materiálových ztrát byly rozdělovacím kritériem pro přidělení všech dílčích systémových nákladů mezi pozitivní a negativní produkty.

Tabulka 15: Energetické a systémové náklady kvantitativního střediska – Frézování, odjehlení, lepení

Kvantitativní středisko FRÉZOVÁNÍ - ODJEHLNÍ - LEPENÍ			
Druh nákladů	Celkem (€)	Výrobky (€)	Materiálové ztráty (€)
	Podíl rozdělení (%)		
Energetické náklady	6 319	6 085	234
Elektrina - frézování	3 250	96%	4%
Elektrina - odjehlení, lepení	3 069		
Systémové náklady	57 410	55 204	2 123
Pracovní síly	52 507	96%	4%
Údržba a opravy	1 406		
Odpisy strojních zařízení	3 497		

Karbonový odpad vzniklý při strojním ořezu dílů tvoří hlavní složku ostatního materiálu. Jeho hmotnost je totožná s hmotností materiálových ztrát vzniklých při ořezu dílů.

Prázdné tuby od lepidel a kontaminovaný spotřební materiál od lepidel a organických rozpouštědel jsou hlavními složkami nebezpečného odpadu. Hmotnost prázdných tub od lepidel zjištěna odvážením a jejich spotřebovaný počet podílem celkové hmotnosti lepidel a hmotností lepidel v jednotlivých tubách. Tato hmotnost byla připočtena ke hmotnosti spotřebního materiálu.

Náklady na manipulaci s odpadem zjištěny z celkových nákladů firmy na manipulaci s odpadem, a to procentuálním přiřazení nákladů ke střediskům podle velikosti objemu vyprodukovaného odpadu. Náklady na likvidaci odpadů vypočítány součinem množství odpadu a cenou za likvidaci dle jeho povahy.

Všechny náklady spojené s vyprodukovanými odpady a jejich likvidací jsou přiřazeny k negativním produktům.

Tabulka 16: Náklady na nakládání s odpadem kvantitativního střediska – Frézování, odjehlení, lepení

Kvantitativní středisko FRÉZOVÁNÍ - ODJEHLENÍ - LEPENÍ			
Druh nákladů	Celkem (€)	Hmotnost (kg)	Podíl rozdělení (%)
Náklady na nakládání s odpady	342	509	
Ostatní odpad	15	231	45%
Nebezpečný odpad	101	278	55%
Svoz odpadu	226		

4.6.5 Broušení, lakování, leštění

Výrobní operace broušení je přípravným krokem před samotnou aplikací laku. Celý povrch dílu je z vnější, tedy pohledové strany ručně nebo za pomoci pneumatických brusů rovnoměrně obrušován za pravidelného čištění a odmašťování broušeného povrchu dílu. Následuje nanesení základní vrstvy laku a opětovné přebroušení a srovnání povrchu dílu brusivem.

Brusný materiál je používán v různých stupních drsnosti a jeho spotřeba je střediskem evidována. Náklady na pomocný materiál, jak je brusivo označeno v materiálové bilanci střediska, vypočítán součinem spotřeby a cen jednotlivých druhů brusného materiálu. Celá hmotnost brusného materiálu přiřazena k materiálovým ztrátám a náklady rozděleny mezi pozitivní a negativní produkty v poměru obsahu hlavního materiálu ve výrobku a v materiálových ztrátách.

Před lakováním jsou díly důkladně odmaštěny a očištěny antistatickou utěrkou pro odstranění veškerých částic prachu z povrchu dílů. Ruční nanášení laku je prováděno ve dvou krocích (základní a vrchní lak), po kterých se lak nechává vytvrdnout v peci na 80°C po dobu jedné hodiny. Poté je díl připraven k dalšímu zpracování. K přípravě laku s tvrdidlem a ředidlem dochází v míchací kabině dle předepsaného míchacího poměru. K materiálovým ztrátám laku dochází při jeho přípravě v míchací kabině a tyto ztráty byly odměřeny na 5 %. Při ručním nanášení laku dochází k přestříku, což je onačení pro lak, který při nanášení neulpí na lakovaném dílu. Tyto ztráty byly odhadnuty na 10 %.

Celková spotřeba a cena laku (lak, tvrdidlo, ředidlo) zjištěna z plánovacího systému podniku. Přesná hodnota spotřebovaného resp. naneseného laku je hodně individuální, vstupuje do ní lidský faktor, a proto je obtížně zjištělná. Speciální materiály, jak jsou obecně laky označeny v materiálové bilanci střediska, byly přiděleny do pozitivních a negativních produktů na základě jejich zjištěných ztrát.

Po vytvrdnutí laku vstupují díly do procesu leštění, kde je povrch dílů za pomoci leštících nástrojů a prostřednictvím leštících prostředků uveden do požadovaného stavu. Poté jsou díly převáženy k finální kontrole a balení, které již ale nejsou předmětem analýzy.

Leštící prostředky, označené jako pomocné materiály, jsou jemné leštící papíry o vysoké zrnitosti a leštící pasty, jejich spotřeba získána z evidence výrobního střediska. Celá hmotnost pomocného materiálu přiřazena k materiálovým ztrátám a náklady rozděleny mezi pozitivní a negativní produkty ve stejném poměru jako pomocný materiál výrobního střediska Broušení.

Tabulka 17: Materiálová bilance kvantitativního střediska – Broušení, lakování, leštění

Kvantitativní středisko - BROUŠENÍ - LAKOVÁNÍ - LEŠTĚNÍ			
Materiál	Vstupy	Výstupy	
	Hmotnost (kg)	Výrobky (kg)	Materiálové ztráty (kg)
Materiál z předchozího střediska			- - -
Neshodné díly - broušení	10 017	9 942	16
Neshodné díly - lakování + leštění			59
Pomocné materiály	327	- - -	327
Speciální materiály	1 966	1 672	295
Spotřební materiál	129	- - -	129
Materiál celkem	12 440	11 614	826
Podíl rozdělení (%)		93%	7%

Spotřební materiál v celém kvantitativním středisku tvoří např. ochranné pomůcky, různé druhy utěrek, organická rozpouštědla nebo přípravky na odmaštění dílů.

Spotřeba jednotlivých materiálů je hodně individuální a v některých případech těžce určitelná, proto byla jejich hmotnost odhadnuta s ohledem na měsíční objednané množství kvantitativního střediska.

Materiálové náklady na spotřební materiál zjištěny vynásobením ceny jednotlivých materiálů a jejich spotřebovaným množstvím. Náklady za spotřební materiál a celková hmotnost spotřebních materiálů přiděleny k negativním produktům.

Materiálovými ztrátami jsou neshodné díly, které v kvantitativním středisku buď vznikají, nebo jsou v průběhu procesu odhaleny. Vznikají převážně při procesu broušení, probroušením první pohledové vrstvy nebo se broušením a lakováním obnaží vady z předcházejících výrobních středisek (např. nečistoty, vady materiálu, posun vláken), které nebyly při předchozí kontrole odhaleny. Ohodnocení a hmotnost neshodných dílů vypočítána z ceny a hmotnosti hlavních vstupních materiálů potřebných k výrobě daných dílů.

Tabulka 18: Materiálové náklady kvantitativního střediska – Broušení, lakování, leštění

Kvantitativní středisko - BROUŠENÍ - LAKOVÁNÍ - LEŠTĚNÍ			
Materiálové náklady	Vstupy	Výstupy	
	Náklady (€)	Výrobky (€)	Materiálové ztráty (€)
Materiál z předchozího střediska			---
Neshodné díly - broušení	248 985	246 276	567
Neshodné díly - lakování + leštění			2 142
Pomocné materiály	35 018	34 756	262
Speciální materiály	35 779	30 426	5 354
Spotřební materiál	4 902	---	4 902
Náklady celkem	324 685	311 458	13 227
Podíl rozdělení (%)		96%	4%

Energetické náklady kvantitativního střediska se skládají ze dvou položek, elektřiny a plynu (LPG). Elektrická energie zajišťuje především provoz vzduchotechniky celého střediska, provoz odsávacích stolů ve středisku Brusírna, chod elektrických leštiček, přívod tlakového vzduchu apod. Plyn je využíván k vyhřívání lakovacích a sušících kabin jeho náklady zjištěny z fakturace za sledované období. Náklady na elektrickou energii získány procentuálním odhadem z celkového množství spotřebované energie firmou ve sledovaném období. Náklady rozděleny mezi pozitivní a negativní produkty podle hmotnosti materiálu vstupujícího do výrobků a materiálových ztrát.

K systémovým nákladům lze ve středisku přiřadit náklady na personál, odpisy strojních zařízení a náklady na jejich údržbu a opravy. Náklady na odpisy strojních a personální náklady čerpány z údajů účetního systému firmy, náklady na údržbu a opravy vypočteny podílem ročních nákladů a dvanácti měsíců.

Převoz dílů mezi jednotlivými výrobními středisky zajišťují pracovníci střediska, náklady na manipulaci s díly, tedy s pozitivními produkty jsou započítány v nákladech na personál.

Všechny dílčí systémové náklady přiřazeny k pozitivním a negativním produktům ve stejném v poměru, v jakém je obsažen materiál ve výrobku a materiálových ztrátách.

Tabulka 19: Energetické a systémové náklady kvantitativního střediska – Broušení, lakování, leštění

Kvantitativní středisko BROUŠENÍ - LAKOVÁNÍ - LEŠTĚNÍ			
Druh nákladů	Celkem (€)	Výrobky (€)	Materiálové ztráty (€)
	Podíl rozdělení (%)		
Energetické náklady	21 300	19 887	1 413
Elektřina - broušení	1 164	93%	7%
Elektřina - lakování	3 611		
Elektřina - leštění	822		
Plyn	15 703		
Systémové náklady	114 334	106 749	7 585
Pracovní síly	105 014	93%	7%
Údržba a opravy	2 757		
Odpisy strojních zařízení	3 275		
Manipulace s materiálem	3 288		

Odpad z celého kvantitativního střediska má charakter nebezpečného odpadu. Tvoří jej odmašťovacími a čisticími přípravky znečištěný spotřební materiál (utěrky, hadry, použité pracovní rukavice apod.), prázdné obaly nebezpečných látek (laky, tvrdidla, ředidla, organická rozpouštědla apod.). Část odpadů tvoří samotná organická rozpouštědla používaná k proplachování a čištění stříkacích pistolí, která jsou skladována v uzavřených kanystrech v oblasti lakovny. Jednotlivé obaly od nebezpečných látek byly zváženy a na základě jejich objemu a spotřebovaného množství vypočtena celková hmotnost nebezpečných obalů.

Náklady na likvidaci odpadů vypočítány součinem množství odpadu a cenou za jeho likvidaci účtovanou odpovědnou firmou za likvidaci odpadu.

Do nákladů na nakládání s odpady je nutné započítat náklady na měření emisí těkavých organických sloučenin (VOC), které vznikají v prostoru výrobních středisek Broušení a Lakování z činnosti odmašťování a čištění dílů a jejich následného lakování a vytvrzování. Náklady za měření emisí VOC získány podílem ročního nákladu na měření a dvanácti měsíců.

Všechny náklady spojené s vyprodukovanými odpady a jejich likvidací jsou přiřazeny k negativním produktům

Tabulka 20: Náklady na nakládání s odpadem kvantitativního střediska – Broušení, lakování, leštění

Kvantitativní středisko BROUŠENÍ - LAKOVÁNÍ - LEŠTĚNÍ			
Druh nákladů	Celkem (€)	Hmotnost (kg)	Podíl rozdělení (%)
Náklady na nakládání s odpady	1 487	1 589	
Ostatní odpad	5	75	4,72%
Nebezpečný odpad	550	1 514	95,28%
Svoz odpadu	705		
Měření emisí VOC	227		

5 VÝSLEDKY

5.1 Výsledná kalkulace NÚMT

Ve sledovaném období (měsíc) vstoupilo do výrobního procesu téměř 46 tun materiálu o celkových materiálových nákladech 455 869 €.

Tabulka 21: Materiál a materiálové náklady v rámci NÚMT

Materiál a materiálové náklady	Materiály celkem (t)	Podíl na celkové spotřebě materiálů	Materiálové náklady (€)	Podíl na celkových materiálových nákladech
Pozitivní produkty	39,9	87%	311 458	68%
Negativní produkty	5,9	13%	144 411	32%
Celková spotřeba	45,8	- - -	455 869	- - -

Z tabulky č. 22 je patrné, že nejvíce negativních produktů neboli materiálových ztrát vzniká ihned na začátku výrobního procesu v kvantitativním středisku Příprava stříhů a to celých 31 %. Je to dáno velikostí, tvarem a určenou orientací jednotlivých stříhů, které velkou měrou ovlivňují výtěžnost uhlíkových a skelných tkanin a tím určují velikost materiálových ztrát.

Tabulka 22: Tabulka celkového vstupního materiálu s rozdělením mezi pozitivní a negativní produkty

Materiál	Kvantitativní středisko				
	PŘÍPRAVA STŘIHŮ	POKLÁDKA	VYTVRZENÍ	FRÉZOVÁNÍ ODJEHLENÍ LEPENÍ	BROUŠENÍ LAKOVÁN LEŠTĚNÍ
Pozitivní produkty (t)	5,9	6,7	5,6	10,0	11,6
Podíl na celkové spotřebě materiálu střediska	69%	90%	81%	96%	93%
Negativní produkty (t)	2,7	0,7	1,3	0,4	0,8
Podíl na celkové spotřebě materiálu střediska	31%	10%	19%	4%	7%
Celková spotřeba (t)	8,6	7,5	6,9	10,4	12,4

Velký podíl 19 % negativních produktů vykazuje také kvantitativní středisko Vytvrzení, kde je výše materiálových ztrát dána hmotností pomocného materiálu, který přechází ze střediska Pokládka s výrobkem a po procesu vytvrzení se stává odpadem.

Další částí materiálových ztrát jsou neshodné díly, které neodpovídají specifikaci. Jejich výše je zapříčiněna jednak lidským faktorem, tak především technologickým postupem výroby. Zjistit pravou příčinu neshodných dílů se v některých případech nepodaří, a proto by bylo vhodné tuto část výrobního procesu detailněji prostudovat.

Dle údajů o zmetkovitosti je procentuální zastoupení neshodných dílů za sledované období pod hranicí zmetkovitosti určenou vedením společnosti X.

Ostatní kvantitativní střediska vykazují nízký podíl negativních produktů, což značí vysokou míru efektivního využití materiálu.

Hypotéza 1

K materiálovým ztrátám se váže hypotéza 1, která byla určena takto: Komunikací s dodavatelem lze snížit materiálové ztráty.

Tkaniny z uhlíkových a skelných vláken tvoří 31 % materiálových ztrát v kvantitativním středisku Příprava střihů. Materiálové ztráty vznikají nedokonalým složením řezacích programů, na které má vliv velikost, tvar střihů a také šířka použité tkaniny. Právě šířka tkaniny může být v některých případech faktorem větší výtěžnosti. Ale vzhledem k různým velikostem vyráběných produktů, se kterými samozřejmě souvisí velikosti jednotlivých střihů, by bylo zapotřebí k lepšímu složení programů, aby skoro každý řezací program měl zvláštní šířku tkaniny, což není úplně reálné.

Další výrazné materiálové ztráty o velikosti 20 % produkuje ruční dělení pomocného materiálu v kvantitativním středisku Pokládka. Zde jsou materiálové ztráty ovlivněné lidským faktorem a pracovním postupem než velikostí materiálu.

Dle popsaných důvodů, komunikace s dodavatelem v tomto konkrétním případě nevede ke snížení materiálových ztrát a proto lze definovanou hypotézu zamítnout.

Hodnoty materiálových nákladů na pozitivní a negativní produkty v jednotlivých kvantitativních střediscích ukazuje tabulka č. 23.

Náklady na negativní produkty kvantitativního střediska Příprava stříhů, zcela kopírují procentuální podíl vstupního materiálu do pozitivních a negativních produktů tohoto střediska. Také vyšší materiálové ztráty vzniklé v kvantitativním středisku Vytvrzení korespondují s podílem 10 % nákladů na negativní produkty v rámci kvantitativního střediska.

Tabulka 23: Celkové materiálové náklady s rozdělením mezi pozitivní a negativní produkty

Materiálové náklady	Kvantitativní středisko				
	PŘÍPRAVA STŘIHŮ	POKLÁDKA	VYTVRZENÍ	FRÉZOVÁNÍ ODJEHLENÍ LEPENÍ	BROUŠENÍ LAKOVÁN LEŠTĚNÍ
Pozitivní produkty (€)	183 499	232 434	212 110	248 985	311 458
Podíl na celkových mat. nákladech střediska	69%	96%	90%	94%	96%
Negativní produkty (€)	83 791	9 737	23 150	14 507	13 227
Podíl na celkových mat. nákladech střediska	31%	4%	10%	6%	4%
Celkové náklady (€)	267 290	242 170	235 260	263 491	324 685

Energeticky nejnáročnějším kvantitativním střediskem je Broušení, lakování, leštění. Je to hlavně dáno využíváním plynu k ohřevu lakovacích a sušících kabin při procesu nanášení laku. Plyn tvoří necelých 40 % z celkových energetických nákladů.

Naproti tomu kvantitativní středisko Příprava stříhů tvoří pouze 3,8 % z celkových nákladů na elektrickou energii. Zde mohlo dojít při procentuálním rozdělování celkové spotřeby elektrické energie mezi jednotlivá kvantitativní střediska k energetickému podhodnocení střediska Příprava stříhů.

Tabulka 24: Celkové energetické a systémové náklady s rozdělením mezi pozitivní a negativní produkty

Energetické a systémové náklady	Kvantitativní středisko					Celkové náklady (€)
	PŘÍPRAVA STŘIHŮ	POKLÁDKA	VYTVRZENÍ	FRÉZOVÁNÍ ODJEHLENÍ LEPENÍ	BROUŠENÍ LAKOVÁN LEŠTĚNÍ	
Energetické náklady	903	3 611	7 402	6 319	21 300	39 534
Systémové náklady	18 532	180 495	25 660	57 327	114 334	396 348
Celkové náklady (€)	19 435	184 106	33 062	63 646	135 634	435 883

Ve výrobním procesu bylo za sledované období vyprodukováno 8,6 tun odpadu, na kterém se podílel 40 % nebezpečný odpad. Podíl nebezpečného odpadu na celkových nákladech na nakládání s odpady představuje 22 % a náklady na jeho likvidaci činí 1 264 €.

Největší podíl na celkových nákladech na nakládání s odpady zaujímá svoz odpadu z výrobního procesu, který zajišťuje externí firma.

Tabulka 25: Celkové náklady na nakládání s odpady a celkový objem odpadu v rámci NÚMT

Náklady na nakládání s odpady	Náklady na odpady (€)	Podíl na celkových nákladech na odpady	Odpad (t)	Podíl na celkovém objemu odpadů
Ostatní odpad	332	6%	5,2	60%
Nebezpečný odpad	1 264	22%	3,5	40%
Svoz odpadu	3 836	68%		
Měření emisí VOC	227	4%		
Celkem	5 659	- - -	8,6	- - -

Hypotéza 2

K nakládání s odpady se váže hypotéza 2, která byla určena takto: Velkou část materiálového odpadu je možné dále využít.

Využití odpadu je dáno především jeho charakterem. Zkoumaný výrobní proces produkuje ostatní a nebezpečný odpad. Produkováný nebezpečný odpad je dle své povahy ekotoxický a vzhledem ke svým vlastnostem představuje bezprostřední nebo pozdější riziko ohrožení pro jednu nebo více složek životního prostředí a musí být odborně zlikvidován. Ostatním odpadem vycházejícím z výrobního procesu jsou neshodné výrobky, které jsou před svou likvidací destruktivně poškozeny lisováním, aby se zabránilo jejich případnému zneužití. Ostatní odpad tvoří materiálové ztráty vzniklé ve výrobním středisku Příprava stříhů, které se vytvrzením stávají prakticky nevyužitelným odpadem. Ovšem před svým vytvrzením se zejména nespotřebované zbytky karbonových a skelných tkanin z konců rolí dají využít k dořezání nevyhovujících stříhů nebo k výrobě různých pracovních pomůcek potřebných k výrobě (špachtle, pokládací šablony apod.). Takové to využití materiálového odpadu je ale velmi malé.

Na základě výše popsaných informací lze obecně definovanou hypotézu zamítnout.

Tabulka č. 26 ukazuje souhrnné přiřazení všech výrobních nákladů k pozitivním a negativním produktům, které v průběhu sledovaného období vstoupily do výrobního procesu v jednotlivých kvantitativních střediscích.

Materiálové náklady představují 46,6 % z celkových výrobních nákladů. Náklady na materiálové ztráty činí 144 411 € za měsíc, to je 14,7 % z celkových výrobních nákladů. Náklady na nakládání s odpady představují necelá 3 % z celkových nákladů na materiálové ztráty.

Tabulka 26: Souhrnné přiřazení všech výrobních nákladů k pozitivním a negativním produktům v jednotlivých

Celkové náklady na pozitivní a negativní produkty	Kvantitativní středisko					Celkové náklady (€)
	PŘÍPRAVA STRIHŮ	POKLÁDKA	VYTVRZENÍ	FRÉZOVÁNÍ ODJEHLENÍ LEPENÍ	BROUŠENÍ LAKOVÁNÍ LEŠTĚNÍ	
Pozitivní produkty						
Podíl na celkové spotřebě materiálu střediska	68%	93%	89%	95%	95%	
Materiálové náklady	183 499	232 434	212 110	248 985	311 458	311 458
Energetické náklady	622	3 259	6 006	6 085	19 887	35 858
Systémové náklady	12 763	162 898	20 821	55 204	106 749	358 436
Celkové náklady (€)	196 884	398 591	238 937	310 274	438 093	705 752
Negativní produkty						
Podíl na celkové spotřebě materiálu střediska	32%	7%	11%	5%	5%	
Materiálové náklady	83 791	9 737	23 150	14 507	13 227	144 411
Energetické náklady	281	352	1 396	234	1 413	3 676
Systémové náklady	5 769	17 597	4 839	2 123	7 585	37 912
Nakládání s odpady	2 295	581	954	342	1 487	5 659
Celkové náklady (€)	92 135	28 267	30 339	17 206	23 712	191 659
Výrobní náklady celkem (€)	289 019	426 857	269 276	327 480	461 805	897 410

5.2 Doporučená opatření

Na základě informací získaných ve výrobním procesu, z dílčích a souhrnných výsledků a kalkulace NÚMT lze společnosti X doporučit, aby se zaměřila především na tyto body:

1. Snížení materiálových ztrát v kvantitativním středisku Příprava stříhů

Na základě získaných informací o pracovním a technologickém postupu v kvantitativním středisku Příprava stříhů zatím neexistuje cesta ke zlepšení a firma tedy musí počítat s vysokými materiálovými ztrátami při procesu řezání stříhů.

Alespoň minimálního snížení materiálových ztrát vzniklých při řezání stříhů by mohlo být dosaženo sloučením řezacích programů produktů s malou výtěžností, tedy velkými stříhy a řezacích programů některých malých dílů, které by vyplnily volný prostor a zvýšily by tak výtěžnost řezaných karbonových a skelných tkanin. Zde by ovšem nesmělo dojít k celkovému promíchání jednotlivých stříhů, protože by to ztížilo vybírání nařezaných stříhů a jejich přiřazení ke správnému produktu.

2. Snížení materiálových ztrát pomocného materiálu v kvantitativním středisku Pokládka

Pomocný materiál je pro potřeby výroby odebírám ručně a jeho spotřeba je u každého pracovníka individuální z důvodů již popsaných. Odhadnuté materiálové ztráty u těchto materiálů jsou přibližně 20 %, při jejich snížení o polovinu, což by mělo být reálné, by se materiálové náklady na tyto materiály snížily měsíčně ca o 1 000 €.

Přesným určením k výrobě potřebného množství (rozměrů) pomocných materiálů pro podobně velké skupiny dílů a pokládacích forem by bylo možné zjištěných úspor zajistit dosáhnout.

3. Ekonomické využívání pecí

Ve výrobních střediscích Odjehlení a Lepení se pro vytvrzení lepidla použitého při opravách dílů nebo lepení komponentů využívají pece vyhřáté na 80°C. Dalším využitím pecí je, při teplotách okolo 120°C, tvarová stabilizace některých dílů určených k vzájemnému slepení a vypékání odpadního materiálu z kvantitativního střediska Pokládka. Výrobní střediska k těmto účelům mohou použít celkem tři pece, které nejsou během výrobního procesu plně využity. Lepší koordinací výroby a zlepšenou komunikací mezi jednotlivými pracovními směny, ale i výrobními středisky by bylo možné docílit energetických úspor.

Pořízením časového spínače ke každé z pecí by bylo jejich spuštění automatizováno a nastaveno tak, aby vyhovovalo potřebám jednotlivých výrobních středisek.

Zlepšená koordinace výrobního procesu a automatizace spouštění pecí by dle propočtů mohla ušetřit okolo 15 MW elektrické energie a snížit energetické náklady firmy o více než 4 000 € za měsíc.

4. Redukce nebezpečného odpadu

Z dílčích záznamů o hmotnosti a produkci odpadu v jednotlivých kvantitativních střediscích vyplývá, že drtivá většina odpadů je vytríděna jako nebezpečný odpad. V mnoha případech tento odpad není nebezpečný a mohl by být lépe vytríděn. Příkladem je kvantitativní středisko Pokládka, kde materiálové ztráty pomocného materiálu tvoří 20 % a nejsou nebezpečným odpadem. Jeho 80 % přechází s výrobkem vytvrzovacím cyklem a je následně vytríděn jako nebezpečný odpad.

Vytríděním výrobních odpadů, které nejsou kontaminovány nebezpečnými látkami, by došlo k úspoře nákladů na likvidaci odpadu. Dle předběžného výpočtu by bylo možné redukovat produkci nebezpečného odpadu až o 40 % a snížit měsíční náklady na likvidaci odpadů cca o 450 €.

Zde se může zdát, že je systém třídění odpadu špatně nastaven, ale z důvodu, že se ve výrobním procesu používá velké množství nebezpečných látek, může firma tímto způsobem třídění odpadu zamezit přimíchání nebezpečného odpadu do odpadu ostatního. Dalším aspektem může být relativní časová náročnost třídění a nutná detailní znalost nebezpečnosti materiálů u všech pracovníků.

Přes tyto výhrady by bylo vhodné v některých částech výrobního procesu o zvýšeném třídění odpadů uvažovat nebo přímo, třeba na zkoušku zavést a poté získané poznatky vyhodnotit jak z ekonomického, tak environmentálního pohledu.

5. Snížení emisí VOC

Pokusit se nalézt ekologicky přijatelnější alternativu organických rozpouštědel používaných v celém průběhu výroby kompozitových dílů a hlavně ve výrobních střediscích Broušení a Lakování, a snížit tím negativní účinky na lidské zdraví a životní prostředí.

5.3 Zhodnocení provedené analýzy NÚMT

Vzhledem k tomu, že je výrobní spektrum produktů společnosti X opravdu široké a každý produkt obsahuje jiné komponenty, vstupuje do zkoumaného výrobního procesu velké množství vstupního materiálu. Jenom ve sledovaném období (měsíc) vstupovalo do výrobního procesu 475 druhů materiálů, které zůstaly součástí produktů.

I z tohoto důvodu musela být řada hodnot pro potřeby analýzy na základě znalosti výrobního procesu kvalifikovaně odhadnuta, protože bylo velmi složité a zdlouhavé tyto údaje získat. Pro tyto důvody nebylo zmapování materiálových toků ve fyzikálních jednotkách jednoduchou záležitostí. Zvláště ve výrobních procesech, do kterých vstupují materiály, u kterých je jejich spotřeba vázána na zkušenosti samotných pracovníků, a jsou pro potřebu výroby odebírány ručně. Jejich spotřeba je poté u každého pracovníka individuální a v řadě případů se jedná o velmi obrátkové a nákladné materiály. S tímto je spojená samozřejmě i hmotnost odpadů a to především hmotnost odpadu ze spotřebního materiálu, která byla obtížně zjistitelná.

Tyto výše uvedené faktory měly v konečné fázi částečný vliv na přesnost a úplnost analýzy. Pokud by se do budoucna podařilo nalézt řešení nebo realizovat některá z navrhovaných opatření, poskytly by výsledky analýzy ještě přesnější informace pro rozhodování managementu.

I přes všechny tyto popsané nedostatky, které praktickou aplikaci metody provázely, je z výsledků analýzy NÚMT zřejmé, že studovaná část výrobního procesu společnosti X je dobře nastaveným výrobním procesem jak z hlediska technologického, ekonomického i environmentálního.

6 DISKUZE

Záměrem této práce bylo zdůvodnit použití NÚMT a ukázat všechny překážky a ovlivňující faktory, které s sebou implementace analýzy přináší. Prokázat, že bilance vstupů a výstupů na jedné straně poskytuje údaje pro pravidelné sledování vstupů materiálu, energie a výsledných produktů, odpadů a emisí a na druhé straně poskytuje argumenty vrcholovému managementu o tom, kde lze zlepšit efektivitu výroby a dosáhnout úspor.

V rámci NÚMT je třeba realizovat mnoho dílčích kroků a zpracovat velké množství podnikových dat. Kokubu a Tachikawa (2013) poukazují na skutečnost, že úspěšná implementace NÚMT je závislá na odborných znalostech téměř všech podnikových oddělení, včetně účetnictví, výroby, inženýrství, kontroly kvality a životního prostředí. Také Schmidt (2015) uvádí, že analýza materiálových toků v podniku není individuálním úkolem, ale vyžaduje spolupráci mezi různými odděleními.

Tato intenzivnější komunikace mezi jednotlivými podnikovými útvary poté přináší zkvalitnění rozhodovacích a kontrolních procesů napříč celým podnikem a přirozeně vede ke zlepšení organizace práce.

Na základě informací získaných z výsledné kalkulace NÚMT lze identifikovat výrobní střediska nebo přímo činnosti a výrobní operace, kde dochází k nejvyšším materiálovým nebo energetickým ztrátám. Po identifikaci příčin je nutné navrhnout účinná opatření, která povedou ke zvýšení účinnosti výrobního procesu a tím i ke snížení materiálových ztrát.

Na to poukazují ve své práci také Walz a Guenther (2021), kteří uvádí, že zavedením a aktivním využíváním metody NÚMT firmy získaly nástroj k rozpoznání neefektivních výrobních oblastí, ve kterých dochází k plýtvání.

Zvýšenou účinností využívání materiálů a energie dochází ke snížení výrobních nákladů, které následně generují zvýšení zisku. Přínos metody NÚMT ale není pouze ekonomický, důležitým aspektem je snižování dopadů podnikových činností a produktů na životní prostředí. To je vyvoláno efektivním využíváním zdrojů a následnou redukcí objemu produkovaných odpadů, které má za následek zlepšení environmentální výkonnosti podniku.

V neposlední řadě je nutné zmínit, že stále existuje mnoho společností, ve kterých je vrcholový management zaměřen více na zisk a environmentální dopady podnikových činností jsou tak odsunuty do pozadí.

Stejně jako celé EMA je i NÚMT v současné době v řadě zemí světa neregulovanou a dobrovolnou činností. Jak zmiňují Zhou a kol. (2017) největší povědomí a míra přijetí NÚMT je mezi malými a středními podniky v Německu a Japonsku, protože obě tyto země byly hlavními iniciátory v počátečním vývoji nástroje NÚMT. Christ a Burritt (2016) se pozastavují nad tím, že i přes pozitivní výsledky, které výzkum založený na případových studiích odhalil, je poněkud překvapující, že analýzu NÚMT nevyužívá více organizací. Přičítají to nedostatečné informovanosti společností o výhodách metody a zároveň míní, že čím je nástroj environmentálního účetnictví známější, tím je pravděpodobnější, že bude v praxi přijat.

Potřeba řídit environmentální náklady se v ČR začaly objevovat ve druhé polovině devadesátých let a plynuly hlavně z nárůstu prostředků, které musely podniky vynakládat na ochranu životního prostředí nebo v souvislosti s jeho poškozováním (Špaček a kol. 2016). Firmy považovaly za hlavní součást environmentálních nákladů převážně ty nákladové položky, které podniku vznikají s požadavky zákonů na ochranu životního prostředí. Ale neuvědomovaly si, že nedílnou součástí environmentálních nákladů jsou i náklady, které podnik vynaložil na pořízení a zpracování té části materiálů, které neprecházejí do produktů a odcházejí v odpadních proudech.

V dnešní době již drtivá většina velkých firem z různých průmyslových odvětví využívá některého z dobrovolných nástrojů pro snižování nepříznivých účinků na životní prostředí. Například systém environmentálního řízení (EMS) představuje v současné době asi nejrozšířenější způsob, kterým společnosti deklarují, že v rámci své činnosti dbají na ochranu životního prostředí a jsou při produkci výrobků či poskytování služeb zvažovány také jejich dopady na životní prostředí. U těchto komplexních systémů bývá metoda NÚMT spíše nadstavbou nebo jako podpůrný, doplňující prvek k již zavedeným nástrojům environmentálního managementu.

U malých a středních podniků, které nevyužívají dobrovolných nástrojů environmentální politiky, může být metoda NÚMT užitečným prostředkem k analýze jejich výrobního procesu a ke zjištění efektivnosti, množství materiálových ztrát a negativních dopadů jejich činnosti na životní prostředí.

U méně složitých výrobních procesů, do kterých nevstupuje velké množství vstupních materiálů, by nebylo zapotřebí sofistikovaných podnikových systémů plánování. K vytvoření materiálové bilance a kalkulace nákladů by stačily běžně používané účetní a plánovací programy.

Příkladem může být aplikace analýzy NÚMT v malé firmě z oblasti zakázkové výroby nábytku, kde byla zmapováním materiálového toku jednotlivými výrobními fázemi identifikována výše prostředků, jejichž vynaložení nepřispělo k tvorbě zisku (Hyršlová a Kubánková 2009).

Výsledky analýzy NÚMT mohou sloužit pro snižování environmentálních dopadů podniků, pro komunikaci se zákazníkem, pro zvýšení konkurenceschopnosti či přispět k vývoji a výzkumu nových technologií. A rovněž dokážou minimalizovat negativní dopady na životní prostředí a zvolit správné kroky k lepší budoucnosti.

7 ZÁVĚR

Produkce dílů z karbonového kompozitu je relativně novou rozvíjející se technologií, která je dnes již velmi důležitým segmentem nejrůznějších odvětví průmyslu. U této výrobní technologie, která má svá specifika a jasně daná pravidla výrobních postupů, jak z hlediska funkčnosti, ale zejména bezpečnosti vyráběných produktů, je obecně velice obtížné navrhnout zlepšení. Jelikož tyto výrobní procesy jsou z hlediska technologického postupu velmi dobře propracovány.

Je zcela zřejmé, že není možné ve výrobních procesech zamezit tvorbě negativních produktů. Je však žádoucí pokusit se hodnotu negativních produktů snížit na co nejnižší úroveň při zachování požadované kvality produktů.

Žádný výrobní proces není úplně dokonalý a vždy existuje možnost nebo prostor na jeho zlepšení a zefektivnění. Zde vyvstává prostor pro využití metody NÚMT, která přináší nový pohled na výrobní proces a mohla by například přispět k vývoji nových technologií, které by eliminovaly nebo zmírnily nedostatky technologických postupů. Zvýšit tím ekonomickou efektivnost výrobních procesů a současně pozitivní dopady na životní prostředí.

Podobný pohled zastává Guenther a kol. (2015), kteří ve své práci uvádí, že se NÚMT nachází na rozhraní mezi analýzami energetické a materiálové účinnosti, environmentálním managementem a manažerskými účetními postupy. Metoda především poukazuje na možnosti rozhodování, které jsou ekonomicky výhodné z pohledu firem a zároveň které jsou i šetrné k životnímu prostředí jako úspora zdrojů, snížení emisí a odpadů apod. Podporuje holistický pohled zahrnující všechny materiálové a energetické toky v hodnotovém řetězci mezi vstupem (nákupem), procesem (výrobou) a výstupem (expedice výrobků nebo likvidace odpadu). A může tak pomoci identifikovat ekonomicky nejatraktivnější a upřednostnit ekologicky nejšetrnější výrobní procesy.

8 PŘEHLED LITERATURY A POUŽITÝCH ZDROJŮ

Asian Productivity Organization (APO), 2014: Manual on Material Flow Cost Accounting: ISO 14051 (online) [cit. 2022.01.09], dostupné z <<https://www.apo-tokyo.org/publications>>.

Bierer A., Götze U., Meynerts L., Sygulla R., 2015: Integrating life cycle costing and life cycle assessment using extended material flow cost accounting. *Journal of Cleaner Production* 108, 1289-1301.

Bode A., Bürkle J., Hoffner B., Wisniewski T., 2011: Ein Blick durch die Kostenbrille: Anwendung von Stromanalysen zur Bewertung und Verbesserung von Produktionsprozessen. *Chemie Ingenieur Technik* 10.83: 1553-1564.

Burritt R. L., Hahn T., Schaltegger S., 2002: Towards a comprehensive framework for environmental management accounting—Links between business actors and environmental management accounting tools. *Australian Accounting Review* 12.27: 39-50.

ČSN EN ISO 14051: Environmentální management - Nákladové účetnictví materiálových toků - Obecný rámec. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, Praha, 2012. 64 s.

Fakoya M. B., van der Poll H. M., 2013: Integrating ERP and MFCA systems for improved waste-reduction decisions in a brewery in South Africa. *Journal of Cleaner Production* 40: 136-140.

Guenther E., Jasch C., Schmidt M., Wagner B., Ilg, P., 2015: Material flow cost accounting—looking back and ahead. *Journal of cleaner production* 108: 1249-1254.

Higashida A., 2020: Supply chain MFCA implementation: emphasizing evidence on coordination. *Sustainability Accounting, Management and Policy Journal* 12.4: 695-718.

- Hyršlová J., Vaněček V., 2003: Manažerské účetnictví pro potřeby environmentálního řízení. Ministerstvo životního prostředí, Praha. ISBN 80-7212-227-4.
- Hyršlová J., 2005: Využití environmentálního manažerského účetnictví na podporu rozhodovacích procesů v podniku. (online) [cit. 2022.01.21], dostupné z https://www.mzp.cz/web/edice.nsf/planeta7_web.pdf.
- Hyršlová J., Bednaříková M., Hájek M., 2008: Material flow cost accounting. "Only" a tool of environmental management or a tool for the optimization of corporate production processes?. Scientific papers of the University of Pardubice. Series A, Faculty of Chemical Technology, 14: 131-145.
- Hyršlová J., Kubáňková M., 2009: MFCA jako nástroj řízení materiálových toků (na příkladu podniku vyrábějícího nábytek). In: Žák M. (ed.): Účetnictví a reporting udržitelného rozvoje na makroekonomické úrovni. Centrum ekonomických studií Vysoké školy ekonomie a managementu, Linde nakladatelství s.r.o., Praha. 285 s., ISBN 978-80-86131-82-5
- Hyršlová J., Vágner M., Palásek J., 2009: Application of Material Flow Cost Accounting in Ceramic Manufacturing Plant [Aplikace Material Flow Cost Accounting v keramické výrobě]. Český finanční a účetní časopis 4: 73-85.
- Hyršlová J., Vágner M., & Palásek J., 2011: Material flow cost accounting (Mfca)–tool for the optimization of corporate production processes. Business, Management and Economics Engineering, 9.1: 5-18.
- Christ K. L., Burritt R. L., 2015: Material flow cost accounting: a review and agenda for future research. Journal of Cleaner Production 108: 1378-1389.
- Christ K. L., Burritt R. L., 2016: ISO 14051: A new era for MFCA implementation and research. Revista de Contabilidad, 19.1: 1-9.
- Jasch Ch., 2001: Způsob určování hodnot pro environmentální manažerské účetnictví - Pracovní příručka EMA č. 1. (online) [cit. 2022.01.11], dostupné z <http://www.ioew.at/ioew/download/ema-czech.pdf>.

- Jasch C., 2009: Environmental and Material Flow Cost Accounting: Principles and Procedures. Springer Science & Business Media, Eco-Efficiency in Industry and Science 25, 198 s., ISBN 978-1-4020-9027-1
- Jasch C., 2015: Governmental initiatives: the UNIDO (united Nations industrial development organization) TEST approach. Journal of Cleaner Production 108: 1375-1377.
- Kasemset C., Chernsupornchai J., Pala-ud W., 2015: Application of MFCA in waste reduction: case study on a small textile factory in Thailand. Journal of Cleaner Production 108: 1342-1351.
- Kokubu K., Tachikawa H., 2013: Material Flow Cost Accounting: Significance and Practical Approach*. In: Kauffman J., Lee KM. (ed.) Handbook of Sustainable Engineering. Springer, Dordrecht: 351-369.
- Kokubu K., Kitada H., 2015: Material flow cost accounting and existing management perspectives. Journal of Cleaner Production 108: 1279-1288.
- Kovanicová D., 2011: Material flow cost accounting in Czech environment. European Financial and Accounting Journal 6.1: 7-18.
- Král B. a kol., 2018: Manažerské účetnictví. 4. rozšířené a aktualizované vydání. Management Press, Praha. 791 s., ISBN 978-80-7261-568-1.
- Lütje A., Möller A., Wohlgemuth V., 2018: A preliminary concept for an IT-supported industrial symbiosis (IS) tool using extended material flow cost accounting (MFCA)—Impulses for environmental management information systems (EMIS). In Advances and New Trends in Environmental Informatics. Springer, Cham.: 167-181.
- Nakajima M., 2006: The New Management Accounting Field Established by Material Flow Cost Accounting (MFCA). Kansai University review of business and commerce, 8: 1-22.

- Nakajima M., Kimura A., Wagner B., 2015: Introduction of material flow cost accounting (MFCA) to the supply chain: a questionnaire study on the challenges of constructing a low-carbon supply chain to promote resource efficiency. *Journal of Cleaner Production* 108: 1302-1309.
- Remtová K., 2006: Dobrovolné environmentální aktivity - Orientační příručka pro podniky. (online) [cit. 2022.01.13], dostupné z https://www.mzp.cz/web/edice.nsf/planeta06_web.pdf.
- Rosochatecká E. a kol., 2014: *Ekonomika podniků - Vyd. 1.* Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha. 210 s., ISBN 978-80-213-2502-9
- Sahu A. K., Padhy R. K., Das D., Gautam A., 2021: Improving financial and environmental performance through MFCA: A SME case study. *Journal of Cleaner Production* 279: 123751.
- Schaltegger S., Burritt R., 2000: *Contemporary Environmental Accounting: Issues, Concepts and Practice (1st ed.)*. Routledge. 462 s.
- Schaltegger S., Viere T., Zvezdov D., 2012: Tapping environmental accounting potentials of beer brewing: Information needs for successful cleaner production. *Journal of Cleaner Production* 29, 1-10.
- Schaltegger S., Zvezdov D., 2015: Expanding material flow cost accounting. Framework, review and potentials. *Journal of Cleaner Production* 108: 1333-1341.
- Schmidt M., 2015: The interpretation and extension of Material Flow Cost Accounting (MFCA) in the context of environmental material flow analysis. *Journal of Cleaner Production* 108: 1310-1319.
- Špaček M., Souček I., Hyršlová J., 2016: *Strategické přístupy v managementu podniků chemického průmyslu*. Nakladatelství NAVA, Plzeň. 308 s.
- Wagner B., 2015: A report on the origins of Material Flow Cost Accounting (MFCA) research activities. *Journal of Cleaner Production* 108: 1255-1261.

Walz M., Guenther E., 2021: What effects does material flow cost accounting have for companies?: Evidence from a case studies analysis. *Journal of Industrial Ecology* 25.3: 593-613.

Zhou Z., Zhao W., Chen X., Zeng H., 2017: MFCA extension from a circular economy perspective: Model modifications and case study. *Journal of Cleaner Production* 149: 110-125.

Internetové zdroje:

iPoint-systems GmbH, ©2022: Nachhaltigkeit & Transparenz durch Softwarelösungen. (online) [cit.2022.01.13], dostupné z <<https://www.ifu.com/de/software>>.

VDI Zentrum Ressourceneffizienz GmbH, ©2022: Kostenrechner - Kostenstrukturechner & Materialflusskostenrechner. (online) [cit.2022.01.22], dostupné z <<https://www.ressource-deutschland.de/kostenrechner-tool>>.