

UNIVERZITA PARDUBICE  
FAKULTA CHEMICKO –  
TECHNOLOGICKÁ

DIPLOMOVÁ PRÁCE

2024/25

Bc. Lucie Janků

Univerzita Pardubice  
Fakulta chemicko – technologická

# **Analýza nákladů podnikové laboratoře**

Diplomová práce

2024/25

Bc. Lucie Janků

Vysoká škola: Univerzita Pardubice

Fakulta: Chemicko-technologická

Katedra: Ekonomiky a managementu chem. a potr. průmyslu

Školní rok: 2024/2025

# ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

pro Bc. Lucie Janků

obor Ekonomika a management podniků chemického průmyslu

## Analýza nákladů podnikové laboratoře

### Zásady pro vypracování:

- Teoretické vymezení pojmů a metod souvisejících s managementem laboratoří a řízení nákladů procesů laboratoře.
- Výzkum implementace moderních přístupů k řízení procesů podnikové laboratoře. Analýza nákladů a postupů jejich zjišťování v podmínkách vybrané podnikové laboratoře.
- Sumarizace výsledků výzkumu, vnímané příležitosti a bariéry.
- Diskuse a zhodnocení přijímaných postupů řízení a sledování nákladů podnikové laboratoře.

Rozsah zprávy: 50 stran

Rozsah grafických prací:

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

1. TZIAKOU, E., FRAGKAKI, A. G., a N. AGAPIOS, 2023. Identifying Risk management Challenges in Laboratories. *Accreditation and Quality Assurance*, roč. 28, s. 167-179.
2. ALENAZI, S. M., BUGIS, B. A., 2023. The Role of Laboratory Information System in Improving the Delivery of Laboratory Services: A Recent Systematic Review, *Bentham Science*. roč. 26, č. 8, s. 1451-1460.
3. OZCALICI, M., PAMUCAR, D., KAYA, A., a kol. 2024. Strategizing Competitive Edge in Service Operations: a Model Proposal for Determining the Unit Costs through the Activity Based Cost Accounting and the full Consistency Method. *Operations Management Research*, roč. 17, s. 996-1021.
4. GREGORIO, J., RUSSO, G, LAPAO, L. V., 2016. Pharmaceutical Services Cost Analysis using Time-driven Activity-Based Costing: A Contribution to Improve Community Pharmacies' Management. *Research in Social & Administrative Pharmacy*, roč. 12, č. 3, s.475-485.

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Simona Munzarová, Ph.D.

Katedra ekonomiky a managementu chemického  
a potravinářského průmyslu

Datum zadání diplomové práce: 28.2.2025

Termín odevzdání diplomové práce: 9.5.2025

L.S.

---

**prof. Ing. Petr Němec, Ph.D.**  
děkan

---

**Ing. Jan Vávra, Ph.D.**  
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 28.2.2025

Prohlašuji:

Práci s názvem Analýza nákladů podnikové laboratoře jsem vypracovala samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využila, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byla jsem seznámena s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Beru na vědomí, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a směrnicí Univerzity Pardubice č. 7/2019 Pravidla pro odevzdávání, zveřejňování a formální úpravu závěrečných prací, ve znění pozdějších dodatků, bude práce zveřejněna prostřednictvím Digitální knihovny Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne:

Bc. Lucie Janků v.r.

## Poděkování

Tímto bych velice ráda poděkovala především vedoucí mé diplomové práce paní Ing. Simoně Munzarové, Ph.D. za její velice cenné a odborné rady, připomínky a vstřícnost při průběhu zpracování této práce. Dále bych ráda poděkovala celé své rodině a přátelům za podporu během studia. V neposlední řadě bych také ráda poděkovala zaměstnancům podniků, kteří se podíleli na výzkumu a věnovali mi svůj čas.

## **ANOTACE**

Diplomová práce se zaměřuje na analýzu nákladů podnikové laboratoře, konkrétně na metodu stanovení polycyklických aromatických uhlovodíků (PAU) pomocí plynové chromatografie s hmotnostním spektrometrem. Teoretická část práce se věnuje základním oblastem managementu laboratoře a jeho vztahujícím se náležitostem a také analýze a kalkulaci nákladů v podnikové laboratoři. Praktická část zahrnuje analýzu řízení procesů ve vybrané zkušební laboratoři, popis metody stanovení PAU, analýzu nákladů a návrh postupů kalkulace nákladů.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

Analýza nákladů, ABC, TDABC, Management zkušební laboratoře, Kalkulace nákladů, Polycyklické aromatické uhlovodíky, Plynová chromatografie

## **TITLE**

Analysis of corporate laboratory costs

## **ANNOTATION**

The thesis focuses on analysis of the costs of the enterprise laboratory, namely the method of determination of polycyclical aromatic hydrocarbons (PAHs) using gas chromatography with mass spectrometer. The theoretical part of the work is devoted to the basic areas of laboratory management and its related particulars, as well as the analysis and calculation of costs in the enterprise laboratory. The practical part includes a process management analysis in the selected testing laboratory, a description of the method for determining PAHs, a cost analysis and a design of costing procedures.

## **KEYWORDS**

Cost analysis, ABC, TDABC, Test lab management, Costing, Polycyclical aromatic hydrocarbons, Gas chromatography

## OBSAH

SEZNAM ZKRATEK.....	10
ÚVOD.....	11
1 Management laboratoře .....	13
1.1 Základní oblasti managementu laboratoře .....	13
1.2 Řízení rizik.....	15
1.3 Vliv úrovně digitalizace a automatizace v laboratoři .....	17
1.4 Správná laboratorní praxe .....	19
1.5 Systém dokumentace pro zkušební laboratoř .....	21
1.5.1 Příručka kvality .....	21
1.5.2 Další složky systému dokumentace.....	23
2 Analýza a kalkulace nákladů v podnikové laboratoři .....	25
2.1 Kalkulační systémy pro zkušební laboratoře .....	26
2.2 Activity-Based Costing ve zkušebních laboratořích.....	30
2.3 Metoda časově řízené kalkulace nákladů na činnosti: nástroj pro efektivní řízení služeb a zdrojů.....	32
3 Analýza řízení procesů a možností sledování nákladů v podmínkách vybrané zkušební laboratoře .....	36
3.1 Firma DSP a.s. ....	37
3.2 Popis postupů řízení procesů sledované laboratoře .....	38
3.3 Popis vybrané analytické metody .....	40
3.3.1 Vlastnosti polycyklických aromatických uhlovodíků.....	40
3.3.2 Standartní operační postupy stanovení PAU ve sledované laboratoři.....	42
3.4 Výsledky analýzy nákladů ve zkušební laboratoři .....	50
3.4.1 Identifikace nákladových položek.....	51

3.5 Návrh sestavení kalkulace nákladů na metodu PAU ve vybrané laboratoři a zhodnocení výsledků výzkumu .....	56
4 Závěr .....	59
POUŽITÁ LITERATURA.....	61
SEZNAM TABULEK.....	67
SEZNAM OBRÁZKŮ.....	68

## SEZNAM ZKRATEK

SOP – Standardní operační postupy

5S – metoda Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu a Shitsuke

LIS – Laboratorní informační systémy

SLP – Správná laboratorní praxe

OECD – Organizace pro hospodářskou spolupráci a rozvoj

EU – Evropská unie

MPA – Metodický pokyn pro akreditaci

ČIA – Český institut pro akreditaci

BOZP a PO – směrnice Bezpečnosti a ochrany zdraví při práci a Požární ochrany

ABC – Metoda Activity-Based Costing

TDABC – Time-Driven Activity-Based Costing

T&M – explorativní observační studie času a pohybu

PAU – Polycyklické aromatické uhlovodíky

UVA – druh záření

GC-MS – Plynová chromatografie s hmotnostní spektrometrií

HPLC – Vysokoúčinná kapalinová chromatografie

SIM – Selected Ion Monitoring

ZAS – znovuzískané asfaltové směsi

# ÚVOD

Management zkušební laboratoře je klíčovým aspektem pro zajištění kvality, bezpečnosti a efektivity laboratorních procesů. Zkušební laboratoře hrají zásadní roli v mnoha průmyslových odvětvích, jako je stavebnictví, chemický průmysl, potravinářství a zdravotnictví, kde provádějí testy a zkoušky na materiálech, výrobcích. Tyto testy ověřují jejich kvalitu, bezpečnost a soulad s požadovanými normami. Úspěšný management laboratoře zahrnuje širokou škálu úkolů a odpovědností, které jsou zaměřeny nejen na technickou způsobilost a dosahování kvalitních analytických výsledků, ale také na dodržování relevantních norem a předpisů. Důraz je kladen na efektivní fungování laboratoře, vytváření prostředí podporujícího rozvoj a profesní růst zaměstnanců, udržitelnost procesů a ekonomickou efektivitu.

Efektivní řízení nákladů je klíčové pro udržení konkurenceschopnosti a finanční stability podnikových laboratoří. Přesná identifikace nákladů umožňuje stanovení konkurenceschopných cen, optimalizaci alokace zdrojů a zvýšení provozní efektivity. Manažerské účetnictví, zejména nákladové účetnictví, poskytuje důležité informace pro strategické rozhodování a každodenní řízení. Metody jako Activity-Based Costing (ABC) a Time-Driven Activity-Based Costing (TDABC) nabízejí přesnější měření nákladů na jednotlivé činnosti, což vede k lepšímu využití zdrojů a zvýšení efektivity. Implementace těchto metod vyžaduje detailní analýzu procesů, identifikaci klíčových činností a přesné měření času a nákladů, což podporuje informované rozhodování a dlouhodobou udržitelnost laboratoří.

Cílem této práce je poskytnout přehled o postupech implementace moderních přístupů k řízení procesů podnikové laboratoře a na základě analýzy nákladů v podmínkách vybrané podnikové laboratoře navrhnout postupy sledování a kalkulování nákladů na příkladu vybrané laboratorní metody.

V této diplomové práci je teoretická část rozdělena do dvou oblastí. První oblast se zaměřuje na management laboratoře, kde jsou popsány základní oblasti jako plánování, organizování, řízení a kontrola. Tyto oblasti jsou klíčové pro efektivní fungování laboratoře a zajištění kvality procesů a výstupů. Druhá oblast teoretické části se věnuje analýze a kalkulaci nákladů, kde jsou popsány postupy kalkulace nákladů a jejich specifické využití pro řízení nákladů v laboratořích. Praktická část diplomové práce je také rozdělena do dvou oblastí. První oblast se zabývá řízením procesů ve vybrané zkušební laboratoři, přesněji popisem postupů u metody stanovení polycyklických aromatických uhlovodíků (PAU) pomocí plynové

chromatografie. Druhá oblast se zaměřuje na sledování nákladů, kde jsou prezentovány výsledky výzkumu současných postupů řízení procesů a nákladů ve vybrané laboratoři a návrh postupů kalkulace nákladů na uvedenou metodu. Práce je zakončena diskusí výsledků a zhodnocením přijímaných postupů řízení a sledování nákladů dané podnikové laboratoře.

# 1 Management laboratoře

Hlavní činností zkušebních laboratoří je realizace různých druhů testů a zkoušek na materiálech, výrobcích, systémech, které ověřují jejich kvalitu, bezpečnost a soulad s požadovanými normami. Jejich využití lze najít v mnoha oblastech, jako je stavebnictví, chemický průmysl, potravinářství, zdravotnictví a další. Management zkušební laboratoře zahrnuje širokou škálu úkolů a odpovědností zaměřených na zajištění nejen technické způsobilosti, dosahování kvalitních analytických výsledků a dodržování relevantních norem a předpisů, ale i na efektivní fungování laboratoře. Důraz je také kladen na vytváření prostředí, které podporuje rozvoj a profesní růst zaměstnanců, udržitelný charakter svých procesů a v neposlední řadě i na ekonomickou efektivitu.

## 1.1 Základní oblasti managementu laboratoře

V rámci managementu laboratoře jsou aktivity obvykle rozděleny do čtyř hlavních oblastí: plánování, organizování, řízení a kontrola, které jsou nezbytné pro zavedení, efektivní chod a zajištění všech aspektů kvality procesů a výstupů laboratoře. Zahrnují různé činnosti, jako jsou například vedení dokumentace, kontrola vzorků a postupů při jejich zpracování, školení, řešení neshod apod. Všechny tyto čtyři oblasti zahrnují průřezové úkoly, jako je organizace řízení a koordinace systému, dochází ke sběru, zpracování, analýze a interpretaci dat, ve všech fázích dochází k rozhodování a vedení lidí. (Wesolowski a Roseff, 2024; Mannino, 2022)

Postup zavedení laboratoře do provozu lze rozdělit do několika klíčových kroků:

- **Plánování a příprava:** definují se cíle a zaměření laboratoře; dochází k certifikaci a akreditaci laboratoří; vybírá se vhodný prostor; řeší se rozpočet a financování; zavádějí se systémy řízení; nastavují se postupy kontroly kvality (Wesolowski a Roseff, 2024, Dos Santos a kol., 2023).
- **Nákup vybavení a materiálů:** zajištění kompatibility s ostatními přístroji a systémy v laboratoři; vybavení musí splňovat bezpečnostní normy a předpisy; zohlednění postupů údržby a servisní podpory; zajištění ekonomické výhodnosti; školení práce s přístroji; zohlednění environmentálních/udržitelných aspektů nakupovaného vybavení.
- **Nábor a školení zaměstnanců/laborantů:** zajištění odborné kvalifikace a školení v oblasti bezpečnosti práce, jehož součástí je také příprava na různé negativní scénáře,

kteře mohou nastat v průběhu jejich pracovní činnosti; rozdělují se odpovědnosti a pravomoce (Wesolowski a Roseff, 2024, Dos Santos a kol., 2023).

- **Tvorba systému dokumentace:** vypracovávají se provozní řády; vytváří se protokoly a další předpisy; dokumentují se popisy standardizovaných analytických metod; definují se metodiky a standardní operační postupy (SOP) (Wesolowski a Roseff, 2024; Mannino, 2022; Dos Santos a kol., 2023).
- **Testovací provoz:** postup realizace testovacího provozu dělí Garcia (2024) do 3 základních fází: *preanalytická, analytická a postanalytická*. V preanalytické fázi laboratorního testovacího procesu se plánují jednotlivé pracovní postupy zahrnující přípravu vzorků. Probíhá před samotným testovacím provozem a dochází v ní k většině laboratorních chyb, které jsou postupně odstraňovány. Analytická fáze začíná v okamžiku, kdy je vzorek připraven k testování a končí, když lze získaná data interpretovat, zároveň zahrnuje ověření výsledků. Postanalytická fáze nastává při interpretaci výsledků. Součástí testovacího provozu jsou i první testovací analýzy, kalibrace a validace metod apod., které zajišťují správné nastavení celého laboratorního systému ještě před jeho plným spuštěním do rutinního provozu.
- **Spuštění provozu:** jehož součástí je plánování, organizování, řízení a kontrola vedoucí k neustálému zlepšování. (Wesolowski a Roseff, 2024; Mannino, 2022)

Organizování a řízení laboratoř zahrnuje širokou škálu úkolů zaměřených na zajištění bezpečného a efektivního pracovního prostředí pro zaměstnance, přičemž mnohé z těchto úkolů mají administrativní povahu, dále zahrnují monitorování pracovních procesů, poskytování a zajištění relevantních zdrojů, materiálů a zajištění správného fungování laboratorních zařízení (Rihm a kol., 2024). Řízení a údržba zařízení, zajištění finančních a materiálových prostředků a správné dokumentace, které jsou v souladu s právními předpisy, jsou rovněž klíčovými faktory pro efektivní fungování laboratoře. (Wesolowski a Roseff, 2024; Mannino, 2022)

Již od první poloviny 20. století docházelo k neustálým změnám v organizaci a způsobech řízení podnikových procesů po celém světě. Ekonomické, technologické, filozofické a sociální změny přinášely nové směry, které měnily tehdejší způsoby fungování jednotlivých organizací a vedly k nutnosti vývoje ucelených systémů řízení procesů organizací. Podobně i pro zajištění správného fungování laboratoře se implementují různé nástroje např. Podle Gutierrez a kol. (2020) pomocí modelu 5S, který vzniknul z pěti japonských slov Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu a Shitsuke, mohou laboratoře lépe organizovat pracovní prostředí, provést inventarizaci chemikálií a laboratorního vybavení, což pomáhá eliminovat zbytečné

procesy, plýtvání či nadměrnou produkci nebezpečného odpadu a tím zajistit snížení nákladů (Gutierrez a kol., 2020). Dále se implementují systémy řízení, například systém řízení kvality, který se zaměřuje na neustálou analýzu, zlepšování a přehodnocování zdrojů, procesů a služeb v rámci organizace. Vedle systému řízení kvality mohou organizace implementovat i další systémy řízení podnikových procesů, např. v oblasti environmentu a bezpečnosti. Pro jednotlivé systémy řízení je doporučováno dodržovat požadavky mezinárodních norem, např. ISO 9001, ISO/IEC 17025, ISO 14001, OHSAS 18001 a dalších regulačních dokumentů. V tomto kontextu se ukazuje jako přínosné zavedení integrovaného systému řízení, který kombinuje dva a více systémů řízení založených na normativních standardech pro efektivní řízení procesů organizace, snižování provozních rizik, využívání příležitostí, zvyšování odolnosti organizace, zlepšování její výkonnosti a přispívání k její dlouhodobé udržitelnosti. Tento přístup zajišťuje lepší výkon, efektivní interní komunikaci a kvalitní propojení mezi systémy, což vede k větší konkurenceschopnosti a plnění legislativních požadavků, umožňuje jak ekonomicky a kvalitativně efektivní chod samotné laboratoře, tak přínos z hlediska požadavků na sociální a environmentální výkonnost současné laboratoře. (Souza a kol., 2024)

Součástí managementu laboratoří je také zavedení řízení rizik (viz kap 1.2). Řízení procesů laboratoře je dále ovlivněno úrovní digitalizace a automatizace procesů (viz kap 1.3), využívají se také specifické nástroje, jako je správná laboratorní praxe (SLP) (viz kap 1.4) a vedení dokumentace (viz kap 1.5).

## **1.2 Řízení rizik**

Významnou roli při řízení laboratoří hraje řízení rizik. Při rozhodování a řízení procesů laboratoře je důležité zajišťování přesnosti a spolehlivosti laboratorních výsledků, ale i bezpečnosti pracovníků, otázky finanční udržitelnosti a ochrana životního prostředí (Tziakou a kol., 2023). V kontextu laboratoří tak může riziko spočívat v dosahování nesprávných analytických výsledků, nedodržení akreditačních požadavků, v neschopnosti splnit požadavky zákazníků atd., čímž může dojít např. k finančním ztrátám, soudním sporům, či poškození reputace laboratoře apod. Vzhledem k rostoucí složitosti a významu laboratorního prostředí se řízení rizik stává nezbytným nástrojem pro zajištění bezpečnosti, přesnosti a spolehlivosti výsledků, stejně jako pro finanční, sociální a environmentální udržitelnost (Tziakou a kol., 2023).

Pro správné fungování laboratoře je nutné, aby vedoucí pracovníci byli schopni aplikovat zásady řízení rizik a snižovat rizika na přijatelnou úroveň. Při snaze o snížení rizik

a předcházení krizových situací z hlediska systému jako celku mohou laboratoře vylepšovat své procesy implementací principů a postupů, které jsou například předmětem mezinárodního standardu ISO 31000 neboli *Systému řízení rizik*, zahrnují identifikaci, hodnocení a správu rizik. Tento proces musí být součástí všech fází organizace a je pravidelně sledován a revidován, aby byla zajištěna jeho účinnost. (Tziakou a kol., 2023; Souza a kol., 2024)

Pro laboratoře je nezbytné řídit rizika a příležitosti, které by mohly mít vliv na laboratorní výsledky. Čím vyšší je riziko a závažnost jeho negativního dopadu, tím důležitější je přijetí adekvátních preventivních opatření, která pomohou minimalizovat potenciální chyby a zlepšit kvalitu analytických dat. Laboratoře mohou využít k dosažení těchto cílů například postupů uvedených normou ISO/IEC 17025: *Posuzování shody – Všeobecné požadavky způsobilosti zkušebních a kalibračních laboratoří*, zaměřená na doporučení a požadavky pro akreditaci laboratorních činností. (Mannino, 2022)

Definice rizika zahrnuje pět klíčových faktorů: pravděpodobnost, výsledek, významnost, kauzální scénář a postiženou populaci. V rámci hodnocení rizik se rozlišují tři hlavní fáze: identifikace rizik, analýza rizik a vyhodnocení rizik:

- Identifikace rizik se zaměřuje na detekci, rozpoznání a popis rizik, která mohou ovlivnit pozitivně či negativně dosažení cílů organizace, díky kterým lze identifikovat budoucí nejistoty a přijmout preventivní opatření nebo naopak využít nové příležitosti.
- Analýza rizik se zaměřuje na posouzení dopadu těchto rizik.
- Vyhodnocení rizik zahrnuje rozhodování o dalších opatřeních.

Tyto kroky musí být neustále sledovány a upravovány, aby bylo možné reagovat na nové výzvy a zlepšovat kvalitu řízení rizik. Výsledky procesu by měly být zaznamenávány a sdíleny napříč organizací, aby poskytly informace pro rozhodování, jak zlepšit činnosti týkající se řízení rizik a pro interakci se zainteresovanými stranami. (Tziakou a kol., 2023)

Pravidelné sledování stanovených cílů a rizik umožňuje přesnější diagnostiku strategických a operačních procesů a umožňuje lépe pochopit vývoj systému. S každým novým cyklem by se měl systém posilovat, procházet testem odolnosti, eliminovat nesrovnalosti a zajistit vzájemnou provázanost procesů, což může přispět k dlouhodobé udržitelnosti a stabilitě laboratoře. (Souza a kol., 2024)

Principy řízení rizik se uplatňují od identifikace po kontrolu zdrojů laboratorních chyb. Na základě analýzy rizik je možné vyhodnotit pravděpodobnost a závažnost rizika a stanovit opatření k jeho eliminaci nebo zmírnění. Vzhledem k širokému spektru rizik, kterým jsou

laboratoře vystaveny, je nezbytné mít přehled o všech potenciálních nebezpečích, včetně biologických, chemických, radioaktivních a mechanických. Každé z těchto nebezpečí může mít zásadní důsledky pro zdraví pracovníků, ochranu životního prostředí a spolehlivost výsledků. V chemických laboratořích, kde se pracuje s hořlavými, výbušnými a toxickými látkami, které mohou být i karcinogenní nebo dráždivé, je kladen důraz nejen na správnou manipulaci s těmito chemikáliemi, ale i na bezpečné používání přístrojů. Vystavení těmto látkám může mít akutní i dlouhodobé negativní účinky na zdraví. Z tohoto důvodu jsou pracovníci v laboratořích, kteří jsou denně v kontaktu s těmito látkami, pravidelně proškolení s ohledem na potencionální rizikům. Pracovní prostředí, které je velice rizikové, vyžaduje zvýšenou opatrnost, přičemž jsou pro zajištění bezpečnějšího pracovního prostředí zaváděny bezpečnostní protokoly. (Verma a kol., 2024; Brgulian a kol., 2024; Tziakou a kol., 2023)

Rizika pro laboratoře mohou mimo jiné vyplývat také ze současných technologických změn. Využití počítačů, různých aplikací, informačních systémů a elektronických zařízení pro administrativní i analytické úkoly znamená, že laboratorní výsledky se často ukládají do databází, což může vést k riziku ztráty nebo poškození dat, stejně jako k nesprávnému zadávání informací do laboratorních informačních systémů (dále uváděno pod zkratkou LIS). Proto je hodnocení a řízení rizik v laboratořích nezbytné pro zachování integrity pracovních procesů a pro ochranu před neplánovanými incidenty. (Tziakou a kol., 2023)

### **1.3 Vliv úrovně digitalizace a automatizace v laboratoři**

Z hlediska míry digitalizace a automatizace v laboratoři můžeme rozlišit laboratorní řízení v režimu manuálního provozu a laboratorní řízení při digitalizaci a automatizaci provozu. Jak bylo uvedeno výše, při řízení rizik v laboratořích je třeba se zabývat i riziky v souvislosti se současnými technologickými změnami.

V laboratorním řízení v režimu manuálního provozu se může vyskytovat řada problémů, jako je obtížná detekce stavu zařízení, snížený pokrok, nemožnost rychlého vyhledávání archivovaných dat a celkový nedostatek efektivní správy informací. Tyto problémy vedou k nízké efektivitě, opožděným informacím, nedostatečnému řízení, nepřesným měřením a vysokým bezpečnostním rizikům při správě technických měřicích laboratoří. (Cai a kol., 2024) Tradiční manuální pracovní postupy v laboratořích zahrnují složitou koordinaci mezi laboranty, operacemi a dalšími zdroji napříč laboratořemi (Rihm a kol., 2024). Mezi hlavní příčiny laboratorních nehod patří lidská chyba, která může být důsledkem snížené fyzické a psychické kondice, například kvůli vyčerpání pracovníků. Lidský faktor přitom není

zodpovědný pouze za vznik nehod, ale také za chyby v analytickém procesu, které mohou nastat v různých fázích testování, od odběru vzorků po zpracování výsledků. (Tziakou a kol., 2023) Tyto chyby jsou často obtížně předvídatelné, protože laboranti během pracovní doby v rámci svých činností používají různé nástroje, jako jsou digestoře, teplotní senzory, chemické nádoby, analytické přístroje a další laboratorní vybavení, kde při používání manuálních pochodů mohou nastat situace, kdy dochází k získávání nekonzistentních dat a vzniku těchto chyb, což ohrožuje kvalitu výsledků. (Rihm a kol., 2024)

Pro zhodnocení vlivu lidského faktoru na spolehlivost a bezpečnost systémů se využívá analýza spolehlivosti lidského faktoru. Aby se předešlo negativním důsledkům způsobeným lidským faktorem, je nezbytné pracovníky laboratoří pravidelně školit ve správných postupech realizace svých úkolů v souladu s platnými ISO normami nebo jinými regulacemi. Pro prevenci vyhoření a zvýšení efektivity práce je rovněž doporučeno implementovat automatizaci do laboratorních informačních systémů (LIS). (Tziakou a kol., 2023)

Digitalizace a automatizace řízení laboratoří představují klíčový krok v optimalizaci produktivity, efektivity a financování laboratoří. Tyto technologie pomáhají zlepšovat spolehlivost a přesnost laboratorních procesů. Digitalizace rovněž podporuje integraci zdrojů a sdílení informací mezi jednotlivými odděleními nebo organizacemi. Automatizované systémy pro sběr laboratorních dat zajišťují harmonizaci a výměnu informací mezi analytickými přístroji a operačními platformami, což vede k lepší správě dat na cloudových nebo lokálních serverech. (Rihm a kol., 2024)

V současnosti je nezbytným nástrojem pro zlepšení rozhodovacích procesů a správu laboratorního inventáře Systém správy laboratorních informací (Rihm a kol., 2024). Tyto systémy umožňují digitalizaci správy laboratorního vybavení, chemikálií a spotřebního materiálu a tím pomáhají minimalizovat lidské chyby a optimalizovat provozní náklady. Implementace LIS má pozitivní dopad na zlepšení laboratorních služeb, zejména ve velkých laboratořích, kde je denně analyzováno velké množství vzorků. (Alenazi a kol., 2023; Rihm a kol., 2024) V menších a středních laboratořích však může být implementace těchto systémů náročná z důvodu finančních a personálních omezení. Finanční omezení zahrnuje nejen rozhodnutí o nákupu automatizačního systému pro firmu, ale zajištění i jeho provozu, což u některých firem vede k používání staršího vybavení a softwaru nebo využívání pouze manuálních postupů. Automatizace laboratoří mění i požadavky na personál. Ve velkých laboratořích existují speciální inženýrské týmy zodpovědné za automatizaci procesů, kteří poskytují technickou podporu a dohlížejí na implementaci nových zařízení. V menších

laboratořích jsou tyto úkoly často převzaty samotnými zaměstnanci, kteří se potýkají s tlakem zajištění konkurenceschopnosti a řešení nedostatku kvalifikovaného personálu. Investice v takových případech vedou pouze k pomalé nebo žádné návratnosti nákladů, a proto rozhodnutí ve prospěch automatizačního systému je v mnoha ohledech obtížné. (Rupp a kol., 2024)

Bez ohledu na velikost laboratoře je automatizace náročná na technické dovednosti laborantů, kteří musí být schopni pochopit a ovládat automatizované procesy. U složitějších systémů se může stát, že nebude možné vyškolit dostatečný počet zaměstnanců, což může mít negativní dopad na provoz a efektivitu laboratoře v případě jejich nemoci, opuštění organizace apod. Vyškolení personálu je klíčové pro úspěch automatizace a je třeba vyvinout strategie pro pravidelnou přípravu, aby se minimalizovalo riziko výpadků a ztrát. (Rupp a kol., 2024)

U složitějších laboratorních zařízení je nezbytné provádět pravidelně údržbu. Mohou ji provádět externí odborníci nebo samotní laboranti, pokud se nejedná o výměnu kritických součástí. Menší zařízení musí být často na údržbu zaslána pověřeným metrologem výrobcí a u složitějších zařízení je obvykle nutná podpora servisního technika. (Rupp a kol., 2024)

Automatizace také může významně usnadnit sledování aktiv podniku. Pro řízení zásob lze zefektivnit dobu sběru dat či ji pouze zkrátit. Přesto jsou zatím tyto úkoly vysoce manuální a opakují se, což se týká zejména auditu dlouhodobého majetku a zařízení, které vyžaduje, aby uživatelé sledovali položky a aktualizovali různé systémy při nákupu nových aktiv. V laboratoři je mnoho kritických aktiv často buď vysoce hodnotných nebo nebezpečných a musí být pečlivě sledovány. Jsou jimi například nebezpečné chemikálie, které se sledují a tím je zajištěna bezpečnost v souladu s regulačními požadavky. Při přidávání nových aktiv do inventáře je nezbytné správně ověřit informace a zajistit, aby byly všechny položky správně označeny a sledovány. (Rihm a kol., 2024)

#### **1.4 Správná laboratorní praxe**

Významným nástrojem pro řízení laboratoře je Správná laboratorní praxe (SLP). Je to soubor pravidel a principů, zaměřený na organizační procesy a podmínky pro plánování, řízení, vývoj, monitorování, zaznamenávání, archivování a hlášení činností laboratoře, aby byla zaručena kvalita, spolehlivost, sledovatelnost a reprodukovatelnost dat. Pro úspěšné řízení laboratoře je zapotřebí implementovat a dodržovat tato pravidla a principy stanovené vyhláškou č. 163/2012 Sb. *Vyhláška o zásadách správné laboratorní praxe*. Rozdíl mezi tímto nástrojem a řízením laboratoře je, že se SLP zaměřuje pouze na kvalitu dat a výsledků, kdežto řízení

laboratoře na celkovou kvalitu jeho provozu. Tyto dvě klíčové oblasti se navzájem prolínají a spolupracují na zajištění kvality a spolehlivosti laboratorních testů.

V chemické zkušební laboratoři je SLP soubor zásad, metodik a pravidel, jejichž dodržování zajišťuje, že laboratorní testy a analýzy jsou prováděny v souladu s vysokými standardy kvality, přesnosti, spolehlivosti a bezpečnosti. SLP se zaměřuje na řízení a kontrolu všech aspektů laboratorní práce. Při zavádění zásad je kladen důraz na vyškolené a kvalifikované odborníky, kteří rozumí požadavkům na řízení laboratoře a mohou správně vytvořit postupy a dokumenty pro implementaci požadavků na vytvoření kvalitního systému laboratorního řízení. (Dos Santos a kol., 2023; Chidambaram a kol., 2022)

Pro řízení laboratoře jsou důležité i principy a dokumenty publikované Organizací pro hospodářskou spolupráci a rozvoj (OECD), které vytváří základy pro dnešní dokumenty (Xavier, 2022). Mezi veřejně dostupnými dokumenty, jsou i zásady SLP a monitorování shody, které byly vyvinuty za účelem podpory kvality a zjištění platnosti testovacích údajů pro stanovení bezpečnosti chemických látek a produktů (OECD, 2022). Jsou v souladu s mezinárodními standardy, kde pomáhají zajistit, že výsledky jsou spolehlivé, opakovatelné, auditovatelné a uznávané celosvětově. (OECD, 2022; Xavier, 2022; Dos Santos a kol., 2023) Na základě toho je EU převzala a začlenila do svých právních předpisů. Dodržování těchto zásad také minimalizuje riziko přepracování, odmítnutí a odchylek. Tato pravidla se vztahují také na zařízení v laboratořích a terénních jednotkách, jejichž správné používání musí být zajištěno v souladu s předpisy pro zdravotní a environmentální rizika. (Dos Santos a kol., 2023; Xavier, 2022)

**Podle Dos Santose a kol. (2023) SLP zahrnuje deset požadavků zaměřujících se na:**

- organizaci a personál
- zajištění kvality
- přístroje
- materiál
- činidla
- testovací systémy
- testovací a referenční položky
- standardní operační postupy (SOP)
- hlášení výsledků
- uchovávání záznamů a materiálů.

Z těchto 10 požadavků je v rámci SLP kladen speciální důraz na organizaci a personál, kteří jsou klíčoví pro správné fungování zařízení. Zařízení by mělo být pravidelně kontrolováno, čištěno, servisováno a kalibrováno. U testovaných látek by měla být evidována jejich charakteristika, datum přijetí, datum expirace a množství přijaté a použité látky, což zdůrazňuje důležitost správného řízení spotřebitelského řetězce. Standardní operační postupy by měly být zavedeny pro každý sektor nebo oblast testovacího zařízení a dokumentace i záznamy by měly být důsledně uchovávány (více o dokumentech viz kap 1.5). (Dos Santos a kol., 2023)

Šíření zásad SLP v laboratořích je usnadněno specifickým školením, které by mělo být pravidelně opakováno, aby pracovníci laboratoří získávali nové dovednosti a vědomosti. Implementace těchto zásad je obvykle usnadněna zapojením vyššího vedení, které pomáhá šířit požadavky na všech úrovních organizace. (Dos Santos a kol., 2023)

## 1.5 Systém dokumentace pro zkušební laboratoř

Všechny podniky včetně laboratoří vypracovávají firemní dokumenty, které slouží nejen uživatelům ve firmě, ale také pro akreditační/auditové kontroly, případně další stakeholdery. Vedení dokumentace v organizacích je součástí mnoha standardů pro zavedení systémů řízení. (Tziakou a kol., 2023)

V případě laboratoří je vedení dokumentace součástí normy ISO/IEC 17025 a k této normě se používá norma ISO 17043: *Posuzování shody – Obecné požadavky na poskytovatele zkoušení způsobilosti*, která se zaměřuje na posuzování shody a stanovuje všeobecné požadavky na zkoušení způsobilosti laboratoří. Na základě této normy probíhá akreditace laboratoří. Český institut pro akreditaci k normě ISO 17043 vypracoval dále metodický pokyn pro akreditaci (MPA), jehož cílem je objasnit a interpretovat některá ustanovení této normy (Růžička, 2018). Pro řízení laboratoří se firma musí řídit nařízeními pro správu dokumentů uvedených v SLP. Aby řízení systému správy dokumentů bylo správné a praktické, používá se proces standardizace kódů pro jednotlivé dokumenty, kde se každý dokument označí identifikačním číslem a toto opatření výrazně zlepšuje kvalitu celého procesu. (Hwang, 2013)

### 1.5.1 Příručka kvality

Jedním z klíčových dokumentů v organizaci a zároveň základním dokumentem v systému řízení kvality, který organizace vypracovává, je **příručka kvality**, která slouží k zaznamenání všech důležitých informací a pokynů pro zajištění efektivních postupů řízení

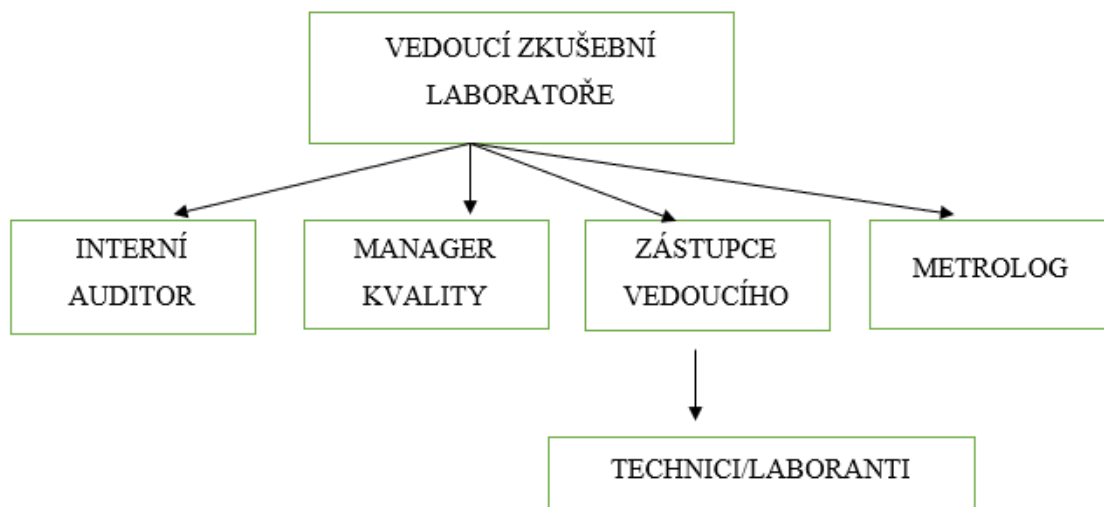
kvality a poskytuje přehled o celé organizaci a jejím výkonu činností. Příručka kvality pro celou organizaci zahrnuje tyto hlavní oblasti: organizační strukturu, politiku kvality, cíle organizace, procesy a postupy používané pro zajištění kvality výrobků nebo služeb. V případě zkušební laboratoře příručka kvality zahrnuje mimo jiné i následující oblasti (Fořt, 2023):

- zkoušky v rozsahu akreditace uvedené v Osvědčení o akreditaci laboratoře;
- zkoušky, které nejsou v rozsahu akreditace, pro které má laboratoř potřebné vybavení;
- spolupráce s jinými akreditovanými laboratořemi;
- spolupráce s ČIA (Český institut pro akreditaci).

Tento dokument určuje provoz a náplň práce laboratoře a zároveň je prvotním dokladem o firemním interním systému managementu určeným pro zaměstnance, akreditační orgán, kontrolní orgány a další zainteresované strany. Při jejím používání je zaručeno, že všechny důležité činnosti související se zabezpečováním kvality jsou plánovány, operativně řízeny a prověřovány tak, aby byly požadavky uvedené v normě ISO/IEC 17025 plněny a zároveň se zabezpečí dodržování politiky kvality vyhlášené vrcholným vedením zkušební laboratoře. Vedoucí zkušební laboratoře nese odpovědnost za koncept, vyhlášení a uplatňování této politiky managementu v každodenním provozu. (Fořt, 2023)

Příručka kvality je volně k dispozici kontrolním orgánům a jeho základní verze je uložena u vedoucího laboratoře, aby k ní měli neustálý přístup všichni pracovníci zapojení do činnosti akreditované laboratoře pro plnění svých úkolů. Bez příloh a souvisejících dokumentů je také přístupná i zákazníkům tak, aby byla podle prohlášení ve směrnici dokladována nestrannost, nezávislost a věrohodnost, jednoznačnost a transparentnost laboratorních postupů a výsledků zkoušek. Průběžně se příručka kvality udržuje manažerem kvality zkušební laboratoře, který odpovídá za její kompletnost, aktualizaci, kontrolu dodržování jejího plnění všemi pracovníky i za interní kontroly, které se provádí pro systém laboratoře minimálně jednou za rok přezkoumáním pomocí interního auditu a zároveň pro sjednávání externích kontrol pro obnovu akreditace laboratoře. (Fořt, 2023; CEN, 2018; Tziakou a kol., 2023)

Každá příručka kvality specifikuje požadavky na strukturu dokumentu, kde jsou uvedeny právní dokumenty, odpovědnost laboratoře, rozsah laboratorních činností, jednotlivé laboratorní činnosti, které jsou v rámci akreditovaných zkoušek, určující limity pro požadavky zákazníků. V příručce jsou rovněž uvedeni zaměstnanci tvořící vrcholové vedení (vedoucí, zástupce vedoucího, manažer kvality) a technický management (zástupce vedoucího a metrolog) pro zkušební laboratoř (viz schéma na Obr. 1), pravomoci a odpovědnosti pracovníků a způsob komunikace a integrity systému managementu. (Fořt, 2023; CEN, 2018)



Obrázek 1 Schéma postavení odborných pracovníků ve zkušební laboratoři, vlastní zpracování dle Fořta, 2023.

Příručka kvality je pouze jedna část celé dokumentace laboratoře. Mezi dalšími důležitými dokumenty patří související interní předpisy, jako jsou pracovní řád zkušební laboratoře, zákoník práce, vládní nařízení pro stanovení podmínek na ochranu zdraví při práci, zákon o ochraně veřejného zdraví a další zákony, směrnice bezpečnosti a ochrany zdraví při práci a požární ochrany (BOZP a PO) pro zkušební laboratoře, ale také i všechny dokumenty týkající se činnosti laboratoře, včetně metodiky vyhodnocování zkoušek, záznamy a protokoly o provedených zkouškách. (Fořt, 2023; CEN, 2018)

### 1.5.2 Další složky systému dokumentace

Významnou roli v řízení zkušební laboratoře hrají bezpečnostní standardy a každá zkušební laboratoř má svého odpovědného vedoucího, který zajišťuje jejich dodržování. Z pohledu dokumentace má vedoucí na starosti schvalování směrnice pro **BOZP a PO pro zkušební laboratoře**. Dokument vymezuje povinnosti vedoucího organizovat potřebná školení pracovníků příslušné laboratoře v oblasti bezpečnosti práce, zajistit osobní ochranné pomůcky každému z pracovníků laboratoře dle povahy jejich vykonávané práce a seznámit nové pracovníky s pravidly této směrnice. Směrnice vymezuje i odpovědnosti a povinnosti pracovníků laboratoří, kteří jsou odpovědní za své chování a dodržování ustanovených pravidel bezpečnosti práce při všech činnostech v laboratoři. (Fořt, 2022; Skřehot a kol. 2019)

V každé směrnici jsou uvedena všeobecná ustanovení, kde jsou shrnuta pravidla, která se musí v laboratoři dodržovat. Např. kde a jak se laboratorní práce provádí, vybavení

laboratoře (osobními ochrannými prostředky, hasícími přístroji, prostředky a pokyny na poskytnutí první pomoci, kniha úrazů, laboratorní přístroje a sklo, chemikálie apod.). Jsou zde zahrnuty i další povinnosti pracovníka, jako je oznamování vedoucímu pracoviště jakékoliv nedostatky a závady na pracovišti, které by mohly být závažným kritériem pro ohrožení bezpečnosti nebo zdraví pracovníků či životního prostředí. Směrnice také obsahují informace o umístění evakuačních východů, uzávěrech vody, plynu a rozvaděčích elektrického proudu jsou-li v prostorách laboratoře. (Fořt, 2022; Bockler a kol., 2024)

Ve směrnici BOZP a PO je kladen důraz na likvidaci odpadů v laboratořích (Fořt, 2022). V dokumentaci pro zkušební chemické laboratoře je vždy specifikováno, jak správně manipulovat s materiály ohrožující lidské zdraví, jak nakládat s hořlavými kapalinami a také jak řídit likvidaci odpadů. Proces zacházení s nebezpečnými odpady vyžaduje správné a odpovědné nakládání a zahrnuje implementaci osvědčených postupů řízení odpadu, které musí být šířeny, školeny a prosazovány na všech úrovních organizace tak, aby byl vytvořen komplexní a efektivní systém nakládání s nebezpečným odpadem, který nejen že splňuje zákonné požadavky, ale také chrání zdraví a bezpečnost pracovníků i životní prostředí. (Zahari, 2024)

## 2 Analýza a kalkulace nákladů v podnikové laboratoři

Klíčovým prvkem strategického řízení firmy je vytváření udržitelné konkurenční výhody, která zahrnuje schopnost firmy dlouhodobě zajišťovat převahu své finanční výkonnosti nad konkurencí. Konkurenční výhodu posiluje dobrá znalost nákladových informací, která napomáhá správným ekonomickým rozhodnutím, jako efektivnější řízení cenových strategií, optimalizace alokace zdrojů, zvýšení celkové provozní efektivity apod. (Ozcalici a kol., 2024).

Vzhledem k těmto požadavkům na znalost nákladů a zároveň vzhledem k tomu, že se podniky často ocitají v podmínkách tvrdé konkurence, měnícího se podnikatelského prostředí, digitalizace a dalších faktorů, hraje pro efektivní sledování činností, rozhodování a dosahování podnikových cílů významnou roli manažerské účetnictví (Abasová, 2023). Podrobnější struktura manažerského účetnictví záleží na typu informací, které jsou poskytnuty řídicím pracovníkům (Kráal a kol. 2018). Nákladové účetnictví, jako jeho součást, měří a vykazuje informace týkající se získávání či spotřeby zdrojů v organizaci a poskytuje podklady pro management i finanční účetnictví (Ozcalici a kol., 2024).

Pro stanovení konkurenceschopných cen, které jsou v souladu s dynamikou trhu a očekáváními zákazníků je zásadní přesná identifikace nákladů. Nepřesné odhady nákladů mohou vést k cenovým strategiím, které jsou buď příliš vysoké, což vede ke snížení poptávky zákazníků a ztrátě podílu na trhu, nebo příliš nízké, což vede ke snížení ziskovosti a finanční udržitelnosti. Vylepšené stanovování nákladů umožňuje podnikům alokovat zdroje efektivněji, optimalizuje využití práce, materiálů a dalších vstupů. Tato efektivita přispívá k úsporám nákladů, které lze znovu investovat do zvyšování kvality služeb, rozšiřování provozu nebo vývoje inovativních nabídek. Přesné informace o nákladech navíc usnadňují informované rozhodování na různých úrovních organizace, od strategického plánování až po každodenní provozní řízení. Poskytuje pohled na ziskovost různých produktů/služeb, identifikuje oblasti pro snížení nákladů nebo zlepšení procesů, podporuje hodnocení investičních příležitostí a v konečném důsledku maximalizaci finanční výkonnosti. (Mukherjee a kol., 2019, Ozcalici a kol., 2024)

Podobně v případě zkušebních laboratoří, optimalizace služeb, včetně poskytovaných laboratorních analýz, vyžaduje detailní porozumění využití zdrojů a souvisejících nákladů. Činnost laboratoří by měla generovat kvalitní a reprodukovatelné výsledky všech svých laboratorních analýz vzorků přijatých do laboratoře. Náklady na nové metody, průběžnou kontrolu kvality, mzdy zaměstnanců, energie, stroje a příslušenství a další mohou výrazně

zatěžovat rozpočet laboratoře. Nákladové řízení hraje zásadní roli při řízení laboratoře a ovlivňuje všechny aspekty, včetně výběru vhodných metod pro poskytování služby. (Mukherjee a kol., 2019)

Pro řízení procesů laboratoře představuje manažerské účetnictví systém, který poskytuje finanční informace, umožňující efektivnější řízení procesů laboratoří a plánování jejich politiky pro budoucí činnosti. Podle Tziakou a kol. (2023) absence kvalitního nákladového účetnictví může vést k rizikovému kalkulování nákladů. Klíčovým prvkem tohoto kalkulačního systému je dělení nákladů na přímé a nepřímé. Přímé náklady jsou přímo spojeny s konkrétními analýzami laboratoře, což umožňuje přesně stanovit náklady na jednotlivé úkony a lépe plánovat potřeby během provozu laboratoře. Do výpočtu se zahrnují různé položky, jako jsou mzdy zaměstnanců, náklady na provoz a údržbu, amortizace a odpisy (Pharm a kol., 2016). Nepřímé neboli režijní náklady nejsou přímo přiřaditelné ke konkrétním činnostem, ale ovlivňují celkové fungování laboratoře (Ozcalici a kol., 2024).

Analýza nákladů je důležitá nejen pro řízení laboratoře, ale i pro tvorbu efektivní politiky a strategie založené na informacích, které poskytuje systém kalkulace nákladů. Přesná kalkulace nákladů pomáhá předcházet vysokým výdajům na vybavení a materiály, což může pozitivně ovlivnit poskytované služby, tento proces je zásadní pro zajištění udržitelného fungování laboratoře, umožňuje optimalizovat její provoz a připravit ji na budoucí výzvy. (Mouseli a kol., 2017)

## **2.1 Kalkulační systémy pro zkušební laboratoře**

Král a kol. (2018) popisují kalkulace, jako stanovení či zjištění nákladů, marže, zisku, ceny nebo jiné hodnotové veličiny na výrobek, práci, službu, činnost nebo operaci, kterou je potřeba provést. Kalkulace jsou důležité pro zobrazení vztahu věcné a hodnotové stránky podnikání. Nejčastěji využívanou formou kalkulací jsou propočty, které se používají na zjištění a stanovení nákladů pro konkrétní výrobek, práci či službu pro zákazníky.

Pro řízení nákladů je významnou součástí systém výrobních kalkulací. Hlavním účelem zavedení kalkulačních modelů je oceňování produktů a oceňování výrobních zásob, kde druhý faktor je obvykle méně důležitý, dále se stanovují náklady a sledují se dle lokality, rozdělují se náklady z pomocných nákladových středisek na hlavní a vedlejší náklady a přidělují se nositelům nákladů (produkty a služby). Způsob přidělování nákladů výrobní režie nositelům nákladů (produktům a službám) je jedna z 5 metod nákladového účetnictví. Primárním účelem celého procesu alokace nákladů je určit jednotkovou cenu produktu. Na toto propočítávání se

používají metody účtování nákladů zahrnující různé techniky a postupy. Vysoká hodnota průměrných nákladů může odrážet nízkou úroveň využití kapacity, proto se průměrné hodnoty nákladů dají také použít pro přípravu rozhodnutí o outsourcingu, protože ceny externích služeb lze porovnat s interními náklady na tvorbu výkonu. (Bokor, 2012; Percevic, 2006)

Moderní výrobní sektory zlepšují stávající a vyvíjejí nové účetní metody pro objektivnější alokaci nákladů a hodnocení ziskovosti produktů. Je však nutné zdůraznit, že účetní metody alokace nákladů fungují podle principu alokačních základů, takže při jejich aplikaci vždy existuje určitá míra zkreslení v alokaci. Z tohoto důvodu nemohou účetní metody přesně přiřadit náklady k produktům, ani poskytnout informace o přesných výrobních nákladech nebo o přesné ziskovosti produktu. Místo toho mohou účetní metody dosáhnout objektivnějšího rozdělení nákladů na produkty a objektivnějšího posouzení ziskovosti produktu. Ve struktuře nákladů výrobních sektorů ve vyspělých zemích dominuje stanovení nepřímých výrobních nákladů. (Percevic, 2006)

Přidělování nepřímých nákladů je založeno na praktické kapacitě zařízení a zpracovatelských linek/laboratorních aparatur. Praktická kapacita se liší od teoretické kapacity, protože bere v úvahu požadovanou a předpokládanou údržbu a také očekávané prostoje. Standardní náklady produktu jsou založeny na nepřímých nákladech vynaložených na zařízení podělené praktickou kapacitou. Společnostem pomáhají získat přehled o skutečných nákladech různé normy, díky kterým mají možnost objevit případné nevyužití kapacity. (Van Camp a kol., 2024)

Různorodost a počet složek nepřímých nákladů a složitost kvantifikace některých typů dat činí shromažďování informací pro výpočet nepřímých nákladů zdlouhavým a únavným. Musí najít vhodnou rovnováhu mezi časem a úsilím stráveným sběrem dat a úrovní přesnosti potřebnou pro výpočet nepřímých nákladů. Jallon a kol., (2011) také poukazují na některé nepřímé náklady, které označuje za neviditelné, skryté, obtížněji vyčíslitelné, s tendencí zaměstnavatelů některé jejich složky podceňovat. Je mnohdy obtížné je přesně vyčíslit, přesto mohou podstatně převyšovat přímé náklady.

Rozlišit můžeme techniky kalkulací neúplných a úplných nákladů, které vyžadují různé úrovně nepřímého rozvrhování nákladů na výrobky, služby či procesy. V podnicích existují různé druhy sestavovaných kalkulací, např. kalkulace cílových nákladů, kalkulace životního cyklu apod. V celkovém důsledku při kalkulacích nákladů by alokace nepřímých nákladů měla proběhnout co nejlogičtěji v omezeném časovém rámci a s omezenými zdroji. (Bokor, 2012)

Existují 3 hlavní kalkulační systémy, které se liší z hlediska metodiky, přesnosti a relevance pro rozhodování. První je **přímý kalkulační systém**, dále **tradiční absorpční kalkulační systém** a posledním z nich je **kalkulační systém založený na činnostech**. (Škoda a kol., 2014)

**Systém neúplné kalkulace**, který představuje nejjednodušší způsob přiřazování nákladů, protože alokuje pouze přímé/variabilní náklady k nákladovému objektu. Jeho nevýhodou však je, že nepočítá s nepřímými/režijními náklady. Tento systém je vhodný pro podniky s minimálním nebo zanedbatelným podílem režie na celkových nákladech. Naopak u podniků s vysokým podílem režijních nákladů by jeho použití vedlo k chybným a zavádějícím rozhodnutím. (Škoda a kol., 2014)

**Systémy úplných kalkulací**, které lze podle postupů stanovování nákladů rozdělit na tradiční absorpční kalkulační systém a systém kalkulace založený na činnostech, přičemž oba tyto systémy přidělují jak přímé, tak nepřímé náklady konkrétním produktům nebo službám. K tomu využívají různé metody, které zohledňují způsob vzniku nákladů. Jedná se o opatření, která stanovují určitý druh vzorců spotřeby, které propojují nepřímé náklady s nákladovým objektem. (Škoda a kol., 2014)

**Tradiční absorpční kalkulace**, která byla založena na alokaci režijních nákladů na základě přímých nákladů, byla v minulosti efektivním nástrojem, protože podíl přímých nákladů ve výrobních systémech byl vysoký. Zaměřovaly se na sledování přímých nákladů a přidělovaly nepřímé výrobní náklady produktům na základě libovolných základů, které ukazovaly vztah mezi úrovní výroby a pohybem nepřímých výrobních nákladů. Nepřímé výrobní náklady neměly významný podíl na struktuře celkových výrobních nákladů, a proto nemohly významně ovlivnit hodnocení rentability výrobku (Percevic, 2006). Dnešní výrobní systémy jsou však kapitálově náročné a vysoce automatizované s vysokým poměrem nepřímých nákladů. Postupně se tak vyvíjely různé přístupy ke zpřesnění kalkulací, konkrétně ke stanovování nepřímých nákladů na podnikové výstupy (Bokor, 2012). Jallon a kol. (2011) a Pharm a kol. (2016) uvádí například následující tři hlavní přístupy k výpočtu nepřímých nákladů, z nichž každý má jinou metodu sběru dat: přístup shora dolů, zdola nahoru a místní.

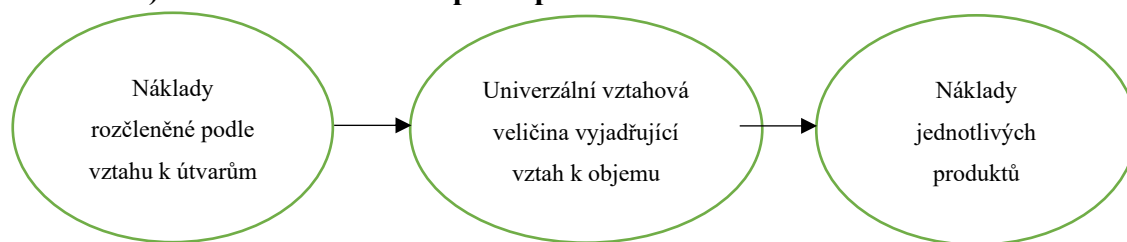
1. **Přístup „shora dolů“** se používá v tradičních kalkulacích, využívá jednotky relativní hodnoty, jako jsou například dny, počet hodin práce, objem výroby, pro rozdělení celkových režijních nákladů mezi jednotlivé služby či produkty, používá národní data, statistiky nebo výsledky jiných studií k výpočtu nepřímých průměrných nákladů.

Přístup shora dolů používá ke stanovení nákladů základní metody pro stanovení pevných odhadů vedlejších produktů pro výpočet cen a nákladů produktů. Podle Vashchilina a kol. (2009) je nejprve potřeba sečíst výrobní náklady na každý produkt a například pomocí jedné ze základních metod pro rozvrhování nepřímých nákladů „dělení pomocí ekvivalentních koeficientů“ si určit koeficienty pro přiřazení nákladů k různým produktům (poměr výrobních nákladů na každý produkt k celkovým nákladům na proces). Poté se stanoví celkové náklady, rozdělí se mezi jednotlivé produkty v poměru ke koeficientům, přepočítají se z koeficientních variant celkové náklady na objemy jednotlivých výrobků, a nakonec se získají cenové relace produktů. Existují i další základní metody výpočtů pro rozvrhování nepřímých nákladů, jednou z nich je metoda prostého dělení, kde jsou 2 možnosti výpočtu. První možnost je, že firma má pouze jeden druh výrobku či služby, a proto se celkové nepřímé náklady na produkty podělí počtem jednotek produkce. Pro rozvrhování nepřímých nákladů všechny výrobky/služby využívají zdroje rovnoměrně. Druhou možností je rozdělení nepřímých nákladů rozpočítáním výrobků podle jejich objemu výroby. Tato možnost se provádí nejprve součtem celkového objemu výroby, poté se celkové nepřímé náklady podělí tímto součtem objemu a výsledek vyjde v ceně/jednotku neboli tzv. „Jednotkový náklad“. Nakonec se tato cena na jednotku rozpočítá pro každý výrobek vynásobením jeho objemem neboli na jeho tzv. „kalkulované množství“. (Sunil a kol. 2022)

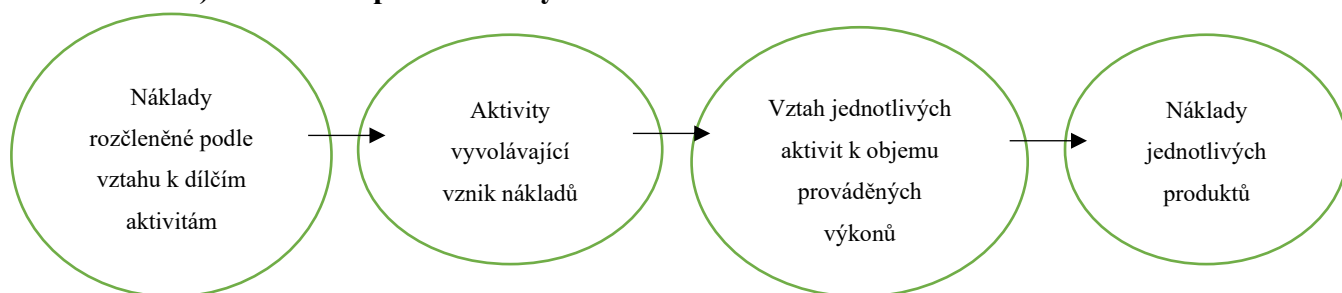
Analýza výrobních procesů však ukázala, že tradiční metody nedokážou poskytnout objektivní a spolehlivé informace o hodnocení ziskovosti jednotlivých produktů což vedlo k rozvoji nových metod. Zjistilo se, že modernější způsob alokace výrobních nákladů lze uplatnit ve všech typech výroby. Na konci 80. let byla zavedena metoda kalkulace nákladů založená na činnostech (Activity-Based Costing, ABC, viz Obr. 2) jako nový nástroj pro řízení nákladů, v manažerských rozhodovacích procesech se zaměřuje na faktory jako čas, dynamika trhu, strategické úvahy a problémy s kvalitou. (Sunil al kol. 2022; Bokor, 2012; Percevic, 2006; Ozcalici a kol., 2024; Mouseli a kol., 2017)

2. Metoda ABC je založena na druhém **přístupu „zdola nahoru“**, který kvantifikuje využití zdrojů pro každou službu a podle toho rozděluje náklady, aby vytvořil přesnou analýzu celkových nákladů, je založen na průzkumech nebo rozhovorech v organizacích za účelem získání odhadu průměrných nákladů podle typu výroby nebo odvětví průmyslu.

### A) Tradiční kalkulační přístup



### B) Kalkulace podle metody ABC



Obrázek 2 Porovnání tradičního kalkulačního postupu a metody ABC, převzato od Krále a kol., 2018.

3. „**Místní**“ přístup je založen na sběru místních dat (ve společnosti), aby se získaly nepřímé náklady, které jsou specifické pro společnost.

## 2.2 Activity-Based Costing ve zkušebních laboratořích

Metoda Activity-Based Costing (ABC) se stala oblíbeným nástrojem pro přesnější měření skutečných nákladů na činnosti a realistické odhadování stanovení cen služeb. Co se týče metodiky, při sestavování kalkulačního modelu pomocí ABC se uplatňuje víceúrovňový přístup nepřímé alokace nákladů. Poskytuje úplné a přesné informace o nákladech vynaložených na výsledek produktu. Akumulují se celkové náklady pomocí sledování nákladových činností. Pomocí této metody lze zjistit do jaké míry jsme schopni minimalizovat náklady a maximalizovat zdroje, aby to bylo efektivní. Výsledky získané tradiční kalkulací a kalkulací ABC se mohou výrazně lišit. (Pharm a kol., 2016; Mohammadpour a kol., 2022; Ozcalici a kol., 2024; Mouseli a kol., 2017)

Metoda ABC slouží jako informační systém, který identifikuje klíčové aktivity spotřebovávající podnikové zdroje a následně přiděluje nepřímé náklady na produkty nebo služby využívající tyto zdroje. Umožňuje přiřazovat výrobní režijní náklady produktům a službám na základě logických a měřitelných vztahů, čímž překonává nedostatky tradičních metod, které často přidělují náklady jednoduše podle odpracovaných hodin nebo strojního času. Nejprve identifikuje klíčové činnosti a stanoví jejich náklady, které následně alokuje na

produkty nebo služby. Tento přístup zohledňuje rozmanitost produktů i požadavků zákazníků, a proto je obzvláště užitečný v prostředí s různorodou produkcí a službami. (Ozcalici a kol., 2024; Škoda a kol., 2014)

Proces začíná identifikací činností, jež jsou primární nákladové jednotky, což umožňuje detailní stanovení nákladů. Tyto činnosti jsou seskupeny do nákladových skupin, čímž se zjednodušuje jejich sledování. Poté jsou náklady přiřazeny produktům nebo službám na základě nákladových faktorů, které kvantifikují vztah mezi činnostmi a výstupy. Správné určení nákladových faktorů vyžaduje hluboké porozumění výrobním procesům a povaze produktů a služeb. Počet těchto nákladových faktorů závisí na složitosti produktového portfolia, variabilitě produktů, objednávek a specifických požadavcích na činnosti. Posledním krokem je alokace nákladů na produkty nebo služby a následuje výpočet provozních nákladů, kdy jsou sazby nákladových faktorů násobeny konkrétními činnostmi. ABC zohledňuje pracovní sílu, vybavení a činnosti jednotlivých oddělení, poskytuje reálné a přesné náklady a vede ke zvýšení efektivity, což přispívá k efektivnějšímu řízení zdrojů a dlouhodobé udržitelnosti. (Ozcalici a kol., 2024; Škoda a kol., 2014; Mouseli a kol., 2017)

Kalkulace založená na činnostech (ABC) není účetním systémem, přesto však využívá minulé údaje k analýze nákladů a zisků. Tato analýza odhaluje neefektivnosti a opakující se příčiny problémů, které vedou k nečekaným nákladům z některých činností, a zároveň objasňuje, proč jsou určité produkty a zákazníci ziskové, zatímco jiné generují ztráty. Pokud se tyto podmínky neustále opakují, mohou vést k obdobným neefektivnostem, jak v současnosti nebo v budoucnu. Znalost minulých neefektivit tedy může sloužit jako motivace k podniknutí nápravných kroků směrem k vyšší efektivitě. ABC metoda používá ve svém výkazu činností slovesa a podstatná jména k označení jednotlivých činností, což zajišťuje určitou míru flexibility. Manažeři tak získávají nové pohledy na práci zaměstnanců a mají možnost činnosti efektivně ovlivnit, změnit, zlepšit nebo zcela eliminovat. (Škoda a kol., 2014)

Tento ekonomický model je navržen tak, aby informoval management o ekonomice jeho minulých, současných a budoucích operací. Proto nelze ABC považovat za účetní model, neboť jeho aplikace není omezena pouze na finanční údaje z minulých let. Vstupem pro tento model mohou být také rozpočtované, předpokládané či cílené náklady a data o objemu. Tímto způsobem lze předpovědět výdaje na jednotlivé aktivity a získat informace o faktorech, které ovlivňují odhadované náklady na budoucí činnosti a zdroje. ABC se tak stává mocným nástrojem pro rozpočtování budoucích nákladů. Při využití předpokládaných výdajů na činnosti, za předpokladu efektivního provozu, může ABC sloužit také jako mechanismus pro

cílovou kalkulaci. Rozpočtové informace přitom mohou být také cenné při identifikaci a eliminaci neefektivních činností, které nepřispívají k hodnotě operací. (Ozcalici a kol., 2024; Škoda a kol., 2014)

ABC je například vhodnou metodou pro výrobní systémy, které vyrábějí své produkty nebo provádějí své služby na zakázku, ale i díky ní mohou společnosti identifikovat oblasti, kde lze odstranit plýtvání a odpady, omezit náklady s nízkou přidanou hodnotou, využít nevyužitou kapacitu a pochopit, co náklady skutečně ovlivňuje (Bokor, 2012; Škoda a kol., 2014). Při metodě ABC se podrobně analyzují činnosti a náklady na tyto činnosti pro každou výrobu výrobků či provádění služby (Bokor, 2012). Přestože má metoda ABC řadu výhod, její implementace bývá z řady důvodů komplikovaná. Zavedení systému je časově náročné a vyžaduje pravidelnou aktualizaci, což výrazně zvyšuje náklady na účetnictví při získávání potřebných dat. Aby tyto problémy překonali, vyvinuli Kaplan s Andersonem přístup časově řízené kalkulace nákladů na činnosti (Time-Driven Activity-Based Costing, TDABC) založený na konceptech ABC. (Pharm a kol., 2016; Mohammadpour a kol., 2022; Ozcalici a kol., 2024)

### **2.3 Metoda časově řízené kalkulace nákladů na činnosti: nástroj pro efektivní řízení služeb a zdrojů**

Metoda časově řízené kalkulace nákladů na činnosti (TDABC) pomáhá zlepšovat řízení procesů a sledovat náklady na služby poskytované firmou. Nabízí přesnější informace o struktuře nákladů, přehled o zisku a ztrátách a umožňuje snižovat náklady na služby. Tím podporuje efektivnější poskytování služeb, identifikaci nevyužití lidské kapacity a lepší řízení zdrojů pro poskytovatele služeb. (Pharm a kol., 2016; Mohammadpour a kol., 2022)

Pro implementaci TDABC je nutné nejprve definovat klíčové služby, na které se analýza zaměří. U těchto služeb se identifikují hlavní činnosti v rámci jednotlivých procesů. Každá činnost je označena jako nákladové středisko, kterému se přiřadí přímé náklady a podpůrné zdroje pro efektivní analýzu nákladů. (Pharm a kol., 2016)

Metoda TDABC vyžaduje odhad pouze dvou parametrů: náklady na jednotku zdrojů z hlediska kapacity a čas potřebný pro každou činnost (provedení činností a transakcí). Tento časový odhad se vztahuje pouze k provedení jedné činnosti nebo transakce, nikoliv k celkovému času na všechny činnosti. Výhodou této metody je možnost měřit čas strávený různými činnostmi nezbytnými k poskytování služby, což umožňuje manažerům optimalizovat

procesy tím, že se zaměří na činnosti s nejvyšší časovou náročností. (Pharm a kol., 2016; Mohammadpour a kol., 2022)

**Postup zavedení TDABC zahrnuje následující kroky** (Pharm a kol., 2016; Mohammadpour a kol., 2022; Mouseli a kol., 2017):

- 1) Mapování procesů v odděleních: Identifikace jednotlivých oddělení, kde se vytvoří mapa procesů souvisejících se službami. To zahrnuje pozorování činností v jednotlivých odděleních a rozhovory s odpovědnými osobami v každém z nich.
- 2) Identifikace zdrojů: Určují se hlavní zdroje, které jsou využívány v rámci procesů.
- 3) Odhad nákladů na zdroje: Vyčíslí se celkové náklady na každou skupinu zdrojů. Tyto údaje se získávají prostřednictvím rozhovorů s finančním a majetkovým oddělením. Nákladové skupiny zahrnují budovy, režijní náklady, lidské zdroje a vybavení. Agregací nákladů se stanoví celkové náklady pro jednotlivé úseky, přičemž se oddělí přímé a nepřímé náklady. Náklady, které nelze zařadit do výše uvedených kategorií (např. vzdělávání, výzkum, tisk, nákup materiálu, doprava, spoje), se zahrnou mezi ostatní režijní náklady. Pro výpočet nákladů na budovy a údržbu využijete údaj o ploše, která představuje metr čtvereční/oddělení.
- 4) Odhad reálné kapacity zdrojů: Vypočítá se reálná kapacita každé skupiny zdrojů, zahrnující pracovní dobu v hodinách a získá se celková roční pracovní doba. Zohledňuje se také životnost zařízení.
- 5) Výpočet celkových nákladů: Celkové náklady se stanoví součtem: Osobní náklady + náklady na spotřební zboží + odpisy + náklady na budovy + náklady na energii + ostatní náklady.
- 6) Výpočet jednotkových nákladů: Jednotkové náklady každé skupiny zdrojů se vypočítají rozdělením celkových nákladů a reálných kapacit z každé skupiny. Tyto hodnoty se pro daný segment následně sečtou.
- 7) Stanovení časových rovnic: Identifikace časové rovnice znamená vypočítání času daného oddělení od přijetí objednávky poskytované služby. Čas se měří pomocí pozorování více vzorků, objednávek apod. a na základě těchto údajů se stanoví časové rovnice služby.
- 8) Agregace nákladů a výpočet ceny služeb: Finální cena každé služby se vypočítá jako součin jednotlivých nákladů každé skupiny zdrojů v časových rovnicích. S vypočtenými sazbami nákladů všech činností je nyní možné zjistit náklady na konkrétní službu pomocí následující časové rovnice:

$$\text{Servisní náklady} = (\text{čas}_1 \times \text{nákladová sazba}_1) + (\text{čas}_2 \times \text{nákladová sazba}_2) + \dots \\ + (\text{čas}_n \times \text{nákladová sazba}_n)$$

Pro shromažďování informací o pracovní činnosti se nejčastěji využívají dvě metody: vzorkování práce a explorativní observační studie času a pohybu (T&M):

- 1) Vzorkování práce zahrnuje náhodné sledování a zaznamenávání činností pracovníků během pracovního dne v předem stanovených časových okamžicích, na jejichž základě se odhaduje podíl času věnovaný jednotlivým činnostem (Pharm a kol., 2016).
- 2) Technika T&M využívá přímé pozorování, při kterém je zaznamenáván přesný čas věnovaný jednotlivým úkolům (Pharm a kol., 2016).

Při analýze ABC je často zpochybněna přesnost sazeb nákladových faktorů, protože subjektivní odhady pracovníků o jejich minulém nebo budoucím chování mohou být zkreslené. Použití observačních studií T&M na podporu analýzy TDABC může být způsobem, jak takové zkreslení překonat. (Pharm a kol., 2016)

Nicméně obě metody, vzorkování práce i T&M, mají své limity. Pracovníci mohou při pozorování změnit své chování, když jsou pozorováni, což může vést k prodloužení času stráveného u některých činnostech. Důsledkem tohoto zkreslení je, že zde vypočítané náklady by měly být považovány za maximální náklady na tyto služby. Přesnost výsledků lze zvýšit provedením většího počtu měření času věnovaného konkrétním činnostem, což minimalizuje vliv náhodných odchylek. (Pharm a kol., 2016)

Uplatnění konkrétního způsobu rozúčtování výrobní režie na výrobky závisí na více faktorech, jako jsou např. druh a charakteristika výroby, organizační struktura podnikatelského subjektu, informační potřeby managementu podnikatelského subjektu. Objektivita procesu alokace nákladů a posouzení rentability produktu závisí na použití konkrétní metody, která je podmíněna i strukturou výrobních nákladů podnikatelského subjektu. Při zvažování aplikace některých metod výpočtu a rozúčtování nákladů je zpravidla dodržována objektivita. (Percevic, 2006)

Dnešní firmy mají menší prostor pro chyby. Už nemohou chybovat tak často jako dříve, pokud chtějí zůstat konkurenceschopné. Cenové nabídky, investiční rozhodnutí, volba technologií, outsourcing a nákupní strategie vyžadují detailnější analýzu. Vzhledem k tomu, že konkurence je stále lepší v porozumění propojení příčin a následků, které ovlivňují náklady, a efektivně doladují procesy i ceny, tak se vytváří intenzivní cenový tlak a mnohem náročnější

podmínky pro podniky než v minulosti. Proto je klíčové znát skutečné náklady na produkty, náklady spojené se zákazníky a jejich ziskovost. (Pharm a kol., 2016)

### **3 Analýza řízení procesů a možností sledování nákladů v podmínkách vybrané zkušební laboratoře**

Cílem praktické části této práce je na příkladu vybrané laboratoře popsat a posoudit možnosti implementace moderních nástrojů řízení procesů a nákladů v dané laboratoři. Za účelem naplnění tohoto cíle byly pro praktickou část dále stanoveny cíle:

- Zmapovat současný stav řízení procesů ve vybrané podnikové laboratoři.
- Identifikovat nákladovou strukturu v laboratoři, a to se zaměřením na vybranou laboratorní metodu prováděnou v dané laboratoři.
- Navrhnout vlastní postup sledování a stanovování nákladů na vybranou laboratorní metodu. Zhodnotit navržený postup.

Praktická část diplomové práce se zaměřuje na analýzu postupů řízení procesů a nákladů zkušební laboratoře. Pro účely analýzy nákladů byla vybrána metoda stanovení polycyklických aromatických uhlovodíků plynovou chromatografií z vývrtu jádra asfaltové směsi. Práce je rozdělena do 4 částí.

V první části je charakterizován podnik, ve kterém primární výzkum probíhal. Druhá část je věnována popisu polycyklických aromatických uhlovodíků, postupům jejich stanovování ve vzorku, a dále standartním operačním postupům této analýzy ve vybrané podnikové laboratoři daného podniku. Popsány jsou jednotlivé kroky při získávání vzorku až po jeho konečné zpracování v laboratoři a předání výzkumné zprávy objednateli. Třetí a čtvrtá část této kapitoly se věnuje procesům řízení a analýze nákladů, kde dochází k vyhodnocení získaných dat, interpretaci, jejich shrnutí, návrhům opatření a diskusi.

#### **Metoda výzkumu praktické části**

Pro naplnění cílů praktické části této diplomové práce bylo využito postupů primárního kvalitativního výzkumu. Pro výzkum byla vybrána zkušební laboratoř firmy DSP a.s. sídlící na území České republiky (viz níže).

Nejprve byla realizována analýza řízení procesů laboratoře. Sběr dat probíhal formou osobního rozhovoru s majitelem a manažerem laboratoře, na který navazoval výzkum jednotlivých procesů v laboratoři, a to osobně vyzkoušením si postupů v praxi. Výzkum probíhal od listopadu roku 2024 do března 2025.

Výzkum procesů byl dále doplněn analýzou nákladů vybrané analytické metody prováděné v laboratoři, a to buď dle informací z faktur laboratoře, nebo odhadem cen manažerem laboratoře.

### **3.1 Firma DSP a.s.**

Společnost DSP a.s. je česká firma specializující se na inženýrskou, laboratorní a projektovou činnost v oblasti silniční infrastruktury, především zaměřenou na silnice, chodníky a místní komunikace. Byla založena v roce 2009 a nachází se v Kostěnicích v Pardubickém kraji. Vize společnosti DSP a.s. je inovativními diagnostickými metodami a investicemi do nejnovějších technologií zajišťovat nejvyšší standardy kvality a bezpečnosti silnic, které jsou pevné a bezpečné, s minimální potřebou oprav. (DSP a.s., 2025)

Nabízí komplexní služby od průzkumu komunikací, přes zpracování projektové dokumentace před realizací stavby, až po odbornou pomoc u finální realizace. Úzce spolupracuje s majiteli a správci komunikací, jako jsou krajské správy a údržby silnic, samosprávy měst a obcí nebo samotné stavební firmy. Při diagnostice mapují povrchy, a především podkladní vrstvy komunikací, kde získávají vývrty jader pro analýzu. Součástí jejich činnosti je i provoz zkušební laboratoře, kde probíhají analytické práce na zjištění složení jednotlivých vrstev jádra z komunikace. Zaměřují se na posouzení kvality použitých materiálů i celkového stavu konstrukce komunikace, a na základě zjištěných údajů určují, zda je vozovka v odpovídajícím stavu, nebo je potřeba provést její opravu či úpravu. Při zpracování projektových dokumentací vycházejí z příslušných vyhlášek a směrnic, zajišťují všechny potřebné podklady pro projekční činnost a projednávají ji s příslušnými orgány, institucemi nebo třetími osobami. Tyto podnikové služby doplňuje autodoprava. Společnost má prostředky nejen pro přepravu zaměstnanců na místo diagnostiky, jednání s objednateli a odběru vzorku, ale také pro přepravu materiálů na stavbu. (DSP a.s., 2025)

Výzkum diplomové práce byl realizován v podnikové zkušební laboratoři, která se nachází v budově podniku, kde pracuje celkem 13 osob, mezi které patří 3 laboranti, vedoucí laboratoře (manažer), účetní, pracovník IT podpory, dva projektoví manažeři, dva technicko-provozní pracovníci (dělníci), dva pracovníci úklidu a majitel společnosti.

### 3.2 Popis postupů řízení procesů sledované laboratoře

Analýza postupů řízení procesů laboratoře a využívaných nástrojů probíhala formou osobního rozhovoru s manažerem zkušební laboratoře a majitelem firmy podle předem připravených výzkumných otázek. Hlavní zjištěná data shrnuje následující přehled:

- **Jaké kroky jste podnikli k akreditaci laboratoře?**

V laboratoři se obvykle věnuje dost času přípravě dokumentů a doladění postupů, aby až přijde zástupce pro akreditaci bylo vše v pořádku. Průběh přípravy na akreditaci a samotná akreditace probíhá následně: Laboratoř si sama objednává akreditaci. Podá žádost pro udělení akreditace na ČIA, když dá souhlas, tak laboratoř čeká půl roku, než přijde zástupce pro akreditaci. Mezi tím si laboratoř připraví všechny dokumenty (cca 200 dokumentů), přístroje (zkalibrují, dokoupí) a náklady na tuto přípravu jsou cca 2 miliony korun. Po půl roce přijde zástupce ČIA zkontroluje, zda má laboratoř vše v pořádku podle předpisů, postupů a dokumentů a zaplatí se jí cca 200 tisíc Kč. Pověřená osoba předá osvědčení o akreditaci. Každý rok chodí dozorová návštěva, které se taktéž platí cca 150 tisíc Kč. Ceny za poplatky se odvíjí od počtu zkoušek a počtu zaměstnanců, které je provádí.

- **Máte zavedené některé ze systémů řízení dle standardů ISO?**

V současné době firma nemá certifikován žádný ze systémů řízení dle standardů ISO, nicméně své činnosti řídí v souladu dle jejich principů.

- **Jaké faktory zvažujete při výběru laboratorního vybavení?**

Za jakým účelem bude používáno, dle na postupů potřebných na zkoušku, metodu (normové postupy nebo SOP) a podle toho se volí přístroje. Vybavení se volí, jestli splňuje normy, které jsou požadovány (kvalita, značka, takové parametry, aby měření bylo v požadovaných mezích a rozsahu, kapacita), poptá se cena u výrobců a posuzují se reference a vybere se dle rozpočtu, dle toho se rozhodnou, jaké vybavení se bude používat (snadnost použití), posuzuje se použití nového nebo použitého vybavení, bezpečnostní prvky, údržba a servis.

- **Jaké postupy údržby a servisní podpory máte zavedené?**

Každý přístroj má svou specifickou údržbu, co zvládne laborant udělá si sám, u složitějších přístrojů jako je například výměna větších součástí plynového chromatografu provádí údržbu servisní technik dodavatelské firmy. Kalibrace a validace pipet má na starosti metrolog, který je posílá na kontrolu.

- **Jaké jsou hlavní komponenty vašeho systému dokumentace?**  
Laboratoř využívá velké množství dokumentů. Např. pracovní řád, příručka kvality, zákoník práce, směrnice BOZP a PO, záznamní listy, normy, SOP, přehled majetku laboratoře a vyhrazení prostorů laboratoře, soubor prověření a prohlášení pracovníků, smlouvy, kniha návštěv, zakázek, interní audity, deníky vzorků, management rizik apod.
- **Jaká jsou hlavní rizika, kterým čelí vaše firma a laboratoř? Existuje v laboratoři seznam rizikových faktorů (management rizik)?**  
Například nedostatek zakázek, nedostatek kvalifikovaných zaměstnanců nebo jejich odchod, nemožnost splnit dodání zakázky v termínu, nedodání spotřebního materiálu a přístrojů pro analýzu (dodací lhůty), chemické riziko.  
Ano, mají různé dokumenty na management rizik a některé z nich se týkají laboratoře. Obecně jejich management rizik obsahuje oblasti, jako je prosperita firmy, odbornost vedení, nestrannost laboratoře, laboratorní zkoušky, právní oblast a nehody.
- **Jakým způsobem minimalizujete potenciální chyby a zlepšujete kvalitu analytických dat?**  
Laboranti dodržují předepsané pracovní a bezpečnostní postupy, vzorky nenechávají dlouho stát před zpracováním i v průběhu, čistí a proplachují přístroje, mají kontrolní a proplachovací sadu vzorků při každém měření, pokud se data ze vzorku nezdají relevantní přeměří se nebo se celý postup opakuje.
- **Používáte technologie pro digitalizaci a automatizaci laboratorních procesů, případně jaké?**  
Ano, mají program Postrun Analysis pro plynový chromatograf, automatickým přístrojem je plynový chromatograf, třepačka, ultrazvuková lázeň, vakuová odpadka atd.
- **Jaké jsou hlavní výhody a výzvy spojené s automatizací ve vaší laboratoři?**  
Jelikož se jedná o malou laboratoř možnosti věci automatizovat jsou omezené. Řada postupů je lepší provádět manuálně. Automatizace nelze nebo se ekonomicky nevyplatí. Využívají například program Postrun Analysis pro plynový chromatograf nebo různé přístroje, u kterých automatizace pomáhá ulehčit a urychlit proces.
- **Jak chráníte data a jak je archivujete?**  
Záznamní listy a další dokumenty z laboratoře archivují v papírové podobě a data, které se získávají do záznamních listů jsou uloženy v laboratorním počítači pro dohledání výsledků a také v programu pro plynový chromatograf Postrun Analysis.

- **Jaké zásady Správné laboratorní praxe máte zavedené (organizaci a personál, zajištění kvality, přístroje, materiál, činidla, testovací systémy, testovací a referenční položky, SOP, hlášení výsledků, uchovávání záznamů a materiálů)?**  
Všechny.
- **Jakým způsobem analyzujete a kalkulujete náklady na provoz laboratoře?**  
Prozatím to propočítávají podle odhadu. Řídí se, jak se ceny pohybují na trhu.
- **Jaké metody používáte pro optimalizaci nákladů?**  
Nemají konkrétní metodu, je to odhadem, trojčlenkou z cen nákupního materiálu.

Firma DSP a. s. splňuje všechna potřebná kritéria pro její funkci. Nemají zavedené systémy řízení a většinu práce provádí manuálně, jen na pár činnostech potřebují automatizované přístroje a programy.

### **3.3 Popis vybrané analytické metody**

Pro účely analýzy struktury a možnosti kalkulování nákladů u diplomové práce byla vybrána metoda stanovení polycyklických aromatických uhlovodíků, která je jednou z prováděných laboratorních metod ve firmě DSP a.s.

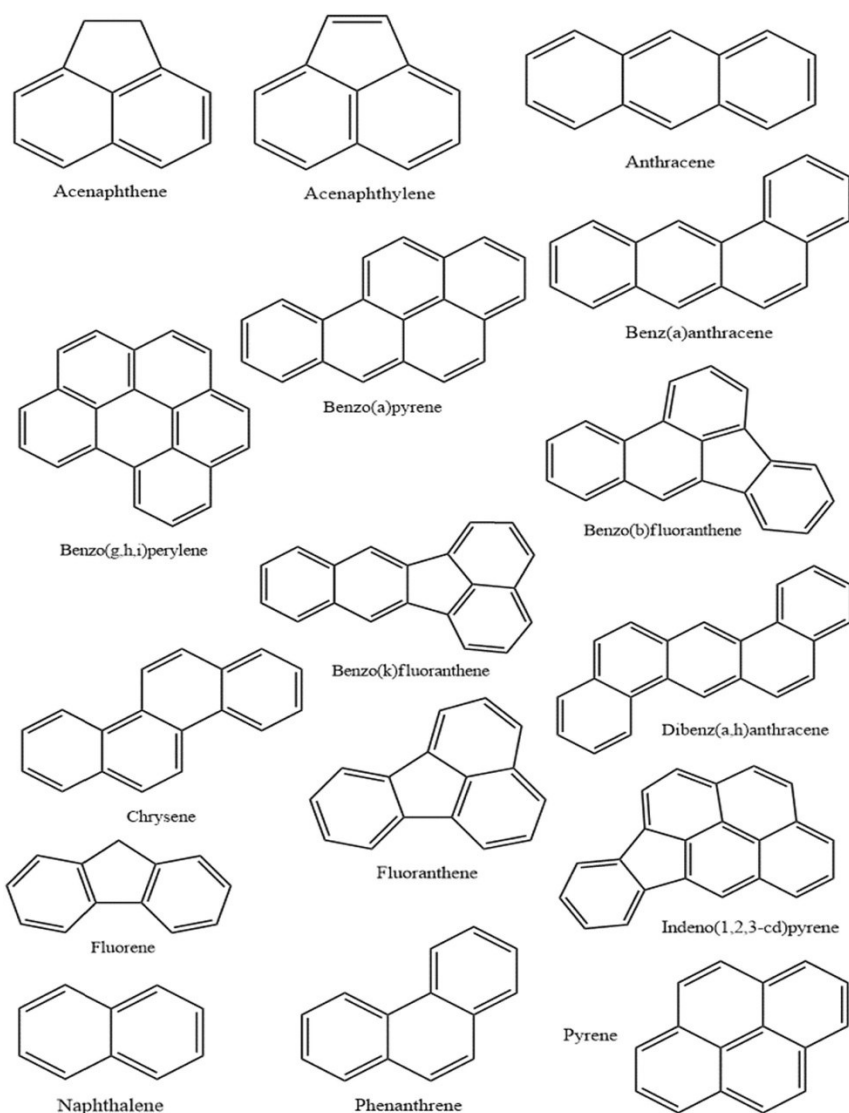
#### **3.3.1 Vlastnosti polycyklických aromatických uhlovodíků**

Polycyklické aromatické uhlovodíky (PAU) představují skupinu organických sloučenin, které mají heterocyklická aromatická jádra (kruhové struktury) a skládají se pouze z atomů uhlíku a vodíku. V současné době se tyto látky nacházejí v přirozeném prostředí, zejména v důsledku lidské činnosti, jako je například spalování fosilních paliv a biomasy, průmyslová výroba železa, hliníku, cementu, barviv, činností v asfaltářském průmyslu apod. PAU pro svoji stabilitu a schopnost akumulace v ekosystémech jsou významný svým negativním dopadem na životní prostředí a lidské zdraví. Tyto sloučeniny mohou absorbovat UVA záření v rozmezí 320-400 nm a stejně také při viditelném světle (400-700 nm). Při kontaktu PAU s lidskou kůží v přítomnosti světla dochází k jejich absorpci, což umožňuje jejich pronikání do buněk. V buňkách se začínají tvořit reaktivní formy PAU, které mohou způsobovat rozklad buněčných membrán, nukleových kyselin a proteinů, což ukazuje na jejich toxicitu pro lidský organismus. Naštěstí se náš organismus proti tomu dokáže částečně bránit pomocí detoxikačních procesů v játrech. Monitorování PAU je důležité, protože i malá množství těchto sloučenin mohou být spojena s různými zdravotními riziky, včetně rakoviny a genetických

mutací. Sledování jejich koncentrací v různých maticích (v ovzduší, vodě, půdě, sedimentech a odpadech) umožňuje hodnotit míru znečištění životního prostředí a jeho potenciální dopady na zdraví lidí a ekosystémy. (Čermák, 2009; Fremrová, 2022; Patel a kol, 2020)

V současné době se v životním prostředí našlo více než 100 různých PAU o rozdílných koncentracích. Ve většině standartních laboratoří se podle nařízení Komise EU č. 835/2011 a Agentury pro ochranu životního prostředí v USA stanovuje pouze 16 prioritních PAU (viz Obr. 3), které mají největší negativní dopad na lidské zdraví a ekosystémy. Tento proces zahrnuje několik kroků: odběr, extrakce a čištění vzorků. Vzhledem k jejich citlivosti na světlo a charakteristickému UV absorpčnímu spektru je možné je účinně identifikovat pomocí analytických metod, jako jsou plynová chromatografie s hmotnostní spektrometrií (GC-MS), vysokoúčinná kapalinová chromatografie (HPLC) v kombinaci s UV-DAD nebo fluorescenční detekcí (HPLC-UV-DAD/FLD). Tyto technologie umožňují detekci a kvantifikaci nízkých koncentrací PAU ve vzorcích a poskytují důležité informace pro ekologické hodnocení a regulaci znečištění. (Čermák, 2009; Fremrová, 2022, Soursou a kol., 2023)

Vzhledem k jejich hydrofobním vlastnostem jsou PAU rozpustné v organických rozpouštědlech, jako je aceton, alkohol, hexan, toluen apod. Proto se s těmito látkami pracuje ve všech laboratořích zabývajících se analýzou PAU. Pomocí těchto rozpouštědel je lze i snadno odstranit například z vod, kalů a půdy. (Patel a kol., 2020)



Obrázek 3 Prioritní PAU s negativním dopadem na životní prostředí a lidský zdraví, převzato od: Soursou a kol., 2023.

### 3.3.2 Standartní operační postupy stanovení PAU ve sledované laboratoři

#### Vývrt jádra a stanovení sušiny gravimetricky

Postup při vývrtu jádra je čistě manuální práce. Stanovení sušiny vychází z evropské normy ČSN EN 14346 (čl. 6 Metoda A – Sušení při 105 °C). V závislosti na povaze vzorku (kapalný, pevný nebo s více fázemi) se podle této normy stanovuje podíl sušiny nebo obsah vody v sušině, a to jako hmotnostní zlomek v procentech podle příslušné rovnice. Gravimetricky se měří pevné vzorky a vzorky, které se během sušení pevnými stanou. Vzorek se v sušárně suší do dosažení konstantní hmotnosti při teplotě (105 ± 3) °C (Čermák, 2007). Metoda stanovení sušiny se používá k určení obsahu sušiny ve vzorcích, které jsou určeny pro analýzu polycyklických aromatických uhlovodíků (PAU) v asfaltových směsích, asfaltových

pojivech a asfaltových recyklátech. Je vhodná pro vzorky obsahující více než 1 % hmotnostního podílu sušiny (Čermák, 2007).

#### Pomůcky a zařízení na vývrt jádra

- Auto
- Vrtačka + vrtáky
- Směs AC
- Drobné nářadí
- Benzín
- Centrála

#### Pomůcky a zařízení na stanovení sušiny

- Alobalová destička
- Univerzální horkovzdušná sušárna Memmert
- Analytické váhy KERN ABJ
- Ocelová lžička
- Hydraulický lis
- Kovadlina, kladivo
- Zkušební síto ISO 3310-1 ( $\varnothing 300$  / velikost 1,0mm)
- Ruční pěst 2,5 kg (kladívko)
- Kovový hmoždíř
- Lednička
- Uzavírací sáčky

Pro získání jádrového vývrtu (viz Obr. 4) je zapotřebí přijet na místo, kde se bude zakázka odvrátat. Na místo přijíždí dvě osoby, které provedou zaměření a vyberou vhodné místo pro vrtání. Vyvrtají odvrty vzorků v podobě válce a následně je opláchnou vodou, aby odstranili větší nečistoty. Po odvrtání je díra zapravena směsí AC a vzorky odvázejí do laboratoře, kde se opláchnou a důkladně vyčistí a po vysušení jsou připraveny na analýzu. (Haburaj, 2025)

Vždy je každý válec popsán identifikačními čísly odpovídajícími silnici, ze které se jádrový vývrt odebral. Pro získání homogenního a reprezentativního podílu vzorku je zapotřebí provést jeden nebo více kroků na zmenšení velikosti částic. Vývrt obsahuje více vrstev a na

jejich oddělení se používá hydraulický lis (viz Obr. 4). Z každé vrstvy se zjišťuje množství PAU. (Čermák, 2007)

Vzorky se ještě před mechanickým drcením po určitou dobu uchovávají v lednici, aby se eliminoval vznik shluků. Po tomto kroku je celý laboratorní vzorek nadrcen na předepsanou zrnitost pomocí zkušebního síta, kovového hmoždíře nebo kovadliny a kladiva. Nakonec se veškeré náčiní použité při drcení důkladně mechanicky očistí a vytré acetonem, aby se zabránilo kontaminaci předešlým vzorkem. Získané zhomogenizované vzorky se odeberou do uzavíratelných sáčků, které se uchovávají v chladu a temnu po dobu max. 60 dní, aby se zajistilo jejich úplné vysušení. (Čermák, 2007)



Obrázek 4 Fotografie sušení jádrového vývrtu (vlevo) a drcení vzorku pomocí hydraulického lisu (vpravo), vlastní fotografie

Pro další práci se vzorkem je nutná příprava alobalové destičky, která se minimálně po dobu 30 minut při teplotě  $(105 \pm 3) ^\circ\text{C}$  suší v sušárně. Po vychladnutí v exsikátoru na okolní teplotu se zváží a její váha se zaznamená s přesností na 1 mg. Na destičku se poté nasype relativně suchý vzorek o hmotnosti přibližně 40 g a zaznamená se celková váha (destička + vzorek). Destička je následně vrácena do sušárny, kde se suší při stejné teplotě do úplného vyschnutí. Po ochlazení v exsikátoru se s navázkou opět zváží a zaznamená se hmotnost. Tento proces sušení se ukončí v momentě, kdy se podíl sušiny nemění o více než 0,5 % ve srovnání s předchozí hodnotou. Poté se nechá volně dosušit do konstantní hmotnosti na vzduchu bez přístupu slunečního záření, které způsobuje degradační procesy některých PAU a vzorek se

nasype opět do uzavíratelného sáčku. V tomto stavu se přesouvá do druhé zkušební laboratoře (Čermák, 2007).

## **Stanovení PAU pomocí plynové chromatografie s hmotnostním spektrometrem**

Postup pro stanovení PAU pomocí plynové chromatografie s hmotnostním spektrometrem (GC/MS) vychází z normy ČSN EN 17503. Pomocí této metodiky je stanovováno 16 PAU (viz Obr. 3), zahrnující látky jako Naftalen, Acenaften, Acenaftylen, Fluoren, Anthracen, Fenanthren, Fluoranthen, Pyren, Benzo[a]anthracen, Chrysen, Benzo[b]fluoranthen, Benzo[k]fluoranthen, Benzo[a]pyren, Indeno[1,2,3-cd]pyren, Dibenzo[a,h]anthracen a Benzo[g,h,i]perylene, ve vzorcích asfaltové směsi, asfaltovém pojivu a asfaltovém recyklátu. (Čermák, 2009; Fremrová, 2022)

Stanovení PAU zahrnuje **izolaci analytů** pomocí extrakce do organického rozpouštědla, n-hexanu. Získaný extrakt je **analyzován metodou GC/MS**, přičemž **kvalitativní analýza jednotlivých látek probíhá pomocí techniky SCAN**. Tato technika spočívá v porovnávání naměřených spekter s knihovnou spekter NIST 17. Kvantitativní vyhodnocování se provádí v režimu SIM (Selected Ion Monitoring) na základě analýzy vybraných klíčových fragmentů (m/z) a zároveň se potvrzuje vybranými referenčními ionty (m/z) v poměru k hlavnímu iontu. Na základě toho se provede kvantitativní výpočet z kalibrační křivky metodou interního standardu. (Čermák, 2009; Fremrová, 2022; SCHIMADZU, 2018)

Pomůcky a zařízení (Čermák, 2009; Fremrová, 2022):

- GC/MS Shimadzu Nexis GC2030/GCMS-QP2020NX
- Chromatografická kolona SH-Rxi-PAH (30m, 0,25 mm ID, 0,10 µm df, teplotní rozsah od 20-360°C)
- Analytické váhy KERN ABJ s přesností 0,1 mg
- Horizontální třepačka BIOSAN PSU-10i
- Ultrazvuková lázeň Elmasonic S
- Rotační vakuová odparka LabTech VP18 PLUS a EV400H
- Univerzální horkovzdušná sušárna Memmert – nastavená na 140°C
- Exsikátor se silikagelem
- Elektircká laboratorní pec LAC a teplotní regulátor Ht60B do 2499°C
- Pístová pipeta nastavitelná 100-1000 µl a fixní 1000 µl + špičky
- Lednice

- Uzavíratelné sáčky
- Silanizovaná křemenná vata
- Pracovní výbava laboranta (plášť, brýle, rukavice, obuv)

Laboratorní sklo a chemikálie (Čermák, 2009; Fremrová, 2022):

- Odměrné baňky (100, 50, 5 ml)
- Skleněné vialky (2 ml)
- Skleněné baňky s kulatým dnem a úzkým hrdlem (50 ml)
- Kádinky, keramické lodičky a misky, skleněné tyčinky, ocelové lžičky
- Dávkovací stříkačky pro GC, Hamilton (10 a 50  $\mu$ l)
- Chemikálie (Aceton, n-hexan, toluen, destilovaná voda, Chromsírová kyselina, bezvodý síran sodný a silikagel – dle ČSN EN 15524, standardy)
- nosný plyn - helium pro GC/MS

### **Izolace analytů pomocí extrakce**

Předaný nadrcený vzorek v uzavíratelném sáčku se na analytických vahách naváží na lodičku a přesype se do 100 ml skleněné baňky s úzkým hrdlem. K takto naváženému vzorku se přidává aceton, baňka se uzavře zábrusovou zátkou a umístí se do horizontální třepačky (viz Obr. 5) po dobu 40 min. Po uplynutí času se do baňky přidává hexan a vzorek se opět nechá třepat po dobu 10 min. Následně se přenese na 30 min do ultrazvukové lázně (viz Obr. 5). Po této fázi se baňka doplní po rysku destilovanou vodou a přisype se bezvodý síran sodný, který má za úkol vyčerit extrakt, protože zakalený extrakt obsahuje spoustu vlhkosti. Pevné částice v extraktu se nechají sedimentovat a baňka se převážně nechává v chladu v lednici alespoň do dalšího dne, ale není to vždy pravidlem. (Čermák, 2009; Fremrová, 2022)



Obrázek 5 Fotografie horizontální třepačky (vlevo) a ultrazvukové lázně a exsikatoru se síranem a silikagelem (vpravo), vlastní fotografie.

Zabarvené extrakty mohou obsahovat rušivé látky, a proto se nechávají přechistit pomocí adsorpční chromatografie na sloupci silikagelu. Laborant si tedy připraví 2 umělohmotné špičky, do kterých vloží smotek silanizované křemenné vaty a zasype je aktivovaným silikagelem s bezvodým síranem sodným. Tyto 2 špičky se vloží do sebe, uloží se do stojanu a přidá se odchyťavající 50 ml baňka s kulatým dnem a širokým hrdlem pro hexan, kterým se promývají. Smočený sorbent se již nenechá vyschnout a baňka se po překapání hexanu odlévá do odpadu, aby se mohl nanést vzorek. Pomocí 1ml pipety se nanese vzorek ze skleněné baňky s úzkým hrdlem na umělohmotné špičky a extrakt se nechá vsáknout. Tento sorbent se opět propláchně hexanem. Celý proces trvá cca 60 min. (Čermák, 2009; Fremrová, 2022)

Po překapání vzorku se k eluátu přidává toluen pro rychlejší odpařování a baňka se přenáší na zakoncentrování do rotační vakuové odparky (viz Obr. 6) na cca 10min, kde se eluát odpaří téměř do sucha. Po vyjmutí z odparky se do baňky s odparkem přidá hexan a pomocí kapátka se celý obsah přenesou do vialky. K takto připravenému vzorku se pomocí dávkovací stříkačky Hemilton přidávají do vialky extrakční standardy Acenaften-D10 a Benz[a]antracen-D12 (viz Obr. 6). Nakonec se vialky popíší a jsou připraveny na měření v GC/MS (Čermák, 2009; Fremrová, 2022).

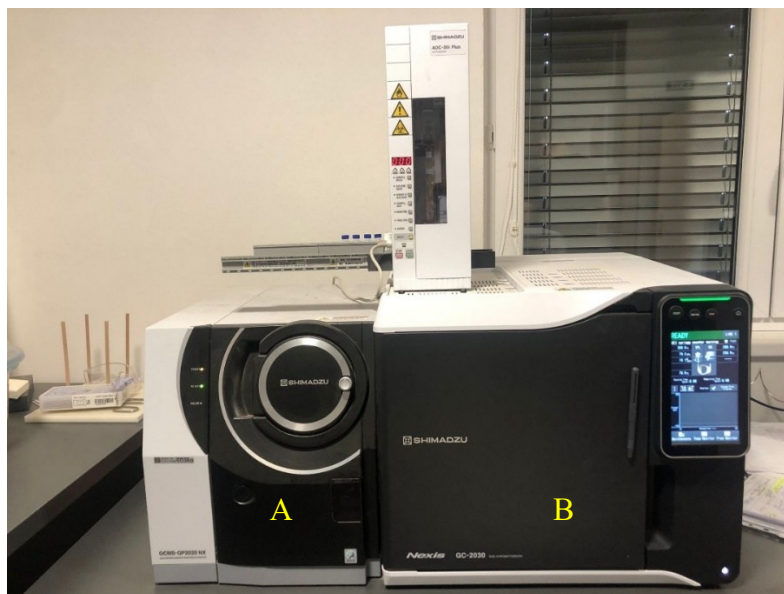


Obrázek 6 Fotografie rotační vakuové odparky (vlevo) a extrakční standardy Acenaften-D10 a Benz[a]antracene-D12 a vialka se vzorkem (vpravo), vlastní fotografie.

## Plynová chromatografie s hmotnostní spektrometrií

Plynová chromatografie GC umožňuje separaci těkavých látek s vysokým rozlišením, zatímco hmotnostní spektrometrie (MS) umožňuje přesnou identifikaci a kvantifikaci těchto látek. Hmotnostní spektrometrie (MS) je analytická technika sloužící k přesnému měření hmotnosti atomů nebo molekul pomocí hmotnostního spektrometru, ionizované atomy nebo molekuly testované látky jsou odděleny na základě poměru  $m/z$  (hmotnost/náboj) a následně zaznamenány jako iontové proudy. Kombinace těchto dvou technik poskytuje silný nástroj pro analýzu složitých organických a biochemických směsí. (Verma a kol., 2023; Hussain a kol., 2014)

V plynovém chromatografu dochází k separaci směsi plynů uvolněné ze vzorku při jeho zahřívání na 200-300°C (tak aby se zabránilo kondenzaci). Na konci chromatografické kolony jsou separované složky nasávány do hmotnostního spektrometru. Ionty, které vznikají při ionizaci vzorku pomocí sekundárních iontů nebo vysokoenergetických elektronů, jsou následně identifikovány na základě jejich poměru  $m/z$ . To vede k identifikaci plynů ve směsi. Pro dosažení úspěšné analýzy je nutné zajistit optimální podmínky, které umožní přesné oddělení jednotlivých složek vzorku. (Verma a kol., 2023)



*Obrázek 7 Fotografie plynový chromatografu Shimadzu Nexis A) hmotnostní spektrometr B) plynový chromatograf, vlastní fotografie.*

Laboratorní nastavení přístroje do provozu a optimalizace jeho podmínek se řídí pokyny výrobce uvedenými v manuálu k obsluze přístroje. Personál zodpovědný za jeho obsluhu je adekvátně vyškolen samotným technikem od výrobce. Průběžně se přístroj kalibruje pomocí 7 kalibračních roztoků s různými koncentracemi, které si laborant sám připraví. (Čermák, 2009).

### **Identifikace a kvantifikace analytů, kontrola kvality a výtěžnosti**

Metoda SCAN se používá pro prvotní měření standardů, jejich identifikaci a výběr vhodných fragmentů  $m/z$ , které se budou dále používat při kvantitativní analýze v režimu SIM při rutinním měření. Před samotným měřením se kalibruje přístrojový detektor pomocí kalibračních roztoků, přičemž se pro ověření linearitu měření použije jeden kalibrační bod. Nejčastěji se používá kalibrační roztok o koncentraci 50 ng/ml. Výpočet koncentrace v 1 ml se vypočítává z kalibrační křivky kvantitativní metodou interního standardu, který provádí příslušný chromatografický software GC/MS Postrun Analysis. (SCHIMADZU, 2018)

Hlavním cílem kontroly kvality je zajistit spolehlivost výsledků analytického procesu. Interní kontrola by se měla provádět denně pro každý laboratorní test, aby se identifikovali náhodné a systematické chyby. Proto se při každé kontrole kvality provádí tzv. slepý pokus. Je proměřován s každou sérií měření zahrnující celý postup přípravy vzorků. Také se ověřuje kontrola správnosti kalibrace, jak už bylo zmíněno v identifikaci a kvantifikaci analytů, kde se opět s každou sérií měření proměřuje jeden kalibrační bod (č. 4). V případě, že dojde k odchylce

větší než 20 %, je nutné provést celou novou kalibraci. K těmto kontrolním vzorkům se přidává na proměření ještě certifikovaný referenční materiál tzv. standard o známé koncentraci ke kontrole a jeho výsledky se vynášejí do regulačního diagramu v příslušném softwarovém programu. (Čermák, 2009; Fremrová, 2022; Tziakou a kol., 2023)

Je také možnost v laboratoři provést externí kontrolu kvality. Provádí se analýzou slepých kontrolních vzorků zaslaných do laboratoře externími poskytovateli mezilaboratorního porovnávání, aby se nezávisle a objektivně zkontrolovala přesnost výsledků (Tziakou a kol., 2023).

Výtěžnost nástřikového standardu se určuje jako podíl odezvy vnitřního nástřikového standardu Acetnaftenu-D10, která je získána z chromatografického softwaru, vůči požadované hodnotě 20 (koncentrace se vyjadřuje v procentech). Na základě velikosti této vypočítané hodnoty se přepočítávají koncentrace všech analytů na 100%. (Čermák, 2009; Fremrová, 2022)

Všechny důležité kroky pro výpočty se zaznamenávají do záznamu. Na základě celkového obsahu PAU ve vzorku jsou vzorky rozříděny do kvalitativních tříd dle tabulky 1: ZAS-T1 a ZAS-T2 jsou vzorky, které jsou v pořádku, ZAS-T3 jsou s podmínkou úpravou materiálu a ZAS-T4 jsou nekvalifikované vzorky, které by neměly zůstat v komunikaci. Na základě těchto údajů se vypracovává report s protokolem metody, které se předávají v souhrnné výzkumné zprávě objednateli.

Celkové obsahy parametru	Jednotka	Kvalitativní třída			
		ZAS-T1	ZAS-T2	ZAS-T3	ZAS-T4
Celkový obsah PAU	mg/kg sušina	$\leq 12$	$12 \leq X \leq 25$	$25 \leq X \leq 300$	$>300$

*Tabulka 1 Celkový obsah PAU pro kvalitativní třídy znovuzískaných asfaltových směsí (ZAS), vypracováno dle Vyhlášky č. 163/2012 Sb. - Vyhláška o zásadách správné laboratorní praxe., 2023*

### 3.4 Výsledky analýzy nákladů ve zkušební laboratoři

Společnost DSP a.s. provozuje veškeré své podnikatelské činnosti v jedné budově a je rozdělena na dvě hlavní části – kanceláře a zkušební laboratoř. V kancelářích se připravují projekty v rámci projektové činnosti podniku, zatímco v laboratoři se provádí více než 30 různých metod stanovení asfaltových směsí, včetně metody stanovení PAU.

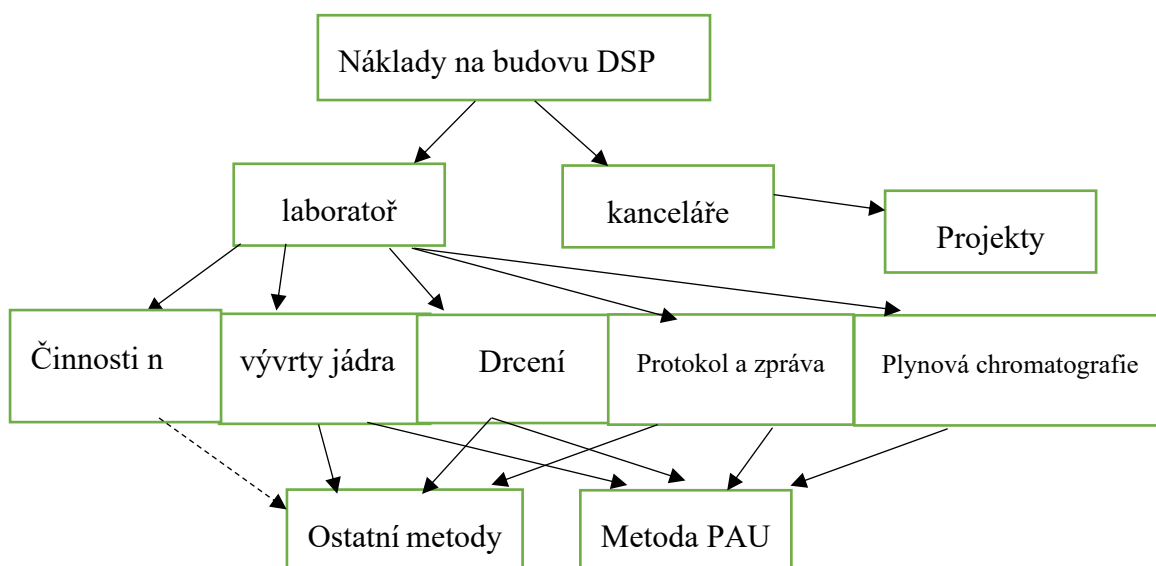
Všechny metody prováděné v laboratoři mají některé činnosti společné a některé specifické pro danou metodu. Mezi společné činnosti patří vývrt jádra, jeho drcení, vypracování protokolu manažerem a podání celkové zprávy klientovi. Každá z těchto činností má přidělený

vlastní prostor nebo místnost, aby byl zajištěn plynulý a efektivní průběh procesu. Například pro vývrty jádra je nezbytné vyslat dva zaměstnance přímo na silnici určenou klientem k ohodnocení, kde odeberou vzorky. Ty jsou poté převezeny do laboratoře, omyty a sušeny ve vyhrazené místnosti. Drcení se provádí v jiné místnosti, než kde dochází k sušení. Protokoly a závěrečné zprávy jsou zpracovávány v kanceláři manažera laboratoře. Metoda PAU, na kterou se u této společnosti zaměřil výzkum, využívá všechny tyto činnosti. Navíc při ní dochází ke zpracování vzorku pomocí plynového chromatografu ve vyhrazené samostatné místnosti, což je specifická činnost využitelná pouze pro tuto metodu.

### 3.4.1 Identifikace nákladových položek

Vztahy mezi činnostmi a metodami v laboratoři a její zařazení v rámci podniku jsou zachyceny na Obr. 8. Pro výpočet nákladů na metodu PAU jsem jako kalkulační jednici stanovila analýzu 1 vzorku metodou PAU. Za měsíc laboratoř zpracuje touto metodou cca 80 vzorků, kalkulované množství jsem tedy zvolila 80 vzorků/měsíc. V rámci výzkumu metody PAU jsem tedy identifikovala tyto čtyři hlavní činnosti:

1. Vývrt jádra
2. Drcení
3. Stanovení sušiny a zpracování vzorku pomocí plynového chromatografu
4. Vypracování protokolu manažerem a podání zprávy klientovi



Obrázek 8 Schéma podniku DSP a.s. pro analýzu činností, vlastní zpracování

Ke každé hlavní činnosti byly identifikovány náklady, které daná činnost vyvolává, spolu s doplňujícím popisem, jako je druh vstupu, cyklus obměny a další relevantní údaje (viz Tab. 2-5).

### 1. Vývrt jádra

	<b>DRUH VSTUPU</b>	<b>CYKLUS OBMĚNY</b>	<b>POŘIZOVACÍ CENA</b>
<b>NÁKLADY NA TECHNICKÉ VYBAVENÍ</b>	Auto	10 let	900000 Kč
	Vrtačka	10 let	100000 Kč
	Vrtáky	1ks/10 odvrtů	2500 Kč
	Drobné nářadí	1 za rok	15000 Kč
	Centrála	5 let	80000 Kč
<b>NÁKUP SLUŽEB</b>	Servis auta	1 za rok	30000 Kč
	Servis vrtačky	1 za rok	20000 Kč
	<b>DRUH VSTUPU</b>	<b>SPOTŘEBA</b>	<b>POŘIZOVACÍ CENA</b>
<b>MATERIÁLOVÉ NÁKLADY</b>	Směs AC	1ks/5 odvrtů	275 Kč
	Benzín	1000 km/měsíc	34 Kč/l
	<b>PRACOVNÍ ZAŘAZENÍ</b>	<b>POČET HODIN</b>	<b>MZDOVÁ SAZBA</b>
<b>MZDOVÉ NÁKLADY</b>	Dělník 1	160hod/měsíc	300 Kč/ hod
	Dělník 2	160 hod/měsíc	300 Kč/ hod

Tabulka 2 Náklady na činnost vývrt jádra, vlastní zpracování

Všechny náklady spojené s činností vývrtu jádra jsou klasifikovány jako přímé k této činnosti, avšak z hlediska metody stanovení PAU jsou považovány za nepřímé, jelikož jsou vývrty využívány i pro další diagnostické metody. Při posuzování nákladů na technické vybavení je důležité zohlednit, že například služební automobil je používán nejen pro dopravu na místo a z místa odebrání vývrtů, ale také i pro služební cesty za zákazníky. Celkem za měsíc najezdí cca 1600 km. Na vývrty bylo odhadnuto, že auto najede přibližně 1000 km měsíčně. Dalšími činnostmi, které se do výpočtu zahrnují jsou příprava náčiní na vývrt a provádění vývrtů, při kterých dochází k pravidelné spotřebě vrtáků používaných ve vrtačce. Na každých 10 provedených vývrtů je zapotřebí jeden vrták, zatímco na zapravení vyvrtané díry je zapotřebí směs AC, přičemž 1 balení AC vystačí přibližně na 5 vývrtů. Samotnou činnost vývrtu provádějí dva dělníci, jejichž hodinová mzda byla odhadnuta na 300 Kč/hod a pracují 160 hod/měsíc. Při jednom výjezdu pro odběry se odebere dle odhadovaného množství 20 vývrtů. Počet výjezdů k vývrtům byl stanoven dle kvalifikovaného odhadu na čtyřikrát týdně a z nich je 25 % využito v rámci metody stanovení PAU. Tyto podíly je třeba také zohlednit při rozdělování nákladů mezi jednotlivé diagnostické metody.

## 2. Drcení

	DRUH VSTUPU	CYKLUS OBMĚNY	POŘIZOVACÍ CENA
<b>PŘÍSTROJE</b>	Hydraulický lis	10 let	10000 Kč
	Analytické váhy	10 let	3000 Kč
<b>POMŮCKY</b>	Ocelová lžička	10 let	230 Kč
	Hmoždír a kladívko	10 let	6500 Kč
	Síto	4 roky	1290 Kč
	DRUH VSTUPU	SPOTŘEBA/měsíc	POŘIZOVACÍ CENA
<b>MATERIÁLOVÉ NÁKLADY</b>	Sáčky	80 ks	30 Kč
	Aceton	0,5 láhve	1750 Kč
	PRACOVNÍ ZAŘAZENÍ	POČET HODIN	MZDOVÁ SAZBA
<b>MZDOVÉ NÁKLADY</b>	Laborant 1	100 hod/měsíc	300 Kč/ hod

Tabulka 3 Nepřímé náklady na činnost drcení, vlastní zpracování

Všechny náklady spojené s činností drcení (viz tab. 3) jsou klasifikovány jako přímé k této činnosti, avšak z hlediska metody stanovení PAU jsou považovány za nepřímé k této metodě, protože sdílejí společné prvky i s dalšími diagnostickými metodami. Doba životnosti zařízení je většinou odhadována na 10 let, u síta pak na 4 roky. Této činnosti jsou přiřazeny mzdové náklady jednoho laboranta (laborant 1), který dále pracuje i na dalším zpracování vzorku při metodě PAU. Na činnost drcení mu bylo přiřazeno 100 hod měsíčně. Drcení ostatních vzorků provádí jiný laborant, speciálně pro tyto ostatní metody a jeho mzdy budou přiřazovány pouze těmto metodám. Drcení jednoho vzorku trvá přibližně 20 minut.

## 3. Stanovení sušiny a zpracování vzorku pomocí plynového chromatografu

	Druh vstupu	Obměna, spotřeba, čas. fond	Pořizovací cena, sazba
<b>NÁKLADY NA TECHNICKÉ VYBAVENÍ</b>	SHIMADZU, plyn, prog.	10 let	2 000 000 Kč
	Vakuová rotační odparka	10 let	80 000 Kč
	Nový detektor	2 roky	60 000 Kč
	Kolona na dokoupení	1ks/3 měsíce	23 880 Kč
	Horizontální třepačka	10 let	337 021 Kč
	Pec	10 let	
	Ultrazvuková lázeň	10 let	
	Analytické váhy	10 let	
	Sušárna	10 let	
	Exsikátor	10 let	
	Lednice	10 let	

	<b>Druh vstupu</b>	<b>SPOTŘEBA NA 1 VZOREK</b>	<b>POŘIZOVACÍ CENA</b>
<b>MATERIÁLOVÉ NÁKLADY variabilní</b>	Liner	0,625%	4 534,00 Kč
	CRM	0,19%	8 280,00 Kč
	Hexan (2,5 l lahev)	1,40%	645,00 Kč
	Hexane (99%) (2,5 l lahev)	0,60%	2 077,00 Kč
	Aceton (2,5 l lahev)	1,60%	1 750,00 Kč
	Síran sodný bezvodý (1 kg lahev)	6,00%	346,00 Kč
	Silikagel (1 kg lahev)	6,00%	2 180,00 Kč
	D10 (bal. 1ml)	0,10%	1 260,00 Kč
	D12 (bal. 1ml)	0,05%	1 940,00 Kč
	Špičky 10ml (100 ks bal.)	1,00%	430,00 Kč
	Septum (50 ks bal.)	0,25%	738,00 Kč
	Alobal (role)	3,30%	30,00 Kč
		<b>Druh vstupu</b>	<b>SPOTŘEBA/měsíc</b>
<b>MATERIÁLOVÉ NÁKLADY fixní</b>	PAU MIX (4 roky)	1/48 balení	4 010,00 Kč
	Kys. Chromsírová (1 lahev)	0,5 láhve	326,00 Kč
	Olej (1 lahev)	0,33 láhve	1 501,00 Kč
	Silikagel do eksikátoru (1 lahev)	1/12 lahve za rok	452,00 Kč
	<b>PRACOVNÍ ZAŘAZENÍ</b>	<b>POČET HODIN</b>	<b>HODIN. SAZBA</b>
<b>MZDOVÉ NÁKLADY</b>	Laborant 1	60 hod/měs	300,00 Kč
	Laborant 2	160 hod/měs	300,00 Kč

*Tabulka 4 Přímé náklady na stanovení sušiny a zpracování vzorku pomocí plynového chromatografu, vlastní zpracování.*

Podobně jako drcení trvá i příprava sušiny cca 20 minut a zpracovává ji jeden laborant, přičemž do času není zahrnuta doba fungování sušičky, která trvá 30 minut, protože v průběhu čekání na sušičku a ochlazení alobalové destičky může laborant vykonávat jinou práci. Na procesu zpracování vzorku pomocí plynového chromatografu se už podílejí oba laboranti. Z hlediska počtu laborantů a jejich odhadovaných průměrných mezd má jeden laborant 300 Kč/hod. Laborant 1 tuto metodu vykonává 60 hod měsíčně, laborant 2 pracuje celým svým úvazkem na této metodě a všechny materiály a přístroje uvedené v tabulce 4 jsou využívány pouze pro tuto metodu. Mzdy a odpisy přístrojů jsou fixní náklady, zatímco materiálové náklady byly rozděleny na část fixní a variabilní.

#### 4. Vypracování protokolu manažerem a podání zprávy klientovi, akreditace

	<b>DRUH VSTUPU</b>	<b>CYKLUS OBMĚNY</b>	<b>POŘÍZOVACÍ CENA</b>
<b>NÁKLADY NA TECHNICKÉ VYBAVENÍ</b>	Počítač + tiskárna a další pomůcky	5 let	50000 Kč
	Auto	10 let	900000 Kč
<b>NÁKLADY NA AKREDITACI</b>	Ověření akreditace	1 rok	150 000,00 Kč
	<b>DRUH VSTUPU</b>	<b>SPOTŘEBA/měsíc</b>	<b>POŘÍZOVACÍ CENA</b>
<b>MATERIÁLOVÉ NÁKLADY</b>	Benzín	600 km/měs	34 Kč/l
	<b>PRACOVNÍ ZAŘAZENÍ</b>	<b>POČET HODIN</b>	<b>MZDOVÁ SAZBA</b>
<b>MZDOVÉ NÁKLADY</b>	Manažer	20hod/měsíc	450 Kč/ hod

Tabulka 5 Nepřímé náklady na činnosti vypracování protokolu a podání zprávy klientovi, vlastní zpracování.

Všechny náklady spojené s činností vypracování protokolu manažerem a podání zprávy klientovi jsou z hlediska metody stanovení PAU považovány za nepřímé, jelikož jsou protokoly vypracovávány i pro další diagnostické metody. Mezi společné náklady laboratoře byla připočtena jednorázová a každoroční částka za akreditaci. Jednorázovou částkou je příprava na akreditaci, která se pohybuje okolo 2 milionů korun a samotná akreditace všech metod ve firmě DSP a.s. po příchodu a udělení osvědčení stojí cca 200 tisíc Kč. Každoroční částka z důvodu kontrolních návštěv se pohybuje okolo 150 tisíc Kč. Vypracování protokolu provádí manažer laboratoře, který sepisuje protokoly ze záznamových listů a vypracovává celkovou zprávu pro klienta. Odhadem jsem si stanovila hodinovou mzdu manažera na 450 Kč/hod a pracuje 160 hod/měsíc. Služební automobil manažer využívá k doručování souhrnných zpráv klientům z objednaných metod a diagnostik a zároveň s ním jezdí na další jednání s těmito i novými klienty.

#### 5. Nepřímé náklady společné celému útvaru

Do nepřímých společných nákladů celého útvaru spadají náklady jednak na energie, vodu, teplo, odpady, odpisy budovy a akreditace, ale také byly zařazeny mzdové náklady účetní, pracovníka IT podpory a pracovníků úklidu. Hodnota těchto nákladů byla odhadnuta přibližně ve výši 30 000 Kč měsíčně a je k tomu připočtena jednorázová a každoroční částka za akreditaci. Jednorázovou částkou je příprava na akreditaci, která se pohybuje okolo 2 milionů korun a samotná akreditace všech metod ve firmě DSP a.s. po příchodu a udělení osvědčení

stojí cca 200 tisíc Kč. Každoroční částka z důvodu kontrolních návštěv se pohybuje okolo 150 tisíc Kč. Jednotliví pracovníci v budově mají odhadované mzdy dle jejich pracovní pozice, kde účetní a pracovník IT podpory mají odhadovanou mzdu 300 Kč/hod stejně jako laboranti či dělníci, u pracovníků úklidu se tato částka pohybuje okolo 140 Kč/hod. U všech těchto zaměstnanců byl odhadnuto, že pracují přibližně 40 hodin za měsíc.

### 3.5 Návrh sestavení kalkulace nákladů na metodu PAU ve vybrané laboratoři a zhodnocení výsledků výzkumu

Na základě výsledků analýz v laboratoři byl navržen následující postup kalkulace nákladů na metodu stanovení PAU v dané laboratoři. Byly identifikovány tři činnosti, které jsou společné všem metodám realizovaným v laboratoři, jedna činnost přímá na metodu stanovení PAU a dále společné režijní náklady pro všechny metody. Na každou z činností byly stanoveny náklady (viz tab. 6 a 7).

Činnost sušení a analýza plynovým chromatografem je metoda využívaná pouze pro stanovení PAU a tudíž všechny náklady vynakládané na tuto činnost, jsou náklady přímé na metodu stanovení PAU. Náklady byly sledovány v rozdělení na variabilní a fixní.

Pro přepočítání nákladů společných činností na jednotlivé metody byl základem podíl počtu vzorků, které jsou jednotlivými metodami analyzovány. V případě stanovování PAU je zpracováváno 80 vzorků měsíčně, což dle výsledků analýzy odpovídá 25 % všech analyzovaných vzorků v laboratoři. Posledním krokem bylo stanovení nepřímých režijních nákladů společných celému útvaru (budově). Tyto náklady byly rozvrženy v poměru 2:1 pro laboratoř: kanceláře, a to vzhledem k náročnějšímu provozu laboratoře ve všech těchto nákladových položkách, přičemž náklady, které připadají na stanovování PAU byly dále rozděleny mezi metody opět dle počtu vzorků, které jsou jednotlivými metodami analyzovány.

<b>PŘÍMÉ NÁKLADY NA MET. PAU</b>	<b>Procent. podíl př. nákladů na celkových nákladech na 1 vz. PAU</b>
<b>VARIABILNÍ</b>	9,4%
<b>FIXNÍ</b>	45,0%
<b>PŘÍMÉ NÁKLADY CELKEM</b>	<b>54,4%</b>

*Tabulka 6 Přímé náklady činnosti stanovení sušiny a zpracování vzorku pomocí plynového chromatografu na metodu PAU, vlastní zpracování*

<b>NEPŘÍMÉ NÁKLADY NA ČINNOSTI</b>	<b>Procent. podíl nepř. nákladů na společné činnosti</b>	<b>Procent. podíl nepř. nákladů na celkových nákladech na 1 vz. PAU</b>
<b>NÁKLADY NA VÝVRT JÁDRA</b>	52,7%	24,0%
<b>NÁKLADY NA DRCENÍ</b>	7,7%	3,5%
<b>NÁKLADY NA ZPRÁVU + PROTOKOL, AKRED</b>	6,7%	3,0%
<b>REŽIJNÍ NÁKLADY ÚTVARU</b>	32,9%	15,0%
<b>NEPŘÍMÉ NÁKLADY CELKEM</b>	<b>100,0%</b>	<b>45,6%</b>
<b>NÁKLADY CELKEM NA VŠECHNY ČINNOSTI</b>		<b>100,0%</b>

*Tabulka 7 Podíly nepřímých nákladů na všechny metody a na metodu PAU, vlastní zpracování*

Jako výhodné se jeví využít konceptu kalkulování nákladů metodou Activity based costing, jejíž podstata spočívá v přiřazování nákladů dle aktivit, které tyto náklady způsobují. Tradiční metody alokují náklady obvykle na základě obecných faktorů, jako jsou pracovní hodiny nebo materiálové náklady, ABC identifikuje konkrétní aktivity, které vyvolávají náklady a přiřazuje je na předmět kalkulace (produkty/služby) podle toho, jak hodně aktivity využívají. Analýza času a vztahu nákladů s realizovanými metodami neprokázaly vhodnost využití metody Time driven Activity based costing, neboť čas nebyl faktorem vyvolávajícím náklady na činnosti.

Dále byla provedena analýza nákladů, z hlediska jejich struktury. Nejnákladnější položkou nákladů na analyzovanou metodu jsou mzdové náklady, jak vyplývá z následující tabulky, viz tab. 8.

	<b>Struktura nákladů na PAU</b>
<b>NÁKLADY NA TECHNICKÉ VYBAVENÍ</b>	<b>24,77%</b>
<b>MATERIÁLOVÉ NÁKLADY</b>	<b>12,22%</b>
<b>NÁKUP SLUŽEB</b>	<b>0,48%</b>
<b>MZDOVÉ NÁKLADY</b>	<b>58,78%</b>
<b>REŽIE BUDOVY</b>	<b>2,31%</b>
<b>NÁKLADY NA AKREDITACI</b>	<b>1,44%</b>
<b>NÁKLADY CELKEM</b>	<b>100,00%</b>

*Tabulka 8 Procentuální podíly jednotlivých složek nákladů na metodu PAU, vlastní zpracování*

V současné době nejsou v podniku stanovovány náklady na metody analýz v laboratoři s takovou přesností. A tudíž předložený návrh je přínosem pro optimalizaci nákladů nejen z hlediska metody stanovování PAU, ale i ostatních metod.

## 4 Závěr

Diplomová práce se zaměřila na řízení procesů a analýzu nákladů podnikové laboratoře, konkrétně na metodu stanovení polycyklických aromatických uhlovodíků (PAU) pomocí plynové chromatografie s hmotnostním spektrometrem. Stanovování nákladů ve zkušební podnikové laboratoři se odborná literatura věnuje spíše méně, v souvislosti s metodou stanovování PAU ve vzorcích pak v odborné literatuře nalezena nebyla. Stanovování nákladů na metody v ostatních typech laboratoří poukazyvaly na možnost využití metody Activity based costing, proto byla tato metoda ověřována v praxi této diplomové práce.

Výzkum byl realizován ve zkušební laboratoři firmy DSP a.s. V různých fázích výzkumu bylo využíváno komunikace pomocí emailu, telefonicky, osobní rozhovory i práce v laboratoři na jednotlivých činnostech. Blíže bylo specifikováno, jak u firmy funguje řízení laboratoře. Následně byla realizována detailní analýza procesů a nákladů vyvolávaných jednotlivými procesy laboratoře.

Podle provedeného výzkumu u této firmy bylo zjištěno, že laboratoř splňuje všechny potřebná kritéria pro její funkci. Nemají zavedené systémy řízení dle ISO, nicméně principy většinou zavedeny mají, většinu práce provádí manuálně, jen na pár činnostech potřebují automatizované přístroje a programy. Jelikož je to malá laboratoř, tak si bez těchto systémů a programů dokážou prozatím poradit. Výsledky analýzy nákladů ukázaly, že náklady na jednotlivé činnosti spojené s metodou PAU jsou rozděleny na přímé a nepřímé náklady. Přímé náklady zahrnují materiálové náklady, mzdové náklady laborantů a odpisy přístrojů v souvislosti s chromatografickou analýzou. Nepřímé náklady zahrnují náklady na vývrt jádra, drcení vzorků, vypracování protokolu manažerem a podání zprávy klientovi, stejně jako režijní náklady společné celému útvaru.

Navržený postup kalkulace nákladů na metodu PAU poskytuje přehled o nákladových položkách a umožňuje optimalizaci nákladů nejen pro tuto metodu, ale i pro ostatní metody prováděné v laboratoři. Nejvíce nákladovou činností je sušení a analýza plynovým chromatografem, která vyvolává přímé náklady na tuto metodu, přičemž nejnákladnější složkou jsou fixní náklady na tuto činnost. Z nepřímých (společných i ostatním metodám) nákladů je nejnákladnější činností vývrt jádra, z důvodu mzdových nákladů a ceny a použitelnosti vrtáků do vrtačky. Nejdůležitější položkou, která by se měla v průběhu kalkulace nákladů sledovat jsou mzdové náklady zaměstnanců, protože jsou nejnákladnějšími položkami z celé analýzy.

Vzhledem k těmto poznatkům je možné využít metodu ABC, kde se rozvrhují náklady dle činností. Metoda TDABC, není úplně vhodným řešením pro tento postup kalkulace, jelikož čas není hlavním rozhodovacím faktorem na vynaložení nákladů, tedy se v tomto případě nedá použít pro rozdělování metod dle činností. Tento přístup přispívá k efektivnějšímu řízení zdrojů a dlouhodobé udržitelnosti laboratoře.

Výsledky výzkumu a navržený postup kalkulace nákladů mohou být využity pro zlepšení finančního řízení laboratoře a pro informované rozhodování o investicích do vybavení a materiálů. Závěrem lze konstatovat, že diplomová práce přinesla cenné poznatky pro řízení nákladů v podnikové laboratoři a poskytla praktické doporučení pro optimalizaci nákladů na metodu stanovení PAU.

## POUŽITÁ LITERATURA

- 1) ALENAZI, Souad Marwan, BUGIS, Bussma Ahmed, 2023. The Role of Laboratory Information System in Improving the Delivery of Laboratory Services: A Recent Systematic Review, *Bentham Science*. roč. 26, č. 8, s. 1451-1460, ISSN 13862073, DOI:10.2174/1386207325666220914112713
- 2) BOCKLER, Margret a kol., 2024. Chemická rizika – Identifikace a hodnocení rizik; Navrhovaná opatření. *Výzkumný ústav bezpečnosti práce*. s. 34, DOI: <https://vubp.cz/soubory/produkty/publikace-ke-stazeni/chemicka-rizika.pdf>
- 3) BOKOR, Zoltán, 2012. Integrating Logistics Cost Calculation into Production Costing. *Acta Polytechnica Hungarica*. roč. 9, č. 3, s. 163-181, DOI: <https://www.researchgate.net/profile/Zoltan>
- 4) BRGULIAN, Pika Meško, THELEN, Marc HM, BERNABEU-ANDREU, Francisci A., KROUPIS, Christos, BOURSIER, Guilaine a kol., 2024. EFLM Working Group Accreditation and ISO/CEN standards on dealing with ISO 15189 demands for retention of documents and examination objects. *National Library of Medicine*. roč. 5, č. 2, s 103-108, ISSN 2628491X, DOI: 10.1515/almed-2023-0053
- 5) CAI, Hualong, HUANG, Fenghuan, HUANG, Yifeng, HUANG, Caiying, 2024. Design and Study of a Management Information System for Engineering Measurement Laboratories. *Physical Review Journals*. roč. 388, s. 323–334, DOI: 10.1007/978-981-97-2144-3\_24
- 6) CEN, 2018. ČSN EN ISO/IEC 17025 (015253), Všeobecné požadavky na kompetenci zkušebních a kalibračních laboratoří, s. 48 [paywall]
- 7) ČERMÁK, Oldřich, 2007. ČSN EN 14346 (838016), Charakterizace odpadů – Výpočet sušiny stanovením podílu sušiny nebo obsahu vody, s. 20 [paywall]
- 8) ČERMÁK, Oldřich, 2009. ČSN EN 15527 (838029), Charakteristika odpadů – Stanovení polycyklických aromatických uhlovodíků (PAH) v odpadech plynovou chromatografií s hmotnostním spektrometrem (GC/MS), s. 36 [paywall]
- 9) DOS SANTOS, Elisa Rosa, RODRIGUES, Evaldo Cesar Cavalcante, GRANJEIRO, José Mauro, 2023. The Principles of Good Laboratory Practices in Biotechnology: Multicriteria Decision Aid (MCDA) as an Innovative Model for Transferring Knowledge. *Accred Qual Assur*. roč. 28, s. 197-208, DOI: 10.1007/s00769-023-01546-x

- 10) DSP a.s., 2025. Nabízíme inženýrskou a projektovou činnost se zaměřením na silnice, chodníky a místní komunikace. DOI: <https://www.dsp-as.cz/>
- 11) FOŘT, Jakub, 2022. Směrnice BOZP a PO pro zkušební laboratoř, s. 14, DSP
- 12) FOŘT, Jakub, 2023. Příručka kvality pro zkušební laboratoř, s. 34, DSP
- 13) FREMROVÁ, Lenka, 2022. ČSN EN 17503 (838029), Půdy, kaly, upravený bioodpad a odpady - Stanovení Polycyklických aromatických uhlovodíků (PAH) plynovou chromatografií (GC) a vysokoúčinnou kapalinovou chromatografií (HPLC)“ s. 47 [paywall]
- 14) GARCIA, Lynne S., 2024. Quality Management. kapitola 18, ISBN: 9781683673941, DOI: 10.1002/9781683673941.ch18,
- 15) GUTIERREZ, Junkal, SANTAOLALLA, Arrate, TERCJAK, Agnieszka, ROJO, Naiara, ENCINAS, Dolores a kol., 2020. Creating a Green Chemistry Lab: Towards Sustainable Resource Management and Responsible Purchasing. Sustainability Journal. roč.12, č. 21, s. 8934, DOI: 10.3390/su12218934
- 16) GREGORIO, J., RUSSO, G, LAPAO, L. V., 2016. Pharmaceutical Services Cost Analysis using Time-driven Activity-Based Costing: A Contribution to Improve Community Pharmacies' Management. Research in Social & Administrative Pharmacy, roč. 12, č. 3, s.475-485.
- 17) HUSSAIN, SZ, MAQBOOL, K., 2014. GC-MS: Principle, Technique and its application in Food Science, *Current Science Journal*. ISSN 2250-1770 DOI: <https://rjpn.org/ijcspub/papers/IJCSP10A1465.pdf>
- 18) HWANG, Sang-Hyun, JUNG, Seon-Kyung, KANG, Seo-Jin, CHA, Hyo Soung, CHUNG, Seung Hyun, LEE, Do-Hoon, 2013. Development of a Document Management System for the Standardization of Clinical Laboratory Documents. *JKMS*. roč. 6, s. 441-448, DOI: 10.3343/alm.2013.33.6.441
- 19) CHIDAMBARAM, Saravana Babu, ESSA, Mohamed, QORONFLEH, M. Walid, 2022. Good Laboratory Practice, *Springer Singapore*. 175-189, ISBN 978-981-16-6092-4, DOI: 10.1007/978-981-16-6092-4\_6
- 20) JALLON, Romain, IMBEAU, Daniel, DE MARCELLIS-WARIN, Nathalie, 2011. Development of an Indirect-cost Calculation Model Suitable for Workplace use. *Journal of Safety Research*.. roč 42, č. 3, s.149-164 DOI:10.1016/j.jsr.2011.05.006
- 21) KRÁL, Bohumil a kol. 2018. Nákladové účetnictví. *Manažerské účetnictví: 4. rozšířené a aktualizované vydání*. s. 1-791, ISBN 978-80-7261-568-1

- 22) MAÑAY, L.O.R., CHACÁN, M.S., MORETA, E.R.M., 2015. The Default Rate Calculation of Indirect Manufacturing Costs Applied Employed a Linear Regression Model. *Google Scholar*. roč. 2, č. 5, s. 114-130, DOI:[https://scholar.google.com/scholar\\_lookup?author=L%20Rodriguez%20Manay&title=The%20default%20rate%20calculation%20of%20indirect%20manufacturing%20costs%20Applied%20employed%20a%20linear%20regression%20model&publication\\_year=2015&hl=en\\_US&journal=REVISTA%20PUBLICANDO&volume=2&issue=5&pages=114-130&issn=1390-9304](https://scholar.google.com/scholar_lookup?author=L%20Rodriguez%20Manay&title=The%20default%20rate%20calculation%20of%20indirect%20manufacturing%20costs%20Applied%20employed%20a%20linear%20regression%20model&publication_year=2015&hl=en_US&journal=REVISTA%20PUBLICANDO&volume=2&issue=5&pages=114-130&issn=1390-9304)
- 23) MANNINO, Saverio, 2022. Essentials for Quality Management in a Chemical Testing Laboratory, *Switzerland: Springer Nature*. roč. 14, s. 17-35, DOI: 10.1007/978-3-031-11724-4\_2
- 24) MANNINO, Saverio, 2022. Risk Management, roč. 14, s. 139-158, ISBN978-3-031-11724-4, DOI: 10.1007/978-3-031-11724-4\_7
- 25) MOHAMMADPOUR, Farzaneh, BASAKHA, Mehdi, KAMAL, Seyed Hossein Mohaqeqi, AZARI, Nadia, 2022. Costing the Outpatient Rehabilitation Services: Time-driven Activity-based Costing Approach. *BMC*. roč. 31, č. 20, s. 1-8, DOI:10.1186/s12962-022-00366-z
- 26) MOUSELI, Ali, BAROUNI, Mohsen, AMIREMAILI, Mohammadreza, SAMIEE, Siamak Mirab, VALI, Leila, 2017. Cost-price Estimation of Clinical Laboratory Services based on Activity-based Costing: A Case Study from a Developing Country. *National Library of Medicine*. roč. 9, č. 4, s. 4077-4083, DOI: 10.19082/4077
- 27) MUKHERJEE, Bhasker, KULHARI, Kanchan, SAHRAN, Deepti, BHATIA, Kapil, 2019. Cost Analysis in the Clinical Chemistry Laboratory in the Era of Automation: Our Experience. *Indian Journal of Medical Biochemistry*. roč. 23, č.2, s. 236-241, DOI: 10.5005/jp-journals-10054-0094
- 28) OECD, 2024. Série OECD o zásadách správné laboratorní praxe a monitorování shody, *SÚKL*. DOI: 10.1787/2077785x
- 29) OZCALICI, Mehmet, PAMUCAR, Dragan, KAYA, Ahmet, TUTCU, Burcin, KARAMANCI, Hatice a kol., 2024. Strategizing Competitive Edge in Service Operations: a Model Proposal for Determining the Unit Costs through the Activity-based Cost Accounting and the Full-consistency Method. *Operations Management Research*. roč. 17, č.1, s. 996-1021, DOI: 10.1007/s12063-024-00485-1

- 30) PATEL, Avani Bharatkumar; SHAIKH, Shabnam; JAIN, Kunal R.; DESAI, Chirayu a MADAMWAR, Datta, 2020. Polycyclic Aromatic Hydrocarbons: Sources, Toxicity, and Remediation Approaches. *Frontiers in Microbiology*. roč. 11. ISSN 1664-302X.  
DOI: 10.3389/fmicb.2020.562813.
- 31) PERCEVIC, Hrvoje, 2006. The Methods of Cost Accounting in the Croatian Production Sector. *Ekonomický přehled*. roč. 57, č. 9-10, s. 647-667, DOI: <https://www.webofscience.com/wos/woscc/full-record/WOS:000445373900003>
- 32) PHARM. D., João Gregório, MPH, RUSSO, Giuliano Dr.PH, LAPÃO M.Sc., Luís Velez, Ph.D., 2016. Pharmaceutical Services Cost Analysis Using Time-driven Activity-based Costing: A Contribution to Improve Community Pharmacies' Management. *Research in Social and Administrative Pharmacy*. roč. 12, č. 3, s. 475-485,  
DOI: 10.1016/j.sapharm.2015.08.004
- 33) RIHM, Simon D., TAN, Yong Ren, ANG, Wilson, HOFMEISTER, Markus, DENG, Xinhong a kol., 2024. The Digital lab Manager: Automating Research Support. *SLAS Technology*. roč. 29, č. 3, s. 1-12, ISSN 24726311,  
DOI: 10.1016/j.slast.2024.100135
- 34) RUPP, Nicole, RIES, Robert, WIENBRUCH, Rebecca, ZUCHNER, Thole, 2024. Can I Benefit from Laboratory Automation? A Decision Aid for the successful Introduction of Laboratory Automation, *Anal Bioanal Chem*. roč. 416, s 5-19, DOI: 10.1007/s00216-023-05038-2
- 35) RŮŽIČKA, Jiří, 2017. Metodický pokyn pro akreditaci. S. 1-10. DOI: [https://www.cai.cz/wp-content/uploads/2019/08/02\\_03-MPA-20-01-17-17043\\_PZZ.pdf](https://www.cai.cz/wp-content/uploads/2019/08/02_03-MPA-20-01-17-17043_PZZ.pdf)
- 36) SCHIMADZU, 2018. Instruction Manual – Gas Chromatograph Mass Spectrometer, GCMS-QP2020 NX, s.364, 225-38061 [paywall]
- 37) SKŘEHOT, Petr A. a SKŘEHOTOVÁ, Marcela, 2019. Nové standardy pro zajištění bezpečnosti a ochrany zdraví při práci v laboratořích. *Soudní inženýrství*. roč. 30, č.1, s. 28-35. ISSN 1211-443X,  
DOI: <https://doi.org/10.13164/SI.2019.1.28>.
- 38) SOURSOU, Vasiliki; CAMPO, Julián; PICÓ, Yolanda, 2023. Revisiting the Analytical Determination of PAHs in Environmental Samples: An Update on

- Recent Advances. *Trends in Environmental Analytical Chemistry*. roč. 37, s. 19, DOI: 10.1016/j.teac.2023.e00195
- 39) SOUZA, Marco Antonio, GONZÁLEZ, Mario Orestes Aguirre, DE PINHO, André Luís Santos, 2024. Maturity Model for Sustainability Assessment of Chemical Analyses Laboratories in Public Higher Education Institutions. *Sustainability Journal*. roč. 16, č. 5, s. 2137, DOI: 10.3390/su16052137
- 40) SUNIL, Vadde Venkata Naga, MRUNALINI, Koneru, PRATHIMA, Vedati, 2022. Cost Calculation of a Tertiary Care Referral Dental Center Using Activity-Based Costing Method. *Journal of Indian Association of Public Health Dentistry*. roč. 20, č. 2, s. 168-173, DOI: 10.4103/jiaphd.jiaphd\_213\_20
- 41) ŠKODA, Miroslav, SLÁVIKOVÁ, Gabriela, LAJČIN, Daniel, 2014. The only Correct Calculation Method in Cost Management: From Activity Based Costing Perspective. *Journal of Business & Management*. roč. 3, č. 3, s. 8-18, DOI: 10.12735/jbm.v3i3p08
- 42) TZIAKOU, Evdoxia, FRAGKAKI, Argyro G., PLATIS, Agapios N., 2023. Identifying Risk Management Challenges in Laboratories, *Accreditation and Quality Assurance*. roč. 28, s. 167-179, DOI: 10.1007/s00769-023-01540-3
- 43) VAN CAMP, Nikola, LASE, Irdanto Saputra, DE MEESTER, Steven, HOOZÉE, Sophie, RAGAERT, Kim, 2024. Exposing the Pitfalls of Plastics Mechanical Recycling Through Cost Calculation. *Waste Management*. roč. 189, s. 300-313, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2024.08.017>
- 44) VASHCHILINA, S. V., OSIPOVICHKA, T. V., ERMOLENKO, T. A., KOTLYAROV, E. I., KORNILOV, V. A., CHEFRANOV, L. S., 2009. Improved Cost Calculations of Coke-oven Gas at Coke Plants. *Coke Chemistry*. roč. 52, č. 4, s. 186-188, DOI:10.3103/S1068364X09040127
- 45) VERMA, Alekh, YADAV, Shakti Kumar, 2024. Laboratory Hazards, *Springer Cham*. p 199-210, ISBN 978-3-031-46420-1, DOI: 10.1007/978-3-031-46420-1
- 46) VERMA, Randžit K., SZILAGYI, Imre Miklós, PIELICHOWSKA, Kinga, RAFTOPOULOS, Konstantinos N., ŠIMON, Petr a kol., 2023. Good Laboratory Practice in Thermal Analysis and Calorimetry, *Therm Anal Calorim*. roč. 148, s. 2211-2231, DOI: 10.1007/s10973-022-11877-5

- 47) WESOLOWSKI, Paul, ROSEFF, Susan D., 2024. Clinical Laboratory Management: Basic Principles and Practices. *Clinical Laboratory Management*. s. 3-24, ISBN 978-168367394-1, DOI 10.1002/9781683673941.ch1
- 48) XAVIER, Alphienes Stanley, 2022. Good Laboratory Practice (GLP), *Springer, Singapore*. s. 685-693, ISBN978-981-19-5343-9, DOI: 10.1007/978-981-19-5343-9\_50
- 49) ZAHARI, M. Shahrir M., JAAFAR, Izan, ISMAIL, Shahrul, HARUN, Mohammed Hakim Che, HASHIM, Nor Haslina a kol., 2024. Laboratory Waste Management and Treatment, *Springer, Cham*. roč. 28, s. 397-439, DOI: 10.1007/978-3-031-46747-9\_9
- 50) Vyhláška č. 163/2012 Sb., 2012. Vyhláška o zásadách správné laboratorní praxe. *Zákon pro lidi*. DOI: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2012-163>
- 51) Sbíрка zákonů ČR, 2023. Vyhláška 283/2023 Sb., s. 4032, *Zákon pro lidi* DOI: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2023-283>

## SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 Celkový obsah PAU pro kvalitativní třídy znovuzískaných asfaltových směsí (ZAS), vypracováno dle Vyhlášky č. 163/2012 Sb. - Vyhláška o zásadách správné laboratorní praxe., 2023 .....	50
Tabulka 2 Náklady na činnost vývrt jádra, vlastní zpracování.....	52
Tabulka 3 Nepřímé náklady na činnost drcení, vlastní zpracování .....	53
Tabulka 4 Přímé náklady na stanovení sušiny a zpracování vzorku pomocí plynového chromatografu, vlastní zpracování.....	54
Tabulka 5 Nepřímé náklady na činnosti vypracování protokolu a podání zprávy klientovi, vlastní zpracování. ....	55
Tabulka 6 Přímé náklady činnosti stanovení sušiny a zpracování vzorku pomocí plynového chromatografu na metodu PAU, vlastní zpracování.....	56
Tabulka 7 Podíly nepřímých nákladů na všechny metody a na metodu PAU, vlastní zpracování .....	57
Tabulka 8 Procentuální podíly jednotlivých složek nákladů na metodu PAU, vlastní zpracování .....	57

## SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 Schéma postavení odborných pracovníků ve zkušební laboratoři, vlastní zpracování dle Fořta, 2023.....	23
Obrázek 2 Porovnání tradičního kalkulačního postupu a metody ABC, převzato od Krále a kol., 2018.....	30
Obrázek 3 Prioritní PAU s negativním dopadem na životní prostředí a lidský zdraví, převzato od: Soursou a kol., 2023. ....	42
Obrázek 4 Fotografie sušení jádrového vývrtu (vlevo) a drcení vzorku pomocí hydraulického lisu (vpravo), vlastní fotografie .....	44
Obrázek 5 Fotografie horizontální třepačky (vlevo) a ultrazvukové lázně a exsikátoru se síranem a silikagelem (vpravo), vlastní fotografie. ....	47
Obrázek 6 Fotografie rotační vakuové odparky (vlevo) a extrakční standardy Acenaften-D10 a Benz[a]antracen-D12 a vialka se vzorkem (vpravo), vlastní fotografie. ....	48
Obrázek 7 Fotografie plynový chromatografu Shimadzu Nexis A) hmotnostní spektrometr B) plynový chromatograf, vlastní fotografie. ....	49
Obrázek 8 Schéma podniku DSP a.s. pro analýzu činností, vlastní zpracování.....	51