

UNIVERZITA KARLOVA
Přírodovědecká fakulta
Katedra učitelství a didaktiky chemie



Vytvoření kompetenčního modelu pro hodnocení přírodovědného
uvažování absolventů přírodovědných oborů

*Development of a Competency Model for the Assessment of Scientific Thinking
of Science Graduates*

DISERTAČNÍ PRÁCE

Vedoucí práce: doc. RNDr. Svatava Janoušková, Ph.D.

Praha 2021

Mgr. Lubomíra P. Rathouská, MBA

Prohlášení

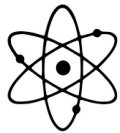
Prohlašuji, že jsem předloženou disertační práci vypracovala samostatně a všechny použité zdroje a literaturu jsem řádně citovala. Tato práce nebyla využita jako závěrečná práce k získání jiného nebo obdobného druhu vysokoškolské kvalifikace.

V Praze dne 1. června 2021

Mgr. Lubomíra Pyskatá Rathouská, MBA

Poděkování

Na tomto místě bych ráda poděkovala paní doc. RNDr. Svatavě Janouškové, Ph.D., vedoucí mé disertační práce, za věcné připomínky, rady, ochotu, trpělivost a podporu během celého doktorského studia. Děkuji všem, kteří se na našem výzkumu podíleli. Děkuji svým přátelům za jejich neskutečnou oporu. V neposlední řadě děkuji svému manželovi a našim milovaným dětem.



...THINK LIKE A PROTON AND STAY POSITIVE.

ABSTRAKT

Současná společnost stojí na prahu významné proměny trhu práce, kterou s sebou přináší trendy průmyslu 4.0. Předpokladem je, že do popředí zájmu se postupně dostanou pracovní pozice s vyšší kvalifikací - zaměstnanci schopní zastávat specializované pozice vyžadující hlubší znalosti a dovednosti, pracovníci se schopností řešit komplexní problémy. Systém těchto znalostí, dovedností, ale do určité míry i systém hodnot a postojů je nazýván kompetencemi pro 21. století. Tyto kompetence se musí promítat i do vzdělávání, včetně vzdělání přírodovědného. V rámci vzdělávání v přírodovědných oborech má být s ohledem na shora uvedené kladen důraz nejen na přírodovědné znalosti, ale také dovednosti, jakými jsou kritické a analytické myšlení, schopnost bádát, schopnost řešení problémů či rozhodování. Systém takových znalostí, schopností a dovedností je zahrnut v konceptu vědeckého myšlení a uvažování. Na kurikula škol, včetně škol vysokých, je z tohoto důvodu kladen požadavek na rozvoj vědeckého myšlení a uvažování studentů, které by jim umožnilo uplatnit se dobře na pracovním trhu. Postupně se také budují vztahy mezi vysokými školami a zaměstnavateli, které umožňují přizpůsobovat kurikula škol potřebám trhu práce. Vzniká také potřeba komunikovat, jaké obecnější dovednosti a vědomosti by u studentů vysokých škol měly být rozvíjeny, a to jazykem, kterému by rozuměly obě zainteresované strany (jak firmy, tak učitelé a studenti vysokých škol).

Za tímto účelem si výzkum v této práci kladl za cíl vytvořit rámec vědeckého myšlení a uvažování pro firmy zaměřené na vývoj, výrobu a služby v oblasti přírodních věd a na základě tohoto rámce s akronymem STAR vytvořit hodnotící nástroj komplementárního k rámci vědeckého myšlení a uvažování pro vybrané pozice ve společnostech zaměřených na vývoj, výrobu a služby v oblasti přírodních věd. Zatímco rámec STAR umožňuje komunikovat důležité aspekty vědeckého myšlení a uvažování mezi zainteresovanými stranami (zaměstnavateli, školami a studenty, případně jejich rodiči), k němu komplementární hodnotící rámec může sloužit jako evaluační nástroj pro zaměstnavatele, učitele vysokých škol a také jako autoevaluační nástroj pro studenty – absolventy.

Pro vytvoření rámce STAR bylo využito kvalitativních výzkumných metod. Výzkum byl založen konkrétně na metodách teoretického výzkumu – analýze stávajících přístupů k vymezení vědeckého myšlení a uvažování a polostrukturovaných rozhovorech se zástupci vybraných společností, které pomohly vytvořit finální podobu rámce STAR a nadefinovat jeho komponenty. Hodnotící rámec byl vytvořen metodami smíšeného výzkumu. Obsahová a zjevná validita úloh hodnotícího rámce byla založena na kvalitativním výzkumu – expertním posouzení. Konstruktová validita na výzkumu kvantitativním na omezeném počtu respondentů.

Výsledkem práce je komplexní rámec vědeckého myšlení a uvažování STAR doprovázený hodnotícím rámcem sestaveným z úloh, který umožňuje zaměstnavatelům snáze identifikovat a komunikovat ty vědomosti, dovednosti a schopnosti, které vyžadují od zaměstnanců na různých pozicích. Zároveň se ovšem jedná o nástroj komunikace mezi vysokými školami připravujícími studenty na jejich budoucí profesi v přírodovědných oborech a společnostmi, které tyto studenty zaměstnávají. Hodnotící rámec pak může sloužit jako nástroj evaluace firmám či školám, ale také jako autoevaluační nástroj pro studenty.

Klíčová slova

vědecké myšlení a uvažování, kompetenční model, kompetence absolventů přírodovědných oborů, pracovní trh

ABSTRACT

Our society is currently facing significant changes in the labor market. The changes are brought by the trends from Industry 4.0. The assumption is that higher-skilled positions will gradually come to the forefront of interest: employees who hold specialized positions requiring deeper knowledge and skills, staff with the ability to solve complex problems. The system including knowledge, skills and also to some context values and attitudes is called 21st Century Skills. These skills must be also incorporated and reflected in education, including science education. Science education needs to take into account the above-mentioned as this has direct impact and implications not only on scientific knowledge but also on skills such as critical and analytical thinking, the ability to do research, problem solving or decision-making processes. The system of such key knowledge, abilities and skills is included in the concept of scientific thinking and reasoning. For this reason, the curriculum of schools, including universities, requires development of thinking and reasoning, which would enable them to find a good job on the labor market. Furthermore, relationships between universities and employers are gradually being built, which catalyzes the adoption of universities' curriculum according to the needs of labor market. There is a need to communicate which concrete skills and knowledge will be developed by the university students, in a narrative that both parties understand (companies on one side, teachers and university students on the other side).

Therefore, the research conducted in this dissertation thesis aims to create a framework of Scientific Thinking and Reasoning (STAR) for companies focused on research and development (R&D), manufacturing and services in the field of natural sciences. Based on STAR is to create complementary assessment framework of scientific thinking and reasoning for selected positions in companies focused on research and development (R&D), manufacturing and services in the field of natural sciences. While the STAR framework makes it possible to communicate important aspects of scientific thinking and reasoning between stakeholders (employers, universities and students, or their parents), the complementary assessment framework can serve as an evaluation

tool for employers, university teachers and also as a self-evaluation tool for students - graduates.

Qualitative research methods were used to create the STAR framework. The research was based specifically on theoretical research methods - analysis of existing approaches to the definition of scientific thinking and reasoning and semi-structured interviews with representatives from selected companies. The companies have helped create the final form of the STAR framework and define its components. The evaluation framework was developed using mixed research methods. The content and face validity of the tasks of the evaluation framework was based on qualitative research - expert assessment. Last but not least, construct validity was based on quantitative research on a limited number of respondents.

The result of the work is a comprehensive framework of scientific thinking and reasoning STAR accompanied by an evaluation framework composed of tasks. These will allow employers to easily identify and communicate the knowledge, skills and abilities that they require from employees in various positions. At the same time, it is a tool for communication between universities that are preparing students for their future careers in science as well as companies that will later on hire these students. The evaluation framework can then serve as an evaluation tool for companies or universities, but also as a self-evaluation tool for students.

Keywords

Scientific Thinking and Reasoning (STAR), Competency Model, Competencies of Science Graduates, Labour Market

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

CAPA – Corrective and Preventive Action
ČŠI – Česká školní inspekce
DQ – Design Qualification
DMS – Document Management System
EC – European Commission
EDTA – Ethylendiamintetraoctová kyselina
FDA – Food and Drug Administration
GC-ECD – Gas Chromatography – Electron Capture Detector
GMA – General Mental Ability
GMP – Good Manufacturing Practices
HACCP – Hazard Analysis and Critical Control Points
HPLC – High-Performance Liquid Chromatography
IA – Internal Auditor
ICP-MS – Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry
ICH – International Council for Harmonisation
IQ – Installation Qualification
ISO – International Organization for Standardization
NIST – National Institute of Standards and Technology
NSP – Národní soustava povolání
OECD – Organisation for Economic Co-operation and Development
OOS – Out of Specification
OQ – Operation Qualification
PQ – Performance Qualification
PISA - Programme for International Student Assessment
QA – Quality Assurance
QC – Quality Control
R&D – Research and Development
SOP – Standardní operační postup/procedura
STAR – Scientific Thinking and Reasoning
STEM – Science, Technology, Engineering and Mathematics
SÚKL – Státní ústav pro kontrolu léčiv
TIMSS – Trends in International Mathematics and Science Study
TLC – Thin Layer Chromatography
WEF – World Economic Forum

OBSAH

Abstrakt.....	5
Abstract.....	7
Seznam použitých zkratk.....	9
1 Úvod.....	11
2 Cíle výzkumu.....	14
3 Výzkumná otázka.....	14
4 Teoretická východiska.....	15
4.1 Kompetence pro 21. století.....	15
4.2 Vědecké myšlení a uvažování v přírodovědných oborech.....	22
4.2.1 Vědecké myšlení v přírodovědných oborech.....	22
4.2.2 Vědecké uvažování v přírodovědných oborech.....	25
4.3 Význam přírodovědného vzdělávání a vědeckého myšlení a uvažování pro přírodovědné profese.....	26
4.4 Kompetence a kompetenční modely.....	30
4.5 Přístupy společností k analýze kompetencí zaměstnanců.....	34
4.6 Konstrukce testů pro analýzu znalostí a dovedností zaměstnanců.....	41
5 Metodika výzkumu.....	43
6 Výsledky.....	51
6.1 Vytvoření prototypu kompetenčního rámce STAR.....	51
6.2 Analýza rozhovorů.....	55
6.3 Kompetenční rámec STAR s vyznačením klíčových kompetencí pro jednotlivé pracovní pozice.....	59
6.4 Úlohy pro komplementární hodnotící rámec k rámci STAR.....	61
6.5 Pilotáž úloh.....	82
6.5.1 Úloha: Laboratorní vzorek a duplikát.....	82
6.5.2 Úloha: Kalibrace přístroje.....	84
6.5.3 Úloha: Specifikační limit disoluce.....	85
6.5.4 Úloha: Identifikace polyaromatických uhlovodíků (PAH).....	86
6.5.5 Úloha: Tvorba pracovního listu pro přípravu standardu EDTA.....	88
7 Diskuze.....	91
8 Závěr.....	95
9 Limity výzkumu.....	97
10 Použité zdroje.....	100
11 Přílohy.....	108

1 ÚVOD

Stojíme na prahu čtvrté průmyslové revoluce, někdy též označované jako „Průmysl 4.0“. Žijeme v době, která je ovlivněna přílivem mnoha změn i nových benefitů v oblasti průmyslu, ale i celé společnosti (Vladimír Mařík et al., 2016). Změny ve společnosti jako celku, ale také ve firmách se netýkají jen technologií, ale i nových způsobů myšlení, které vyžadují proměňující se přístupy k výrobě a službám a inovace v nich. Do popředí zájmu trhu práce se postupně dostávají pracovní pozice s vyšší kvalifikací. Zaměstnanci, schopní zastávat specializované pozice, vyžadují hlubší znalosti a dovednosti. Naopak zaměstnanci vykonávající rutinní činnosti, jež lze snadno algoritmizovat, a tudíž nahradit digitálními technologiemi, o práci postupně budou přicházet (viz např. Chmelař et al., 2015). Velký tlak je vyvíjen na schopnost zaměstnanců přizpůsobit se novým podmínkám, učit se novým znalostem a dovednostem v dlouhodobém horizontu. Jasně o tom vypovídá výzkum „Revoluce dovedností“ společnosti ManPower (2017). V oblastech „corporate governance“ tak musí firemní kultura reflektovat nejen zrychlování technologické adaptability, ale i adaptability personální, což se projevuje nutností prakticky kontinuálního osvojování si nejen nových poznatků a dovedností v daném oboru, ale i osvojení si řady doprovodných kompetencí (Bažantová & Hraba, 2006; Finegold & Notabartolo, 2010; Schwab, 2016). Tyto nové kompetence byly definovány nadnárodními uskupeními a národními politikami již na počátku nového tisíciletí a nazýváme je kompetencemi pro 21. století. Jsou vymezeny jako široký vzájemně provázaný systém znalostí, dovedností, hodnot a postojů, které umožňují plnohodnotné uplatnění člověka v osobním i profesním životě (viz např. Winterton et al., 2006; Ananiadou & Claro, 2009; National Research Council, 2012). Definované kompetence mají ve většině vymezení nadoborový charakter a zahrnují v různých uspořádáních zpravidla tři rozsáhlé klíčové domény: kognitivní, intrapersonální a interpersonální, jak je vyznačil National Research Council (2012) a jak lze identifikovat v řadě dalších studií (viz např. Finegold & Notabartolo, 2010). Nejsou to ale jen firmy a služby, které musí reflektovat stávající i budoucí proměny trhu práce. Jsou to také školy, které připravují budoucí zaměstnance, které musí reflektovat stávající proměny pracovního trhu a předjímat budoucí změny. Od počátku 21. století

proto také školy na úrovni primárního a nižšího i vyššího sekundárního vzdělávání přecházejí na systém univerzálnějšího vzdělávání založeného na kompetencích, které mají být u žáků rozvíjeny. To platí také pro přírodovědné obory (viz např. Ganajová & Sotáková, 2017; Janoušková et al., 2019). V terciárním vzdělávání v ČR je proměna kurikula postupná, ale díky vzniku nových vzdělávacích programů a velké konkurenci škol už i univerzity a vysoké školy cílí na takovou přípravu studentů, která jim umožní dobře se uplatnit na trhu práce. Postupně se také budují vztahy mezi vysokými školami a zaměstnavateli, které umožňují přizpůsobovat kurikula škol potřebám trhu práce (viz např. VŠCHT, 2020). Vzniká tak potřeba komunikovat, jaké obecnější dovednosti a vědomosti by u studentů vysokých škol měly být rozvíjeny, a to jazykem, kterému by rozuměly obě zainteresované strany (jak firmy, tak učitelé vysokých škol).

Za tímto účelem si výzkum v této práci kladl za cíl vytvořit rámec vědeckého myšlení a uvažování pro firmy zaměřené na vývoj, výrobu a služby v oblasti přírodních věd. Takový rámec totiž zahrnuje mnoho kompetencí, které nelze jednoduše algoritmizovat, neboť jsou postaveny na kreativním řešení nově vznikajících problémů zahrnující mj. využívání empirických důkazů, logické uvažování, či konfrontaci vlastního hodnotového systému se systémy firmy i společnosti jako celku (Schafersman, 1997). Zároveň se jedná o kompetence, o kterých firmy, jak z našeho výzkumu vyplývá, příliš neuvažují. Doprovodnou, komplementární součástí rámce je rovněž hodnotící nástroj zkoumající míru dosažení kompetencí vědeckého myšlení a uvažování zaměstnanci na různých pozicích. Tento nástroj představuje na jedné straně hodnotící nástroj pro firmy, které na základě něj mohou vybírat své zaměstnance. Zároveň by však měl sloužit univerzitám a vysokým školám i jejich studentům k vytvoření představy o tom, jaké znalosti a dovednosti by studenti usilující o konkrétní pozice ve firmách měli ovládnout.

Pro dosažení cílů výzkumu (viz dále) bylo využito zejména kvalitativních metod pedagogického výzkumu, konkrétně obsahové analýzy odborné literatury, kompetenčních rámců vybraných společností a polostrukturovaných rozhovorů s jednotlivými zástupci vybraných akreditovaných společností napříč vývojem, výrobou a poskytováním služeb, jejichž portfolia kombinují široké spektrum

oblastí, zejména farmaceutické, biotechnologické, environmentální, nevyjímaje oblast energetických zdrojů. Tyto výzkumné metody nám napomohly k vytvoření komplexního a hloubkového vhledu do dané problematiky – k vytvoření rámce vědeckého myšlení a uvažování STAR i k němu komplementárního hodnotícího rámce založeného na specifických úlohách ověřujících kompetence obsažené v rámci STAR. Pro zjištění obsahové a zjevné validity úloh bylo využito expertní posouzení, pro ověření konstruktové validity úloh bylo zavedeno dílčí kvantitativní šetření na pilotním vzorku respondentů.

2 CÍLE VÝZKUMU

Cíle výzkumu jsou následující:

1. Vytvoření rámce vědeckého myšlení a uvažování v přírodovědných oborech a ověření jeho využitelnosti ve společnostech zaměřených na vývoj, výrobu a služby v oblasti přírodních věd.
2. Vytvoření hodnotícího nástroje komplementárního k rámci vědeckého myšlení a uvažování pro vybrané pozice ve společnostech zaměřených na vývoj, výrobu a služby v oblasti přírodních věd.

3 VÝZKUMNÁ OTÁZKA

1. *Jaké kompetence mají být obsaženy v rámci vědeckého myšlení a uvažování pro oblast přírodovědného vzdělávání?*
2. *Jaké je optimální nastavení úloh komplementárního hodnotícího nástroje vědeckého myšlení a uvažování pro jednotlivé pracovní pozice ve společnostech zaměřujících se na vývoj, výrobu a služby v oblasti přírodních věd?*

4 TEORETICKÁ VÝCHODISKA

4.1 Kompetence pro 21. století

Pojem kompetence je nejobecněji chápán jako schopnost zvládat konkrétní funkci, činnost nebo situaci (Jandourek, 2001). Langdon a Whiteside (2004) ve své studii uvádějí, že kompetence jsou chápány univerzálně zpravidla jako vědomosti, dovednosti a osobnost člověka (např. orientace na výkon, schopnost zaměřit se na detaily), které umožňují výkon nějaké činnosti. Langdon a Whiteside (2004) však zároveň upozorňují, že takové definice jsou v zásadě pro praktické účely málo využitelné a pro každý obor činnosti musí být přesně v specifikováno, o jaké konkrétní vědomosti, znalosti a charakteristiky člověka se jedná.

21. století je pak protkáno úsilím vytvářet různé typy kompetenčních modelů na různých úrovních (mezinárodní, národní, firemní apod.) a pro různé obory lidské činnosti. To je způsobeno tím, že došlo k posunu od společnosti průmyslové ke společnosti znalostní a informační (viz např. EC, 2006, Ganajová & Sotáková, 2018, EC, 2018). Klesá postupně podíl zaměstnanců aplikujících při výkonu zaměstnání jednoduché manuální dovednosti (to postupně zastává automatizace ve výrobě) a stoupá požadavek na zaměstnance s vyšší kvalifikací založenou na vyšších kognitivních dovednostech. Vyššími kognitivními dovednostmi se mají na mysli např. kritické a kreativní myšlení, či schopnost řešení komplexních problémů v oblasti sociální, ekonomické, technické či environmentální. Hovoří se o vysoce kvalifikované pracovní síle (Boyles, 2012). To se samozřejmě musí odrážet v přístupech ke vzdělávání lidí – budoucích zaměstnanců. To si uvědomila celá řada nadnárodních organizací jako například Organizace pro hospodářskou spolupráci a rozvoj (dále OECD), Evropské společenství (dále EU) či Světové ekonomické fórum (dále WEF) a začala se této problematice věnovat. Byla tak sestavena řada expertních týmů, které měly důležité kompetence definovat a umožnit společný postup v prosazování nových přístupů ve výuce ve snaze přispět společnosti pracovní silou vybavenou takovými znalostmi, dovednostmi a osobnostními charakteristikami, které by zajistili prosperitu společnosti a konkurenceschopnost v globální ekonomice.

OECD ve své publikaci „21st Century Skills and Competences for New Millennium Learners in OECD Countries“ (Ananiadou, K. & Claro, M., 2009) specifikovala třídídimenzionální kompetenční rámec zahrnující:

- **Infomační dimenzi** (Information dimension) související s velkým rozsahem digitálních technologií a přenosu rychlého a velkého množství informací směrem k uživatelům. Zvládnutí těchto informačních toků vyžaduje práci se zdroji informací, tj. schopnost hledat, vybírat, hodnotit a organizovat si informace a dále je přetvářet do takových struktur, které by nám umožňovaly vytvářet si z nich systém vlastních znalostí.
- **Komunikační dimenzi** (Communication dimension) související s nutností přenášet informace ve společnosti. Zvládnutí této dimenze znamená efektivní komunikaci, tj. schopnost pracovat s informací tak, aby byla správně předestřena konkrétním příjemcům informace. To znamená např. vybírat vhodnou komunikační platformu či používat správný jazyk.
- **Dimenzi etického a sociálního dopadu** (Ethics and social impact dimension) související s nutností uvědomit si dopady lidské činnosti na společnost v globalizujícím se světě. Tato dimenze je hodně široká a patří sem vše od zodpovědného chování se v prostředí internetu, přes zvažování etických konsekvencí svého jednání v multikulturním globalizovaném světě po zodpovědné využívání technologií, či vztahu k prostředí.

OECD však pracuje na kompetenčních rámcích dále. V roce 2016 byl dán k dispozici materiál, který vytyčil tři důležité obecné kompetence, které se promítají do dalších materiálů OECD, vymezující nutné posuny ve společnosti směrem k udržitelnosti, resilienci a blahobytu (koncept well-being) do roku 2030. Těmito kompetencemi jsou:

- **Tvorba nových hodnot** (Creating new values), tj. schopnost myslet kreativně, vytvářet nové produkty, služby a postupy, nacházet nové cesty v myšlení, nové cesty v podnikání, či nové sociální modely.

- **Zvládání tlaku a dilemat** (Coping with tensions and dilemmas), tj. schopnost přemýšlet integrovaně a s přihlédnutím k vzájemným souvislostem a vzájemným vztahům mezi protichůdnými nebo neslučitelnými myšlenkami ve střednědobém i dlouhodobém horizontu, tedy myslet systémově.
- **Převzetí zodpovědnosti** (Taking responsibility), tj. schopnost autoregulace, která zahrnuje sebeovládání, schopnost řešení problémů, či přizpůsobení se novým okolnostem a vede k převzetí odpovědnosti za osobní chování ve společnosti i vůči životnímu prostředí (Taguma et al., 2016; OECD, 2018).

EU již od počátku 21. století prosazovala přechod škol ke kompetenčnímu vzdělávání (EC, 2006; EC, 2018). Reagovala tak na rychlé proměny ve společnosti, které byly popsány shora. Snahy o posuny ve vzdělávacích systémech vyvrcholily Doporučením Evropskému parlamentu a rady členskými zeměmi EU, které se týkalo zohlednění klíčových kompetencí ve vzdělávacích strategiích celoživotního vzdělávání (EC, 2006). S ohledem na tuto práci je zajímavé, že dokument zohledňuje a explicitně zmiňuje při formulování konkrétních kompetencí pro celoživotní učení, materiál nazvaný „Integrated Guidelines for Growth and Jobs 2005-2008“, který specifikuje požadavky na budoucí pracovní sílu v dynamicky se měnícím světě.

V dokumentu ke klíčovým kompetencím je definováno celkem 8 klíčových kompetencí:

- komunikace v mateřském jazyce,
- komunikace v cizích jazycích,
- matematické kompetence a základní kompetence v přírodních vědách a technice,
- digitální kompetence,
- kompetence učit se učit,
- sociální a občanské kompetence,
- smysl pro iniciativu a podnikavost,
- kulturní povědomí a rozhled.

V roce 2018 byl kompetenční rámec revidován a v květnu 2018 vyšlo další doporučení Rady a Referenční rámec kompetencí (viz EC, 2018b), který upravuje klíčové kompetence do následujícího systému osmi klíčových kompetencí:

- kompetence v oblasti gramotnosti,
- kompetence v oblasti mnohojazyčnosti,
- matematická kompetence a kompetence v oblasti přírodních věd, technologií a inženýrství,
- digitální kompetence,
- personální a sociální kompetence a kompetence k učení,
- občanská kompetence,
- podnikatelská kompetence,
- kompetence v oblasti kulturního povědomí a vyjadřování.

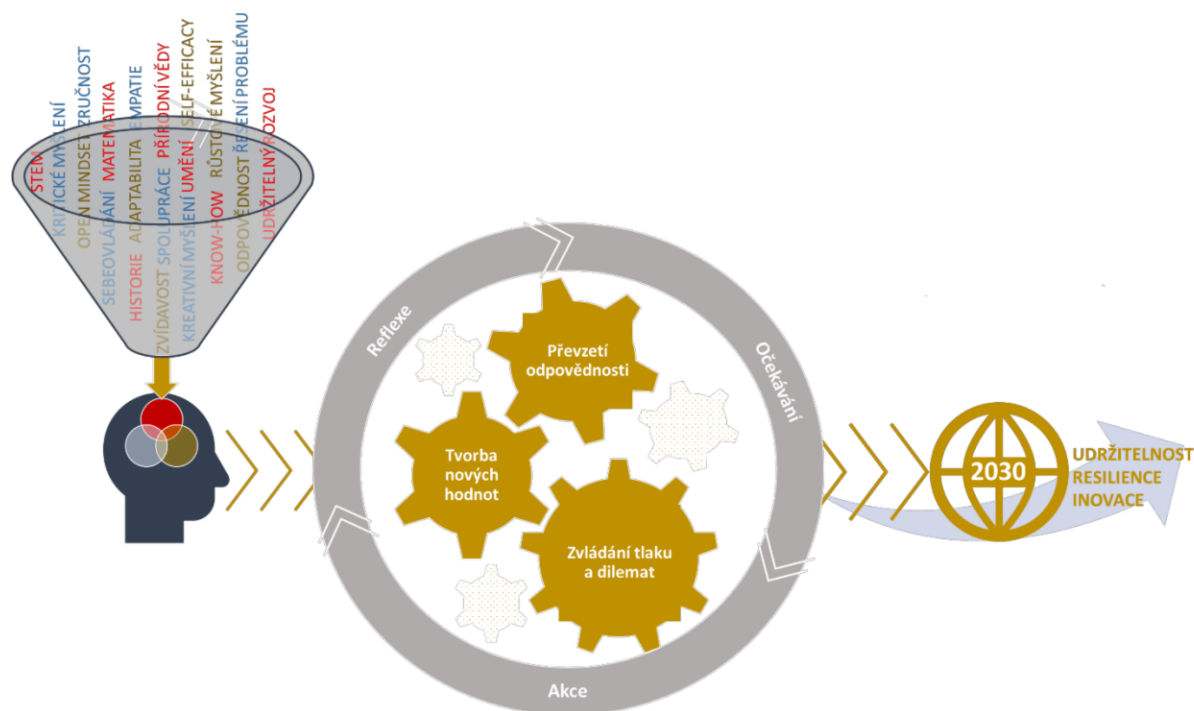
Referenční rámec také jednotlivé kompetence blíže specifikuje. Ze srovnání je zřejmé, že systém původních kompetencí byl zachován.

Další z řady kompetenčních rámců přináší Světové ekonomické fórum (WEF) ve svém materiálu „New Vision for Education: Unlocking the Potential of Technology“ (WEF, 2015). Na základě analýzy řady dokumentů vytyčuje WEF tři základní pilíře dovedností pro 21. století, kterými jsou:

- **Základní gramotnosti** (Foundational Literacies), tj. schopnost studentů aplikovat poznatky jednotlivých oborů v běžném životě.
- **Kompetence** (Competencies), tj. způsoby jakými studenti přistupují ke komplexním výzvám – patří sem: kritické myšlení, schopnost řešení problémů, kreativita, komunikace, schopnost spolupráce.
- **Osobnostní kvality** (Character Qualities), tj. způsoby, jakými žáci přistupují k okolnímu proměňujícímu se světu – patří sem: zvědavost, iniciativa, výdrž, schopnost přizpůsobit se, schopnost vedení a sociální a kulturní povědomí.

Přírodovědné kompetence se staly součástí kompetencí pro 21. století. Projevuje se to např. v rámci OECD, kde je rámec nastaven velmi obecně a akcentuje obecnější kompetence potřebné k občanskému i pracovnímu životu. Nejnovější rámec z roku 2016 hovoří o tzv. transversálních kompetencích, které mají

umožnit posun společnosti směrem k udržitelnému způsobu života v globalizovaném světě. Kompetence v oblasti přírodních věd není v modelech OECD přímo vyjmenována, nicméně v materiálu Taguma et al. (2016) je ze schématu str. 9 zřejmé (viz Obr. 1), že systém STEM – Science, Technology, Engineering and Mathematics (věda, technika, technologie a matematika) je, podobně jako přírodovědné obory samotné, nezbytným základem pro možnost získání těchto transversální kompetencí.



Obr. 1 Revidovaný kompetenční rámec pro učení – OECD 2030 kompas pro učení. (Upraveno dle Taguma et. al., 2016), vlastní zpracování.

V obou rámcích EC (původním i upraveném) se naopak kompetence v přírodních vědách přímo objevuje, a to společně s matematikou a technologiemi, jako jeden kompetenční celek, který je založen na všeobecně přijímaném přístupu STEM, z toho plyne, že můžeme tuto kompetenci nazývat jako kompetenci STEM. STEM je aktuálně v ČR i zahraničí chápán jako jeden z důležitých přístupů integrace poznatků i dovedností těchto oborů (viz např. Janoušková et al., 2019). V rámci shora uvedených dokumentů je kompetence STEM blíže specifikována. Uvádí se, že pro pochopení povahy přírodovědných oborů je zapotřebí určitých způsobů myšlení, které zahrnují schopnost práce s informacemi a daty

(EC, 2006, EC, 2018a, EC, 2018b). Zároveň se novější dokumenty odvolávají na platnost dřívějšího vymezení kompetence STEM (viz níže).

Z pohledu znalostí týkajících se přírodovědných oborů je akcentována nutnost osvojení si základních přírodovědných konceptů, principů a metod, a také dobré porozumění dopadům přírodovědného a technologického poznání na přírodní prostředí. Kladen je rovněž důraz na pochopení přínosů, limitů a rizik plynoucích z přírodovědných teorií a jejich aplikací v sociálním prostředí ve vztahu k rozhodovacím procesům, hodnotám, morálně složitým otázkám, kulturnímu zázemí apod. Z pohledu vědomostí je jmenována nutnost schopnosti pracovat s přírodovědnými daty, dosáhnout rozhodnutí nebo závěrů založených na důkazech (evidence-based přístup). Akcentována je nutnost osvojit si dovednosti vědeckého bádání a schopnost komunikovat a zdůvodňovat výsledky, které z něho plynou. Z pohledu postojů je kladen důraz na kritické oceňování přínosů přírodovědného poznávání, zvědavost, zájem o etické otázky týkající se k bezpečnosti své, rodiny, komunity i o etické otázky směřující k vytváření postojů a hodnot směřujících k udržitelnému rozvoji společnosti i globálním tématům (EC, 2006).

V rámci WEF (2015) je jmenována přírodovědná gramotnost jako součást jednoho z pilířů utvářejícího dovednosti pro 21. století, základních gramotností (viz Obr. 2). Tyto gramotnosti podle dokumentu byly vždy základem vzdělávání, nicméně pro vstup na trh práce představují v současnosti jen startovní bod pro osvojení si kompetencí pro 21. století, které musí být posíleny s pomocí dalších pilířů. Dokument se přímo nezabývá vymezením přírodovědné gramotnosti, ale uvádí data z výzkumu PISA - Programme for International Student Assessment, lze tedy usoudit, že vychází z pojetí přírodovědné gramotnosti tak, jak je to uvedeno v tomto výzkumu.

Podle rámce tohoto šetření (je zohledněn rámec z roku, ve kterém kdy byla přírodovědná gramotnost hlavní šetřenou oblastí) je přírodovědná gramotnost chápána jako systém tří kompetencí:

- **schopnost vysvětlovat přírodovědné jevy vědecky,**
- **vyhodnocovat a navrhopat přírodovědný výzkum,**
- **vědecky interpretovat data a důkazy.**

Pro osvojení si těchto kompetencí, jakož i pro jejich využití, je potřeba mít *obsahovou znalost*, tedy znalost přírodovědných konceptů, dále *procedurální znalost* – tj. znalost postupu, jak něco udělat a také *epistemickou znalost* umožňující pochopit důvody přírodovědného zkoumání, jakož i principů systémů vědy (teorie, hypotéza, interpretace dat). Blíže viz OECD, 2015; ČŠI, 2017.



Obr. 2 Šestnáct dovedností pro 21. století (Upraveno dle WEF, 2015), vlastní zpracování.

Z předchozího je zřejmé, že přírodovědné kompetence, i když název se může lišit, jsou důležitou součástí kompetenčních rámců pro 21. století. Je rovněž zřejmé, že zahrnují vždy tři podstatné okruhy. Těmi jsou znalosti přírodovědných pojmů, principů, teorií, zákonů, dále znalosti a dovednosti spojené s přírodovědným bádáním a konečně dovednosti propojit tyto poznatky s každodenním životem a mít tak možnost zaujmout postoje vůči důležitým společenským tématům a vytvářet si hodnotový systém směřující k udržitelnosti přírodního i sociálního prostředí. Je rovněž zřejmé, že ve všech rámcích jsou kompetence založeny na široké škále kognitivních dovedností,

včetně vyšších myšlenkových operací nutných pro kritické a kreativní myšlení a také myšlení a uvažování vědecké.

4.2 Vědecké myšlení a uvažování v přírodovědných oborech

Termíny vědecké myšlení (diskutované dříve) a vědecké uvažování se zpravidla používají společně. Důvodem je zejména skutečnost, že hranice mezi myšlením a uvažováním je velmi nejasná a v řadě prací (viz např. Koslowski, 1996; Zimmerman, 2000; Paul & Elder, 2012) se používají pojmy oba. V jednotlivých pracích se autoři jen výjimečně vyhnou jednomu či druhému termínu.

4.2.1 Vědecké myšlení v přírodovědných oborech

Vědecké myšlení (scientific thinking) není něco, čím přirozeně disponujeme, ale je to naopak něco, co se postupně utváří. Od nejtělejšího dětství si vytváříme o světě určité inherentní teorie, které nám ho pomáhají pochopit a až do dospělosti se více či méně mění (Kuhn, 2002). Paul a Elderová (2012) v souvislosti s touto skutečností definují vědecké myšlení jako myšlení o vědeckých (přírodovědných) objektech, obsahu nebo problémech, při kterých „ten, jenž myslí“ zlepšuje své kvality myšlení. Přejímá přitom kontrolu nad svými inherentními strukturami (teoriemi) a využívá příslušných intelektových schopností. Myšlení považují autoři za samořízené, samomonitorované a samokorigované. Obdobné pojetí obecné definice vědeckého myšlení můžeme najít také v práci Dunbara a Fugelsanga (2005).

Můžeme říci, že tato definice vědeckého myšlení koresponduje s obecným vymezením myšlení, jak jej definují např. Holyoak a Morrison (2005). Ti uvádějí, že *„myšlení je systematická transformace mentálních reprezentací znalostí, které popisují aktuální nebo možný stav světa, často sloužící k plnění cílů.“* (Holyoak a Morrison, 2005, s. 2). Mentální reprezentaci možného stavu světa chápou autoři jako interní popis (faktu, situace), který lze přetvořit do jiného popisu (faktu, situace). Je tedy totožný s pojmem inherentní teorie. Autoři rovněž konstatují, že myšlení je často vztaheno k nějakému cíli, který nás k myšlení motivuje. To koresponduje se skutečnostmi uváděnými v práci Paula a Elderové (2012), kteří píšou o samořízení a samomotivaci procesu myšlení. Je také třeba podotknout, že myšlení jako takové nemusí být vždy racionální, vhodné nebo chytré (Holyoak a Morrison, 2005), ale úsilím vzdělávání je, aby myšlení lidí takové parametry mělo (viz např. Yasar et al., 2017).

Obecně se má za to, že vědecké myšlení napomáhá pochopení vědeckých faktů, ale jak ve své práci uvádí Faye (2016) i další autoři, za pochopením těchto faktů stojí přirozeně mnoho dalších mentálních procesů, které jsou ovlivněny mnoha faktory (např. výukou, diskuzemi se spolužáky, interakcí s dalšími jedinci), a některé naše zvnitřnělé teorie stojí dokonce na nevědomých základech, které jsou silně ovlivněny komunitou, v níž se pohybujeme. Nakonec i vědci sami jsou v utváření zvnitřnělých teorií (vědomě i nevědomě) ovlivněni komunitou, v níž se pohybují – dalšími vědci. Studie hovoří o této skutečnosti jako o vědecké konformitě (Dunbar, 2002). Další autoři však vidí ještě jiné dimenze vědeckého myšlení. Lehrer a Schauble (2007) popsali tři dimenze vědeckého myšlení. Vědecké myšlení jako (i) prostředek pro logické uvažování, (ii) prostředek pro změnu (inherentních teorií) a (iii) součást praktických činností. Hranice mezi těmito dimenzemi samozřejmě nejsou ostré.

Jak z předešlého vyplývá, vědecké myšlení je nutno považovat pouze za jeden z dílků složité mozaiky myšlení o (přírodovědných) faktech jako takových. Je to však dílek důležitý a neopominutelný, protože vytváří základ pro kritické myšlení (viz např. Schafersman, 1997).

O vědeckém myšlení se v rámci vzdělávání uvažuje zejména jako o vědeckém myšlení v rámci přírodních věd. To mj. dokazuje počet prací, které se vztahují právě k definování rámců myšlení o přírodních vědách (viz *Tab. 1*).

Tab. 1 Rámce přírodovědného vědeckého myšlení

Vymezení podle Fischera et al. (2014)	Vymezení rámce podle Paula a Elderové (2012)	Vymezení podle Dunbara a Fugelsanga (2005)	Vymezení podle Kuhnové (2002)	Vymezení podle Schafersmana (1997)	
Identifikace problému	Stanovení cíle přírodovědného myšlení/uvážování	<p>Přírodovědné myšlení jako řešení problémů (heuristická metoda)</p> <p>Přírodovědné myšlení jako testování hypotéz</p> <p>Zahrnuje: <i>Kauzální myšlení</i> <i>Dedukci a indukci</i> <i>Tvorbu analogií</i> <i>a v závěru (případnou) konceptuální změnu</i></p>	Fáze objevování	Kladení smysluplných otázek nebo formulace závažných problémů	<p>Empirismus: využívání empirických důkazů (co vidíme, slyšíme, cítíme, co je opakovatelné a můžeme na základě toho tudíž dělat jednoznačné závěry)</p> <p>Racionalismus: využívání kritického myšlení k hodnocení poznání</p> <p>Skepticismus: permanentní kontrola vlastních závěrů a víry v něco</p>
Položení otázky/otázek	Předestírání důležitých (zásadních) otázek a problémů a jejich přesná formulace				
Tvorba hypotéz	Tvorba opodstatněných vědeckých předpokladů		Fáze objevování (rozpoznat, že data/informace jsou užitečné k řešení problému)	Shromáždění informací a dat k řešení problému, formulace hypotézy a její testování	
Tvorba, testování a (případný) redesign prototypu	Shromáždování a hodnocení relevantních vědeckých dat a informací		Fáze analýzy (práce s daty/informacemi)		
Získávání důkazů a jejich vyhodnocení ve vztahu k tvrzení či teorii			Fáze odvození (provázání teorie s důkazem, vyslovení závěrů o podpoře nebo nepodpoře konkrétní teorie, včetně změny/zachování inherentní teorie)	Podpora nebo zpochybnění teorie nebo tvorba teorie nové	
Tvorba závěrů při zohlednění všech důkazů	Tvorba dobře zdůvodněných závěrů a návrhy řešení vystavěné na základě vědeckých standardů a konceptů (teorií, principů, zákonů, modelů apod.)				
Podrobné zkoumání závěrů	Hodnocení možného dopadu a následků plynoucí ze závěrů vědeckého výzkumu				
Komunikace závěrů	Hodnocení úhlu pohledu, podle kterého je výzkum realizován – hledání alternativ, jejich silných a slabých stránek.		Fáze argumentace (schopnost obhájit vlastní zjištění)		

4.2.2 Vědecké uvažování v přírodovědných oborech

O vědecké uvažování se vědci zajímají již od 50. let minulého století (viz např. Koslowski 1996). Řada autorů té doby vychází z toho, že vědecké uvažování se zakládá na ideálním způsobu lidského uvažování. Lidé, kteří tvoří, případně revidují (své) teorie, staví na hypotetických modelech reality (hypotézách vycházejících z jimi vnímané reality). Tyto hypotézy správně testují a objektivně a systematicky hodnotí důkazy s ohledem na svá tvrzení. Fischer et al. (2014) pak ve své práci demonstrují, že vymezení termínu vědecké uvažování chápané jako testování hypotéz je platné doposud a zabývá se jím řada vědců. S přibývajícími empirickými studii pak získáváme stále lepší představy o rozvíjení tohoto způsobu uvažování v průběhu života člověka. Těmi jsou například metody dedukce, indukce, analogie nebo kauzálního myšlení, tedy to, co nazývá psychologická literatura myšlenkovými operacemi (Dunbar & Fugelsang, 2005). Vymezení vědeckého uvažování od 50. let po současnost jsou tedy konzistentní. Pro všechna tato vymezení je typické, že se odvíjí od různých vědeckých způsobů zkoumání reality.

Rozdíl je samozřejmě v tom, jakou metodou chceme přistupovat ke zkoumání reality a získávání, příp. korekci znalostí. První metodou je oborově specifický přístup (*domain-specific approach*), ve kterém máme již konceptuální znalosti z daného oboru zasazené do kontextu tohoto oboru, které skládáme dohromady pro vyřešení problému nebo pro úpravu svých předchozích vědomostí o daném faktu. V matematice je to například dovednost sčítat či násobit, ve fyzice znalost některých principů nebo zákonů, například Newtonových pohybových zákonů.

Druhý přístup je oborově neutrální přístup (*domain-general approach*), kdy obecné poznatky a dovednosti o způsobech (vědeckého) uvažování a strategie řešení problémů přenášíme do specifického oboru, ve kterém problém řešíme (viz např. Zimmerman, 2000; Newton & Roberts, 2004). Takový přístup znamená například mít obecnou představu o uspořádání experimentu (např. lišit se má jen jedna proměnná, při opakování musí být zachovány všechny podmínky), schopnost zaznamenávat data nebo tvořit tabulky.

Oba tyto přístupy jsou do jisté míry v kontrastu a z hlediska vzdělávání je tento kontrast poměrně zásadní. První prosazuje zejména oborové znalosti, druhý rozsáhlé znalosti obecných vědeckých strategií. Není proto překvapující,

že na přelomu 80. a 90. let 20. století přišli Klahr a Dunbar (1988), Kuhnová (1993) či Niaz (1994) s názorem, že cesta správným směrem je propojení obou přístupů. Od té doby se také ve vzdělávání hledá vhodná cesta mezi oběma přístupy ke zkoumání reality a pro získávání/korekci znalostí (viz např. Bao et al., 2009).

Vrátíme-li se nyní k *Tab. 1*, vidíme, že vědecké myšlení a uvažování v přírodních vědách má skutečně neostré hranice a jeden proces bez druhého v podstatě nedává smysl. Proto se v textu nadále budeme držet syntetizujícího termínu *vědecké myšlení a uvažování* a kompetenční rámec budeme nazývat rámec vědeckého myšlení a uvažování, dále v textu již zkráceně – **rámec STAR** (z angl. Scientific Thinking and Reasoning).

4.3 Význam přírodovědného vzdělávání a vědeckého myšlení a uvažování pro přírodovědné profese

Vzhledem k tomu, že kompetence vědeckého myšlení a uvažování budoucích zaměstnanců jsou do značné míry rozvíjeny v procesu formálního vzdělávání, je pro tvorbu rámce rovněž důležité analyzovat, zda se výuka orientuje na ty kompetence, které jsou uvedeny v *Tab. 1*, nebo přichází ještě s nějakými dalšími kompetencemi, které by rámec mohly obohatit.

Od počátku 90. let 20. století se ve většině vyspělých zemí (zpočátku zejména anglosaských) postupně proměňovalo vzdělávání v přírodních vědách; vědecké myšlení a uvažování zde nacházelo stále větší uplatnění. Dříve prosazovaný systém pouhého předávání poznatků bez vazby na předchozí představy žáků o probíraných faktech (žakovských prekonceptech) a bez vazby na jejich způsoby uvažování byl překonán. Vzdělávací systémy začaly klást větší důraz na nacházení nových způsobů zprostředkování poznatků tak, aby byly pro žáky snadněji pochopitelné (zapadaly do jeho poznatkových struktur), a tak snadněji zapamatovatelné. Byl kladen také důraz na skutečnost, že mezi myšlením vědců a každodenním myšlením a uvažováním existují paralely a že vědecké myšlení se postupně odvodilo od myšlení běžného. Úsilí bylo věnováno tomu, aby se vědecká činnost (to, co provozuje věda) charakterizovala dostatečně širokým způsobem, který by dával smysl žákům i laické veřejnosti,

a aby byla ukázána souvislost mezi každodenním uvažováním a uvažováním vědeckým (Kuhn, 1993). Podle Kuhnové (1993) by vzdělávání mělo usilovat jednak o to, aby žáci pochopili relevantnost vědeckého myšlení pro svůj každodenní život (zejména ve schopnosti argumentovat), a jednak by mělo přispět k rozvoji takového druhu uvažování u žáků. Autorka však navrhuje, aby myšlení bylo rozvíjeno skutečně praktickým procvičováním, nikoli pouhým výkladem toho, jak má vědecké myšlení vypadat. Praktickým procvičováním pak má na mysli hledání důkazů pro potvrzování vlastních teorií žáky a hledání protiargumentů proti teoriím alternativním (Kuhn, 1993).

Zásadní proměnu výuky přírodovědných oborů lze také spatřovat v kladení stále většího důrazu v kurikulech na zprostředkování témat, která se váží k běžnému životu (kontextuální výuka). Tato témata jsou jakýmsi „startovním bodem“ pro utváření žákova vědeckého poznání, které by mělo posilovat jeho touhu po vědění (Bennett a Lubben, 2006). Touhu po vědění by mělo také podle uvedených autorů zprostředkovat zařazování alternativních metod výuky. Do popředí zájmu didaktiků i učitelů se tak postupně prosazovalo konstruktivistické pojetí výuky (např. heuristická metoda, badatelsky orientovaná výuka) nebo metoda problémového výkladu. Největší rozvoj na poli těchto metod lze zaznamenat od počátku 21. století, kdy byla realizovaná řada projektů zaměřených na implementaci těchto metod a způsobů do výuky (viz např. Rocard et al., 2007; Bolte et al., 2012, Maaß et al., 2013).

Většina uvedených metod tedy vychází v podstatě z rámců přírodovědného myšlení a uvažování, a jejich cílem je u žáků rozvíjet ty kompetence, které jsou uvedeny v *Tab. 1*. Výzkum se pak spíše zaměřuje na to, jak přispívá aplikace určitých metod výuky k motivaci žáků pro studium přírodovědných oborů (viz např. Crawford, 2000; Marx et al., 2004) či zvýšení jejich úspěšnosti ve standardizovaných testech (viz např. Hickey et al., 1999; Mergendoller et al., 2006). Rámce přírodovědného myšlení a uvažování se tak dále nevyvíjejí. Lze tedy konstatovat, že rámce, tak jak jsou vytyčeny shora uvedenými autory v *Tab. 1*, jsou odborníky z oblasti oborových didaktik akceptovány a současný výzkum se spíše orientuje na hledání cest, jak tyto rámce naplňovat.

Také současná publikace Klahra et al. (2019) se nijak neodchyluje od nastoleného trendu ve výuce podporující vědecké myšlení a uvažování v přírodních vědách. Autoři uvádějí tři dimenze, které by měly být při výuce naplněny. První dimenzí je rozvoj konceptuálního myšlení ve výuce přírodovědných oborů. Jedná se o osvojení si běžných znalostí v daných oborech, které při poznávání světa lidé nabyli. Důležitou úlohou vyučujícího je přitom práce s žákovskými prekoncepty a miskoncepce. Druhou dimenzí je procedurální uvažování v přírodních vědách, které zahrnuje seznámení žáků se základními postupy vědy (např. schopnost rozpoznat správně provedený experiment). Třetí dimenzí je schopnost uplatnění poznatků získaných při školním vzdělávání v běžném životě. Toto vymezení přírodovědného myšlení a uvažování se do značné míry kryje s řadou vymezení přírodovědné gramotnosti, což je pojem, se kterým se v současnosti ve vzdělávacích politikách zemí, a i ve výuce samotné intenzivně pracuje; mj. díky šetření v oblasti měření vzdělávacích výsledků žáků PISA.

I když šetření PISA s pojmem vědecké myšlení a uvažování přímo nepracuje, pojmy myšlení a uvažování se samozřejmě v jejich hodnotícím rámci vyskytují. Když podrobněji analyzujeme prvotní vymezení přírodovědné gramotnosti PISA 2000, je zřejmé, že šetření PISA od počátku pracuje s tím, že žáci by v patnácti letech měli být schopni rozpoznávat otázky, na něž lze odpovídat s využitím vědeckých poznatků, měli by být schopni identifikovat vhodné důkazy při hledání odpovědí na své otázky, vyvozovat, vyhodnocovat a sdělovat závěry svých zjištění a prokázat porozumění vědeckým konceptům. Šetření PISA přitom ukazuje, že oborově specifické a obecné (oborově neutrální) dovednosti jsou vzájemně propojeny. Schopnost žáků řešit úlohy v šetření PISA nezávisí jen na kurikulem nastaveném souboru vědeckých poznatků, kterými by měli žáci disponovat, ale také na dalších obecnějších dovednostech (OECD, 2000). I když se hodnotící rámec PISA postupně mírně proměňoval, schopnost vysvětlovat jevy vědecky, vyhodnocovat a navrhnout přírodovědný výzkum a vědecky interpretovat data a důkazy se v něm objevují (v různých formulacích) vždy, jak je uvedeno výše (OECD, 2016).

Inspirativní z hlediska pochopení aspektů vědeckého myšlení a uvažování, které považují odborníci na přírodovědné vzdělávání za podstatné, mohou být

i další výzkumy zaměřené na ověřování znalostí a dovedností žáků v přírodovědných oborech. Vzhledem k tomu, že rozsáhlejší šetření zpravidla vycházejí z poměrně široké diskuze odborníků na přírodovědné vzdělávání (jedná se v zásadě o expertní panely), konstrukce těchto testů nám pomáhá určit, které komponenty vědeckého myšlení a uvažování považují odborníci za natolik podstatné, že chtějí testovat míru jejich osvojení žáky. Cenné poznatky o těchto výzkumech přináší práce Opitze et al. (2017). Autoři studie analyzovali 38 nástrojů hodnocení vědeckého myšlení a uvažování (např. Classroom Test of Scientific Reasoning (Lawsonův test), Constructive Inquiry Science Reasoning Skills, Evidence-Based Reasoning Assessment System, PISA) a určili, které komponenty nejčastěji testují.

Výchozím (klíčovacím) vymezením vědeckého myšlení a uvažování byl rámec podle Fischera et al. (2014), podle kterého bylo hodnoceno zařazení jednotlivých komponent do testování žáků. Jedná se o vhodný rámec vymezení vědeckého myšlení a uvažování, neboť velmi koresponduje s vymezeními dalších autorů, jak je patrné z tabulky 1. Je však nutné si uvědomit, že tato kvalitativní analýza (vyústující v analýzu kvantitativní) může přinášet určitá zkreslení. Například Lawsonův test se při testování žákovských dovedností zaměřuje na takové procesy uvažování, jakými jsou (i) výběr a kontrola proměnných, (ii) kombinatorické uvažování (grupování konkrétních prvků podle stanovených vlastností), (iii) hledání závislostí mezi proměnnými (korelační uvažování), (iv) uvažování o pravděpodobnostní povaze určitých jevů, (v) uvažování o poměrech jednotlivých proměnných (proporční uvažování) a (vi) hypoteticko-deduktivní uvažování, tedy užívání metod pro testování teorií a hypotéz (Lawson, 1978). Ty museli autoři vhodně překódovat do jimi analyzovaných komponent rámce podle Fischera a kol.

Závěr citované práce je i přesto pro naše účely velmi zajímavý. Autoři určili, že se testy nejvíce zaměřují na testování schopností žáků získávat důkazy pro konkrétní tvrzení (obsaženo v přibližně 85 % analyzovaných testů) a vyhodnocovat je (obsahuje více než 60 % testů). Dále testy obsahovaly úlohy ověřující schopnost tvorby hypotézy a odůvodněných závěrů (minimálně v polovině analyzovaných testů). Zhruba 30 % testů, které byly konstruovány po roce 2000, na rozdíl od testů vytvářených před rokem

1990, obsahovalo položky testující schopnost žáků identifikovat jednu nebo více otázek jako základ pro jejich vědecké uvažování. Zhruba 40 % testů zahrnovalo položky testující schopnost prezentovat metody zkoumání a závěry vědeckého uvažování v týmu nebo širší komunitě. Žádný z testů neobsahoval položky zaměřené na tvorbu, testování a (případný) redesign prototypu, což je dovednost spíše inženýrská. Je tedy zřejmé, že názory na to, jak mají vypadat rámce vědeckého myšlení a uvažování v přírodních vědách jsou poměrně ustálené, jen se proměňují složky, které jsou ve výuce akcentovány.

Z pohledu vědeckého myšlení a uvažování jsou inspirativní také přístupy prosazované různými iniciativami. Během analýzy byl nalezen projekt organizací Gatsby Science Enhancement Programme a Nuffield Foundation, který se dlouhodobě zabývá podporou výzkumných a aplikačních projektů v oblasti vzdělávání. Tyto organizace spolupracovaly na projektu Learning Skills for Science (Dovednosti pro učení se přírodním vědám). Projekt se přímo nezaměřuje na vývoj metod pro rozvoj vědeckého myšlení a uvažování žáků, ale uvádí, že jeho cílem je vývoj metod pro podporu zlepšení dovedností žáků v řešení problémů, badatelství, myšlení a učení se přírodním vědám. Zaměřuje se tedy na rozvoj dovedností žáků, které umožňují rozvoj dalších (vědeckých) dovedností. Mezi tyto dovednosti patří schopnost čtení a psaní odborných textů, dovednost prezentace dat a znalostí a také schopnost naslouchat a pozorovat (blíže viz Gatsby Science Enhancement Programme, 2019). Z hlediska kompetenčního modelu pro společnosti jsou tyto schopnosti velmi důležité, neboť jsou nezbytné pro další učení. Dále tyto schopnosti a dovednosti budou nazývány podpurnými všeobecnými dovednostmi.

4.4 Kompetence a kompetenční modely

Kompetenční modely jsou využívány ve společnostech již od 70. let 20. století a staly se běžným nástrojem pro požadavky ve směru k zaměstnancům nejprve velkých společností (Boyatzis, R., & Boyatzis, R. E, 2008), postupně se však zájem o tyto modely posouval i směrem ke středním a menším podnikům. S obratem směrem ke kompetencím se vytvořil nový segment služeb, řada (i nově vznikajících) konzultačních společností nabízela firmám vývoj kompetenčních modelů pro zaměstnance, které by vyhovovaly jejich potřebám

(Boyatzis, R., & Boyatzis, R. E, 2008). Vznikla tak směs vědeckých přístupů s více či méně expertními přístupy konzultačních společností, které ovlivnily a ovlivňují podobu těchto modelů až do současnosti.

Kompetence jsou v prostředí firem vnímány ve vědecké literatuře stejně, jako ve vzdělávání. Jedná se o soubor vědomostí, dovedností, postojů a hodnot, které jsou proměnlivé, dá se jim naučit a jsou dostupné naší zkušenosti skrze učení či koučink (Volery et al. 2015). Rozdíl je v tom, že v rámci zaměstnaneckých kompetencí je důležité, aby tyto kompetence byly úspěšně identifikovány pro konkrétní pracovní pozice. Ze strany firem je tudíž vyvíjeno značné úsilí hledat specifické znalosti a dovednosti, osobnostní charakteristiky budoucího zaměstnance, žádoucí motivy pro vykonávání konkrétní práce, či sociální dovednosti umožňující dobré fungování zaměstnance ve společnosti (viz např. Mitchelmore and Rowley 2010, Bird 1995).

Již v roce 1982 shrnul Boyatzis tyto kompetence do třech důležitých dimenzí, které se vzájemně prolínají. Těmi jsou:

- **osobnostní charakteristiky jedince**, tj. vědomosti, dovednosti, schopnosti, talent, hodnotový systém, zájmy, touha po pracovní kariéře;
- **schopnosti zaměstnance plnit úlohy, funkce a role, které společnost na dané pozici vyžaduje;**
- **prostředí společnosti**, které umožní maximální uplatnění a rozvoj kompetencí zaměstnance (Boyatzis, 1982).

Tam, kde se tyto dimenze prolínají, se nachází ideální zaměstnanec pro společnost.

Od roku 1982 vznikla ještě řada prací, které se zabývaly definicemi obecných zaměstnaneckých kompetencí. Ke konsensu jednotného modelu však nedošlo. Nebylo to jen proto, že firmy se od sebe z podstaty velmi liší a jednotný model se tedy nachází stěží. Důvodem je spíše skutečnost, že se také mění optika, jakou se na kompetence nahlíží. Například Mann et al. (2002) definovali na základě rešerše šest dimenzí kompetencí, mezi něž patří:

- **kompetence k identifikaci příležitosti** chápané jako schopnost odhalení příležitostí v uplatnění se (své práce, produktů či služeb společnosti) v rámci trhu;
- **vztahové kompetence** chápané jako vztahy individuální i skupinové uvnitř společnosti;
- **konceptuální kompetence** chápané jako schopnost aplikovat širokou škálu dovedností jakými je rozhodování, pochopení a řešení komplexních situací a problémů, převzetí rizik (a odpovědnosti);
- **kompetence organizační** chápané jako schopnosti organizovat personální, finanční, i technické zdroje, schopnost budovat a vést tým, či trénink nebo kontrola zaměstnanců;
- **kompetence strategického řízení** chápané jako schopnost tvořit, realizovat i vyhodnocovat strategie ve společnosti;
- **kompetence závazku**, tedy takové kompetence, které umožňují posouvat byznys kýženým směrem a plnit tak závazky vůči různým cílovým skupinám.

Autoři ve studii definovali tyto kompetence ve vztahu ke konkurenceschopnosti malých a středních podniků a jejich model představuje model ideálního mixu kompetencí zaměstnanců daného podniku.

Mitchelmore a Winstone (2010) na základě rozsáhlé rešerše odborné literatury definovali čtyři okruhy důležitých kompetencí, které vznikly průnikem jimi analyzovaných prací. Jedná se o *firemní kompetence*, které umožňují firmám mapovat trh, využívat příležitosti k rozvoji a dalšímu úspěšnému fungování. Dále *obchodní a manažerské kompetence*, které umožňují stabilní fungování společnosti, jsou postaveny na technologických, finančních a manažerských dovednostech a zkušenostech a schopnostech zaměstnanců a umožňují formulovat firemní strategie a dosahovat cílů v nich stanovených. *Kompetence řízení mezilidských vztahů (human relation)*, které jsou postaveny na schopnosti vést lidi, motivovat je, najímat vhodné lidi na pracovní pozice, či udržovat v rámci společnosti korektní a přátelské mezilidské vztahy. A konečně *konceptuální a vztahové kompetence*, které zahrnují analytické schopnosti, ústní i písemnou komunikaci, schopnost dojednávání obchodů, dodržování závazků ad. Přesahy mezi jednotlivými okruhy jsou z popisu zřejmé. Zřejmá je rovněž skutečnost,

že se vymezené kompetence vzniklé rešerší příliš neliší od dříve vymezených kompetencí podle Mana a kolektivu a není ani v rozporu s pojetím Boyatzis, který volí spíše optiku zaměstnance než společnosti.

V čem tedy není konsenzus je možná pojmenování kompetencí či řazení do kompetenčních dimenzí/okruhů. Existuje však v zásadě shoda na tom, jaké všechny kompetence musí být zajištěny, aby byl podnik ve své činnosti úspěšný.

Odborná literatura nám tedy dává základní soubor obecných kompetencí, které však v rámci společností musí být dále specifikovány až na úroveň jednotlivých pracovních pozic. Úsilím společností je pak nacházet dlouhotrvající charakteristiky lidí – budoucích zaměstnanců, které by vedly k správnému výkonu jejich povolání. Tato dovednost pak pomáhá společnosti dosahovat stanovených cílů (Thomas and Herrisier, 1991).

Nyní se náš zájem tedy přesune k tomu, jak jsou definovány kompetence zaměstnanců. Podle často citované práce Spencera a Spencera (1993) jsou kompetence zaměstnance chápány jako základní rysy jedince, u kterých je kauzálně prokázán vztah týkající se efektivního a / nebo lepšího výkonu v práci podle konkrétně stanovených kritérií nebo situace. Autoři tuto obecnou definici blíže specifikují a uvádějí, že základní rysy jedince znamenají, že kompetence je poměrně hluboká a trvalá součást osobnosti člověka a díky tomu jsme schopni předvídat chování v široké škále situací a pracovních úkolů. Součástí těchto rysů jsou motivy pro výkon dané práce, psychické i fyzické vlastnosti jedince, sebepojetí zahrnující osobní systém postojů a hodnot, stejně jako sebevědomí. Dále pak znalosti nutné pro výkon práce a dovednosti důležité pro výkon práce, mezi něž jsou zařazeny.

Autoři zároveň konstatují, že zatímco znalosti a dovednosti pro výkon práce lze získat a měnit relativně snadno, tak osobnostní charakteristiky, jakými jsou motivy pro výkon práce, psychické vlastnosti jedince a sebepojetí se mění jen velmi obtížně. Navíc poslední tři charakteristiky jsou u zaměstnanců velmi obtížně indikovatelné. Přitom pro firmu je výrazně efektivnější přijmout zaměstnance se silnými motivy a portfoliem hodnot a postojů a nastavením

sebepojetí, a znalosti a dovednosti je doučit (Spencer a Spencer, 1993). S takovým konstatováním lze však souhlasit jen do určité míry.

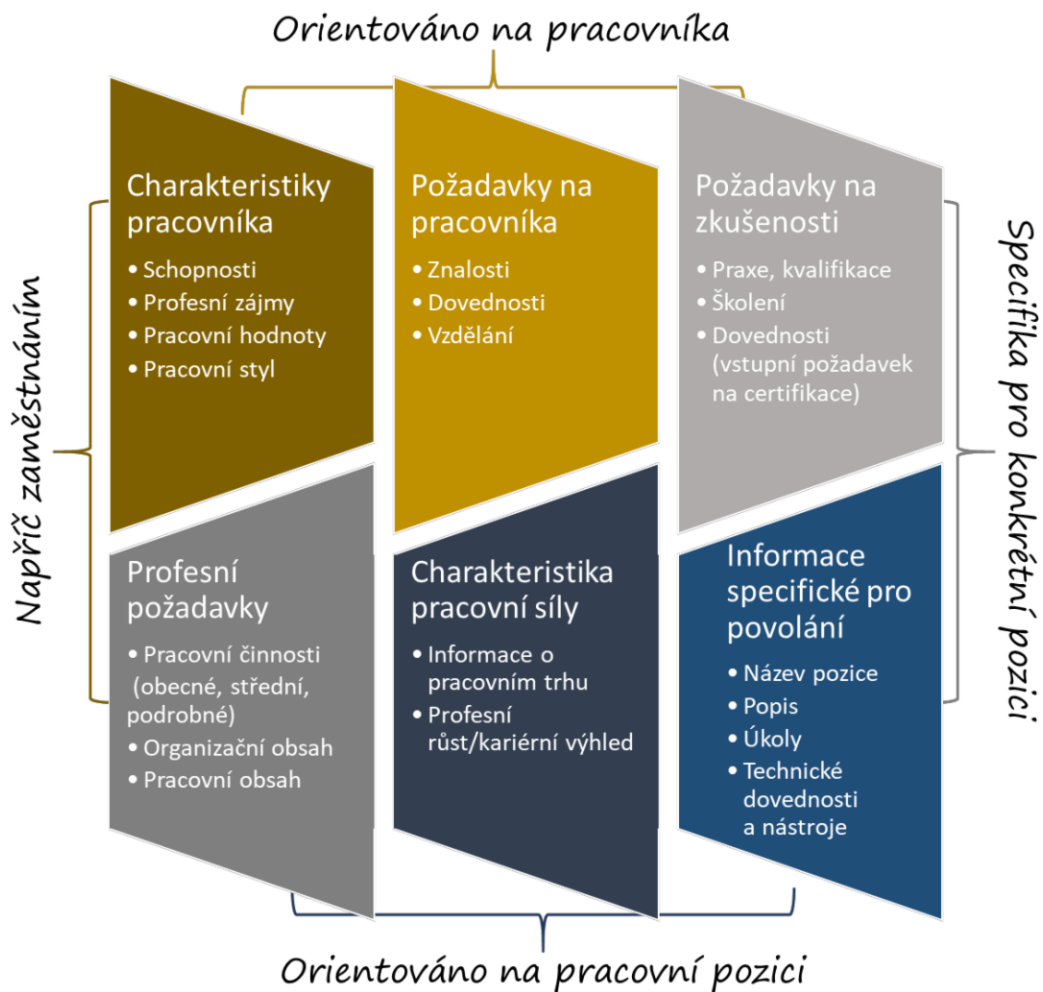
Rezolutní zájem o profesi a optimální osobnostní nastavení je nepochybně důležité, ne vždy je však snadné dovybavit zaměstnance potřebnými vědomostmi a dovednostmi. Znalosti a dovednosti je relativně snadné naučit zaměstnance s nižší kvalifikací. U pracovníků s kvalifikací vyšší už je tento proces složitější a je potřeba stavět na určité struktuře poznatků, ale také na schopnostech analytického myšlení, kritického myšlení a u některých pozic i na vědeckém myšlení a uvažování. Ostatně na této skutečnosti je vystavěn celý vzdělávací systém většiny zemí. A jak bylo uvedeno v úvodu, je to právě pracovní trh, který konstatuje, že do budoucna bude potřebovat flexibilní pracovníky s vyšší kvalifikací.

4.5 Přístupy společností k analýze kompetencí zaměstnanců

Firmy se při přijímání nových zaměstnanců zaměřují ve skutečnosti na všechny shora popsané aspekty kompetencí zaměstnance. Využívají specifických nástrojů pro analýzu jejich znalostí a dovedností v oboru, ale zároveň velmi často také využívají psychologických profesních testů (psychometrických testů) k odhalení osobnostních rysů uchazeče o dané místo (Van der Merwe and Potgieter, 2002). Analýza kompetencí tedy zpravidla bývá sestavena ze dvou částí: analýzy odborných znalostí a dovedností a analýzy psychologického profilu osobnosti (viz např. Leigh et al., 2007). Způsoby analýzy se však přirozeně liší. Práce se dále bude zabývat analýzou hodnocení odborných znalostí a dovedností, ale také podpůrných všeobecných schopností a dovedností, které mohou souviset s rámcem vědeckého myšlení a uvažování, jak je na základě teoretických východisek vymezen v této práci.

Jedním z možných přístupů, který je v prostředí společností uplatňován je tzv. analýza zaměstnání orientovaná na (pracovní) úkoly (tasks-oriented job analysis), pod kterou se řadí řada různých měřících postupů. V tomto přístupu se analyzují funkce, povinnosti a úkoly, které zaměstnanec bude na pracovišti vykonávat a celý proces hodnocení je orientován na požadavky společnosti, kde se pracovní pozice příliš neproměňují (Garcia-Izquierdo et al in Nikolaou and Oostrom, 2015; Rees and Doran, 2007). Příkladem takového přístupu k hodnocení je například poměrně starý přístup nazvaný **Funkční analýza**

zaměstnání (Functional job analysis). Smyslem této analýzy je popsat všechny důležité aspekty zaměstnání, ovšem tento přístup podle některých autorů nejde do potřebné hloubky poznání, protože vždy záleží na konkrétním analytíkovi, který tuto analýzu provádí (Moore, 1976; Rees and Doran, 2007). V moderní době na podobném principu vytváří síť O*NET tzv. Content Model (viz Obr. 3). Společnost O*NET v tomto modelu přináší rozsáhlou databázi pozic a jejich specifikaci dle komponent modelu (viz <https://www.onetcenter.org/database.html#individual-files>). Na první pohled je zřejmé, že se jedná o velmi rozsáhlý systém analýzy konkrétních pracovních pozic, který se orientuje na řadu důležitých aspektů pracovní pozice, ale přirozeně i zaměstnance, který danou pozici zastává. Posouvá tedy analýzu zaměstnání orientovanou na (pracovní) úkoly významně jinam, než tomu bylo v minulosti, a to směrem k analýzám orientovaným na zaměstnance (viz Foster et al. 2012). Lze říci, že výhodou této databáze je možnost zaměstnance utvořit si jasnou představu o tom, jak vypadají požadavky na budoucí zaměstnance v mnoha rovinách, což například pro absolventy škol, ale v zásadě i ty, kteří teprve přípravu pro budoucí zaměstnání volí, může být poměrně významná pomoc v jejich rozhodování o volbě povolání. I když toto samozřejmě není primárním účelem databáze, je to rozhodně jeden z jejích přínosů. Podobnou databázi lze nalézt také v ČR – Národní soustava povolání (NSP, 2020), i když co do rozsahu a kompletnosti záznamů jednotlivých pozic je O*NET výrazně dále.



Obr. 3 O*NET Content Model. Zdroj obr.: <https://www.onetcenter.org/content.html>, vlastní zpracování.

Více dynamický způsob analýzy představuje přístup **analýzy zaměstnání orientované na zaměstnance** (Worker-oriented job analysis), tyto typy analýzy se zaměřují na takové charakteristiky zaměstnance, kterému pomáhají vykonávat dobře jím zvolené zaměstnání. Měření se orientují na dvě zaměstnancovy klíčové charakteristiky a těmi jsou jeho vlastnosti a kompetence, přičemž zaměření se na analýzu kompetencí nyní ve výzkumech dominuje (Garcia-Izquierdo et al in Nikolaou and Oostrom, 2015). Hodnocení těchto kompetencí se zaměřuje na hodnocení znalostí, dovedností, schopností a dalších charakteristik, které nutně nejsou vázány na konkrétní výkon činnosti, ale představují širší základnu pro výkon povolání i s možností proměn pracovních činností v rámci firmy do budoucna.

V běžné praxi lze nalézt řadu analytických nástrojů pro analýzu zaměstnání a jejich jednoznačné zařazení do některé ze shora uvedených kategorií je poměrně obtížné, protože se nástroje stále upravují a obě kategorie se v nich tak v praxi zpravidla prolínají. Jedním z běžně využívaných analytických nástrojů je **Inventarizace úloh souvisejících se zaměstnáním** (job-task inventories). Pomocí tohoto nástroje se definují konkrétní úlohy, které souvisejí přímo s výkonem daného zaměstnání, o kterých se ví, že je zaměstnanec bude vykonávat. Definována je také četnost vykonávání těchto úloh, důležitost úlohy v daném pracovním kontextu, ale také například preferované dovednosti, vzdělání/další vzdělávání či pracovní zkušenosti. Na základě inventarizačních analytických formulářů firma nejen, že má přesnou evidenci o různých typech pozic zaměstnanců, kteří v ní pracují, ale může jim také na míru připravovat různé typy tréninkových materiálů, vyhledávat kurzy dalšího vzdělávání a jasně definovat svá očekávání vůči nově přijímaným zaměstnancům. Systematizací náplní pracovních pozic lze také vést ke změnám v pracovním prostředí, komunikaci mezi různými typy pracovních pozic apod. (Arvey et al., 1992). Příklad takového volně dostupného formuláře lze nalézt např. na webové stránce: <https://www.smartsheet.com/job-analysis-templates>. Z volně dostupných formulářů je zřejmé, že pozornost se postupně upíná i ke kompetencím zaměstnanců, které jsou rovněž detailně analyzovány.

Jiným, nicméně velmi podobným přístupem je **Fleismanova analýza zaměstnání** (Fleishman Job Analysis Survey). Podobně jako předchozí nástroj i toto šetření/analýza je zaměřené na to jaké vědomosti, dovednosti a schopnosti musí mít zaměstnanec, aby byl schopen vykonávat konkrétní úlohy (Caughron et al., 2012). Každá vědomost, dovednost a schopnost je přesně definována a zkušenosti zaměstnanci (experti na daný obor) pomocí behaviorálně zakotvených hodnotících stupnic určují, jak relevantní jsou jednotlivé vědomosti, dovednosti a schopnosti pro jejich konkrétní práci. Nástroj se skládá ze sedmdesáti tří škál pokrývajících kognitivní výkony (např. schopnost číst a porozumět informaci, schopnost přicházet s kreativními nápady týkajícími se daného tématu či schopnost vyřešit konkrétní problém), psychomotorické (manipulační dovednosti, reakční čas apod.), fyzické (síla, vytrvalost apod.) a smyslové (např. schopnost rozpoznávání barev, sluchové

dovednosti) schopnosti a také interaktivní a sociálně dovednostní škály (Caughron et al., 2012). Opět i zde platí, že jasně definovaná pracovní pozice umožňuje poměrně jasnou komunikaci s budoucím zaměstnancem o tom, jakou pozici bude zastávat a při jeho výběru (či hodnocení) je možno vytvářet přesně definované nástroje, např. behaviorální metodu vedení pohovoru (viz dále), které napomohou identifikovat přítomnost kýžených vědomostí, dovedností a schopností zaměstnance pro výkon daného zaměstnání (Prien et al., 2009). Dalším podobným způsobem analýzy je **Dotazník pro analýzu pracovní pozice** (Position Analysis Questionnaire). Nástroj je založen na kategorizaci činností pracovníka a používá se v ní šest hlavních analytických kategorií, kterými jsou (i) základní informace o zaměstnanci, (ii) myšlenkové procesy, které v práci využívá, (iii) výstupy práce dané pracovní pozice, (iv) vztahy s ostatními kolegy (nadřízenými, spolupracovníky), (v) pracovní prostředí, a (vi) další charakteristiky pracovní pozice, např. zodpovědnost za další zaměstnance (McCormick, 1977).

Samotné analýzy jsou však jen základem pro samotný výběr zaměstnanců. Některé z nástrojů v sobě již zahrnují způsoby, jakými se má daný aspekt hodnotit. Pro taková hodnocení se zpravidla využívá typických metod sociologického výzkumu – kvalitativních i (semi)kvantitativních metod – kvalitativních vyjádření, která jsou kvantifikována. Z kvalitativních metod jsou zařazovány metody **rozhovorů**, **analýzy životopisů** či **pozorování**, přičemž tyto dvě metody se vzájemně prolínají a jsou dále rozpracovávány např. do podoby **behaviorální metody vedení pohovoru**. Oba tyto přístupy vyžadují školeného analytika, který je schopen na základě obojího provést hodnocení zaměstnanců (Garcia-Izquierdo et al in Nikolaou and Oostrom, 2015). Ze (semi)kvantitativních metod jsou využívány **dotazníky (zájmů, motivace)** a **různé typy testů (znalostí a schopností, integrity, situačního úsudku)**. V řadě společností jsou jednotlivé nástroje kombinovány, což přináší řadu benefitů i určitých problémů, které souvisí např. s interpretací výsledků testů či manažerskými očekáváními (Rosse et al., 2018). Jeden z možných přístupů k hodnocení/výběru pracovníků znázorňuje *Obr. 4* (Evangelu, J. E., 2009).



Obr. 4 Běžné diagnostické možnosti v personální praxi. Zdroj obr.: Evangelu, J. E. (2009). *Diagnostické metody v personalistice* (1. vyd.). Praha: Grada. (s. 35), vlastní zpracování.

Jako důležitá součást, se z pohledu této práce jeví metoda kognitivních testů. Chan & Hough (2010) řadí testy do tzv. metod pro kognitivní schopnosti, Seitl (2015) do výkonových metod. Seitl (2015) rozlišuje dvě kategorie testů, kterými jsou jednak (i) **inteligentní testy měřící obecnou inteligenci** (General Mental Ability – GMA testy) a **testy měřící dílčí složky inteligence** – prostorovou, numerální, verbální apod.; a dále (ii) **testy specifických kognitivních funkcí**, které se zaměřují na specifické aspekty, jakými jsou paměť, reakční čas, pozornost či odolnost vůči monotonii. Autor na základě řady metaanalýz řady studií rovněž konstatuje, že jsou to právě GMA testy, které mají silnou predikční validitu vůči celkovému pracovnímu výkonu a jsou předpokladem toho, že zaměstnanec může úspěšně vykonávat pracovní činnosti. To souvisí nejen s jeho schopností vykonávat úkoly a řešit problémy, ale i se schopností se učit novým věcem. Vysokou predikční validitu mají rovněž testy znalostní. (Seitl, 2015). Zvýšení predikční validity hodnocení uchazeče lze pak v některých případech dosáhnout kombinací více metod (viz Tab. 2).

Tab. 2 Přehled kombinované predikční validity testů GMA s dalšími metodami (převzato a upraveno podle Seitl et al., 2015)

Typ metody	Typ souboru / škála / specifický typ metody	Kombinovaná validita
GMA + Znalostní testy	Civilní a vojenské	0,55
GMA + Assessment centra	Manažeři - úlohy řešení problémů	0,59
	Smíšený soubor - úlohy pro řešení problémů	0,56
	Smíšený soubor - celkové hodnocení	0,55
GMA + Interview	Strukturované	0,65
	Nestrukturované	0,60
	Zaměřené na popis chování	0,63
	Situační	0,66
GMA + Dotazníky Pětifaktorové teorie	Všechny faktory dohromady	0,60
	Svědomitost	0,58
	Otevřenost	0,56
GMA + Testy integrity	Smíšený soubor	0,67
GMA + Škály zvládnání zátěže	Smíšený soubor	0,64
GMA + Emoční inteligence	Sebeposouzení smíšeným souborem	0,66

Ze shora uvedených postupů vycházejí také společnosti, které byly součástí výzkumu v této práci. Ty poskytly možnost nahlédnout do interního dokumentačního systému (DMS), za předpokladu, že závěry z nich budou pouze obecné povahy a kompetenční modely nebudou nijak publikovány¹. Většina kompetenčních modelů těchto společností přesně popisuje konkrétní znalostní požadavky na jednotlivé pracovní pozice, v řadě případů jsou modely rozšířeny o psychologické testy, jejichž úkolem je například rozpoznat, zda je uchazeč schopen pracovat v týmu, zda dokáže pracovat pod tlakem/stresem, či učinit rychlá rozhodnutí. Kompetenční modely firem ve smyslu analytických nástrojů tedy zcela odpovídají trendům popsaným v odborné literatuře.

¹ Platí, že společnosti jsou na své kompetenční modely velmi citlivé, považují je za čistě interní dokumentaci a jen v ojedinělých případech jsou veřejně dostupné.

4.6 Konstrukce testů pro analýzu znalostí a dovedností zaměstnanců

Testy znalostí zaměstnanců (Job knowledge tests) umožňují analyzovat praktické a teoretické znalosti v konkrétním oboru. Jsou hojně využívány tam, kde je potřeba specializované znalosti a vysokou úroveň expertízy (Dye et al., 1993). U tvorby těchto testů/úloh musí do značné míry platit stejná pravidla jako u tvorby testů didaktických. Ověřují jednak znalosti vzdělávacího obsahu oboru, ale také například úroveň kognitivních dovedností, kritické myšlení, schopnost řešení problémů. Můžeme zde nalézt podobnost s testy PISA, které deklarují měření obsahové, procedurální a epistemické znalosti žáků. Toto šetření (testové úlohy), podobně jako úlohy ověřující jednotlivé položky rámce STAR, vychází z OECD rámce jednotlivých typů gramotností (přírodovědné, matematické či čtenářské), které pod OECD vytváří expertní skupiny. Vychází se přitom z odborných vědeckých studií, které se zabývají jednotlivými typy vzdělávání a kompetencemi, které si v nich mají žáci osvojit v rámci svého studia (OECD, 2016). Nabízí se proto, postupovat analogicky i dalším procesem tvorby a ověřování úloh. V rámci šetření PISA, podobně jako u výzkumu TIMSS vytvářejí úlohy odborníci v oblasti konkrétního typu vzdělávání. Důraz je přitom kladen nejen na obsah, který vychází z rámců gramotností, ale také úroveň kognitivního výkonu. Následně jsou úlohy posuzovány z hlediska obsahové a zjevné validity (face validity) užšími expertními skupinami (OECD, 2019). Obsahová validita přitom zkoumá soulad mezi rámcem konkrétní gramotnosti a obsahu úlohy testu, zkoumá se také úroveň očekávané kognitivní dovednosti. Zjevná validita vychází z úsudku expertní skupin a ověřuje se jí, zda jsou úlohy dle názoru expertní skupiny relevantní pro testovanou skupinu. Posuzuje se mj. proveditelnost, čtivost, konzistence stylu, jasnost vyjadřování – jazykové kvalita (Taherdoost, 2016). Vlastnosti položek (úloh) jsou potom, co jsou ve smyslu validity zkoumány expertní skupinou, v pilotáži statisticky testovány a musí splňovat konkrétní kritéria, která jsou jasně specifikována pro hlavní šetření.

Co naopak nemusí být u úloh ověřujících rámec STAR řešeno, ale je podstatné jak pro určité typy didaktických testů užívaných ve výuce, tak pro šetření PISA, je motivační charakter úloh (viz např. Jeřábek & Bílek, 2010). Lze se domnívat,

že zaměstnanci při přijímání do nového zaměstnání, či vysokoškolští studenti, kteří by úloh využívali jako přípravy na budoucí zaměstnání, budou dostatečně motivovaní k tomu, aby úlohy řešili.

5 METODIKA VÝZKUMU

Výzkum byl založen zejména na kvalitativních metodách pedagogického výzkumu. První část výzkumu byla zaměřená na vytvoření prototypu rámce STAR a jeho verifikaci. Při tvorbě prototypu rámce STAR se vycházelo z metod teoretického vědeckého výzkumu (viz kapitola 4.2). Konkrétně se využívalo metody obsahové analýzy různých přístupů k vymezení vědeckého myšlení a uvažování, a to hledáním analogií a odlišností mezi jednotlivými vymezeními konceptů vědeckého myšlení a uvažování. Následná syntéza získaných poznatků vedla k identifikaci jednotlivých podstatných kompetencí v rámci STAR a jejich přesnému vydefinování. Na základě tohoto postupu byl vytvořen prototyp rámce STAR.

Funkčnost rámce STAR byla ověřena s pomocí polostrukturovaných rozhovorů. Cílem těchto rozhovorů byly konečné úpravy vytvořeného prototypu rámce STAR a vznikl tak finální rámec vědeckého myšlení a uvažování. Rozhovory byly vedeny nejen s personalisty jednotlivých akreditovaných společností, ale také s liniovými managery a zaměstnanci na pozicích QC analytika, QA specialisty, validačního specialisty a interního auditora kvality napříč vývojem, výrobou a poskytováním služeb v oblastech specifikovaných v předchozí teoretické části této práce. Společnou doménou (corporate governance) všech zainteresovaných společností jsou znalosti a dovednosti zaměstnanců v přírodovědných oborech, zejména chemie.

Při výběru vzorku se vycházelo z práce Francise et al. (2010). Nejprve byl proveden stratifikovaný výběr vzorku respondentů (popis vzorku respondentů je uveden v *Tab. 3*).

Tab. 3 Popis vzorku

Respondent	Charakteristika společnosti	Validační specialista [délka praxe v letech]	QA specialista [délka praxe v letech]	QC analytik [délka praxe v letech]	Aktuální pracovní pozice respondenta
1	Výroba zdravotnických prostředků <i>Globální</i>	8	x	1	Validační specialista (senior)
2	Farmaceutické služby <i>Globální</i>	10	x	X	Validační specialista
3	Výzkum a Vývoj (R&D) <i>Národní</i>	x	5	3	Projektový manažer
4	Farmaceutická výroba <i>Globální</i>	8	x	2	Vedoucí oddělení
5	Laboratorní testování <i>Globální</i>	x	8	4	Manažer kvality
6	Biotechnologie <i>Globální</i>	4	x	4	Validační specialista
7	Výroba (Pharma/Food) <i>Globální</i>	x	4	2	QA specialista
Rozhovory potvrzující nasycenost dat					
Headhunter	Nábor zaměstnanců pro přírodovědné/technické pracovní pozice				Headhunter
Bývalý zaměstnanec	Farmaceutická výroba Enviro Lab <i>Globální</i>	1	5	3	Inspektor

Kritéria výběru byla následující:

- pokrytí širšího portfolia společností zaměstnávajících absolventy chemických oborů, které sídlí v České republice,
- výběr respondentů majících ucelený přehled o náplni práce a zastávajících vybrané pozice, kterým má být rámec určen,
- projevení zájmu a ochoty respondentů uvažovat o rámci STAR jako o jedné ze součástí kompetenčního modelu jejich společnosti,
- zajištění validace získaných dat dvěma osobami mimo tyto společnosti, které mají však patřičné povědomí o pracovních pozicích v analogických společnostech (headhunter specializující se na výběr uchazečů přírodovědně technických pozic s relevantní praxí a bývalý zaměstnanec tří analogických společností).

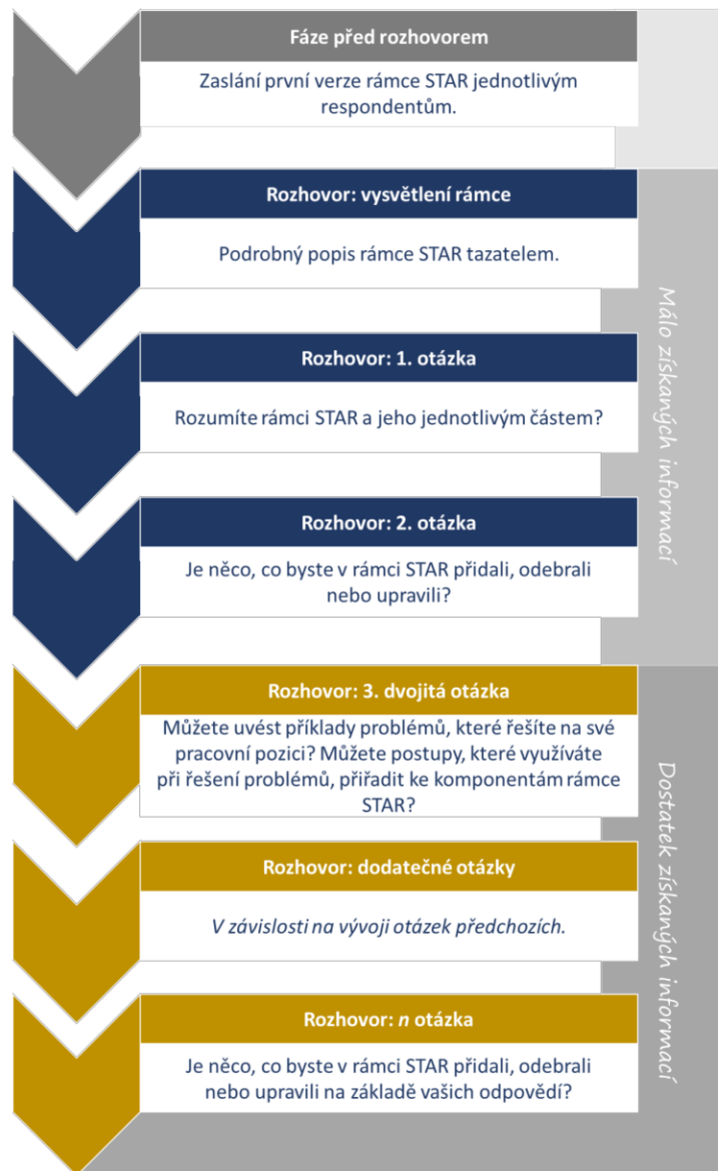
Vzhledem k složitosti a časové náročnosti rozhovorů byla primární velikost vzorku stanovena na sedm respondentů. Po provedení těchto rozhovorů následovaly další dva rozhovory s osobami mimo tyto společnosti, kde bylo zjišťováno, zda se v rámci realizovaných rozhovorů nevyskytne nový podnět týkající se úprav rámce STAR. Takové zjištění by mělo za následek pokračování v dalších rozhovorech s dalšími respondenty jak z výrobních společností, tak ze skupiny headhunterů a bývalých zaměstnanců. Dotazovaní byli schopni poskytnout kontakty na další osoby z analogické skupiny, čímž by bylo docíleno žádoucího tzv. „snow-ball“ efektu.

Složitost tématu, jako vědecké myšlení a uvažování je, vyžadovala před samotným uskutečněním rozhovorů náležitou intenzivní přípravu. Pro řádný průběh rozhovoru byla nejprve realizována pilotáž struktury rozhovoru (správné nastavení otázek). Pilotáž ukázala, že bylo poměrně složité držet se v průběhu rozhovorů jasných mantinelů, aby se rozhovor neodchyloval od vedeného tématu hovorů. Dále bylo zjištěno, že je nezbytné využívat při rozhovoru odborný žargon (zajištění komfortu respondenta během rozhovoru) a v neposlední řadě bylo zapotřebí uvádět konkrétní příklady z praxe, aby respondenti správně pochopili smysl i jednotlivé kompetence rámce STAR, a aby jak osoba vedoucí rozhovory, tak respondent měli jistotu, že jsou z hlediska

pochopení rámce ve vzájemném souladu. Všechny tyto aspekty byly zohledněny v hlavním šetření. Schéma rozhovoru popisuje *Obr. 5*.

Všichni respondenti v hlavním šetření byli seznámeni se skutečností, že bude z rozhovorů pořízen audiozáznam, ale rozhovory budou anonymizovány. Souhlas k pořízení nahrávky a k interpretaci souhrnných poznatků ve vztahu k rámci STAR (resp. modelu) byl získán od všech účastníků našeho výzkumu. Následně byly všechny zvukové záznamy rozhovorů zálohovány a přepsány s vynecháním nepodstatných „výplňových slov“.

Pro zachování co největší míry správnosti informací a zjištění co nejvíce parametrů kompetenčního rámce byly přepisy rozhovorů kódovány za pomoci softwaru ATLAS.ti. Bylo provedeno dvojí, na sobě nezávislé kódování, za účelem zvýšení objektivity získaných kvalitativních dat. Kódy a jejich definice byly přiřazovány tak, aby byly vyčleněny jednak kategorie souhlasu s nastavenými kompetencemi ve STAR rámci a jednak kategorie připomínek respondentů k danému rámci. Kódy byly definovány tak, aby bylo možné vzájemně komunikovat o způsobech jejich přiřazení. Poté byly poznatky z kódování vzájemně porovnány. Nakonec byl sestrojen finální přehled kategorií souhlasu s rámcem a kategorií připomínek k rámci. Byla analyzována rovněž shoda ve výpovědích respondentů. Bylo rozhodnuto, že pokud se kategorie připomínek vyskytne v rozhovoru dvakrát a více, bude rámec podle daných připomínek upraven. Pro zachování jednotlivých kompetencí jako součástí rámce musela existovat shoda alespoň u pěti respondentů. Na základě těchto postupů byl prototyp rámce STAR upraven.



Obr. 5 Schéma rozhovoru/výzkumu.

Druhá část výzkumu se orientovala na vytvoření komplementárního hodnotícího nástroje k rámci STAR pro ověření kompetencí vědeckého myšlení a uvažování u potenciálních zaměstnanců firem. Tento hodnotící rámec představuje systém úloh, které ověřují jednak specifické znalosti a dovednosti, jednak všeobecné znalosti a dovednosti vědeckého myšlení a uvažování. Práce vycházela do velké míry z principů, které jsou popsány u tvorby úloh v šetření PISA (viz teoretická východiska práce). Základem úloh byl tedy jednak rámec vědeckého myšlení a uvažování, jak byl vyspecifikován v analytické části práce a ověřen kvalitativním výzkumem, a dále také expertní znalosti reálného

prostředí společností, ve které může být rámec aplikován. Rámec STAR obsahuje jednak všeobecné znalosti a dovednosti vědeckého myšlení a uvažování představující obecné kognitivní výkony, které musí budoucí zaměstnanec zvládnout, a dále oborově specifické znalosti a dovednosti, tedy konkrétní obsah – znalosti a dovednosti v oblasti přírodovědných oborů i laboratorní praxe – které je potřeba pro vykonávání budoucí práce. Pro oborově specifické znalosti je zapotřebí dobře znát právě náplň činností ve společnostech, pro které jsou úlohy určeny, proto bylo využito znalosti analogických společností, podložených dlouhodobou profesní praxí. Zároveň tyto úlohy musejí vycházet z kurikul vysokých škol, které připravují studenty pro povolání, která tyto společnosti nabízí. Vychází se přitom zejména z kurikul oborů, jako jsou: Analytická chemie, Biochemie, Klinická a toxikologická analýza, Medicinální chemie a další. Cílem bylo vytvořit takové úlohy, které by co nejdříve kopírovaly situace, které mohou nastat v běžné pracovní činnosti na konkrétních pozicích, a při kterých se musí projevit některá z všeobecných znalostí a dovedností vědeckého myšlení a uvažování, které jsou zahrnuty v rámci STAR.

Po vytvoření úloh hodnotícího rámce komplementárního k rámci STAR byla s vedoucí práce diskutována jejich didaktická kvalita. Poté byla testována jejich obsahová a zjevná validita (viz teoretická východiska práce). Pro oba tyto účely byly zaslány hotové úlohy k expertnímu posouzení celkem 7 zástupcům společností, pro které byly určeny a jejichž zástupci se podíleli na finalizaci rámce STAR. Zástupci společnosti byli požádáni, aby zhodnotili úlohy podle následujících kritérií:

- z hlediska vhodného výběru oborově specifických znalostí a dovedností, které jsou vyžadovány,
- z hlediska reálnosti situace běžné pracovní činnosti, k níž je úloha vázána,
- z hlediska přiměřenosti obtížnosti (proveditelnosti) dané úlohy pro danou pozici ve společnosti,

- z hlediska přiměřenosti nápovědy v úloze pro ty, kteří by ji využili, např. noví absolventi vysokých škol usilujících o danou pozici, či absolventi přírodovědných oborů, kteří působili v jiných pracovních pozicích
- z hlediska přesnosti autorského řešení dané úlohy,
- z hlediska formálního nastavení úlohy – rozsahu, srozumitelnosti/jasnosti vyjadřování a „čtivosti“, konzistence jazykového stylu a názornosti obrazového doprovodu textu.

Zástupci společností vznesli k úlohám své připomínky na základě shora uvedených kritérií. Připomínky byly zapracovány do výsledné podoby úloh (viz str. 61).

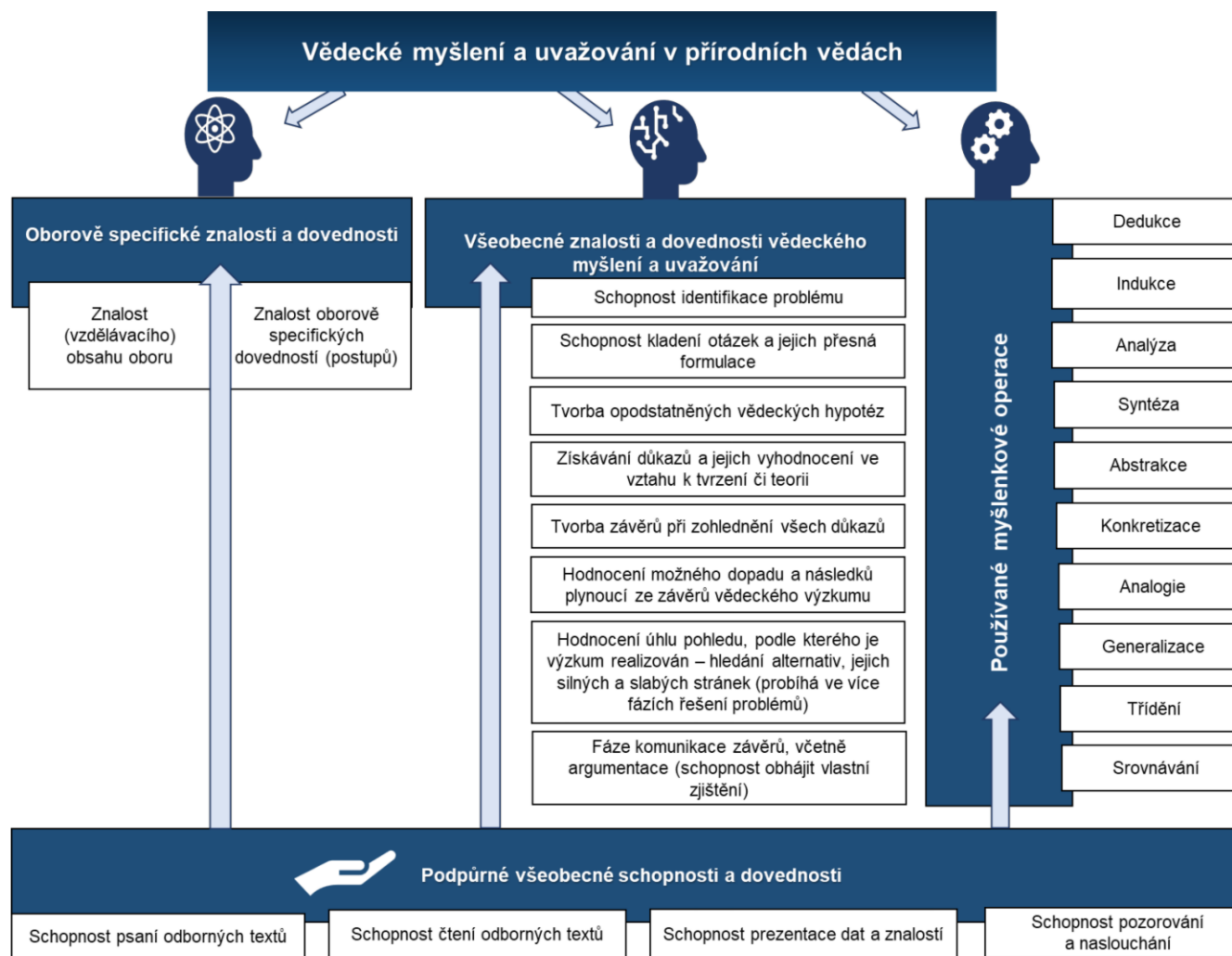
U úloh byla také ověřována konstruktová validita dle práce Huhn et al. (2011). Práce vychází z předpokladu, že odborníci (experti) řeší úlohy jinými strategiemi než nováčci. Řeší úlohy rychleji, a to zpravidla aplikací nějakého myšlenkového vzorce, který vychází z jejich předchozí zkušenosti při řešení daného problému (tvorba analogií). Naopak nováčci musí zapojovat daleko náročnější procesy jako je hypoteticko-deduktivní metoda uvažování. Získávají maximální možné množství informací pro možnost vytvoření hypotézy, kterou potom uplatní při řešení problému (Huhn et al. 2011). Při správném nastavení úloh by tedy odborníci měli řešit úlohy rychleji, lépe a efektivněji, nováčci naopak, ale na řešení by však měli být schopni přijít. Vzhledem k tomu, že potřebují větší množství informací pro řešení, mohou využít v úloze nápovědy. Všechny úlohy prošly pilotáží na vzorku 10 odborníků a 10 nováčků (studentů a absolventů v oboru, jejichž praxe nepřesáhla dva roky a nepracovali na pozicích, pro které jsou úlohy určeny). Výsledky konstruktové validity úloh jsou uvedeny v oddíle 6 této disertační práce. S některými respondenty – nováčky byly vedeny po vyřešení krátké rozhovory k úlohám. Vzhledem k tomu, že rozhovory nebyly vedeny se všemi těmito respondenty, jsou zde některé jejich postřehy uvedené pouze jako kontextové informace. Tyto rozhovory nebyly nijak formálně zpracovány. Pro přiřazení dílčích částí úloh ke kategoriím obecných znalostí a dovedností vědeckého myšlení a uvažování – kompetencím – bylo využito expertního

posouzení (stejní zástupci jako pro hodnocení obsahové a zjevné validity nástroje). Kategorie obecných znalostí a dovedností vědeckého myšlení a uvažování byla u úloh nastavena pro úroveň nováčků (např. absolventů škol, či uchazečů o nový typ pracovní pozice, kterou předtím nevykonávali).

6 VÝSLEDKY

6.1 Vytvoření prototypu kompetenčního rámce STAR

První verze rámce STAR, dále v textu již prototyp, byla vytvořena na základě obsahové analýzy literatury, která byla rešeršována v úvodu této práce (viz oddíl 4.2). Byla provedena syntéza několika přístupů k vymezení vědeckého myšlení a uvažování v přírodovědných oborech, která vyústila ve vytvoření prototypu rámce (viz *Obr. 6*).



Obr. 6 Prototyp rámce STAR²

² Prototyp rámce STAR publikován v: Janoušková, S.; Pyskatá Rathouská, L.; Žák, V.; Stratilová Urválková, E. (2021). The Scientific Thinking and Reasoning Framework and its Applicability to Manufacturing and Services Firms in Natural Sciences. Research in Science & Technological Education. Dostupné z webové stránky: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/02635143.2021.1928048>.

Základními dimenzemi prototypu rámce STAR jsou oborově specifické znalosti a dovednosti v přírodních vědách, všeobecné znalosti a dovednosti vědeckého myšlení a uvažování, podpůrnými dimenzemi rámce jsou potom používané myšlenkové operace a podpůrné všeobecné schopnosti a dovednosti, bez nichž by nemohlo být využívání specifických znalostí ani všeobecných znalostí a dovedností vědeckého myšlení možné.

Dimenze „oborově specifických znalostí a dovedností“ jsou již pro prostředí České republiky definovány Národní soustavou povolání (NSP, 2020), která je v gesci Ministerstva práce a sociálních věcí ČR. Jde o otevřenou a všem dostupnou databázi povolání, aktuálně skýtající popis pozic pro téměř 2 400 různých povolání. Popis oborových znalostí a dovedností, obecných dovedností i měkkých dovedností pro jednotlivé pozice je definován zaměstnavateli prostřednictvím sektorových rad jako svých reprezentativních zástupců, přičemž garantem je stát (NSP, 2020). Výhodou využití této databáze je fakt, že rámec, tak jak je v současné době vytvořen, je univerzální a může být využit pro všechny společnosti, pro které je vědecké myšlení a uvažování relevantní. Při tvorbě této soustavy se navíc spolupracovalo s relevantními stakeholdery z různých profesních sdružení, svazy zaměstnavatelů apod. V zahraničí lze vycházet z databáze zaměstnání O*NET.

Co doposud není vydefinováno a s ohledem na využití kompetenčního rámce společnosti je nutné blíže specifikovat, jsou dimenze „všeobecných znalostí a dovedností vědeckého myšlení a uvažování“ rámce. Jednotlivé kompetence v této dimenzi byly vydefinovány na základě literární rešerše a to tak, aby byly blízké uživatelům rámce, tj. akcent byl kladen na srozumitelnost definic pro uživatele mimo vědeckou komunitu zabývající se vědeckým myšlením a uvažováním (viz *Tab. 4*).

Tab. 4 Vymezení pojmů vědeckého rámce v komponentě „všeobecné znalosti a dovednosti vědeckého myšlení a uvažování“

Všeobecné znalosti a dovednosti vědeckého myšlení a uvažování	Vymezení
<i>Schopnost identifikace problému</i>	Rozpoznání problému a identifikace různých možných pohledů na něj (např. názor odborné veřejnosti, běžné populace). Schopnost rychlé, správné a srozumitelné formulace problému.
<i>Schopnost kladení otázek a jejich přesná formulace</i>	Nalezení jedné otázky nebo více (sady) otázek, které bude třeba ve vztahu k problému řešit, a jejich přesná a srozumitelná formulace.
<i>Tvorba opodstatněných vědeckých hypotéz</i>	Konstrukce opodstatněných vědeckých hypotéz respektujících zavedené vědecké postupy, které se vztahují ke stanoveným otázkám vedoucím k řešení problému. Opodstatněnost hypotéz by měla být založena na známých teoriích, principech, modelech apod.
<i>Získávání důkazů a jejich vyhodnocení ve vztahu k hypotéze nebo teorii</i>	Získávání důkazů na základě vědeckých postupů, včetně teoretických metod vědeckého výzkumu založených na základních myšlenkových operacích (dedukce, indukce, analýza, syntéza atp.) a jejich hodnocení ve vztahu hypotéze nebo teorii.
<i>Tvorba závěrů při zohlednění všech důkazů</i>	Vyvození závěrů na základě zvážení vlastností získaných důkazů. Vlastnostmi se mají na mysli správnost, spolehlivost/přesnost, objektivita apod.
<i>Hodnocení úhlu pohledu, podle kterého je výzkum realizován – hledání alternativ, jejich silných a slabých stránek</i>	Schopnost objektivně identifikovat svůj úhel pohledu na realizaci řešení vědeckého problému a dovednost hledat silné a slabé stránky svého přístupu k řešení (probíhá ve více fázích řešení problémů).
<i>Hodnocení dopadu a následků plynoucích ze závěrů vědeckého výzkumu</i>	Hodnocení pozitivních i negativních dopadů závěru vlastního vědeckého řešení problému/výzkumu na své vlastní prvotní teorie (prekoncepty), na prekoncepty ostatních, dále pak na společnost, na životní prostředí apod.
<i>Fáze komunikace závěrů, včetně argumentace (schopnosti obhájit vlastní zjištění)</i>	Prezentace používaných vědeckých metod a závěrů zjištění (řešení problémů) odborné i laické komunitě založená na vhodných podpůrných argumentech pro vlastní zjištění.

Další dvě podpůrné dimenze nebyly definovány. Obě dimenze jsou samonosné a v základní rovině uvažování o těchto konceptech i intuitivně pochopitelné. Další podrobnější definování by praktické využití rámce nadměrně komplikovalo. Rozhovory navíc ukázaly, že dimenze používaných myšlenkových operací je redundantní a dimenze podpůrných všeobecných schopností a dovedností pochopitelná a není jí třeba více specifikovat.

6.2 Analýza rozhovorů

Primárním poznatkem vyplývajícím již z pilotáže a potvrzeným následnými rozhovory byla skutečnost, že před samotnou realizací tohoto výzkumu zástupci jednotlivých zainteresovaných společností o potřebě vymezení parametrů vědeckého myšlení a uvažování (v souvislosti se svými zaměstnanci) nikdy neuvažovali. Zpočátku bylo tedy nutné překonat skepsi účastníků rozhovoru k účelnosti tvorby takového rámce, a to i přesto, že před uskutečněním rozhovoru projevovali zájem a ochotu uvažovat o vědeckém myšlení a uvažování ve vztahu k jejich společnosti, což bylo také jedno ze základních kritérií pro zařazení do rozhovoru. Bylo rovněž nutné detailně diskutovat jednotlivá vymezení kompetencí v rámci (viz *Tab. 4*). Většina respondentů je nenastudovala dopředu, byť tato možnost existovala. Vymezení kompetencí bylo považováno za srozumitelné. Většina respondentů je okamžitě převáděla na příklady z profesní praxe. Při rozhovorech se jako nejefektivnější ukázalo mluvit o konkrétních pracovních pozicích v dané společnosti a pro tyto jednotlivé pozice identifikovat nejvýznamnější kompetence vymezené rámcem, respektive ty kompetence, které jsou pro výkon dané pozice naprosto stěžejní. To respondenty mj. utvrdilo v tom, že uvažovat o kompetencích (dovednostech a znalostech) zaměstnanců v rámci obecnějšího modelu může mít své výhody. Z výzkumného hlediska pak uváděním konkrétních příkladů respondentů fakticky prokazovali (ne)opodstatněnost existence jednotlivých kompetencí v předloženém rámci.

Obsahová analýza rozhovorů ukázala, že všech sedm respondentů se shodlo na tom, že kompetence uvedené v rámci mají své opodstatnění a ve skutečnosti zobecňují parametry znalostí a dovedností zaměstnanců, které jsou nezbytné pro výkon různých, zpravidla vysokoškolských profesí v rámci jejich společností.

Navíc byli respondenti schopni dle pracovních pozic ve společnostech určit, jaké kompetence jsou pro konkrétní profesi nejdůležitější. I zde existoval absolutní překryv mezi respondenty. Ještě průkaznějším dokladem správného nastavení kompetencí v předloženém rámci, jakož i jejich vymezení (*Tab. 4*), byla skutečnost, že pro ekvivalentní pozice ve firmách definovali respondenti shodné stěžejní dovednosti pro výkon této pozice.

Rovněž dva rozhovory, které měly validační úlohu, potvrdily, že všeobecné znalosti a dovednosti vědeckého myšlení a uvažování jsou v navrženém prototypu rámce vymezeny vhodně. To bylo prokázáno mj. tím, že tito lidé bez problému přiřadili vymezené kompetence jednotlivým diskutovaným pracovním pozicím. Dva respondenti konstatovali, že jsou položky logicky řazené a že ve správném sledu definují to, co musí umět „top“ odborný pracovník ve společnosti – validační specialista. Další respondenti o návaznostech v předloženém rámci explicitně nehovořili, ale při uvádění příkladů kompetencí důležitých pro jednotlivé profese postupovali v tom logickém sledu, který rámec aktuálně přináší. Na základě těchto zjištění již nebylo třeba tuto sekci rámce, ani jednotlivá vymezení dále upravovat.

Z obsahové analýzy rozhovorů nicméně vyplynuly jiné požadavky na úpravu navrženého prototypu rámce přírodovědného myšlení a uvažování. Za nadbytečnou položku lze považovat tu část rámce, která zahrnuje používané myšlenkové operace. Model se díky ní stává příliš komplikovaným a přidaná hodnota je minimální. Pojmy byly složitě uchopitelné i pro respondenty samotné. Je tedy zřejmé, že i pro komunikaci s budoucími i stávajícími zaměstnanci, budou těžko použitelné.

Všem respondentům naopak v navrženém prototypu rámce připadaly důležité pro popis nutných dovedností zaměstnanců podpůrné všeobecné vědomosti a dovednosti (viz *Obr. 6*), bez kterých se dle jejich názoru zaměstnanci obejít nemohou. Shoda mezi čtyřmi respondenty panovala v tom, že kompetence „schopnost čtení odborných textů“ není zcela výstižná, protože existuje rozdíl mezi schopností čtení (a pochopení) odborných textů a schopností čtení (a pochopení) směrnic a norem. V druhé jmenované schopnosti (směrnice a normy) podle respondentů zejména absolventi vysokých škol bezprostředně po ukončení studia selhávají. Dobře tuto myšlenku vyjadřuje

jeden z respondentů: „Ve škole se člověk například s technickou normou v podstatě moc nepotká. Vidím ji, přečtu si ji, ale nemám tendenci za tím hledat ten proces, a to je hrozná chyba.“ Schopnost pochopení různých technických norem a směrnic zaměstnanci, jako důležitá součást výkonu diskutovaných pracovních pozic, se v různých kontextech vyskytuje ve čtyřech rozhovorech, proto je nezbytné pojem „technických norem a směrnic“ do rámce STAR zařadit.

Kompetence „schopnost čtení odborných textů“ bude proto rozdělena na schopnost čtení a pochopení odborných textů (např. studií, vědeckých článků, výzkumných zpráv) a schopnost čtení a pochopení technických norem a směrnic. Charakter obojího se totiž zásadně liší. Ilustrujme to vyjádřením jednoho z respondentů, který dobře shrnuje také vyjádření ostatních „...co se týká samostatného procesu z hlediska legislativy, tak na to existují jen ISO normy. A v tom třeba vidím opravdu velký problém. Norma je pro mě vědecký „paskvil“. Podle mě, ten, kdo tu normu vytváří, se vyhýbá tomu být konkrétní. Takže tam dají obecné předpoklady, obecné požadavky. Nevedou se metodou příkazu, ale doporučení, ve stylu, že můžete toho dát méně, ale musíte si to obhájit. To je nešťastné, protože ve výsledku si na to člověk musí přijít sám a napasovat to do té normy. Většinou jsem se už dříve setkal s normou, kde byl zavedený proces, v reálu snadno představitelný a dokázal jsem to do normy napasovat, ale tento případ byl odlišný.“ Do vyjádření bylo také uvedeno slovo pochopení, neboť explicitněji vyjadřuje potřeby společností. (Tento rozhovor se opíral zejména o technické normy.)

Podobně se jeden z respondentů vyjádřil o schopnosti psaní. I zde je z jeho pohledu významný rozdíl mezi psaním rešerší a psaním odborných zpráv. I když další respondenti toto nezdůrazňovali, považujeme zahrnutí daného názoru za podstatné a pojem „odborný text“ proto rozšiřujeme na „rešerši, odbornou zprávu a další odborné texty.“ Je třeba zdůraznit, že rozšíření této kompetence pouze upřesňuje popisem původního označení kompetence, ale nemění se tím její význam. Zároveň se setkává s přesnější terminologií jednotlivých firemních kultur.

Větší shoda mezi respondenty se objevila u kompetence schopnost prezentace dat a znalostí. Čtyři respondenti zdůraznili, že schopnost prezentovat je zvláště u „top“ pozic, jako je validační specialista, nutně odlišná pro různé cílové skupiny

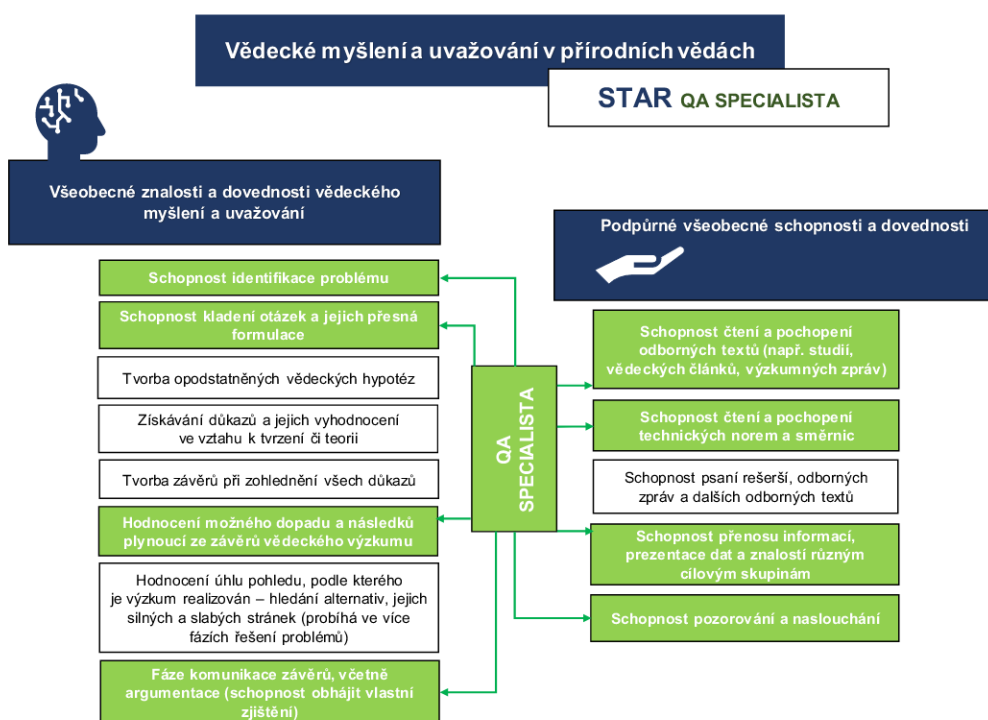
a je zapotřebí tomu přizpůsobit styl komunikace. Ilustrujme to opět jednou z výpovědí: „Každý je sice schopen nějakým svým způsobem formulovat svůj názor, výsledek, ale já se často setkávám s tím, že lidé mají a prezentují svůj názor, ale pro toho posluchače to není srozumitelné. Když budeš jako Einstein, tak prohlásíš něco, ale 99 % zúčastněných ti nebude rozumět, protože tam použiješ takové myšlenkové operace, kterým spoustu lidí nerozumí.“ Jeden z respondentů uvedl, že důležitá je nejen správná prezentace dat a znalostí, ale v zásadě všech informací ve firmě mezi zaměstnanci tak, aby úkoly (i vědeckého charakteru) byly nejen řádně splněny, ale hlavně správně pochopeny všemi zúčastněnými stranami. V tomto smyslu bylo tedy upraveno znění kompetence rámce tak, že stávající kompetence „schopnost prezentace dat a znalostí“ byla rozšířena na „schopnost přenosu informací, prezentace dat a znalostí různým cílovým skupinám“. Všechny změny v rámci jsou znázorněny níže, viz Obr. 7.



Obr. 7 Finální modul rámce STAR.

6.3 Kompetenční rámec STAR s vyznačením klíčových kompetencí pro jednotlivé pracovní pozice

Na základě analýzy rozhovorů, který byl popsán v předchozí kapitole, byl sestaven finální modul rámce STAR, viz *Obr. 7*. Respondenti určili, jaké kompetence jsou pro konkrétní pracovní pozici stěžejní. Do tohoto rámce byly postupně vyznačeny vybrané pracovní pozice (QA specialista, QC analytik a validační specialista), viz *Obr. 8* až *Obr. 10*. Implementaci všech vyznačených výše zmiňovaných pozic demonstruje *Obr. 11*. Toto rozlišení může být praktické při orientaci absolventů či uchazečů o nové pracovní pozice v tom, jaké nároky jsou z hlediska vědeckého myšlení a uvažování důležité. V úlohách hodnotícího rámce pak lze cíleně vybírat ty části úloh, které přísluší konkrétním pracovním pozicím.



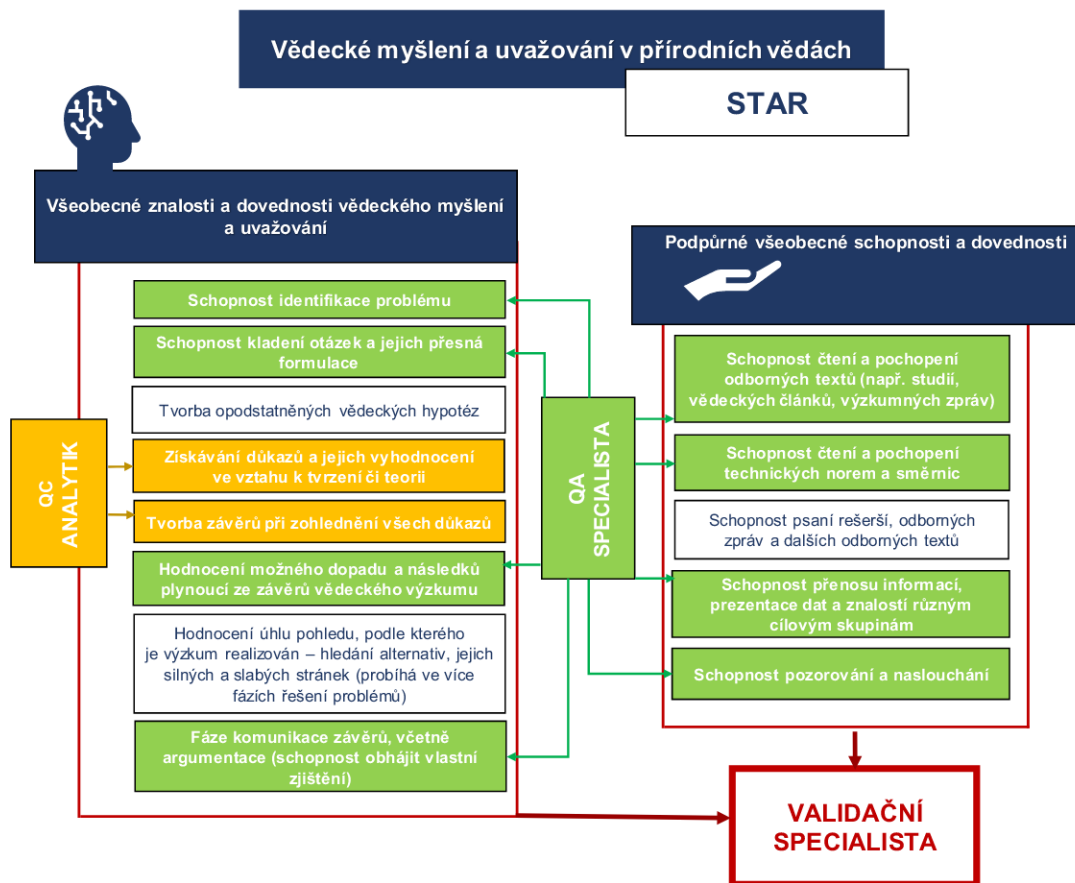
Obr. 8 Rámec STAR - Implementace pracovní pozice QA specialisty.



Obr. 9 Rámec STAR - Implementace pracovní pozice QC analytika.



Obr. 10 Rámec STAR - Implementace pracovní pozice validačního specialisty.



Obr. 11 Rámec STAR zahrnující všechny zvolené pracovní pozice: QA specialista, QC analytik a validační specialista.

6.4 Úlohy pro komplementární hodnotící rámec k rámci STAR

Na základě postupu, který je detailně uveden v metodické části práce byla vytvořena série úloh pro komplementární hodnotící rámec k rámci STAR, které byly po diskuzi s experty z oslovených společností a při zohlednění jejich poznámek vytvořeny v podobě, která je uvedena níže.³ Tímto přístupem byla ošetřena obsahová a zjevná validita úloh. Některé úlohy jsou tvořeny i několika dílčími podúlohami. Ke každé této podúloze byla expertním týmem přiřazena kompetence z rámce vědeckého myšlení a uvažování STAR (blíže viz Tab. 5).

³ Část úloh publikována v: Pyskatá Rathouská, L.; Janoušková, S.; Stratilová Urválková, E. (virtual event, 18-19 March 2021). Assessment tool for scientific thinking and reasoning skills: an inspiration for university graduates in natural sciences. *10th New Perspectives in Science Education -International Conference*. Dostupné z webové stránky: <https://conference.pixel-online.net/NPSE/files/npse/ed0010/FP/7203-CHEM5044-FP-NPSE10.pdf>.

Tab. 5. Úlohy s přiřazenými kompetencemi rámce STAR

Úloha	Dílčí podúloha	Kompetence rámce STAR
Laboratorní vzorek a duplikát	1. - 3.	Schopnost identifikace problému
		Tvorba závěrů při zohlednění všech důkazů
	4.	Schopnost identifikace problému
		Tvorba opodstatněných vědeckých hypotéz
Kalibrace přístroje	1.a - 1.c	Oborově specifické znalosti a dovednosti
	2.	Schopnost identifikace problému
Specifikační limit disoluce	1.	Schopnost čtení a pochopení odborných textů
		Schopnost psaní rešerší, odborných zpráv a dalších odborných textů
		Schopnost přenosu informací, prezentace dat a znalostí různým cílovým skupinám
Identifikace polycyklických aromatických uhlovodíků (PAH)	1.; 2.a; 2.b; 3.a; 3.b	Schopnost čtení a pochopení technických norem a směrnic
Tvorba pracovního listu pro přípravu standardu EDTA	1.	Schopnost čtení a pochopení odborných textů
		Schopnost psaní rešerší, odborných zpráv a dalších odborných textů
		Schopnost přenosu informací, prezentace dat a znalostí různým cílovým skupinám

ÚLOHA: Laboratorní vzorek a duplikát

Zadání:

Z extrakční laboratoře jste obdrželi celkem 20 vzorků, které budete analyzovat pomocí plynové chromatografie s hmotnostní detekcí (GCMS). Pořadí analyzovaných vzorků v sekvenci je dáno standardním operačním postupem (SOP). Dle SOP jste vytvořili sekvenci (viz pravá strana) a vzorky nasadili na instrument GCMS. Sekvence obsahuje nejen analyzované vzorky, ale i vzorky kontrolní (včetně laboratorních duplikátů) a v neposlední řadě i kalibraci.

Abychom předešli tzv. carry over efektu (přenos kontaminace mezi vzorky), v sekvenci se periodicky, každých pět vzorků, opakuje tzv. výpal (v1-v5). Jedná se o nástřik čistého rozpouštědla (n-hexanu), který má za úkol pročistit chromatografický systém. Výpal je nutné zařadit i za nejkonzentrovanejší kalibrační bod, tedy za konec kalibrace, který je v této sekvenci tvořen pátým kalibračním bodem, označeným jako Cal_0603_L5. Na instrumentu budeme měřit 4 sady vzorků. Každá sada byla v laboratoři připravena samostatně a náleží k ní příslušné kontrolní vzorky, tj. jeden slepý pokus (blank), jeden fortifikovaný vzorek (LCS – Laboratory Control Sample) a laboratorní duplikát (název vzorku zakončen „DUP“). Laboratorní duplikát monitoruje přesnost laboratorní analýzy od homogenizace a navážení vzorku, přes extrakci až po samotné měření na instrumentu. Jedná se vždy o dva podíly téhož vzorku analyzované samostatně stejným postupem. V první sérii je tedy laboratorní duplikát označen jako VZ_0603_1002_DUP a patří ke vzorku VZ_0603_1002.



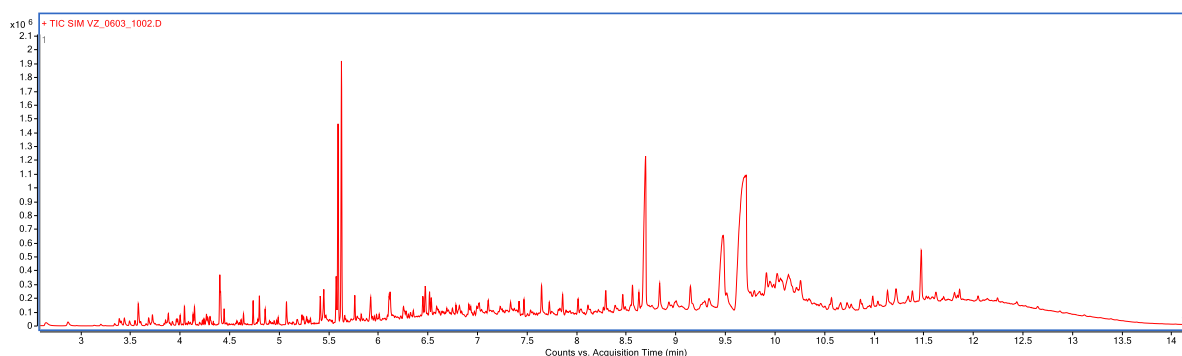
Sekvence GCMS

POZICE	METODA	VZOREK
Sample 1	PAH_METHOD_STAR	CaL_0603_L1
Sample 2	PAH_METHOD_STAR	CaL_0603_L2
Sample 3	PAH_METHOD_STAR	CaL_0603_L3
Sample 4	PAH_METHOD_STAR	CaL_0603_L4
Sample 5	PAH_METHOD_STAR	CaL_0603_L5
Sample 100	VÝPAL	V1
Sample 6	PAH_METHOD_STAR	Blank_0603_1
Sample 7	PAH_METHOD_STAR	LCS_0603_1
Sample 8	PAH_METHOD_STAR	VZ_0603_1001
Sample 9	PAH_METHOD_STAR	VZ_0603_1002
Sample 10	PAH_METHOD_STAR	VZ_0603_1002_DUP
Sample 100	VÝPAL	V2
Sample 11	PAH_METHOD_STAR	Blank_0603_2
Sample 12	PAH_METHOD_STAR	LCS_0603_2
Sample 13	PAH_METHOD_STAR	VZ_0603_2003
Sample 14	PAH_METHOD_STAR	VZ_0603_2004
Sample 15	PAH_METHOD_STAR	VZ_0603_2004_DUP
Sample 100	VÝPAL	v3
Sample 16	PAH_METHOD_STAR	Blank_0603_3
Sample 17	PAH_METHOD_STAR	LCS_0603_3
Sample 18	PAH_METHOD_STAR	VZ_0603_3005
Sample 19	PAH_METHOD_STAR	VZ_0603_3006
Sample 20	PAH_METHOD_STAR	VZ_0603_3006_DUP
Sample 100	VÝPAL	V4
Sample 21	PAH_METHOD_STAR	Blank_0603_4
Sample 22	PAH_METHOD_STAR	LCS_0603_4
Sample 23	PAH_METHOD_STAR	VZ_0603_4007
Sample 24	PAH_METHOD_STAR	VZ_0603_4008
Sample 25	PAH_METHOD_STAR	VZ_0603_4008_DUP
Sample 100	VÝPAL	V5

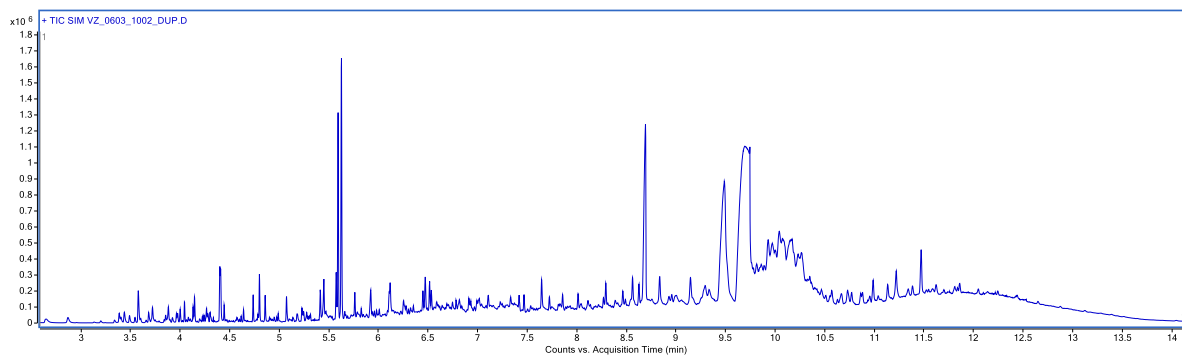
Úkoly:

1. Prohlédněte si následující chromatogramy **1A-1D**. Jedná se o vzorek VZ_0603_1002 (*Obr. 1A*) a jeho duplikát VZ_0603_1002_DUP (*Obr. 1B*). Zbylé dva chromatogramy (*Obr. 1C a 1D*) vám mají pomoci usnadnit vizuální posouzení shody mezi těmito dvěma vzorky.

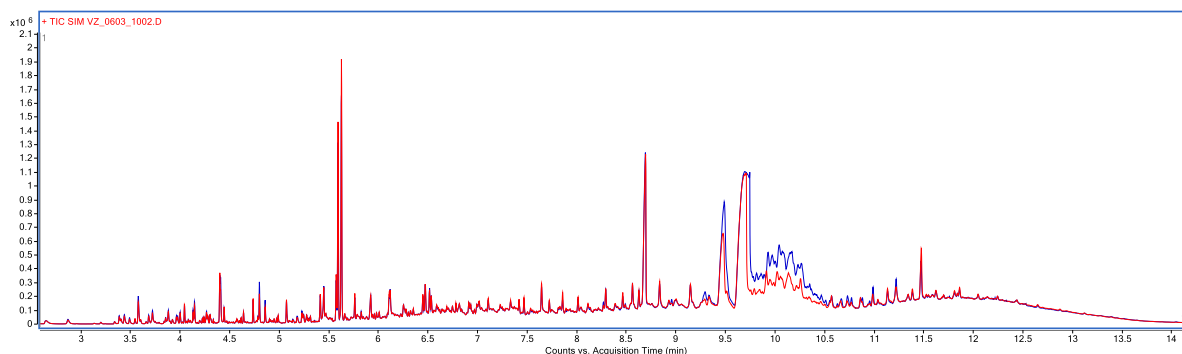
Jak byste zhodnotili přesnost laboratorní analýzy? V případě, že přesnost hodnotíte jako nevyhovující, uveďte, co mohlo být příčinou této nepřesnosti.



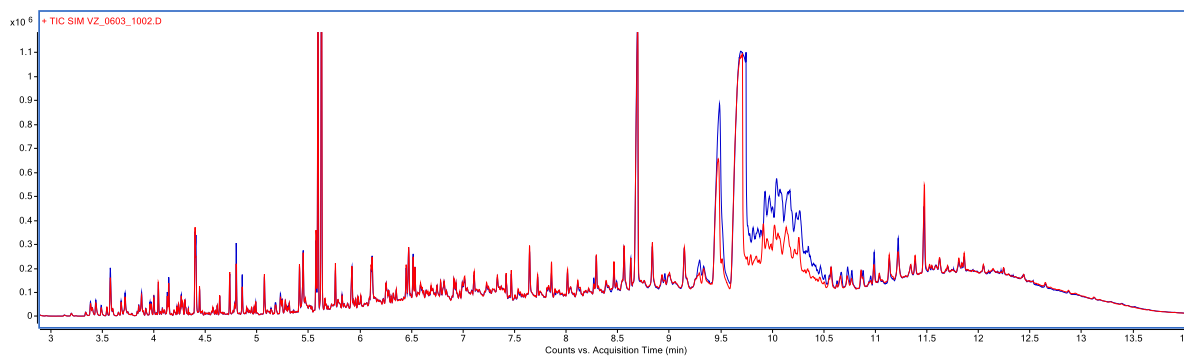
Obr. 1A Chromatogram vzorku VZ_0603_1002.



Obr. 1B Chromatogram vzorku VZ_0603_1002_DUP.



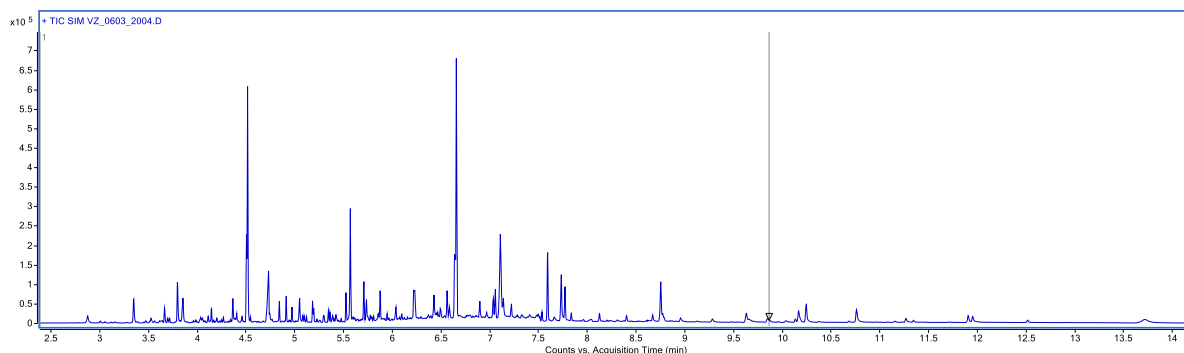
Obr. 1C Chromatogramy VZ_0603_1002 a VZ_0603_1002_DUP přeložené přes sebe.



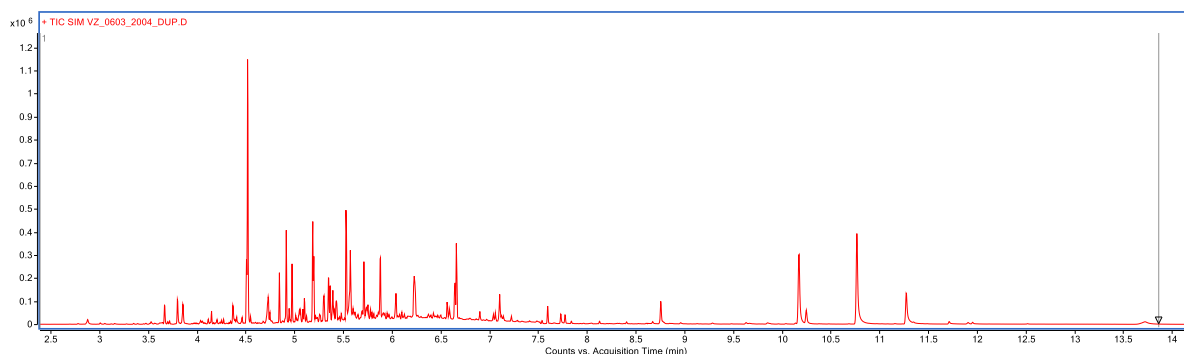
Obr. 1D Přeložené chromatogramy VZ_0603_1002 a VZ_0603_1002_DUP ve větším přiblížení.

2. Prohlédněte si následující chromatogramy **2A-2D**. Jedná se o vzorek VZ_0603_2004 (Obr. 2A) a jeho duplikát VZ_0603_2004_DUP (Obr. 2B). Zbylé dva chromatogramy (Obr. 2C a 2D) vám mají pomoci usnadnit vizuální posouzení shody mezi těmito dvěma vzorky.

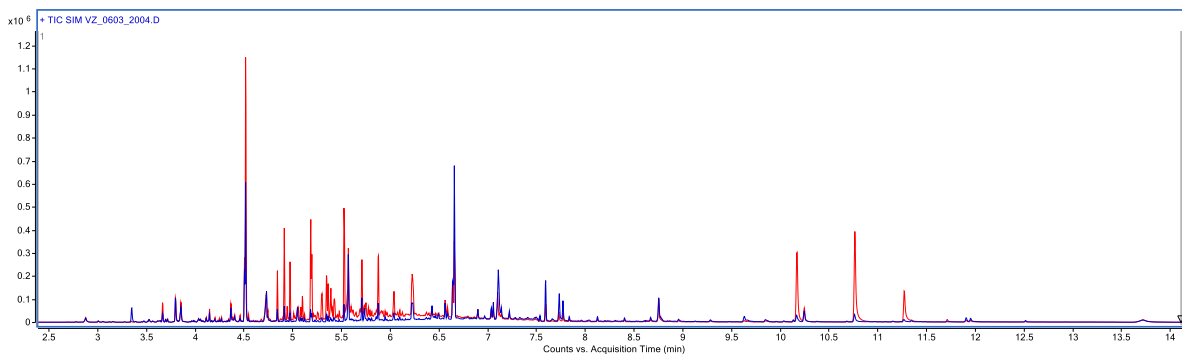
Jak byste zhodnotili přesnost laboratorní analýzy? V případě, že přesnost hodnotíte jako nevyhovující, uveďte, co mohlo být příčinou této nepřesnosti.



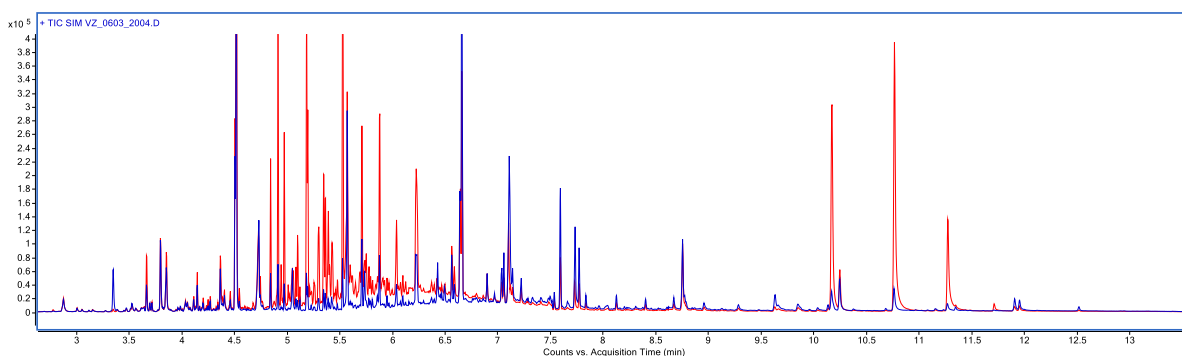
Obr. 2A Chromatogram vzorku VZ_0603_2004.



Obr. 2B Chromatogram vzorku VZ_0603_2004_DUP.



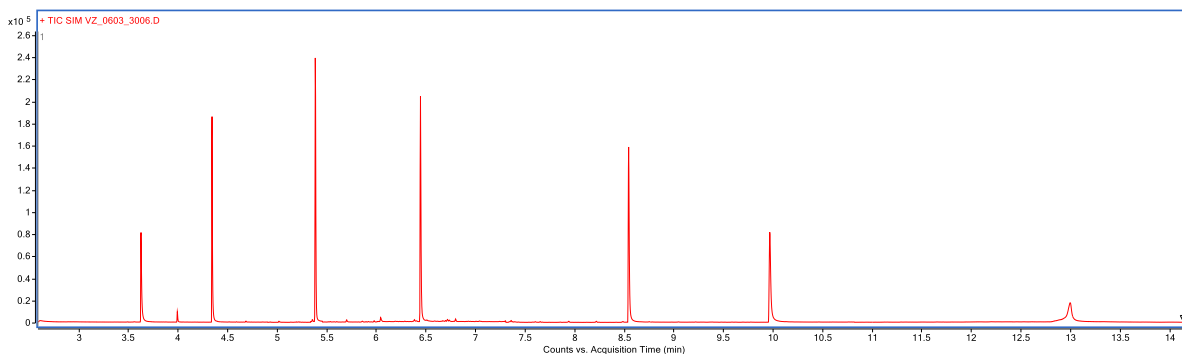
Obr. 2C Chromatogramy VZ_0603_2004 a VZ_0603_2004_DUP přeložené přes sebe.



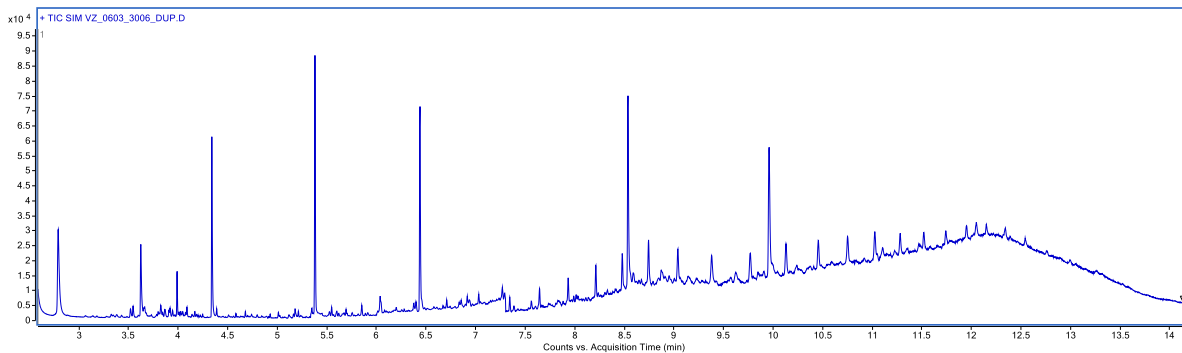
Obr. 2D Přeložené chromatogramy VZ_0603_2004 a VZ_0603_2004_DUP ve větším přiblížení.

3. Prohlédněte si poslední sadu následujících chromatogramů **3A-3D**. Jedná se o vzorek VZ_0603_3006 (Obr. 3A) a jeho duplikát VZ_0603_3006_DUP (Obr. 3B). Zbylé dva chromatogramy (Obr. 3C a 3D) vám mají opět pomoci usnadnit vizuální posouzení shody mezi těmito dvěma vzorky.

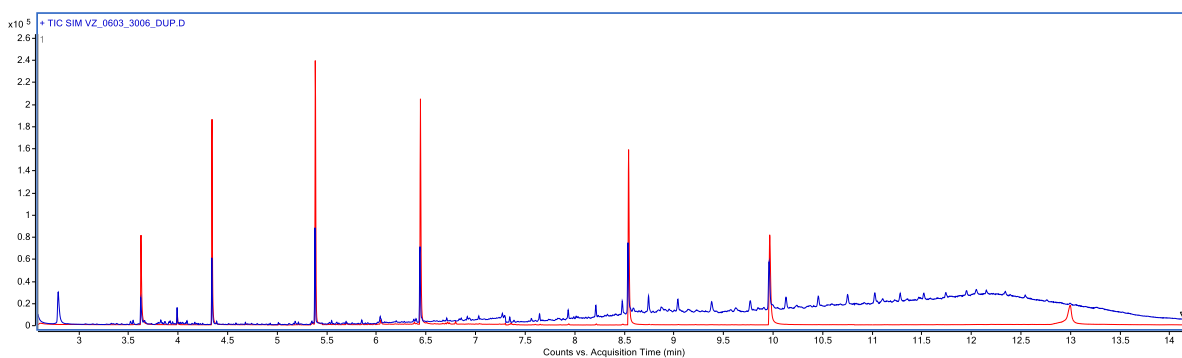
Jak byste zhodnotili přesnost laboratorní analýzy? V případě, že přesnost hodnotíte jako nevyhovující, uveďte, co mohlo být příčinou této nepřesnosti.



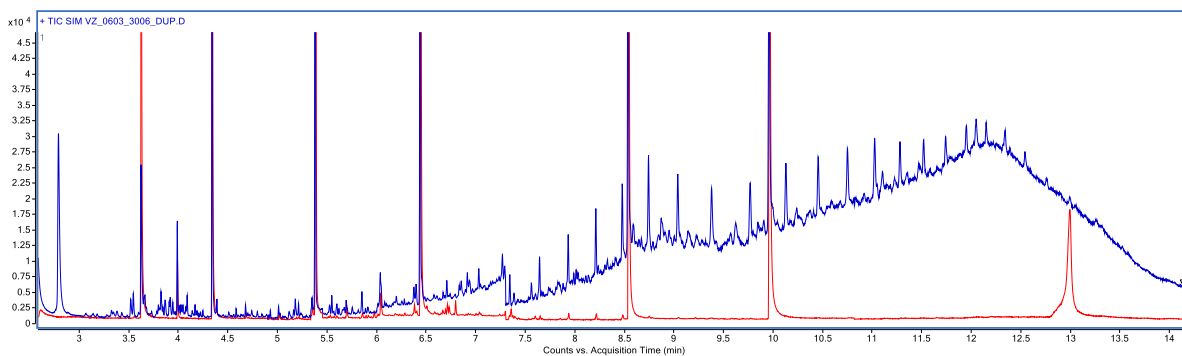
Obr. 3A Chromatogram vzorku VZ_0603_3006.



Obr. 3B Chromatogram vzorku VZ_0603_3006_DUP.



Obr. 3C Chromatogramy VZ_0603_3006 a VZ_0603_3006_DUP přeložené přes sebe.



Obr. 3D Přeložené chromatogramy VZ_0603_3006 a VZ_0603_3006_DUP ve větším přiblížení.

4. Pro splnění dalšího úkolu budete potřebovat vědět, jaké jsou základní operace, které musí vzorek podstoupit, než se dostanete k výsledku stanovení. Prohlédněte si zjednodušené schéma, které tyto klíčové operace popisuje. V komerčních laboratořích je běžné, že celý proces nezajišťuje pouze jeden pracovník, ale podílí se na něm více specialistů.



Obr. 4 Zjednodušené schéma procesních kroků (trasa vzorku).⁴

Prohlédněte si následující fotografii (viz Obr. 5), na které naleznete vzorky z poslední sady sekvence. Jedná se konkrétně o vzorek VZ_0603_4008 a jeho duplikát VZ_0603_4008_DUP. Dle vyhodnocení chromatogramů nejsou tyto vzorky ve shodě. Pravděpodobně tedy někde došlo k chybě. Kontrolou vialek v karuselu přístroje jste ověřili, že vialky byly nasazeny správně tak, jak je uvedeno v sekvenci. Jak budete postupovat dál? Identifikujte možnou příčinu této neshody. Vodítkem vám může být výše uvedené schéma procesu.



Obr. 5 Vzorek VZ_0603_4008 a jeho duplikát VZ_0603_4008_DUP.

⁴ Schéma procesních kroků je v plném rozlišení součástí příloh této disertační práce, viz příloha 2.

Nápověda č. 1:

Prohlédněte si pozorně následující fotografii (viz *Obr. 6*). Fotografie zachycuje celou poslední sadu vzorků, blank a LCS nejsou zahrnuty. Co vás při vizuální kontrole vzorků překvapí? Jaký navrhuje další postup?



Obr. 6 Vzorek VZ_0603_4007, VZ_0603_4008 a jeho duplikát VZ_0603_4008_DUP.

Nápověda č. 2:

Vyberte pouze jednu z následujících možností:

- Řídím se dle SOP (Standardní operační postup), kde je pro tento případ jasně vydefinován postup, a to vrátit vzorek zpět do laboratoře k předělání (reextrakci).
- Přeložím chromatogramy vzorků VZ_0603_4007 a VZ_0603_4008_DUP přes sebe. V případě jejich shody bude záměna vzorků potvrzena. Na základě tohoto ověření mohu přiřadit duplikát ke vzorku VZ_0603_4007.
- Pracujete v souladu s SOP (Standardní operační postup), ale než odešlete vzorky na předělání, ověříte na váhovně homogenitu vzorku. Navrhnete vizuální kontrolu vzorku a jeho duplikátu před nasazením vzorků do karuselu přístroje.
- Podle uvedené barevné shody, by se mohlo zdát, že duplikát byl omylem připraven ze vzorku VZ_0603_4007, ale jako důkaz nebyly přiloženy jejich chromatogramy. Proto se vydám na váhovnu, kde ověřím homogenitu vzorku a poté odešlu vzorek na předělání.

ÚLOHA: Kalibrace přístroje

Zadání:

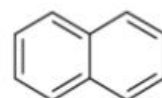
Laboratoř se zabývá stanovením šestnácti základních polycyklických aromatických uhlovodíků ve vzorcích vod a zemin. V prvním kroku provede laboratoř tzv. extrakci, kdy jsou sledované analyty převedeny z matrice do organického rozpouštědla a zakonzentrovány. Výsledný extrakt je následně změřen pomocí plynové chromatografie s hmotnostní detekcí. Velikost nástřiku 1 μL roztoku.

Aby bylo možné určit koncentraci analytů v extraktu, je nutné přístroj nejprve zkalibrovat, tzn. určit závislost jeho odezvy na koncentraci příslušného analytu. K tomuto účelu jsou postupně změřeny kalibrační roztoky o známé koncentraci a následně sestrojena kalibrační křivka pro každý analyt.

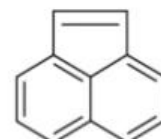
U sledovaných analytů se předpokládá lineární závislost odezvy na koncentraci.

Kalibrační roztoky mají koncentraci:

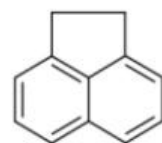
L1	5 ng/L
L2	10 ng/L
L3	25 ng/L
L4	50 ng/L
L5	100 ng/L



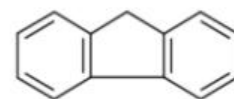
Naphthalene



Acenaphthylene



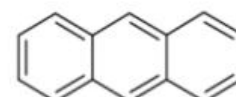
Acenaphthene



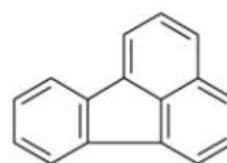
Fluorene



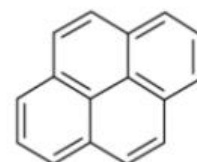
Phenanthrene



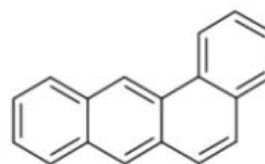
Anthracene



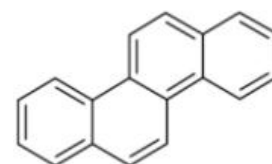
Fluoranthene



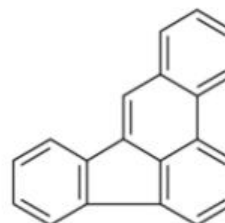
Pyrene



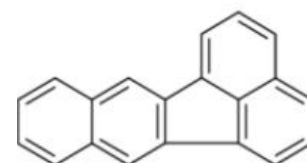
Benzo[a]anthracene



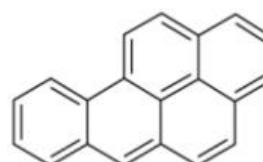
Chrysene



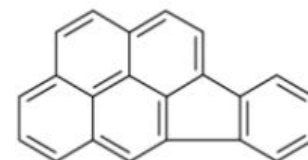
Benzo[b]fluoranthene



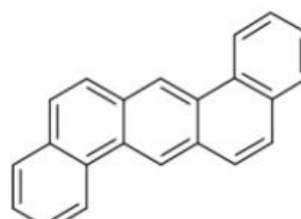
Benzo[k]fluoranthene



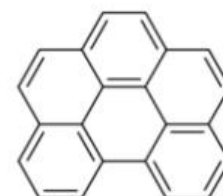
Benzo[a]pyrene



Indeno[1.2.3-cd]pyrene



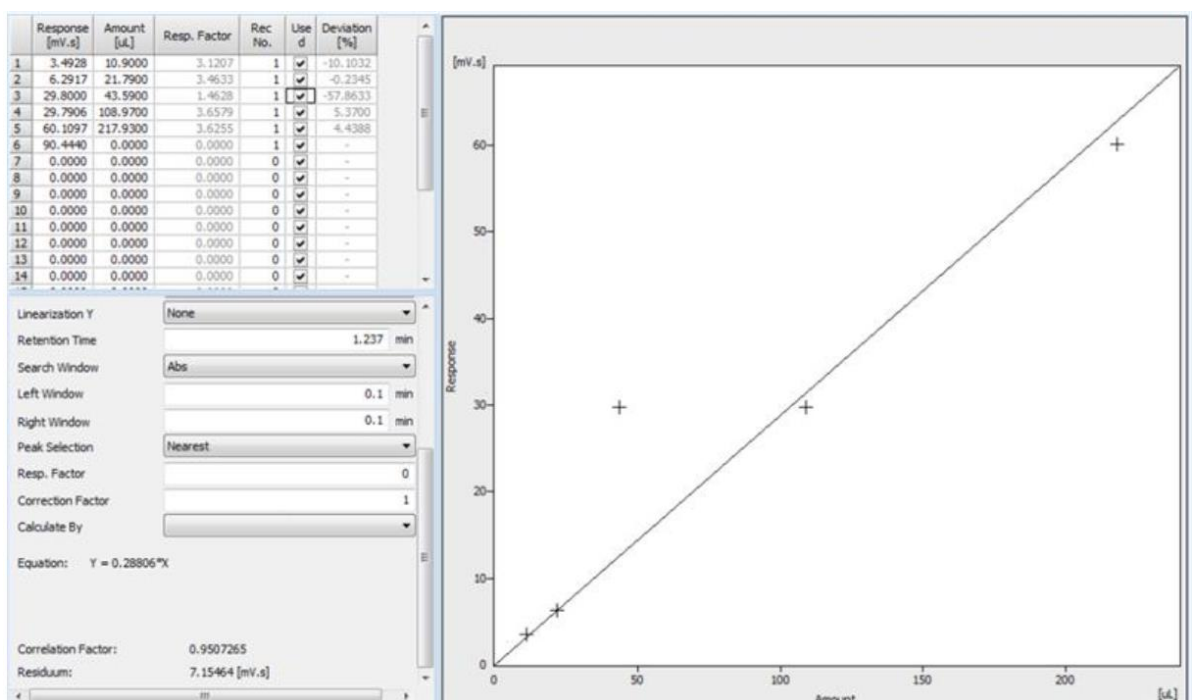
Dibenzo[a,h]anthracene



Benzo[g,h,i]perylene

Úkoly:

1. Pokuste se schematicky znázornit, jak bude vypadat výsledná kalibrační křivka jednoho z analytů v uvedených případech:
 - A) Měření kalibračních roztoků L1 až L5, proběhne tak, jak má. Výsledná kalibrační křivka je „ideální“.
 - B) Při měření úrovně L3 došlo k chybnému nástříku, byl nastříknut menší objem roztoku.
 - C) Zásobní roztok L4 byl vlivem nesprávného skladování zakoncentrován.
2. Prohlédněte si následující obrázek (Obr. 1), na kterém je zobrazena změřená kalibrace. K čemu zde mohlo dojít?



Obr. 1 Printscreen změřené kalibrace, software Clarity.

ÚLOHA: Specifikační limit disoluce

Zadání:

Laboratoř se zabývá přípravou a prováděním analýz vzorků (farmaceutických produktů) z oblasti farmaceutického vývoje. U tuhých lékových forem se využívá technik stanovení disolučního profilu (informace o kinetice uvolňování účinné látky, rovnoměrnosti a úplnosti uvolnění léčiva).

Zjednodušeně řečeno, disoluční zkouška (test rozpustnosti) poskytuje data, která umožňují předvídat absorpci léčiva v živém organismu (*in vivo*) v podmínkách *in vitro*. Pro kvantitativní stanovení takto uvolněného množství účinné látky z produktu se využívá chromatografických (např. HPLC) nebo spektrofotometrických technik (UV).

Aby mohly být zhodnoceny jednotlivé testované šarže konkrétního léčiva, je nutné určit specifikaci na základě chování tzv. klinické šarže. Cílem je prokázat, že se testované šarže chovají (rozpouští) stejně jako ta klinická.

Doporučený postup pro nastavení specifikačního limitu disoluce:

- Pokud je v 15. minutě množství uvolněné účinné látky klinické šarže větší nebo rovné 95 % deklarované hodnoty, specifikaci nastavíme na $Q = 85 \%$ v 15. minutě;
- Pokud je množství uvolněné účinné látky klinické šarže menší než 95 %, ale větší nebo rovné 85 % v 15. minutě, nastavíme specifikaci na 75 %, 80 %, nebo 85 % v závislosti na tom, ke které hodnotě jsme po jejím zaokrouhlení blíže. ($Q = \text{výsledek klinické šarže} - 10 \%$) v 15. minutě;
- Pokud je množství uvolněné účinné látky klinické šarže větší nebo rovné 85 % až v 30. minutě, nastavíme specifikaci (Q) na 75 %, 80 % nebo 85 % v závislosti na tom, ke které hodnotě jsme po jejím zaokrouhlení blíže. ($Q = \text{výsledek klinické šarže} - 10 \%$) v 30. minutě;



Střední hodnota Q:

Specifikační limit disoluce je definován střední hodnotou Q . Ta vyjadřuje množství účinné látky, rozpuštěné ve stanoveném čase (obvykle 15, 30 nebo 45 minut), vyjádřené jako procento obsahu uvedeného na balení produktu.

Podobné disoluční chování dvou šarží lze předpokládat v případě rozdílů ve středních výsledcích menší než 10 % hodnoty uvedené na obalu produktu. Doporučuje se proto hodnotu Q nastavit jako výsledek disoluce klinické šarže (průměrná hodnota z dvanácti tablet) minus 10 %.

Aby se prokázala diskriminační síla použité disoluční metody, tedy schopnost zaznamenat nevyhovující šarže, nastavuje se hodnota Q na 75 %, 80 % a 85 %.

Limit vyšší než 85 % není relevantní.

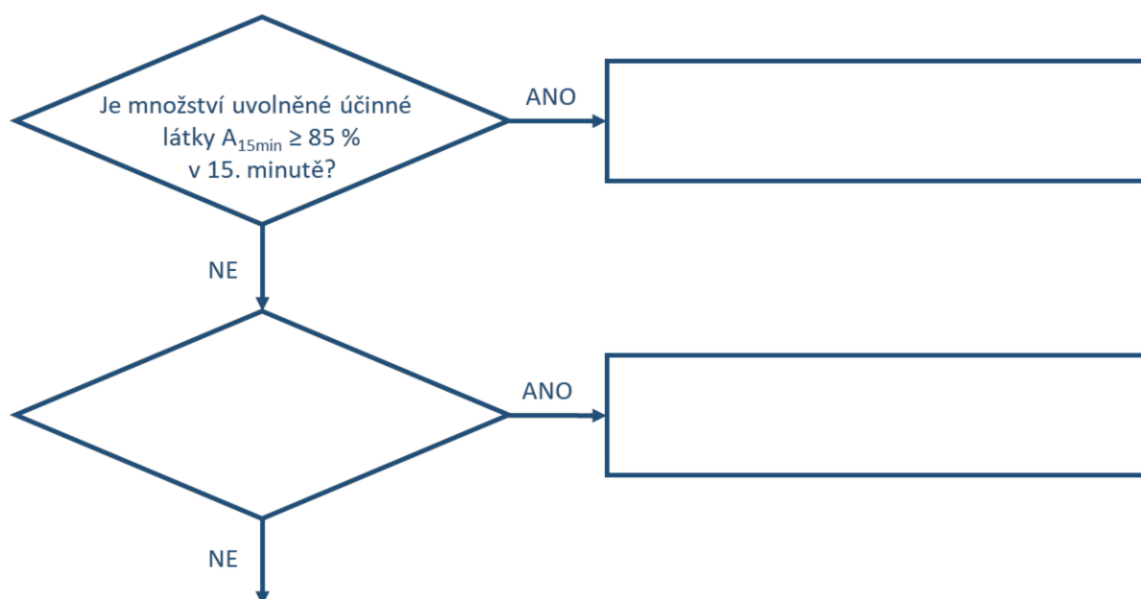
- Pokud je množství uvolnění účinné látky klinické šarže větší nebo rovné 85 % až v 45. minutě, nastavíme specifikaci na 75 %, 80 % nebo 85 % v 45. minutě.
- Pokud je dosaženo ve 45. minutě limitu $Q = 75 \%$, bude i takto limit nastaven. V opačném případě, pokud je hodnota Q v 45. minutě menší než 75 %, měl by specifikační limit disoluce vycházet z více než jednoho časového bodu. (Pro vysvětlení např. $Q = 30 \%$ v 15. minutě a 70 % v 45. minutě).

Úkol:

1. Na základě výše popsaného doporučeného postupu pro stanovení specifikačního limitu vytvořte diagram (flowchart), který bude přehledným vodítkem pro ostatní.

Nápověda č. 1:

Na základě výše uvedených informací doplňte prázdná pole naznačeného vývojového diagramu tak, aby obsahoval všechny klíčové informace doporučeného postupu pro nastavení specifikačního limitu disoluce.

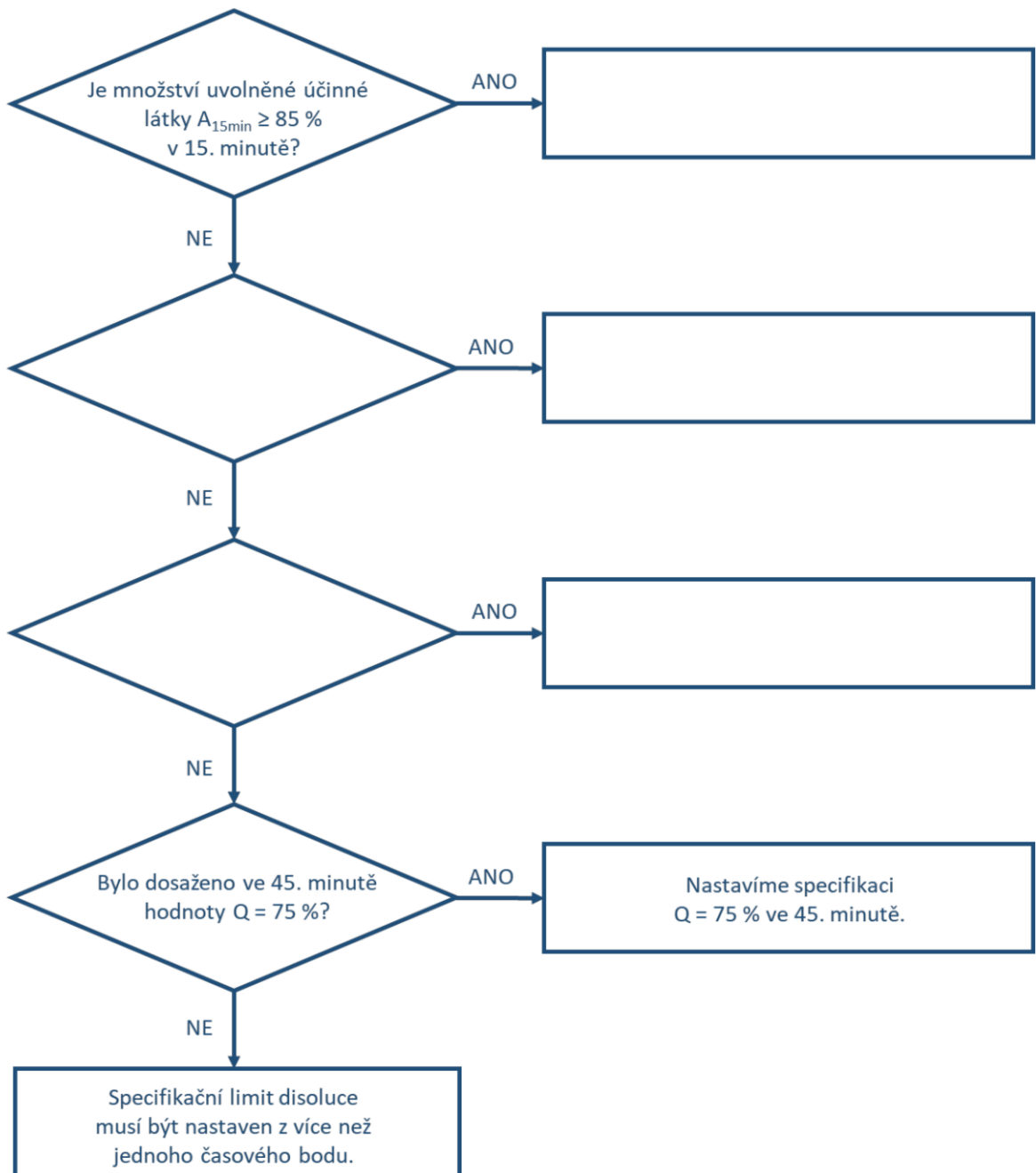


*) A_{15min} znamená množství (střední hodnota 12 tablet) rozpuštěné v patnácté minutě.

Nápověda č. 2:

Doplňte prázdná pole v diagramu.

Poznámka: Jeden z možných přístupů vytvoření flowchartu.



*) A_{15min} znamená množství (střední hodnota 12 tablet) rozpuštěné v patnácté minutě.

ÚLOHA: Identifikace polycyklických aromatických uhlovodíků

Water quality – Determination of 16 polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) in water – Method using gas chromatography with mass spectrometric detection (GC-MS)
Qualité de l'eau – Détermination de 16 hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) dans l'eau – Méthode par chromatographie en phase gazeuse avec détection par spectrométrie de masse (GC-SM)

Tato norma je českou verzí mezinárodní normy ISO 28540:2011. Překlad byl zajištěn Úřadem pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví. Má stejný status jako oficiální verze.

This standard is the Czech version of the International Standard ISO 28540:2011. It was translated by the Czech Office for Standards, Metrology and Testing. It has the same status as the official version.

Následující zadání je výňatkem kapitoly „Identifikace“ z normy ČSN ISO 28540.⁵

Zadání:

IDENTIFIKACE

Pro stanovení identity 16 polycyklických aromatických uhlovodíků (PAH) ve vodě je třeba použít metodu, která umožňuje identifikaci jednotlivých PAHů vzhledem k jejich chemickým a fyzikálním vlastnostem. Tato metoda musí být schopna identifikovat všechny PAHy uvedené v tabulce 1.

Pro stanovení identity 16 polycyklických aromatických uhlovodíků (PAH) ve vodě je třeba použít metodu, která umožňuje identifikaci jednotlivých PAHů vzhledem k jejich chemickým a fyzikálním vlastnostem. Tato metoda musí být schopna identifikovat všechny PAHy uvedené v tabulce 1.

Nejlepším způsobem potvrzení identity může být použití 16 standardů PAH značených izotopy, viz Tab. 1.

Nejlepším způsobem potvrzení identity může být použití 16 standardů PAH značených izotopy, viz Tab. 1.

Nejlepším způsobem potvrzení identity může být použití 16 standardů PAH značených izotopy, viz Tab. 1.

Tab. 1. 16 standardů PAH značených izotopy

Číslo	Název PAH	Chemický vzorec	Isotop
1	Benzen	C ₆ H ₆	¹² C ₆ ¹ H ₆
2	Naphtalen	C ₁₀ H ₈	¹² C ₁₀ ¹ H ₈
3	Fluorenen	C ₁₄ H ₁₀	¹² C ₁₄ ¹ H ₁₀
4	Fluorantilen	C ₁₅ H ₁₀	¹² C ₁₅ ¹ H ₁₀
5	Acenaphtalen	C ₁₆ H ₁₀	¹² C ₁₆ ¹ H ₁₀
6	Fluorantilen	C ₁₆ H ₁₂	¹² C ₁₆ ¹ H ₁₂
7	Fluorantilen	C ₁₇ H ₁₄	¹² C ₁₇ ¹ H ₁₄
8	Fluorantilen	C ₁₈ H ₁₄	¹² C ₁₈ ¹ H ₁₄
9	Fluorantilen	C ₁₈ H ₁₆	¹² C ₁₈ ¹ H ₁₆
10	Fluorantilen	C ₁₉ H ₁₆	¹² C ₁₉ ¹ H ₁₆
11	Fluorantilen	C ₁₉ H ₁₈	¹² C ₁₉ ¹ H ₁₈
12	Fluorantilen	C ₂₀ H ₁₈	¹² C ₂₀ ¹ H ₁₈
13	Fluorantilen	C ₂₀ H ₂₀	¹² C ₂₀ ¹ H ₂₀
14	Fluorantilen	C ₂₁ H ₂₀	¹² C ₂₁ ¹ H ₂₀
15	Fluorantilen	C ₂₁ H ₂₂	¹² C ₂₁ ¹ H ₂₂
16	Fluorantilen	C ₂₂ H ₂₂	¹² C ₂₂ ¹ H ₂₂

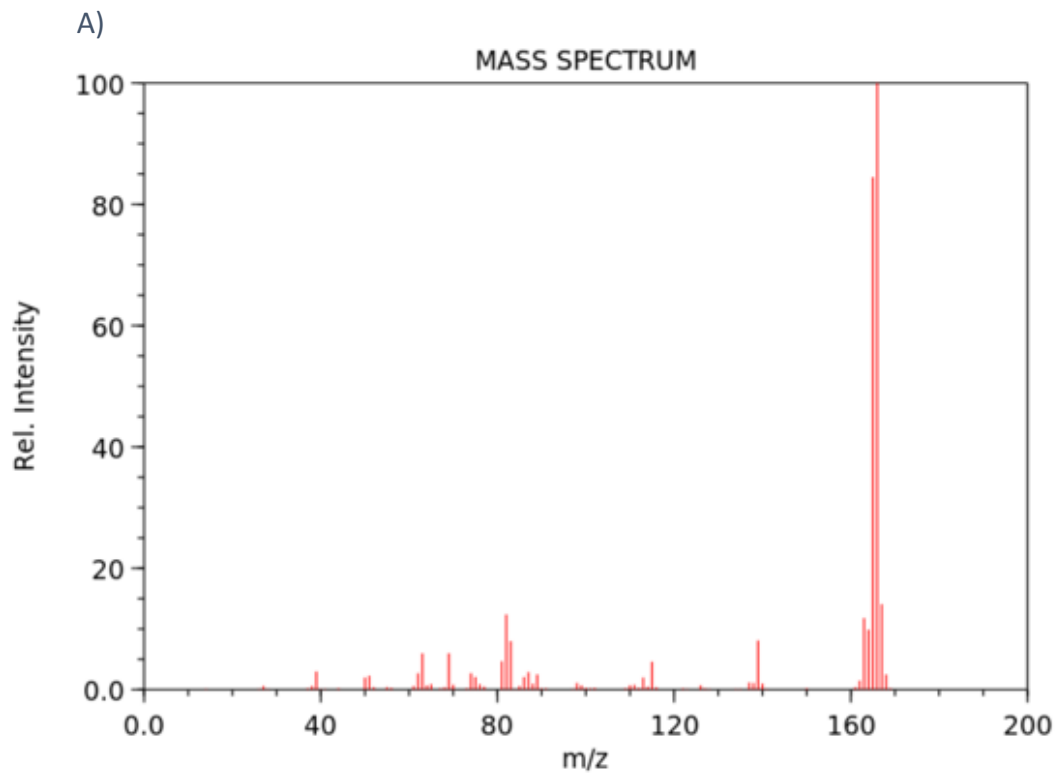
Nejlepším způsobem potvrzení identity může být použití 16 standardů PAH značených izotopy, viz Tab. 1.

1. Stanovení identity 16 polycyklických aromatických uhlovodíků (PAH) ve vodě je třeba použít metodu, která umožňuje identifikaci jednotlivých PAHů vzhledem k jejich chemickým a fyzikálním vlastnostem. Tato metoda musí být schopna identifikovat všechny PAHy uvedené v tabulce 1.
2. Pro stanovení identity 16 polycyklických aromatických uhlovodíků (PAH) ve vodě je třeba použít metodu, která umožňuje identifikaci jednotlivých PAHů vzhledem k jejich chemickým a fyzikálním vlastnostem. Tato metoda musí být schopna identifikovat všechny PAHy uvedené v tabulce 1.

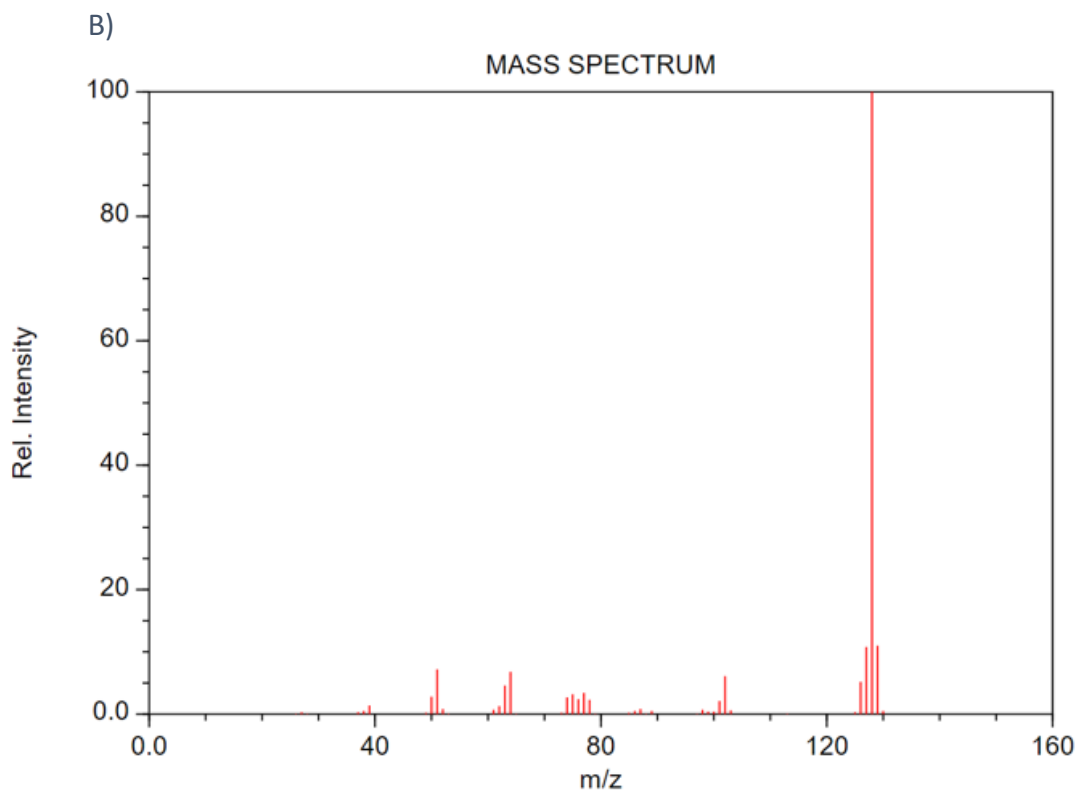
Nejlepším způsobem potvrzení identity může být použití 16 standardů PAH značených izotopy, viz Tab. 1.

⁵ S ohledem na nutnost dodržování zákona č. 22/1997 Sb. není možné bez souhlasu ČAS (Česká agentura pro standardizaci) sdílet normativní text této úlohy.

2. S pomocí výše uvedené *tabulky 2.* a z příložených spekter (viz *Obr. 1.* a *Obr. 2.*), se pokuste určit, o které PAH se jedná?

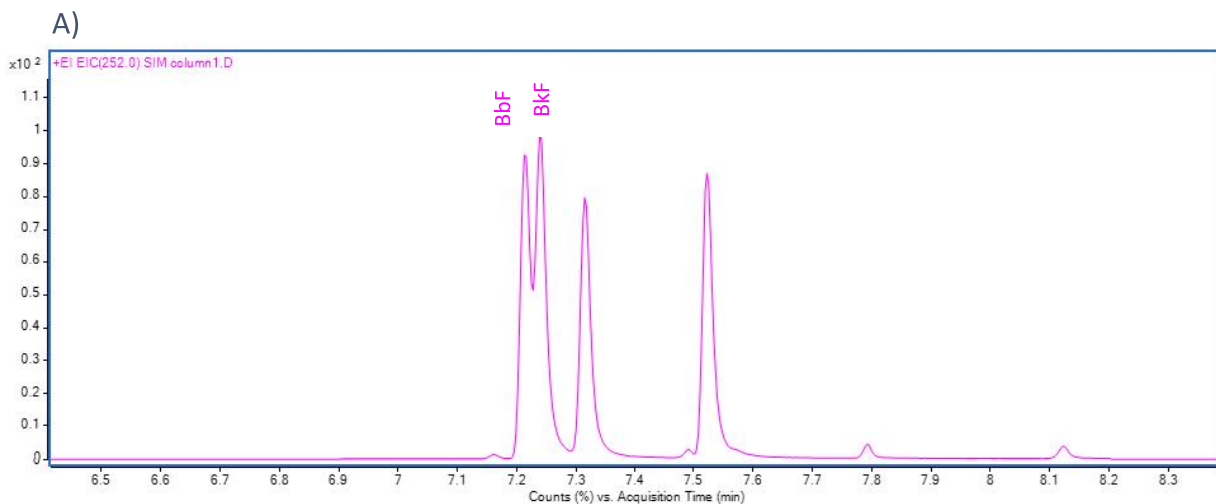


Obr. 1. Spektrum pro identifikaci neznámé látky.

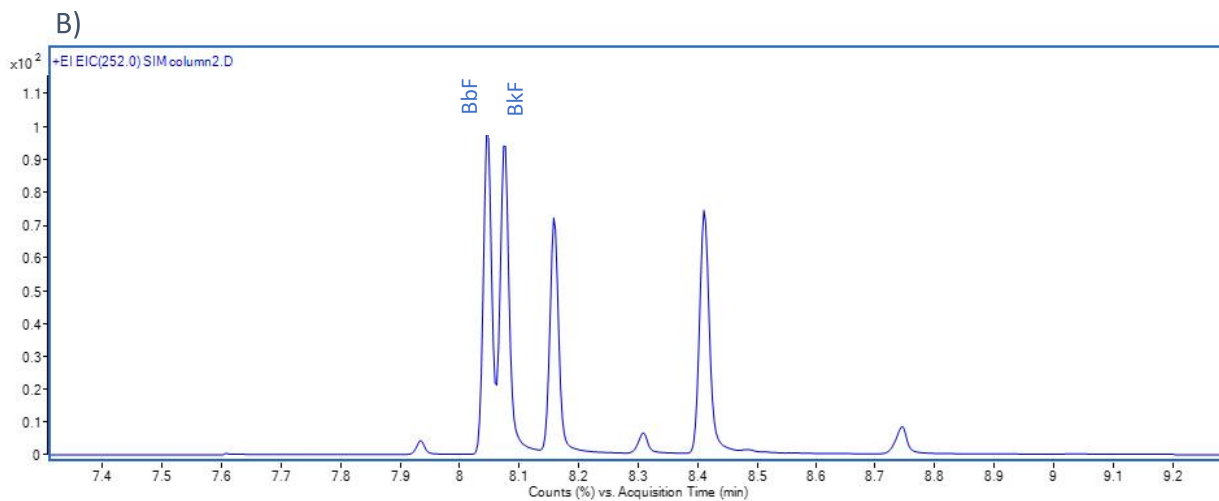


Obr. 2. Spektrum pro identifikaci neznámé látky.

3. Na následujících chromatogramech (viz *Obr. 3.* a *Obr. 4.*) můžete vidět píky benzo[b]fluoranthen (BbF) a benzo[k]fluoranthen (BkF), které jsou v koeluci. Rozhodněte na základě minima mezi píky, zda mohou být reportovány zvlášť, nebo budou uvedeny jako suma a své odpovědi zdůvodněte. (Popište přesně, jak jste k tomuto rozhodnutí dospěli).

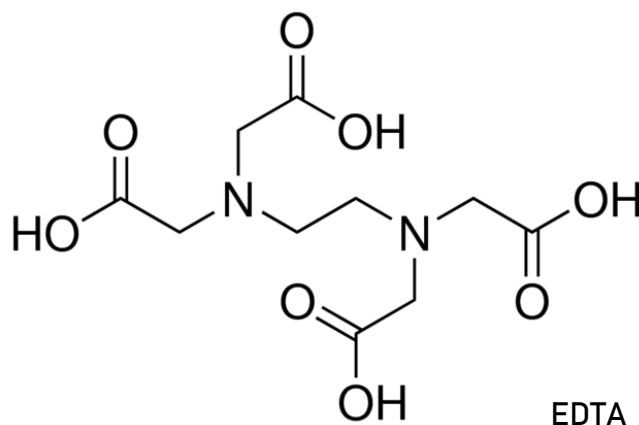


Obr. 3. Detail chromatogramu benzo[b]fluoranthen (BbF) a benzo[k]fluoranthen (BkF).



Obr. 4. Detail chromatogramu benzo[b]fluoranthen (BbF) a benzo[k]fluoranthen (BkF).

ÚLOHA: Tvorba pracovního listu pro přípravu standardu (EDTA)



Zadání:

Aktuálně se laboratoř zabývá dokončením validace metody pro stanovení EDTA (kyselina ethylendiamintetraoctová). Pro zavedení metody EDTA je potřeba vytvořit vzory pracovních listů pro různé související přípravy. Vytvořené vzory dokumentů budou uloženy v systému pro řízení dokumentace (DMS – Documentation Management System), odkud je bude možné generovat pro další použití. Jedním z připravovaných pracovních listů bude list pro přípravu zásobního roztoku EDTA.

Na základě příslušné validace se tento roztok bude připravovat v celkovém objemu 10 ml. Je potřeba navážít přibližně přesně 10 mg standardu EDTA, navážka se pomocí malého množství Milli-Q vody kvantitativně převede do 10 ml odměrné baňky a nechá se rozpustit. Dále se přidá stříkačkou Hamilton 200 μ l 1M roztoku NaOH a 100 μ l 37% roztoku formaldehydu. Následně se baňka doplní po rysku Milli-Q vodou.

Důkladně si prohlédněte přiložené dokumenty:

- Certifikát Analýz (CoA – Certificate of Analysis)⁶
- Specifikace (Product Specification)⁷
- Bezpečnostní list (SDS – Safety Sheet)⁸

⁶ Certifikát Analýz v plném zobrazení, viz příloha 3.

⁷ Specifikace produktu v plném zobrazení, viz příloha 4.

⁸ Bezpečnostní list je přílohou disertační práce, viz příloha 5.

SIGMA-ALDRICH

3050 Spruce Street, Saint Louis, MO 63103, USA
Website: www.sigmaaldrich.com
Email USA: techserv@sigmaaldrich.com
Outside USA: eurotechserv@sigmaaldrich.com

Certificate of Analysis

Product Name: Ethylenediaminetetraacetic acid - anhydrous, crystalline, BioReagent, suitable for cell culture

Product Number: E6768
Batch Number: WXDD988V
Brand: SIGMA
CAS Number: 60-00-4
Formula: C₁₀H₁₆N₂O₈
Formula Weight: 292.24 g/mol
Quality Release Date: 14 OCT 2019
Recommended Retest Date: OCT 2022

Test	Specification	Result
Appearance (Colour)	White to Off White	White
Appearance (Form)	Powder	Powder
Solubility (Colour)	Colorless to Faint Yellow	Colorless
Solubility (Turbidity)	Clear	Clear
160 mg/mL, 3 M NaOH		
Loss on Drying	< 1 %	0 %
Carbon	40.7 - 41.5 %	41.2 %
Nitrogen	9.3 - 9.8 %	9.5 %
Complexometric Titration	> 98.5 %	100.9 %

Steven Chen, Manager
Quality Control
Wuxi, China CN

Version Number: 1 Page 1 of 1

SIGMA-ALDRICH

3050 Spruce Street, Saint Louis, MO 63103, USA
Website: www.sigmaaldrich.com
Email USA: techserv@sigmaaldrich.com
Outside USA: eurotechserv@sigmaaldrich.com

Product Specification

Product Name: Ethylenediaminetetraacetic acid - 99.995% trace metals basis

Product Number: 431788
CAS Number: 60-00-4
MDL: MFCCD0003541
Formula: C₁₀H₁₆N₂O₈
Formula Weight: 292.24 g/mol

TEST	Specification
Appearance (Color)	White
Appearance (Form)	Powder or Crystals
Infrared spectrum	Conforms to Structure
Complexometric EDTA	98.0 - 102.0 %
Purity	Meets Requirements
99.995% Based On Trace Metals Analysis	
Trace Metal Analysis	< 55.0 ppm

Specification: PRD.1.ZQ5.1000044598

Version Number: 1 Page 1 of 1

ÚKOL:

1. Na základě zadání a přiložených průvodních dokumentů vytvořte přehledný vzor pracovního listu pro přípravu zásobního roztoku EDTA. Zvažte, které informace jsou pro vytvoření tohoto vzoru skutečně důležité. V laboratoři bude dále tento vzor sloužit ke generování dalších pracovních listů z elektronického dokumentačního systému (DMS). Při jeho tisku se automaticky doplní další informace – jako je logo a popis společnosti (např. DIČ, název společnosti, adresa sídla apod.) V souladu s interní dokumentací a související platnou legislativou zahrňte do vytvořeného vzoru i pole pro jméno a podpis osoby, která zásobní roztok připravovala.

Nápověda č. 1:

Při tvorbě byste neměli zapomenout na přehledný a stručný popis přípravy standardu. Osoba, která roztok připravuje, nebo dohlíží na dodržení správného postupu přípravy musí mít jasné/přehledné informace. Pro lepší orientaci v dokumentu je tedy vhodné zahrnout tabulku, která bude obsahovat pole k zaznamenání všech důležitých informací sloužících k výpočtu výsledné koncentrace (např. navážky analytu atd.). Každý roztok má určenou dobu použitelnosti, proto je důležité vědět, kdy byl roztok připraven. V přiložené dokumentaci nezapomeňte vyhledat informaci o koncentraci (čistotě), která je třeba k výpočtu výsledné koncentrace roztoku.

Řešení:

Poznámka: Jedno z možných zpracování.

PRACOVNÍ LIST PRO PŘÍPRAVU STANDARDU		
Datum přípravy: 06. 03. 2020	Typ pracovního listu: Příprava roztoku EDTA	
Exspirace: 06. 06. 2020	Číslo pracovního listu: 1_2020	
Název standardu	EDTA	
Výrobce	Sigma-Aldrich	
CAS	60-00-4	
Č. produktu	431788-100G	
Čistota (%)	99.995	
Firemní označení standardu	*)	
Otevření *)	06. 03. 2020	
BOZP (OOPP): Ochranné brýle, jednorázové ochranné rukavice		
Popis přípravy:		
Pro přípravu standardu použijeme stříkačku Hamilton o objemu 100 µl a 200 µl a dále odměrnou baňku o objemu 10 ml.		
Navážíme přibližně přesně 10 mg analytu a kvantitativně převedeme do 10 ml odměrné baňky. Necháme rozpustit v malém množství Milli-Q vody. Přidáme 200 µl 1 M roztoku NaOH a 100 µl 37% roztoku formaldehydu. Následně odměrnou baňku doplníme Milli-Q vodou po rysku.		
EDTA [mg]	Celkový objem [ml]	Výsledná koncentrace [µg/ml]
10,05	10	1004,95
Standard připravil/a (jméno a podpis):		
*) Například EDTA_STAR_1		

6.5 Pilotáž úloh

Konstruktová validita úloh byla dále zjišťována v pilotním ověření. Vzhledem k probíhající pandemické situaci byly úlohy, včetně průvodních informací, zaslány jednotlivým respondentům elektronickou cestou. Respondenti byli poučeni, že výsledky slouží pouze k pilotáži úloh. Dále byli požádáni, aby nevyužívali žádných jiných nápověd, kromě těch, které jsou součástí úloh. Jednotliví respondenti se vzájemně neznali, nemohli tedy informace sdílet. Pilotáže se zúčastnilo celkem dvacet respondentů. Skladbu respondentů lze rozdělit do dvou skupin. První desetičlennou skupinu tvořili *experti*, zástupci pracovních pozic s přírodovědně-technickým základem, jejichž odborná profesní praxe byla v rozsahu 3 – 18 let v oboru, z něhož úlohy vycházejí. Druhou skupinu tvořili *nováčci*. Skupina nováčků se sestávala ze dvou studentů posledních ročníků magisterského studia programu chemie a dále osmi absolventů přírodovědných oborů, jejichž praxe nepřesahovala hranici dvou let. Nutno uvést, že se tito absolventi buď vůbec nepohybovali v oboru přírodních věd (např. byli zaměstnáni ve finančním sektoru, jeden absolvent byl po škole nezaměstnaný), nebo se sice pohybovali v oboru přírodních věd, nezastávali však pracovní pozice, pro které jsou úlohy určeny. Jednalo se například o medicínskému reprezentanta, nebo vzorkaře (člověka odebírajícího vzorky, který působí v terénu, nikoli v laboratoři). Nemohli tak čerpat z nabytých zkušeností a jejich vědomostí a dovedností jsou tak v tomto smyslu na úrovni absolventů v oboru. Všichni respondenti dle instrukcí zaznamenávali celkovou dobu řešení, která pro tyto účely nebyla limitována. Nejkratší doba řešení činila 35 minut (respondent – expert) a naopak nejdelší 120 minut (respondent – nováček), viz str. 89.

6.5.1 Úloha: Laboratorní vzorek a duplikát

Úloha se člení do čtyř dílčích úloh. První tři dílčí úlohy jsou hodnoceny jedním bodem – odpověď je buď správná, nebo špatná. Třetí úloha je hodnocena třemi body. Je totiž komplexnější a nabízí možnost využít postupně dvou nápověd. Každé využití nápovědy znamená, že dochází ke ztrátě jednoho bodu. Při využití obou nápověd a správné odpovědi tak ten, kdo řeší danou úlohu, může získat jeden bod. Výsledky ukazuje *Tab. 6*. První dílčí úlohu, která ověřuje dílčí

fstrkompetence rámce schopnost identifikace problému a tvorbu závěrů při zohlednění všech důkazů řešilo správně 95 % respondentů (všichni nováčci a 90 % expertů). Jedná se tedy v zásadě o jakousi motivační úlohu, která má navodit pocit schopnosti ve své dovednosti. Její rozlišovací schopnost mezi nováčky a experty je však minimální. U druhé dílčí úlohy jsou již rozdíly jednoznačně patrné. Tuto dílčí úlohu ověřující kompetence rámce schopnost identifikace problému a tvorbu závěrů při zohlednění všech důkazů řešilo správně 50 % nováčků a 90 % expertů. Úloha je tedy dobře řešitelná pro nováčky – polovina ji byla schopna vyřešit – pro experty pak byla velmi snadná. Pro třetí dílčí úlohu, která opět ověřuje schopnost identifikace problému a tvorbu závěrů při zohlednění všech důkazů, uvedlo správný výsledek 50 % nováčků, přičemž to byli ti, kteří dokázali zodpovědět i druhou dílčí úlohu. Je zde tedy patrná jejich konzistentnost ve zvládnutí této kompetence. Totéž platí pro zaměstnance (experty). Správnou odpověď uvedlo 90 % z nich. Chybovala opět tatáž osoba. Čtvrtá dílčí úloha, která je sestrojena z hlediska testovaných kompetencí rámce STAR – testuje schopnost identifikace problémů, tvorby opodstatněných vědeckých hypotéz, tvorby závěrů při zohlednění všech důkazů a fázi komunikace závěrů obsahuje dvě nápovědy. Z deseti nováčků zvolilo možnost nápovědy šest z nich, zatímco skupina expertů jednotně této možnosti nevyužila. Úlohu řešilo zcela správně a bez nápovědy 40 % nováčků, 20 % ji vyřešilo správně s jednou nápovědou. Zbylých 40 % nevyřešilo úlohu správně, a to navzdory tomu, že využili nápovědy všechny. Dva respondenti nováčci, kteří nezodpověděli čtvrtou dílčí úlohu správně, nezodpověděli dobře ani druhou a třetí úlohu. Všichni experti zodpověděli úlohu dobře. Dílčí čtvrtá úloha tedy i přes svou komplexnost z hlediska kompetencí, byla jednodušší z hlediska řešeného obsahu. Toto je poměrně běžný jev a v mezinárodních studiích, např. TIMSS se proto mj. hodnotí obtížnost úloh z hlediska obsahu a kognitivní obtížnost zvlášť. U všech dílčích úloh, a i úlohy jako celku však můžeme jednoznačně potvrdit, že rozliší dobře nováčky od expertů. Mezi experty má však i určitou schopnost určit kompetence, viz respondent 15, jehož výsledky korespondují s výsledky třech nováčků.

Tab. 6 Laboratorní vzorek a duplikát – výsledky pilotáže

Respondent	Status	Dílčí úkoly				Počet využitých náповěd	Počet bodů
		1.	2.	3.	4.		
1	Student	1	0	0	3	0	4
2	Student	1	0	0	3	0	4
3	Absolvent	1	0	0	0	2	1
4	Absolvent	1	1	1	0	2	3
5	Absolvent	1	1	1	2	1	5
6	Absolvent	1	0	0	0	2	1
7	Absolvent	1	1	1	3	0	6
8	Absolvent	1	0	0	3	0	4
9	Absolvent	1	1	1	0	2	3
10	Absolvent	1	1	1	2	1	5
11	Zaměstnanec	1	1	1	3	0	6
12	Zaměstnanec	1	1	1	3	0	6
13	Zaměstnanec	1	1	1	3	0	6
14	Zaměstnanec	1	1	1	3	0	6
15	Zaměstnanec	1	0	0	3	0	4
16	Zaměstnanec	1	1	1	3	0	6
17	Zaměstnanec	1	1	1	3	0	6
18	Zaměstnanec	1	1	1	3	0	6
19	Zaměstnanec	0	1	1	3	0	5
20	Zaměstnanec	1	1	1	3	0	6

6.5.2 Úloha: Kalibrace přístroje

Úloha se opět člení do čtyř dílčích úloh, ani v jedné z nich nebyla možnost využití nápovědy. Všichni respondenti ze skupiny expertů obdrželi plný počet bodů, viz Tab. 7. Zatímco první tři dílčí úlohy ověřují oborově specifické znalosti a dovednosti, čtvrtá dílčí úloha již směřovala na hodnocení schopnosti identifikovat problém, navíc takový, se kterým se v běžné praxi experti běžně setkávají. Úloha ukázala, že problematika kalibrace přístrojů je nováčkům bližší, někteří se s ní v laboratoři již prakticky setkali, jak nám potvrdili někteří z nich v rozhovorech. Tomu odpovídají také poměrně dobré výsledky nováčků. 40 % z nich řešilo úlohy na expertní úrovni. Ostatní ze skupiny nováčků, kteří tuto zkušenost za sebou neměli, měli horší výsledky. První dílčí podúlohu, zaměřenou na ověření oborové znalosti, řešili všichni respondenti správně. (Tato podúloha může mít úlohu motivační, nikoli diskriminační). Druhou úlohu již nebylo schopno vyřešit 40 % nováčků. V třetí úloze neuspělo jen 20 % respondentů – nováčků, zde by se tedy dalo uvažovat o tom, zda ji neudělat komplikovanější, na druhou stranu v kontextu

celé úlohy vidíme, že řešení neznali dva respondenti, kteří nezvládli ani druhou ani třetí úlohu. Tito dva respondenti nezvládli zároveň ani poslední dílčí úlohu, která ověřuje schopnost identifikovat problém. Právě tato dílčí úloha byla nejkomplicovanější, nezvládlo ji vyřešit 60 % nováčků.

Tab. 7 Kalibrace přístroje – výsledky pilotáže

Respondent	Status	Dílčí úkoly				Počet bodů
		1.	2.	3.	4.	
1	Student	1	1	1	0	3
2	Student	1	1	1	1	4
3	Absolvent	1	0	0	0	1
4	Absolvent	1	1	1	0	3
5	Absolvent	1	1	1	1	4
6	Absolvent	1	0	0	0	1
7	Absolvent	1	1	1	1	4
8	Absolvent	1	0	1	0	2
9	Absolvent	1	1	1	1	4
10	Absolvent	1	0	1	0	2
11	Zaměstnanec	1	1	1	1	4
12	Zaměstnanec	1	1	1	1	4
13	Zaměstnanec	1	1	1	1	4
14	Zaměstnanec	1	1	1	1	4
15	Zaměstnanec	1	1	1	1	4
16	Zaměstnanec	1	1	1	1	4
17	Zaměstnanec	1	1	1	1	4
18	Zaměstnanec	1	1	1	1	4
19	Zaměstnanec	1	1	1	1	4
20	Zaměstnanec	1	1	1	1	4

6.5.3 Úloha: Specifikační limit disoluce

Třetí úloha nebyla tvořena žádnými podúlohami, jde o jednu komplexní úlohu ověřující u respondentů schopnost čtení a pochopení odborných textů, schopnost psaní rešerší, odborných zpráv a dalších odborných textů a schopnost přenosu informací, prezentace dat a znalostí různým cílovým skupinám. Jde tedy o ověření jejich podpůrných všeobecných schopností a dovedností. V rámci této úlohy bylo možné využít celkem dvou nápověd. Ze skupiny nováčků tuto možnost využilo osm respondentů. V jednom případě byla zvolena jen jedna ze dvou nabízených nápověd, zatímco ostatní využili obou nápověd. Z řad expertů využili nápovědy jen dva, přičemž oba respondenti zvolili jen jednu ze dvou možných nápověd, viz Tab. 8. Ze skupiny expertů dosáhlo

80 % respondentů maximálního počtu bodů. Ve skupině nováčků se jevila tato úloha jako obtížná, 60 % respondentů z této skupiny úlohu nevyřešilo, dva respondenti vyřešili úlohu se dvěma nápovědami, jeden s jednou nápovědou. Jeden z absolventů úlohu vyřešil zcela správně bez nápovědy. Jak vyplynulo z předchozích rozhovorů a rozhovorů s některými respondenty - nováčky, absolventům schází praktická zkušenost s analogickými typy dokumentů. Přesto lze konstatovat, že úlohu řešit lze i na úrovni nováčků, ovšem je potřeba dát k dispozici nápovědy, které v zásadě kopírují možnost získávat informace i v pracovním prostředí.

Tab. 8 Specifikační limit disoluce – výsledky pilotáže

Respondent	Status	Počet využitých nápověd	Počet bodů
1	Student	1	2
2	Student	2	0
3	Absolvent	2	1
4	Absolvent	0	0
5	Absolvent	2	1
6	Absolvent	2	0
7	Absolvent	2	0
8	Absolvent	2	0
9	Absolvent	2	0
10	Absolvent	0	3
11	Zaměstnanec	0	3
12	Zaměstnanec	0	3
13	Zaměstnanec	1	2
14	Zaměstnanec	0	3
15	Zaměstnanec	0	3
16	Zaměstnanec	1	2
17	Zaměstnanec	0	3
18	Zaměstnanec	0	3
19	Zaměstnanec	0	3
20	Zaměstnanec	0	3

6.5.4 Úloha: Identifikace polyaromatických uhlovodíků (PAH)

Čtvrtá úloha se sestává z pěti podúloh a podobně jako předchozí se zaměřuje na podpurné všeobecné schopnosti a dovednosti, konkrétně na schopnost čtení a pochopení technických norem a směrnic. Samotné zadání úlohy je skutečným normativním dokumentem, který obsahuje výsek technické

normy ČSN ISO 28540, zakoupené pro účely této disertační práce. Z předchozí analýzy rozhovorů vyplynulo, že právě práce s normou bývá velkým problémem nejen pro absolventy přírodovědných oborů. Proto byla tato úloha prioritně v rámci této pilotáže zařazena. Vzhledem ke konceptu úlohy nejsou její součástí žádné nápovědy. Z Tab. 9. je patrné, že experti při práci s normou neměli téměř žádné potíže. Za pozornost stojí respondent 3 – nováček, který nevyřešil ani jednu z dílčích úloh. Mezi nováčky se úspěšnost řešení úloh pohybovala mezi 40 – 60 % procenty, což se jeví jako dobře nastavená úloha střední obtížnosti.

Tab. 9 Identifikace polyaromatických uhlovodíků (PAH) – výsledky pilotáže

Respondent	Status	Dílčí úkoly					Počet bodů
		1.	2.	3.	4.	5.	
1	Student	0	0	0	1	1	2
2	Student	1	1	1	1	1	5
3	Absolvent	0	0	0	0	0	0
4	Absolvent	1	1	1	0	0	3
5	Absolvent	1	1	1	0	0	3
6	Absolvent	0	0	0	1	1	2
7	Absolvent	1	0	1	0	0	2
8	Absolvent	0	0	0	1	1	2
9	Absolvent	1	1	1	1	0	4
10	Absolvent	1	1	0	1	0	3
11	Zaměstnanec	1	1	1	1	1	5
12	Zaměstnanec	1	1	1	1	1	5
13	Zaměstnanec	1	1	1	1	1	5
14	Zaměstnanec	1	1	1	1	1	5
15	Zaměstnanec	0	1	1	1	1	4
16	Zaměstnanec	1	1	1	1	1	5
17	Zaměstnanec	1	1	1	1	1	5
18	Zaměstnanec	1	1	1	1	1	5
19	Zaměstnanec	1	1	1	1	1	5
20	Zaměstnanec	1	1	1	1	1	5

6.5.5 Úloha: Tvorba pracovního listu pro přípravu standardu EDTA

Úloha je konstruována opět jako komplexní úloha, která není dělena do dílčích úloh. Zaměřuje se na podpůrné všeobecné schopnosti a dovednosti respondentů, konkrétně na schopnost čtení a pochopení odborných textů, schopnost psaní rešerší, odborných zpráv a dalších odborných textů a schopnost přenosu informací, prezentace dat a znalostí různým cílovým skupinám. V této úloze je možnost využít jednu nápovědu. Ze skupiny expertů nevyužil nápovědu žádný a všichni dosáhli plného počtu bodů. Ve skupině nováčků zvolilo nápovědu 60 % z nich, přičemž polovina z těchto respondentů úlohu nevyřešila, viz *Tab. 10*. Po pilotáži většina respondentů – nováčků v rámci zpětné vazby uvedla, že se poprvé setkali s dokumenty, jako je specifikace, či certifikát analýz, a že jim během studií praktická zkušenost s těmito dokumenty schází. Přesto 20 % nováčků vyřešilo úlohu bez nápovědy. Úloha tedy je pro ně řešitelná.

Tab. 10 Tvorba pracovního listu EDTA – výsledky pilotáže

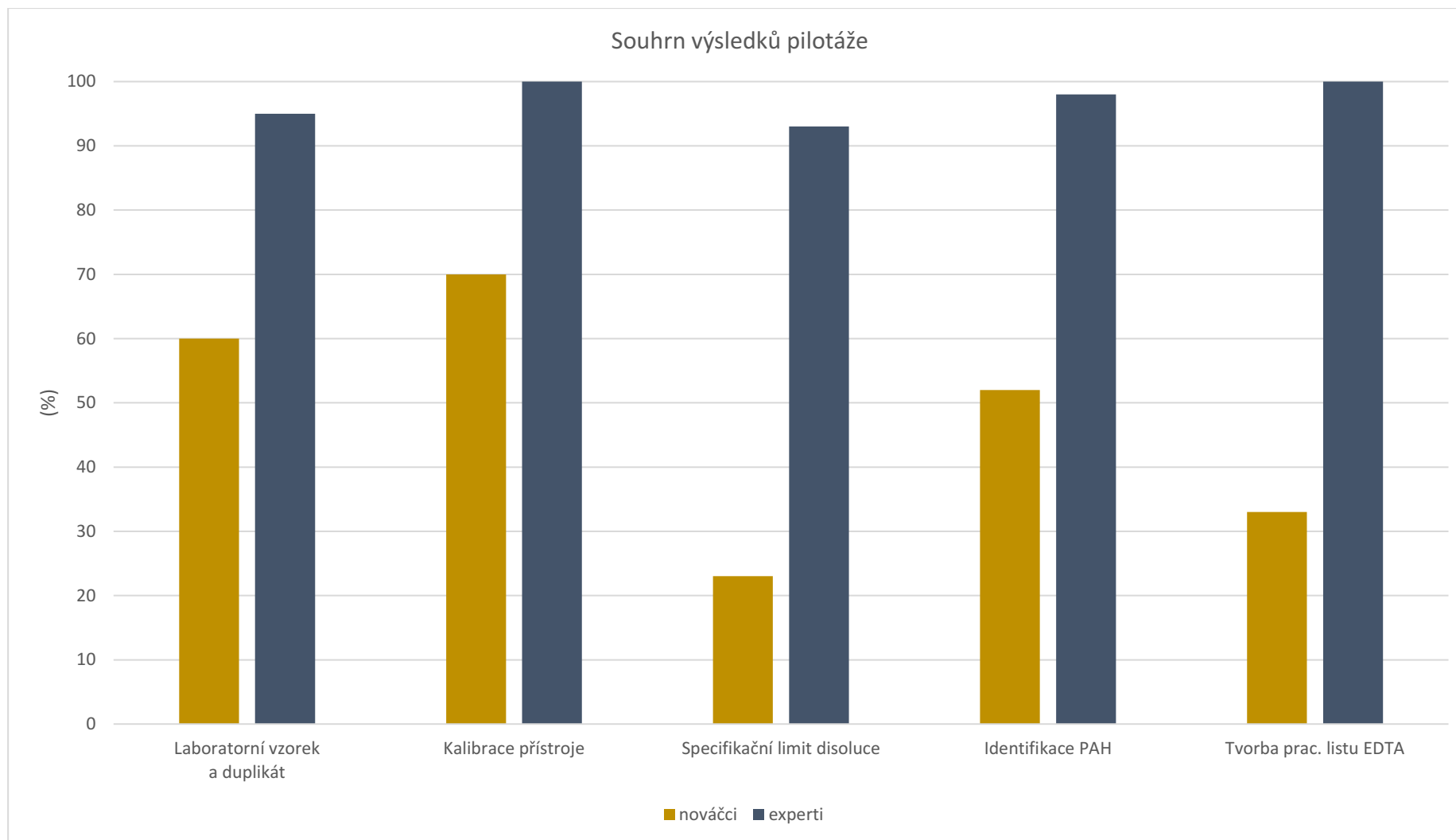
Respondent	Status	Počet využitých nápověd	Počet bodů
1	Student	1	1
2	Student	0	1
3	Absolvent	1	0
4	Absolvent	1	0
5	Absolvent	0	3
6	Absolvent	1	0
7	Absolvent	0	0
8	Absolvent	1	1
9	Absolvent	1	1
10	Absolvent	0	3
11	Zaměstnanec	0	3
12	Zaměstnanec	0	3
13	Zaměstnanec	0	3
14	Zaměstnanec	0	3
15	Zaměstnanec	0	3
16	Zaměstnanec	0	3
17	Zaměstnanec	0	3
18	Zaměstnanec	0	3
19	Zaměstnanec	0	3
20	Zaměstnanec	0	3

Shrnutí výsledků pilotáže přináší *Tab. 11*. Procentuální úspěšnost obou skupin respondentů v jednotlivých úlohách znázorňuje *Graf 1* (viz str. 90).

Je zřejmé, že experti řešili úlohy lépe než nováčci a v průměru v kratším čase, viz *Tab. 11*. Dva z nováčků sice řešili úlohy ve stejném čase, ale s horšími výsledky než experti. Zdá se tedy, že konstruktová validita, tak jak je chápána v práci Huhn et al. (2011) byla naplněna. Je také zjevné, že úlohy jsou na úrovni studentů a absolventů řešitelné. Diskutovat bychom mohli vhodnost zařazení dvou dílčích úloh s vysokou mírou úspěšnosti řešení, ovšem ty lze zařadit jako dílčí podúlohy s funkcí motivační.

Tab. 11 Shrnutí výsledku pilotáže.

Respondent	Status	Doba řešení [minuty]	Celkový počet využitých nápověd	Celkový počet dosažených bodů
1	Student	90	2	12
2	Student	90	2	14
3	Absolvent	120	5	3
4	Absolvent	75	3	9
5	Absolvent	60	3	16
6	Absolvent	90	5	4
7	Absolvent	90	2	12
8	Absolvent	75	3	9
9	Absolvent	90	5	12
10	Absolvent	60	1	16
11	Zaměstnanec	40	0	21
12	Zaměstnanec	45	0	21
13	Zaměstnanec	60	1	20
14	Zaměstnanec	45	0	21
15	Zaměstnanec	60	0	18
16	Zaměstnanec	45	1	20
17	Zaměstnanec	45	0	21
18	Zaměstnanec	35	0	21
19	Zaměstnanec	45	0	20
20	Zaměstnanec	45	0	21



Graf 1 Procentuální úspěšnost skupin respondentů v jednotlivých úlohách.

7 DISKUZE

Výzkum si ve svém počátku vytknul dva cíle. Prvním cílem bylo vytvoření rámce vědeckého myšlení a uvažování v přírodovědných oborech a ověření jeho využitelnosti ve společnostech zaměřených na vývoj, výrobu a služby v oblasti přírodních věd. Tvorba práce vycházela z rozsáhlé teoretické analýzy, která ukázala, že ačkoli neexistuje jednotná definice vědeckého myšlení a uvažování, stávající studie jsou si v řadě aspektů podobné a umožňují vytvořit ucelený rámec vědomostí a dovedností studentů v oblasti vědeckého myšlení a uvažování. Postup práce přitom skloubil jednak názory vědecké komunity (jakéhosi virtuálního panelu tvořeného názory vědců získaných z odborných studií) s názory praktiků – zaměstnanců firem, kteří detailně znají jednotlivé pracovní pozice v ní. Lze se domnívat, že taková studie byla v podmínkách ČR a do jisté míry i zahraničí poměrně ojedinělá a zároveň potřebná, protože propojuje dosud oddělené světy odborníků v oblasti vzdělávání a pracovního trhu. Potřebnost takového propojení je přitom deklarována nejen v mnoha typech dokumentů a kohezních politik (viz např. WEF, 2015; OECD, 2018; EC, 2018b), ale její význam lze spatřovat zejména v praktické rovině, tj. pro kurikula vysokých škol připravujících budoucí zaměstnance společností s portfoliem výrobků a služeb v oblasti přírodních věd, ale i pro společnosti samotné. Za významný výsledek lze proto považovat zjištění, že v práci zkoumané společnosti intuitivně k jakýmsi úvahám o významnosti vědeckého myšlení a uvažování inklinují, ale v rovině svých vlastních kompetenčních rámců o nich přemýšlejí velmi okrajově nebo spíše vůbec. Lze konstatovat, že je považují za naprosto přirozenou součást jednotlivých pracovních pozic, ale necítili potřebu je nějak jednoznačně pojmenovávat. Znamená to tedy, že něco, co se jeví jako důležitá a neopominutelná část vzdělávání (jak bylo ukázáno v teoretických východiskách práce), je pro firmy (zdánlivě) nezajímavé. Práce však ukázala, že se skutečně jedná pouze o zdání, protože ve skutečnosti firmy u svých zaměstnanců v různé míře tento způsob myšlení a uvažování vyžadují. V práci navržený rámec STAR tak může představovat překlenutí mezi oblastí vzdělávací politiky a vzdělávání na straně jedné a pracovním prostředím (praxí) na straně druhé.

Toto překlenutí lze pozorovat v tom, že propojuje „slovníky“ a myšlení obou stran. To je potom přínosné nejen pro ně, ale zejména pro studenty, kteří se mohou snáze na tomto specifickém segmentu trhu práce lépe orientovat. Tato část práce tedy přinesla nejen odpověď na výzkumnou otázku, jaké kompetence mají být obsaženy v rámci vědeckého myšlení a uvažování pro oblast přírodovědného vzdělávání, ale rovněž specifikovala, jak mají být pro účely společností formulovány, tak aby byly jim jako uživatelům srozumitelné.

Cílem druhé části práce bylo samotné vytvoření hodnotícího nástroje komplementárního k rámci vědeckého myšlení a uvažování STAR pro vybrané pozice ve společnostech zaměřených na vývoj, výrobu a služby v oblasti přírodních věd, viz *Tab. 1*. Tato část se jeví jako důležitá jak pro společnosti, s nimiž byla diskutována podoba rámce obecného a následně rámce hodnotícího, tak pro školy, které připravují studenty přírodovědných oborů pro přírodovědné profese, a zejména studenty samotné. Hodnotící rámec komplementární k rámci STAR je totiž tvořen systémem systematicky propracovaných úloh, které mají ověřenou jak obsahovou a zjevnou, tak konstruktovou validitu a mohou sloužit studentům, jako praktická ukázka toho, s jakými praktickými problémy se v rámci svého zaměstnání mohou ve společnostech setkat. Výsledky práce ukazují, že úlohy se ve spolupráci se společnostmi povedlo nastavit správně jak z obsahového hlediska, tak z hlediska náročnosti pro studenty. Ti jsou schopni úlohy řešit, ale jejich schopnosti nejsou přirozeně tak dobré, jako je tomu u expertů v daném oboru. V rámci práce se tedy povedlo rovněž zodpovědět otázku jaké je optimální nastavení úloh komplementárního hodnotícího nástroje vědeckého myšlení a uvažování STAR pro jednotlivé pracovní pozice ve společnostech zaměřujících se na vývoj, výrobu a služby v oblasti přírodních věd. Součástí výsledků nejsou již rozhovory, které v rámci pilotáže úloh byly vedeny se studenty, kteří úlohy vypracovávali. Řada z nich v následných rozhovorech konstatovala, že pro ně bylo zajímavé řešit úlohy, které vycházejí z praxe, a že by ocenili nejen větší počet takových úloh, ale také větší povědomí o různých typech profesí, o které se po skončení studia mohou ucházet. Tyto výpovědi nelze zobecnit a nelze o nich uvažovat jako o vědeckých výstupech práce. Jsou zde uvedeny

jako kontextová informace, která má podpořit význam této práce, ale zejména má ukázat na další možný směr výzkumu v dané oblasti.

Je zde přirozeně možné vidět také možnost využití úloh ze strany společností v rámci přijímání zaměstnanců (včetně absolventů), jak bylo popsáno v úvodu a teoretických východiskách práce. Konkrétně by se jednalo o analýzy orientované na (pracovní) úkoly (tasks-oriented job analysis), ve kterých se analyzují funkce, povinnosti a úkoly, které zaměstnanec bude na pracovišti vykonávat (viz např. Garcia-Izquierdo et al in Nikolaou and Oostrom, 2015; Rees and Doran, 2007). Je zde ovšem třeba zdůraznit, jak bylo popsáno v teoretické části práce, že takové úlohy nemohou být ani jediným nástrojem výběru zaměstnance, a dokonce se ani nemusí jednat o rozhodující část přijetí, kterou musí zaměstnanec dobře zvládnout. Výběr zaměstnance je totiž komplexní záležitostí a posuzovaných charakteristik je velké množství, jak bylo popsáno. Přes tuto skutečnost lze říci, že i společnosti, jejichž zaměstnanci se podíleli na hodnocení obsahových i konstrukčních parametrů úloh konstatovali v neformálních rozhovorech, že některé z úloh do budoucna jako součást přijímacího pohovoru možná zařadí. Důležitější však bylo jejich vyjádření, že jim úlohy pomohou dobře demonstrovat uchazečům o zaměstnání úkoly a problémy, se kterými se mohou běžně setkávat. Opět platí, že tato vyjádření nejsou zobecnitelná, ale dobře dotváří kontext možnosti využití rámce a jsou, a to je jistě zajímavé, v souladu s vyjádřeními studentů (jejich potenciálních zaměstnanců).

Hodnotící rámec lze vnímat také jako zajímavý nástroj pro vysoké školy, které mohou studentům pomocí něj zprostředkovat požadavky zaměstnavatelů na své budoucí zaměstnance a mohou také podle něj korigovat své kurikulum. Nezanedbatelný význam by rámec STAR i komplementární hodnotící rámec mohl mít i jako nástroj komunikace mezi vysokými školami/univerzitami a zaměstnavateli.

Svůj význam může mít hodnotící nástroj také jako autoevaluační nástroj pro studenty. Umožní jim otestovat své schopnosti v oblasti přírodních věd, které mají přímou vazbu na jejich budoucí profesi, ale zároveň si dokáží udělat lepší představu o tom, jaké problémy je na pracovišti/v konkrétní pracovní pozici

čekají. Členění rámce podle jednotlivých pozic (viz str. 59) jim pak může pomoci určit, jaké kroky vědeckého myšlení a uvažování jsou jim blízké a cítí se v nich komfortně a mohou pak volit pracovní pozici, která by vyhovovala jejich dovednostem. Je zřejmé, že i absolventi vysokoškolské studia se svými dovednostmi, znalostmi i zájmy významně liší. Rámec ukazuje, že taková odlišnost se dobře promítá i do potřeb pracovního trhu. Autoevaluace studentů by samozřejmě byla i přínosem a usnadněním práce pro společnosti.

8 ZÁVĚR

Je neoddiskutovatelné, že současná společnost prochází velmi dynamickými změnami, které proměňují společnost jako celek a působí také na pracovní trh. Do popředí zájmu trhu práce se postupně dostávají pracovní pozice s vyšší kvalifikací, což přirozeně vytváří tlak na vzdělávací politiku, která má mimo jiné přispět k tomu, aby aktuálně i v budoucnosti byli zaměstnanci schopni zastávat specializované pozice vyžadující hlubší znalosti a dovednosti a také schopnost přizpůsobit se novým podmínkám, které doba nutně bude přinášet. Zároveň se však zdá, že existuje určitá propast mezi různými typy dokumentů vzdělávací politiky, vzděláváním jako takovým a pracovní realitou ve firmách.

Předkládaná práce se snažila vytvořit první pilíře pro přemostění těchto propastí. Zaměřila se na jeden ze segmentu obecnějších dovedností, kterými jsou vědecké myšlení a uvažování v přírodních vědách. Na základě rozsáhlé obsahové analýzy literatury a kvalitativního výzkumu byl vytvořen rámec vědeckého myšlení a uvažování v přírodních vědách, rámec STAR. Tento rámec představuje jednu z možností, jak diskutovat požadavky společností na zaměstnance firem se školami, které je na tato povolání připravují. Ty mohou potom upravovat svá kurikula tak, aby studenti v rámci studia rozvíjeli takové dovednosti v oblasti vědeckého myšlení a uvažování v přírodních vědách, které budou v budoucnu ve své profesi uplatňovat. V praktické rovině se jeví zároveň jako důležité, že rámec umožňuje studentům těchto škol pochopit, jaké obecnější kognitivní požadavky jsou vyžadovány a jak se pojí s konkrétními pracovními pozicemi.

Na rámec lze však nahlížet také z pohledu vědy. Jistě by byla zajímavá další vědecká šetření, která by zkoumala užitečnost takového rámce v jiných typech společností než pro ty, ve kterých rámec byl ověřován v této práci. Jistě by také bylo zajímavé zhodnotit, jak v obecné rovině chápou rámec tvůrci vysokoškolských kurikul (jako oborových kurikul i kurikul jednotlivých předmětů), neboť vysokoškolský pedagog nemusí nutně absolvovat pedagogické vzdělání, které je požadované pro nižší úroveň vzdělávání. Lze tedy předpokládat, že obecnější koncept, který zde nazýváme vědeckým myšlením a uvažováním vysokoškolští pedagogové znají ze své vlastní vědecké praxe,

podobně jako tomu je firmách, explicitně jej však takto nepojmenovávají a je velkou neznámou, nakolik kompetence související s tímto konceptem u studentů v rámci vlastních předmětů rozvíjejí.

Obecný rámec STAR byl potom doplněn vhodnými úlohami tak, aby se z něj stal rámec hodnotící. Již v závěru bylo uvedeno, že hodnocení pomocí těchto úloh může mít různou podobu. Primárně se úlohy jeví jako zajímavý nástroj autoevaluace studentů, kteří by chtěli vyzkoušet, jak by z pohledu vědeckého myšlení a uvažování uspěli, když budou konfrontováni s běžnými praktickými úlohami v pracovním životě. Ve výsledcích byla rovněž diskutována možnost využití úloh společnostmi při přijímání nových zaměstnanců. V praktické rovině se rovněž nabízí využití úloh ve výuce vysokoškolskými učiteli pro ověření získaných znalostí studentů

Ve vědecké rovině pilotované úlohy mohou sloužit po vzoru mezinárodních šetření TIMSS či PISA k hodnocení vzdělávacích výsledků vysokoškolských studentů. Aplikace úloh bude dalším výzkumným krokem, který bude uskutečněn právě jako šetření úrovně přírodovědného myšlení a uvažování studentů – budoucích absolventů fakult, které se uskuteční na fakultách připravujících studenty pro povolání mj. ve společnostech, ve kterých byl rámec STAR, stejně jako úlohy, ověřovány.

9 LIMITY VÝZKUMU

Předmětem výzkumu bylo zjistit, jaké znalosti a dovednosti jsou očekávány jednotlivými společnostmi zabývající se vývojem, výrobou a poskytováním služeb v oblasti přírodních věd od svých budoucích zaměstnanců, absolventů vysokých škol. K tomuto účelu bylo použito kvalitativních výzkumných metod, díky kterým, jsme schopni získat komplexní a podrobný obraz zkoumané problematiky; tyto metody proto nejlépe vyhovují zamýšleným účelům tohoto výzkumu. Metody kvalitativního výzkumu však mají svá omezení, která je třeba v rámci této disertační práce vzít v úvahu.

Vzhledem k tomu, že byl výzkum proveden na omezeném počtu společností, jejichž portfolia spadají zejména do oblasti farmacie, biotechnologie, mikrobiologie a dalších, není možné zjištění výzkumu zobecnit na všechny společnosti, které zaměstnávají absolventy přírodovědných oborů. A to ani přesto, že do výzkumu byly zahrnuty společnosti operující jak na globální, tak i národní úrovni. Ve vzorku není ani celé možné portfolio firem, které pracují v oblasti přírodních věd a vzorek není ani dostatečně velký. Toto omezení výzkumu je způsobeno skutečností, že hovořit o tak složitém a komplikovaném tématu, jako je vědecké myšlení a uvažování, vyžaduje několik specifíků, mezi která patří uvedení konkrétních každodenních příkladů z pracovní činnosti (rutiny), používání vhodného komunikačního stylu, porozumění a správné používání odborného žargonu a bezchybné zvládnutí jazyka ve kterém komunikace probíhá. Proto byla profesní zkušenost tazatele v oblasti výzkumu velmi zásadní a výzkumný tým nemohl pokrýt všechny existující typy společností působících na poli přírodních věd. Přesto se lze domnívat, že by poměrně univerzálně nastavený rámec mohl být využit i v dalších a společnostech a zemích, poté, co by samy tyto společnosti prověřily jeho aplikovatelnost ve svém prostředí.

Dalším omezením, které je třeba brát v úvahu, je výběr vzorku a jeho zkeslení. Jedním z použitých výběrových kritérií vzorku bylo, zda mají respondenti zájem a jsou vůbec ochotni přemýšlet o rámci vědeckého myšlení a uvažování jako o jedné z částí kompetenčního modelu jejich společnosti. Dalším důležitým

předpokladem bylo, aby respondenti měli velmi dobrý přehled o jednotlivých pracovních pozicích ve svých společnostech. Výsledky jako takové by mohly být hodnoceny jako ovlivněné dvěma způsoby - pracovní pozicí respondentů ve společnosti a ochotou respondenta se průzkumu účastnit. Lze se domnívat, že kritérium pracovních pozic by nemělo být vnímáno jako zaujatost, protože lidé, kteří zastávají tyto pozice, nebo mají o jejich pracovní náplni přesné informace, často spolupracují na tvorbě kompetenčních modelů, týkajících se přírodovědného myšlení a uvažování ve společnostech. Kromě toho se jedná o pracovní pozice, které poskytují nejlepší představu o tom, jaké dovednosti jsou pro jejich výkon nezbytné, stejně tak jako mají ucelenou představu o všech pozicích ve společnostech, kde zaměstnanci uplatňují specifické i všeobecné znalosti z oblasti přírodních věd. Dobrovolnosti účasti je takřka nemožné se vyhnout ve všech sociologických výzkumech, vč. psychologických, pedagogických nebo zdravotních výzkumů. V případě tohoto výzkumu navíc přemýšlení o tak složitých koncepcích vyžaduje specifické požadavky na respondenty a ochotu vyrovnat se s tak komplikovaným tématem, proto je dobrovolnost účasti naprosto zásadní.

Dalším omezením, se kterým se kvalitativní výzkum potýká, je výběr vhodné velikosti vzorku. Byl zvolen přístup Francise a spol. (2010), který pracuje s principem pro stanovení vzorku a hodnocení jeho dostatečnosti pomocí teoretické saturace/nasycenosti dat. Takový přístup vychází ze zakotvené teorie a stává se běžným standardem v kvalitativním výzkumu. Je potřeba si však uvědomit problémy, které se pojí s teoretickým nasycením a s odkazem na jednu výzkumnou studii, jak popsal např. Nelson (Nelson, 2017). Dalo by se říci, že jelikož bylo dosaženo saturace/nasycenosti dat příliš rychle, mohlo se dojít k falešnému závěru. Lze se však domnívat, že uvedená teorie - rámec vědeckého myšlení a uvažování - byla vytvořena hloubkovou teoretickou analýzou širokého spektra existujících studií a pomocí rozhovorů byl rámec upraven pro praktické použití. Teorie tedy nebyla vyvíjena od začátku, ale již stála na pevných teoretických základech. Náš vzorek obecně potvrdil, co již bylo zjištěno a v rámci teorie vytvořeno v oblasti vědeckého myšlení a uvažování v přírodních vědách a náš výzkum upravil toto poznání pro potřeby společností. Velikost vzorku tedy nebyla tak omezená, jak by se mohlo zdát.

V tomto smyslu lze na tento přístup pohlížet také jako na jeden z kroků validace vyvíjející se teorie zabývající se problémem vědeckého myšlení a uvažování.

Limity se přirozeně týkají i úloh samotných. V první řadě úlohy ověřují oborově specifické vědomosti a dovednosti, které se týkají oboru chemie a ani chemii nepojímají v celé komplexnosti. Rámec STAR tedy může být využit univerzálněji pro společnosti, které pracují v oboru přírodních věd, ovšem hodnotící nástroj sám (tedy úlohy) jsou užitečné pouze pro určitou výšeč takových firem a konkrétních pozic v nich.

Kvalita úloh byla posouzena pomocí obsahové, zjevné i konstruktové validity. U prvních dvou typů validit (obsahové a zjevné) může být diskutován počet členů hodnotícího panelu a jejich opodstatnění pro zařazení do panelu, který úlohy posuzoval. Obecně platný – optimální - počet členů takového hodnocení není univerzálně stanoven. Využito bylo všech sedm expertů, kteří se podíleli na přípravě rámce STAR. Připomínky k úlohám se od čtvrtého experta dále již opakovaly, lze tedy konstatovat, že se dosáhlo saturace dat. Erudovanost členů panelu je dána zastávanými pozicemi ve společnosti a jejich dobrým přehledem o jednotlivých pracovních pozicích a jejich kontrolních činnostech. Lze se tedy domnívat, že první stupeň ověření kvality úloh probíhal regulérně, nelze ovšem s jistotou vyloučit, že jiný panel by nedošel k jiným závěrům.

Pro triangulaci kvality úloh komplementárního hodnotícího rámce byl proto zaveden další princip ověření jejich kvality pomocí konstruktové validity. Je potřeba konstatovat, že se jednalo o dostupný vzorek „nováčků“ a „expertů“, kteří byli ochotni se na pilotáži – vyplnění úloh - podílet. Výsledky byly vyhodnoceny pouze popisným statistickým přístupem, žádná inferenční statistická analýza nebyla zavedena, protože způsob stanovení ani velikost vzorku neodpovídali požadavkům statistiky na výběr a velikost. Shora uvedená omezení je potřeba při čtení práce brát v úvahu.

10 POUŽITÉ ZDROJE

1. Ananiadou, K., Claro, M. (2009). 21st Century Skills and Competences for New Millennium Learners in OECD Countries (OECD Education Working Papers No. 41).
2. Arvey, R. D., Salas, E., & Gialluca, K. A. (1992). Using task inventories to forecast skills and abilities. *Human Performance*, 5(3), 171-190.
3. Bao, L., Cai, T., Koenig, K., Fang, K., Han, J., Wang, J., Wang, Y. (2009). Learning and scientific reasoning. *Science*, 323(5914), 586-587.
4. Bažantová, I., Hraba, Z. (2006). *Corporate Governance – aktuální problémy teorie a podnikové praxe*. 1. vyd. Praha: Prospektum. ISBN 80-7175-140-5.
5. Bennett, J., Lubben, F. (2006). Context-based chemistry: The Salters approach. *International Journal of Science Education*, 28 (9), 999–1015.
6. Bezpečnostní list EDTA [online] [cit. 10. 3. 2021]. Dostupné z webové stránky:
<https://www.sigmaaldrich.com/MSDS/MSDS/DisplayMSDSPage.do?country=CZ&language=cs&productNumber=431788&brand=ALDRICH&PageToGoToURL=https%3A%2F%2Fwww.sigmaaldrich.com%2Fcatalog%2Fproduct%2Faldrich%2F431788%3Flang%3Den>.
7. Bird, B. (1995). Towards a theory of entrepreneurial competency. *Advances in Entrepreneurship Firm Emergence and Growth*, 2(1), 51–72.
8. Bolte, C., Holbrook, J., Rauch, F. (Eds.) (2012). *Inquiry-Based Science Education in Europe: Reflection from the PROFILES Projects*. Book of Invited presenters of the 1st International PROFILES Conference 24th – 26th September 2012, Berlin, Germany. 232 pp.
9. Boyatzis, R.E. (1982), *The Competent Manager: A Model for Effective Performance*, John Wiley & Sons, New York, NY.
10. Boyatzis, R., Boyatzis, R. E. (2008). Competencies in the 21st century. *Journal of management development*.
11. Boyles, T. (2012). 21st century knowledge, skills, and abilities and entrepreneurial competencies: A model for undergraduate entrepreneurship education. *Journal of Entrepreneurship Education*, 15, 41.
12. Caughron, J. J., Mumford, M. D. (2012). The Fleishman job analysis survey. *The handbook of work analysis: Methods, systems, applications and science of work measurement in organizations*, 231.

13. Certifikát analýzy EDTA [online] [cit. 10. 3. 2021]. Dostupné z webové stránky:
https://www.sigmaaldrich.com/sapfs/PROD/sap/certificate_pdfs/COFA/Q14/431788-VAR0000041759.pdf.
14. Crawford, B. A. (2000). Embracing the essence of inquiry: New roles for science teachers. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(9), 916–937.
15. Česká školní inspekce: "PISA 2015: Koncepční rámec hodnocení přírodovědné gramotnosti" [online]. Praha, 2017 [cit. 20. 4. 2019]. Dostupné z webové stránky:
http://www.csicr.cz/html/PISA_KR_prirodovednaG/resources/_pdfs_/PISA_KR_prirodovednaG_.pdf.
16. ČSN ISO 28540 Kvalita vod – Stanovení 16 polycyklických aromatických uhlovodíků (PAH) ve vodě – Metoda plynové chromatografie s hmotnostně spektrometrickou detekcí (GC-MS). Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2012, 32 s. (75 7556).
17. Disoluční přístroj [online] [cit. 2. 12. 2020]. Dostupné z webové stránky:
<https://hpst.cz/disoluce/disolucni-systemy/708-ds-dissolution-apparatus-125-6#&gid=1&pid=1>.
18. Dunbar, K. (2002). Understanding the role of cognition in science: The science as category framework. In Carruthers, P, Stich, S., Siegal, M. (Eds.) *The cognitive basis of science*, (pp. 154-170). Cambridge: Cambridge University Press.
19. Dunbar, K., Fugelsang, J. (2005). Scientific thinking and reasoning. In K.J. Holyoak & G.R. Morrison (Eds.), *The Cambridge handbook of thinking and reasoning*, (pp. 705-725). Cambridge: Cambridge University Press.
20. Dye, D. A., Reck, M., McDaniel, M. A. (1993). The validity of job knowledge measures. *International Journal of Selection and Assessment*, 1(3), 153- 157.
21. EC (2006). RECOMMENDATION OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 18 December 2006 on key competences for lifelong learning (2006/962/EC).
22. EC (2018a). COMMISSION STAFF WORKING DOCUMENT Accompanying the document Proposal for a COUNCIL RECOMMENDATION on Key Competences for LifeLong Learning {COM(2018) 24 final}.
23. EC (2018b) DOPORUČENÍ RADY ze dne 22. května 2018 o klíčových kompetencích pro celoživotní učení (Text s významem pro EHP).

24. European Medicines Agency: „Reflection paper on the dissolution specification for, generic solid oral immediate release products with systemic action, 2017 [online] [cit. 10. 3. 2021]. Dostupné z webovej stránky: https://www.ema.europa.eu/en/documents/scientific-guideline/reflection-paper-dissolution-specification-generic-solid-oral-immediate-release-products-systemic_en.pdf.
25. Evangelu, Jaroslava Ester. (2009). Diagnostické metody v personalistice. Praha: Grada Publishing.. 176 s. ISBN 978-80-247-2607-6.
26. Faye, J. (2016). *The Nature of Scientific Thinking: On interpretation, explanation and understanding*. Springer.
27. Fischer, F., Kollar, I., Ufer, S., Sodian, B., Hussmann, H., Pekrun, R., Strijbos, J. W. (2014). Scientific Reasoning and Argumentation: Advancing an Interdisciplinary Research Agenda in Education. *Frontline Learning Research*, 2(3), 28-45.
28. Finegold, D., & Notabartolo, A. S. (2010). 21st century competencies and their impact: An interdisciplinary literature review. *Transforming the US workforce development system*, 19.
29. Foster, J., Gaddis, B., Hogan, J. (2012). Personality-based job analysis. *The Handbook of Work Analysis: Methods, Systems, Applications and Science or Work Measurement in Organizations*. New York, NY: Routledge: Taylor & Francis Group, 247-264.
30. Francis, J. J., Johnston, M., Robertson, C., Glidewell, L., Entwistle, V., Eccles, M. P., Grimshaw, J. M. (2010). What is an adequate sample size? Operationalising data saturation for theory-based interview studies. *Psychology and Health*, 25(10), 1229-1245.
31. Ganajová, M., & Sotáková, I. (2018). Ako naplniť požiadavky pre výučbu chémie v 21. storočí. *Chemické listy*, 112(1), 43-51.
32. Gatsby Science Enhancement Programme (2019) [online] [cit. 20. 4. 2019]. Dostupné z webovej stránky: <https://www.stem.org.uk/elibrary/collection/3623>.
33. Hickey, D.T., Kindfeld, A. C. H., Horwitz, P., Christie, M. A. (1999). Advancing educational theory by enhancing practice in a technology-supported genetics learning environment. *Journal of Education*, 181, 25–55.
34. Holyoak, K. J., Morrison, R. G. (Eds.). (2005). *The Cambridge handbook of thinking and reasoning* (Vol. 137). Cambridge: Cambridge University Press.

35. Huhn, K., Black, L., Jensen, G. M., Deutsch, J. E. (2011). Construct validity of the health science reasoning test. *Journal of allied health*, 40(4), 181-186.
36. Chan, D., Hough, L. (2010). *Categories of Individual Difference Constructs for Employee Selection*. In J. L. Farr, & N. T. Tippins, *Handbook of Employee Selection* (255–363). New York: Routledge.
37. Charakteristické hmotnosti iontů polyaromatických uhlovodíků převzaty z metody 610 EPA [online] [cit. 10. 3. 2021] Dostupné z webové stránky: https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-10/documents/method_610_1984.pdf.
38. Chmelař A. a kol. (2015). *Dopady digitalizace na trh práce v ČR a EU*. [online] [cit. 20. 4. 2019]. Dostupné z webové stránky: <https://www.vlada.cz/assets/evropske-zalezitosti/analyzy-EU/Dopady-digitalizace-na-trh-prace-CR-a-EU.pdf>.
39. Instrument GCMS [online] [cit. 2. 12. 2020]. Dostupné z webové stránky: <https://www.anthias.co.uk/training-courses/5day-comprehensive-GCMS-agilent-masshunter>.
40. Jandourek, J. (2001). *Sociologický slovník*. Portál.
41. Janoušková, S.; Pyskatá Rathouská, L.; Žák, V.; Stratilová Urválková, E. (2021). The Scientific Thinking and Reasoning Framework and its Applicability to Manufacturing and Services Firms in Natural Sciences. *Research in Science & Technological Education*. Dostupné z webové stránky: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/02635143.2021.1928048>.
42. Janoušková, S.; Teplý, P.; Čtrnáctová, H.; Maršák, J. (2019) Vývoj přírodovědného vzdělávání v České republice od roku 1989. *Scientia in educatione*.
43. Janoušková, S., Žák, V., Rusek, M. (2019). *Koncept přírodovědné gramotnosti v České republice: analýza a porovnání*. *Studia Paedagogica*, 24(3).
44. Jeřábek, O., Bílek, M. (2010). *Teorie a praxe tvorby didaktických testů*. Univerzita Palackého v Olomouci.
45. Jeřábek, J., Tupý, J. (Eds.) (2007). *Rámcový vzdělávací program pro základní vzdělávání*. Praha: Výzkumný ústav pedagogický.
46. Klahr, D., Dunbar, K. (1988). Dual space search during scientific reasoning. *Cognitive science*, 12(1), 1-48.
47. Koslowski, B. (1996). *Theory and evidence: The development of scientific reasoning*. Mit Press.

48. Kuhn, D. (1993). Science as argument: Implications for teaching and learning scientific thinking. *Science education*, 77(3), 319-337.
49. Kuhn, D. (2002). What is scientific thinking, and how does it develop? In U. Goswami (Ed.), *Blackwell handbooks of developmental psychology. Blackwell handbook of childhood cognitive development* (pp. 371-393). Malden: Blackwell Publishing.
50. Langdon, D., Whiteside, K. (2004). Bringing sense to competency definition and attainment. *Performance Improvement*, 43(7), 10-15.
51. Lawson, A. E. (1978). The development and validation of a classroom test of formal reasoning. *Journal of Research in Science Teaching*, 15(1), 11- 4.
52. Lehrer, R., & Schauble, L. (2007). Scientific thinking and science literacy. *Handbook of child psychology*, 4.
53. Leigh, I. W., Smith, I. L., Bebeau, M. J., Lichtenberg, J. W., Nelson, P. D., Portnoy, S., Kaslow, N. J. (2007). Competency assessment models. *Professional Psychology: Research and Practice*, 38(5), 463.
54. Maaß, K., Reitz-Koncebovski K., Billy, G. (Eds.) (2013). *Prismas: Promoting Inquiry in Mathematics and Science Education Across Europe*. Final Report.
55. Man, T. W., Lau, T., Chan, K. F. (2002). The competitiveness of small and medium enterprises: A conceptualization with focus on entrepreneurial competencies. *Journal of business venturing*, 17(2), 123-142.
56. ManPower 2017. Revoluce dovedností [online] [cit. 2. 7. 2020]. Dostupné z webové stránky: <https://www.manpower.cz/manpower/wp-content/uploads/2017/01/revoluce-dovednosti.pdf>.
57. Marx, R.W., Blumenfield, P.C., Krajcik, J.S., Fishman, B., Soloway, E., Geier, R., Tal, T. (2004). Inquiry-based science in the middle grades: Assessment of learning in urban systemic reform. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(10), 1063-1080.
58. Mařík V. a kol. a kolektiv (2016). "*Průmysl 4.0: Výzva pro Českou republiku*" nakladatelství Management Press, člen skupiny Albatros Media a. s. (Praha 2016, 1. vyd.) ISBN 978-80-7261-440-0.
59. McCormick, E. J., DeNisi, A. S., & Shaw, J. B. (1979). Use of the position analysis questionnaire for establishing the job component validity of tests. *Journal of Applied Psychology*, 64(1), 51.

60. Mergendoller, J.R., Maxwell, N.L., Bellisimo, Y. (2006). The effectiveness of problem-based instruction: A comparative study of instructional method and student characteristics. *Interdisciplinary Journal of Problem-based Learning*, 1(2), 49-69.
61. Mitchelmore, S., Rowley, J. (2010). Entrepreneurial competencies: A literature review and development agenda. *International Journal of Entrepreneurial Behavior & Research*, 16(2), 92–111.
62. Moore, B. E. (1976). *Occupational analysis for human resource development: A review of utility of the task inventory* (No. 25). Office of Civilian Manpower Management, Navy Department.
63. Národní soustava povolání (2020) [online] [cit. 1. 6. 2020]. Dostupné z webové stránky: www.nsp.cz.
64. National Research Council. (2012). *Education for life and work: Developing transferable knowledge and skills in the 21st century*. National Academies Press.
65. Newton, E., Roberts, M. (Eds.). (2004). *Methods of thought: Individual differences in reasoning strategies*. Psychology Press.
66. Niaz, M. (1994). Enhancing thinking skills: Domain specific/domain general strategies. *Instructional Science*, 22(6), 413-422.
67. Nikolaou, I., Oostrom, J. K. (Eds.). (2015). *Employee recruitment, selection, and assessment: Contemporary issues for theory and practice*. Psychology Press.
68. NIST hmotnostní spektrum Fluorenu a Naphthalenu [online] [cit. 2. 12. 2020]. Dostupné z webové stránky: <https://webbook.nist.gov/chemistry>.
69. Organisation for Economic Co-operation and Development. (2000). *Measuring student knowledge and skills: The PISA 2000 assessment of reading, mathematical and scientific literacy*. Paris: OECD.
70. Organisation for Economic Co-operation and Development. (2016). *PISA 2015 Assessment and analytical framework: Science, reading, mathematics, financial literacy and collaborative problem solving, revised edition*. Paris: OECD Publishing.
71. OECD. (2019). *PISA 2018 assessment and analytical framework*. OECD Publishing.
72. Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD). (2018). *The future of education and skills: Education 2030*. OECD.

73. Opitz, A., Heene, M., Fischer, F. (2017). Measuring scientific reasoning – a review of test instruments. *Educational Research and Evaluation*, 23(3- 4), 78-101.
74. Paul, R., Elder, L. (2012). *The Thinker's Guide to Scientific Thinking: Based on Critical Thinking Concepts and Principles*. Tomales, Thinker's Guide Library.
75. Prien, E. P., Goodstein, L. D., Goodstein, J., Gamble Jr, L. G. (2009). *A practical guide to job analysis*. John Wiley & Sons.
76. Pyskatá Rathouská, L.; Janoušková, S.; Stratilová Urválková, E. (virtual event, 18-19 March 2021). Assessment tool for scientific thinking and reasoning skills: an inspiration for university graduates in natural sciences. *10th New Perspectives in Science Education -International Conference*.
Dostupné z webové stránky:
<https://conference.pixel-online.net/NPSE/files/npse/ed0010/FP/7203-CHEM5044-FP-NPSE10.pdf>.
77. Rees, C. J., Ed, D. (2001). Employee selection in a total quality management context: Taking a hard look at a soft issue. *Total Quality Management*, 12(7-8), 855-860.
78. Rocard, M., Csermely, P., Jorde, D., Lenzen, D., Wallberg – Hendriksson H. (2007). *Science Education Now: A Renewed Pedagogy for the Future Europe*. Brussels: European Commission.
79. Rosse, J. G., Stecher, M. D., Miller, J. L., Levin, R. A. (1998). The impact of response distortion on preemployment personality testing and hiring decisions. *Journal of Applied Psychology*, 83(4), 634.
80. Rychen, D. S., Hersch, S. L. (Eds) (2003). *Key Competencies for a Successful Life and a Well-Functioning Society*. Cambridge, MA: Hogrefe & Huber.
81. Seitl, M. (2016). *Testové psychodiagnostické metody pro výběr zaměstnanců*. Univerzita Palackého v Olomouci.
82. Schafersman, S. D. (1997). An introduction to science: scientific thinking and the scientific method. *Online lecture note*) [http://www. geo. sunysb. edu/esp/files/scientific-method. html](http://www.geo.sunysb.edu/esp/files/scientific-method.html).
83. Schwab, K. (2016). *The fourth industrial revolution*. Geneva: World Economic Forum.
84. Specifikace produktu EDTA [online] [cit. 10. 3. 2021]. Dostupné z webové stránky:
https://api.sigmaaldrich.com/deepweb/assets/sigmaaldrich/quality/spec/362/593/431788-BULK_____ALDRICH__.pdf.

85. Spencer, L. M., Spencer, P. S. M. (2008). *Competence at Work models for superior performance*. John Wiley & Sons.
86. Taguma, M., Rychen, D. S., Lippman, L. (2016). For Official Use EDU/EDPC (2016) 23.
87. Taherdoost, H. (2016). Validity and reliability of the research instrument; how to test the validation of a questionnaire/survey in a research. *How to test the validation of a questionnaire/survey in a research* (August 10, 2016).
88. Thomas, I. and Herrisier, R.L. (1991), "Managerial competencies for effective performance at senior levels in government", Senior Staff Course, Hong Kong.
89. Trapl, D. (2020) [online]. *VŠCHT 2020* [cit. 27.7.2020]. Dostupné z webové stránky: <https://biomikro.vscht.cz/studium/praxe>.
90. Van der Merwe, R. P., Potgieter, T. E. (2002). Assessment in the workplace: a competency-based approach. *SA journal of industrial psychology*, 28(1), 60-66.
91. Volery, T., Mueller, S., von Siemens, B. (2015). Entrepreneur ambidexterity: A study of entrepreneur behaviors and competencies in growth oriented small and medium-sized enterprises. *International Small Business Journal*, 33(2), 109–129.
92. Winterton, J., Delamare-Le Deist, F., Stringfellow, E. (2006). *Typology of knowledge, skills and competences: clarification of the concept and prototype*. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities.
93. World Economic Forum. (2015). *New vision for education: Unlocking the potential of technology*. Vancouver, BC: British Columbia Teachers' Federation.
94. Yasar, O., Maliekal, J., Veronesi, P., Little, L. (2017). The essence of scientific and engineering thinking and tools to promote it. In *American Society for Engineering Education*.
95. Zimmerman, C. (2000). The development of scientific reasoning skills. *Developmental review*, 20(1), 99-149.

11 PŘÍLOHY

Zde je uveden seznam příloh disertační práce. Přílohy práce jsou očíslovány od [1] do [5] a pro přílohy je zavedeno samostatné číslování stránek. Soubor příloh obsahuje 12 stran.

Příloha 1 – Obecný popis pracovních pozic	1
Příloha 2 – Zjednodušené schéma procesních kroků v plném rozlišení (Úloha: Laboratorní vzorek a duplikát)	2
Příloha 3 – Certifikát analýz (CoA) EDTA (Úloha: Tvorba pracovního listu pro přípravu standardu EDTA).....	3
Příloha 4 – Specifikace produktu EDTA (Úloha: Tvorba pracovního listu pro přípravu standardu EDTA).....	4
Příloha 5 – Bezpečnostní list EDTA (Úloha: Tvorba pracovního listu pro přípravu standardu EDTA).....	5