

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA CHEMICKÁ
ÚSTAV CHEMIE A TECHNOLOGIE OCHRANY ŽIVOTNÍHO
PROSTŘEDÍ

FACULTY OF CHEMISTRY
INSTITUTE OF CHEMISTRY AND TECHNOLOGY OF ENVIRONMENTAL PROTECTION

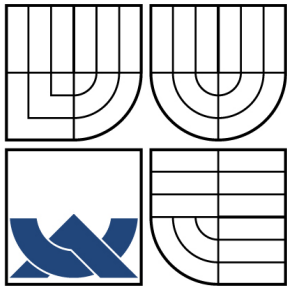
ANALÝZA RIZIK PRACOVNÍHO PROSTŘEDÍ VE VÝUKOVÝCH
CHEMICKÝCH LABORATOŘÍCH

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

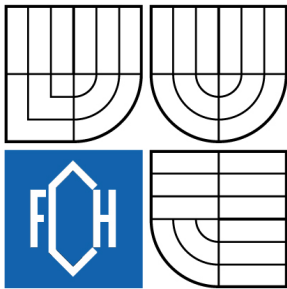
ADAM KŘIŠTOF

BRNO 2008



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA CHEMICKÁ

ÚSTAV CHEMIE A TECHNOLOGIE OCHRANY
ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

FACULTY OF CHEMISTRY

INSTITUTE OF CHEMISTRY AND TECHNOLOGY OF
ENVIRONMENTAL PROTECTION

ANALÝZA RIZIK PRACOVNÍHO PROSTŘEDÍ VE VÝUKOVÝCH CHEMICKÝCH LABORATOŘÍCH

RISK ANALYSIS WORKING ENVIRONMENT IN TUTORIAL CHEMICAL LABORATORIES

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

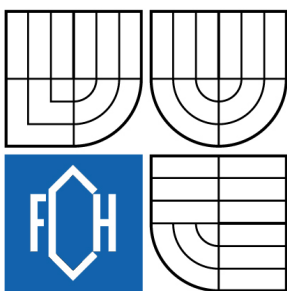
ADAM KŘIŠTOF

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. IVAN MAŠEK, CSc.

BRNO 2008



Vysoké učení technické v Brně
Fakulta chemická
Purkyňova 464/118, 61200 Brno 12

Zadání bakalářské práce

Číslo bakalářské práce	FCH-BAK0228/2007	Akademický rok: 2007/2008
Ústav	Ústav chemie a technologie ochrany životního prostředí	
Student(ka)	Křištof Adam	
Studijní program	Chemie a chemické technologie (B2801)	
Studijní obor	Chemie a technologie ochrany životního prostředí (2805R002)	
Vedoucí bakalářské práce	doc. Ing. Ivan Mašek, CSc.	
Konzultanti bakalářské práce	Mgr. Ekaterina Vitaljevna Andreeva	

Název bakalářské práce:

Analýza rizik pracovního prostředí ve výukových chemických laboratořích

Zadání bakalářské práce:

Zhodnotit stav zabezpečení chemických laboratoří fakulty, naplnění zákonných předpisů.

Zhodnotit současný stav bezpečnosti práce na fakultě.

Termín odevzdání bakalářské práce: 30.5.2008

Bakalářská práce se odevzdává ve třech exemplářích na sekretariát ústavu a v elektronické formě vedoucímu bakalářské práce. Toto zadání je přílohou bakalářské práce.

Adam Křištof
student(ka)

doc. Ing. Ivan Mašek, CSc.
Vedoucí práce

Ředitel ústavu

V Brně, dne 16.10.2007

doc. Ing. Jaromír Havlica, CSc.
Děkan fakulty

ABSTRAKT

Bakalářská práce je zaměřena na analýzu rizik a na dodržení zákonných předpisů pro práci ve výukových laboratořích Fakulty chemické VUT v Brně. K posouzení byl využit vlastní úsudek založený na práci v daných praktikách, pro navazující studium byly využity návody k úlohám.

ABSTRACT

This bachelor's thesis is aimed at the risk analysis and following of statutory rules valid for work in the training chemical laboratories Faculty of Chemistry Brno University of Technology. For assessment I have used own judgement based on the work during concrete laboratories, and at the following study were used guidance documents.

KLÍČOVÁ SLOVA:

analýza rizik, nehoda, úraz, laboratoř, chemikálie, bezpečnost

KEYWORDS:

risk analysis, accident, injury, laboratory, chemicals, safety

KŘIŠTOF, A. *Analýza rizik pracovního prostředí ve výukových chemických laboratořích*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta chemická, 2008. 42 s. Vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Ivan Mašek, CSc.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracoval samostatně a že všechny použité literární zdroje jsem správně a úplně citoval. Bakalářská práce je z hlediska obsahu majetkem Fakulty chemické VUT v Brně a může být využita ke komerčním účelům jen se souhlasem vedoucího diplomové práce a děkana FCH VUT.

.....
podpis studenta

PODĚKOVÁNÍ

Chtěl bych poděkovat mému vedoucímu bakalářské práce doc. Ing. Ivanu Maškovi, CSc., za poskytnutí nezbytných studijních materiálů a za vedení při zpracovávání práce.

OBSAH

1	ÚVOD	8
2	PLATNÁ LEGISLATIVA	9
2.1	ROZDĚLENÍ CHEMICKÝCH LÁTEK DLE ZÁKONA Č. 356/2003 SB.	11
2.2	NAKLÁDÁNÍ S CHEMICKÝMI LÁTKAMI A PŘÍPRAVKY DLE ZÁKONA Č. 258/2000 SB.	12
3	BEZPEČNOSTNÍ POŽADAVKY	13
3.1	BEZPEČNOSTNÍ POŽADAVKY NA PRACOVISŤE	13
3.2	BEZPEČNOSTNÍ POŽADAVKY NA SKLADOVÁNÍ CHEMICKÝCH LÁTEK A PŘÍPRAVKŮ	14
3.3	BEZPEČNOSTNÍ POŽADAVKY NA ZAŘÍZENÍ	14
3.4	BEZPEČNOSTNÍ POŽADAVKY NA OBSLUHU	15
3.5	ŠKOLENÍ ZAMĚSTNANCŮ A STUDENTŮ	16
3.6	POŽÁRNÍ BEZPEČNOST	17
3.7	OSTATNÍ POŽADAVKY	17
3.7.1	<i>Osvětlení</i>	17
3.7.2	<i>Větrání</i>	17
3.7.3	<i>Pracovní plocha</i>	17
3.7.4	<i>Skleněné aparatury</i>	17
3.7.5	<i>NPK – P</i>	18
4	KONTROLY A REVIZE	18
5	ROZBOR PŘÍČIN	19
5.1	LIDSKÝ ČINITEL	19
5.2	DALŠÍ RIZIKOVÉ FAKTORY ZPŮSOBUJÍCÍ OHROŽENÍ	19
6	TOXICKÉ ÚČINKY CHEMICKÝCH LÁTEK A PŘÍPRAVKŮ	20
6.1	PODRÁZDĚNÍ KŮŽE A SLIZNIC	20
6.2	NARKOTICKÝ ÚČINEK	20
6.3	INHIBICE PŘENOSU KYSLÍKU	20
6.4	INHIBICE FUNKCE ENZYMŮ	20
6.5	INDUKCE ČINNOSTI ENZYMŮ	21
6.6	ALKYLACE A ACYLACE	21
6.7	MUTAGENITA	21
6.8	KARCINOGENITA	21
6.9	TERATOGENITA	21
6.10	HYPERSENZIBILUJÍCÍ ÚČINEK, ALERGENY	21
6.11	KATASTROFICKÉ REAKČNÍ SMĚSI	22
6.12	LÁTKY REAGUJÍCÍ NEBEZPEČNĚ S VODOU	22
7	HOŘLAVÉ LÁTKY JAKO ZDROJ OHROŽENÍ ZDRAVÍ	22
7.1	HOŘLAVÉ PLYNY	22
7.1.1	<i>Hořlavé plyny vznikající chemickou reakcí</i>	22
7.1.2	<i>Hořlavé plyny v tlakových lahvích</i>	23
7.1.3	<i>Topné plyny</i>	23
7.1.4	<i>Typy havárií s účastí hořlavého plynu</i>	23

7.1.5	Vniknutí vzduchu do aparatury obsahující hořlavý plyn	23
7.2	HOŘLAVÉ KAPALINY	23
7.2.1	Charakteristika hořlavých kapalin	23
7.3	VLIV STUPNĚ DISPERGACE UNIKAJÍCÍ HOŘLAVÉ LÁTKY NA INTENZITU JEJÍHO ÚČINKU NA OKOLÍ ..	24
7.4	HAVÁRIE	24
7.5	PŘÍČINY ÚNIKU HOŘLAVÝCH KAPALIN Z APARATURY A VLIVY ROZHODUJÍCÍ O JEJICH MOŽNÉM ÚČINKU	24
8	LABORATORNÍ NEHODY	25
8.1	PŘEVŘZENÍ NEBO PÁD LÁHVE	25
8.2	NESPRÁVNÝ POSTUP PŘI OHŘÍVÁNÍ A ODPAŘOVÁNÍ TĚKAVÝCH KAPALIN	25
8.3	PRASKNUTÍ BAŇKY PŘI ZAHŘÍVÁNÍ KAPALINY NEVHODNÝM ZPŮSOBEM	25
8.4	PŘÍMÝ STYK TĚKAVÉ HOŘLAVÉ KAPALINY S HORKOU VODOU NEBO HORKÝM ROZTOKEM	25
8.5	UTAJENÝ VAR KAPALINY PŘI DESTILACI	26
8.6	PŘIDÁNÍ AKTIVNÍHO UHLÍ K HORKÉ TĚKAVÉ KAPALINĚ	26
8.7	ÚRAZY PŘI PRÁCI SE SKLENĚNÝMI SOUČÁSTKAMI	26
9	STATISTIKY NEHOD	27
10	LABORATOŘE – ÚCHM	28
10.1	PRAKTIKUM Z ANORGANICKÉ CHEMIE I	28
10.2	PRAKTIKUM Z ANORGANICKÉ CHEMIE II	29
10.3	PRAKTIKUM Z CHEMICKÉHO INŽENÝRSTVÍ I A II	29
10.4	PRAKTIKUM Z MAKROMOLEKULÁRNÍ CHEMIE	30
10.5	PRAKTIKUM ZE STRUKTURY A VLASTNOSTI POLYMERŮ	30
10.6	PRAKTIKUM Z KOMPOZITNÍCH MATERIÁLŮ	31
10.7	PRAKTIKUM Z PREPARAČNÍCH A TESTOVACÍCH METOD I A II	31
10.8	PRAKTIKUM Z POVRCHOVÝCH ÚPRAV MATERIÁLŮ	31
11	LABORATOŘE – ÚCHTOŽP	31
11.1	PRAKTIKUM Z ORGANICKÉ CHEMIE	31
11.2	PRAKTIKUM Z ANALYTICKÉ CHEMIE I	32
11.3	PRAKTIKUM Z ANALYTICKÉ CHEMIE II	32
11.4	PRAKTIKUM Z ANALÝZY VODY	33
11.5	PRAKTIKUM Z ENVIRONMENTÁLNÍ ANALÝZY	33
11.6	PRAKTIKUM Z TECHNOLOGIE VODY I A II	33
11.7	PRAKTIKUM Z INSTRUMENTÁLNÍ A STRUKTURNÍ ANALÝZY – CHTOŽP, CHPBT, CHM, FSCH ...	34
11.8	PRAKTIKUM Z HYDROBIOLOGIE	34
11.9	PRAKTIKUM Z EKOTOXIKOLOGIE	34
11.10	PRAKTIKUM ZE SPECIÁLNÍ TOXIKOLOGIE	34
12	LABORATOŘE – ÚFSCH	34
12.1	PRAKTIKUM Z FYZIKY I	34
12.2	PRAKTIKUM Z FYZIKÁLNÍ CHEMIE I A II	35
12.3	PRAKTIKUM Z KOLORISTIKY A KOLORIMETRIKY	35
12.4	PRAKTIKUM Z FOTOCHEMICKÝCH PROCESŮ	35
12.5	PRAKTIKUM Z TEXTILNÍ CHEMIE A TECHNOLOGIE	35
12.6	PRAKTIKUM Z TECHNOLOGIE TISKU	36

12.7	PRAKTIKUM Z OBRAZOVÉHO INŽENÝRSTVÍ	36
12.8	PRAKTIKUM Z PLAZMOCHEMIE	36
12.9	PRAKTIKUM Z FOTOGRAFICKÝCH PROCESŮ.....	36
13	LABORATOŘE – ÚCHPBT.....	36
13.1	PRAKTIKUM Z BIOCHEMIE	36
13.2	PRAKTIKUM Z OBECNÉ MIKROBIOLOGIE.....	37
13.3	PRAKTIKUM Z BIOINŽENÝRSTVÍ	37
13.4	PRAKTIKUM Z BIOTECHNOLOGIE.....	37
13.5	PRAKTIKUM Z MOLEKULÁRNÍ BIOTECHNOLOGIE.....	37
13.6	PRAKTIKUM Z TECHNOLOGIE POTRAVIN I A II.....	37
13.7	PRAKTIKUM Z ANALYTICKÉ CHEMIE POTRAVIN	37
13.8	PRAKTIKUM Z KOSMETOLOGIE.....	38
14	ZÁVĚR	39
15	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	40
16	SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ.....	42

1 ÚVOD

Hlavní náplní studia na Fakultě chemické VUT v Brně je připravit budoucí absolventy jak po stránce teoretické, tak po stránce praktické. Pro praktickou výuku slouží laboratoře různého zaměření. Základní pravidla pro bezpečnost práce v laboratoři jsou uvedena v laboratorním řádu, ale i při dodržování bezpečnostních pravidel dochází k nehodám a úrazům. Rizikovost vzniku úrazu nebo nehody záleží na typu laboratoří.

Typy laboratoří jsou různé, záleží na jejich zaměření. Jsou to laboratoře anorganické, organické, fyzikální a analytické chemie a řada dalších. S jiným typem laboratoří přichází i jiná náročnost práce spojená s určitými riziky. Rizika plynou nejenom z práce studenta, ale i z používaných chemikálií a laboratorního skla. Co se týče instrumentálního vybavení vzniká riziko poškození.

V hodnocení rizik bylo vycházeno z úsudku autora, který byl podložen absolvováním většiny praktik bakalářského studia a z návodů k daným úlohám, které byly využity k řešení problematiky pro navazující magisterské programy fakulty. Laboratoře byly rozděleny podle ústavů pod které spadají.

Cíl práce je zhodnotit stav zabezpečení chemických laboratoří fakulty, naplnění zákonných předpisů. Zhodnotit současný stav bezpečnosti práce na fakultě.

2 PLATNÁ LEGISLATIVA

Zákoník práce je základní zákon upravující oblast pracovního práva. Současný platný český zákoník č. 262/2006 Sb. účinný od 1. ledna 2007 stanovuje základní pracovně právní vztahy mezi zaměstnavatelem a zaměstnancem. Nároky a povinnosti, které musí plnit jak zaměstnanec tak i zaměstnavatel týkající se pracovního prostředí, bezpečnosti a ochrany zdraví při práci. Pro chemické laboratoře a nejen pro ně je důležitá ustanovení týkající se bezpečnosti a ochrany zdraví při práci, v níž je uvedeno jak předcházet ohrožení života a zdraví při práci. Dále také povinnosti zaměstnavatele a zaměstnance týkající se osobních ochranných pracovních prostředků, pracovních oděvů a obuvi, mycích, čisticích a dezinfekčních prostředků a ochranných nápojů. A v neposlední řadě povinnosti zaměstnavatele při pracovních úrazech a nemocech z povolání a práva a povinnosti zaměstnavatele a zaměstnance týkající se bezpečnosti a ochrany zdraví při práci, povinnost podílet se na vytváření bezpečného a zdraví neohrožujícího pracovního prostředí, zejména uplatňováním stanovených a zaměstnavatelem přijatých opatření. Ustanovení opravňuje zaměstnanci odmítnout výkon práce, o níž má důvodně za to, že bezprostředně a závažným způsobem ohrožuje jeho život nebo zdraví, popřípadě život nebo zdraví jiných fyzických osob.

Pro bezpečnou práci v chemických laboratořích plyne řada pravidel a zásad, které vycházejí z následujících právních předpisů, jako je zákon č. 356/2003 Sb., o chemických látkách a přípravcích. Tento zákon upravuje povinnosti právnických osob a podnikajících fyzických osob při klasifikaci a zkoušení nebezpečných vlastností, balení, označování, uvádění na trh nebo do oběhu, při vývozu a dovozu chemických látek a chemických přípravků, při oznamování a registraci chemických látek. Dále vymezuje působnost správních orgánů při zajišťování ochrany zdraví a životního prostředí před škodlivými účinky chemických látek a chemických přípravků. Zákon č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví, který upravuje práva a povinnosti fyzických a právnických osob v oblasti ochrany a podpory veřejného zdraví a soustavu orgánů ochrany veřejného zdraví, jejich působnost a pravomoci. Nejdůležitější část zákona č. 258/2000 Sb., zakazuje práci s chemickými látkami a přípravky těhotným ženám, kojícím ženám a matkám do konce devátého měsíce po porodu. Mezi tyto látky patří látky způsobující akutní nebo chronické otravy s těžkými nebo nevratnými následky pro zdraví. Například poškozující reprodukční schopnost a nebo plod v těle matky, poškozující kojence prostřednictvím mateřského mléka, vyvolávající těžká poškození zdraví při vstřebávání kůží nebo mající výrazné senzibilizující účinky na dýchací ústrojí nebo kůži. Podmínky pro práci mladistvých s chemickými látkami jsou uvedeny v kapitole 2.2 [1].

Prováděcí vyhlášky k zákonu č. 356/2003 Sb., jsou uvedeny v tabulce 1. Vyhlášky upravují a zpracovávají uvedený zákon v souladu s právem Evropských společenství. Technické normy (ČSN) nejsou samy o sobě právně závazné, jejich právní závaznost však může stanovit právní předpis. Dodržování a plnění výrazně snižuje řadu technických faktorů, které by zapříčinili vznik úrazu nebo nehody [1].

Práva a povinnosti pro studenty vyplývající z daných zákonů jsou uvedena v laboratorním řádu a před zahájením práce v laboratoři s ním musí být seznámeni. To, že byli poučeni o bezpečnosti práce v chemické laboratoři dokládají svým podpisem. Bez písemného potvrzení není studentům povoleno zahájit práci v laboratoři [1].

Povinnosti pro zaměstnance plynoucí ze zákona č. 356/2003 Sb. je dodržování správné laboratorní praxe a získání odborné způsobilosti pro práci s nebezpečnými chemickými látkami a přípravky označené jako vysoce toxické. Za fyzické osoby odborně způsobilé se považují absolventi vysokých škol, kteří získali vysokoškolské vzdělání v oblasti oborů chemie, všeobecné lékařství, farmacie, veterinární lékařství a hygiena. Dále také absolventi učitelských oborů se zaměřením na chemii a mají ve svém výkazu o studiu potvrzeno úspěšné vykonání zkoušky z toxikologie, nebo získali vysokoškolské vzdělání a mají doklad o absolvování speciální přípravy pro výkon práce ve zdravotnictví nebo doklad o absolvování celoživotního vzdělávání v oboru toxikologie. Osoby, které mají jiné vzdělání, než je uvedeno se musí podrobit zkoušce z odborné způsobilosti pro nakládání s nebezpečnými chemickými látkami a přípravky s označením jako vysoce toxické. Na základě této zkoušky získávají osvědčení, které je platné po dobu 5 let. Osvědčení vydávají orgány na ochranu veřejného zdraví [1].

Dodržování správné laboratorní praxe se týká těch osob, které provádí zkoušení nebezpečných vlastností látek nebo přípravků uvedené v kapitole 2.1. Musí mít osvědčení o dodržování zásad správné laboratorní praxe. Ministerstvo životního prostředí vydá osvědčení o dodržování zásad na základě písemné žádosti osoby po ověření dodržování zásad touto osobou. Osoba povinná se podrobit kontrole dodržování zásad a umožnit kontrolním orgánům vstup na pozemky, do objektů a pracovišť užívaných ke zkoušení. Dále poskytnout informace o dodržování zásad v souladu s prováděcím právním předpisem [1].

Tabulka 1: Seznam vyhlášek upravující zákon č. 356/2003 Sb.

164/2004 Sb.	Stanovení základních metod pro zkoušení nebezpečných vlastností chemických látek a chemických přípravků z hlediska hořlavosti a oxidační schopnosti
219/2004 Sb.	Vyhláška o zásadách správné laboratorní praxe.
220/2004 Sb.	Stanovení náležitostí oznamování nebezpečných chemických látek a vedení jejich evidence
221/2004 Sb.	Stanovení seznamů nebezpečných chemických látek a nebezpečných chemických přípravků, jejichž uvádění na trh je zakázáno nebo jejichž uvádění na trh, do oběhu nebo používání je omezeno.
222/2004 Sb.	Stanovení základních metod u chemických látek a chemických přípravků pro zkoušení fyzikálně-chemických vlastností, výbušných vlastností a vlastností nebezpečných pro životní prostředí
223/2004 Sb.	Stanovení bližších podmínek hodnocení rizika nebezpečných chemických látek pro životní prostředí
231/2004 Sb.	Stanovení podrobného obsahu bezpečnostního listu k nebezpečné chemické látce a chemickému přípravku
232/2004 Sb.	K provedení některých ustanovení zákona o chemických látkách a chemických přípravcích a o změně některých zákonů, týkající se klasifikace, balení a označování nebezpečných chemických látek a chemických přípravků.
234/2004 Sb.	O možném použití alternativního nebo jiného odlišného názvu nebezpečné chemické látky v označení nebezpečného chemického přípravku a udělování výjimek na balení a označování nebezpečných chemických látek a chemických přípravků.
426/2004 Sb.	O registraci chemických látek
427/2004 Sb.	Stanovení bližší podmínky hodnocení rizika chemických látek pro zdraví člověka
443/2004 Sb.	Stanovení základních metod pro zkoušení toxicity chemických látek a chemických přípravků

2.1 Rozdělení chemických látek dle zákona č. 356/2003 Sb.

- *Výbušné (E)*: jsou pevné, kapalné, pastovité nebo gelovité látky a přípravky, které mohou exotermně reagovat i bez přístupu vzdušného kyslíku, přičemž rychle uvolňují plyny, a které, pokud jsou v částečně uzavřeném prostoru, za definovaných zkušebních podmínek detonují, rychle shoří nebo po zahřátí vybuchují,
- *Oxidující (O)*: při styku s jinými látkami, zejména hořlavými, vyvolávají vysoce exotermní reakci,
- *Extrémně hořlavé (F+)*: v kapalném stavu mají bod vzplanutí nižší než 0 °C a bod varu nižší než 35 °C nebo které jsou v plynném stavu vznětlivé při styku se vzduchem za normální (pokojové) teploty a normálního (atmosférického) tlaku,
- *Vysoce hořlavé (F)*: se mohou samovolně zahřívát a poté vznítit při styku se vzduchem za normální (pokojové) teploty, normálního (atmosférického) tlaku a bez přívodu energie. V pevném stavu se mohou snadno vznítit po krátkém styku se zápalným zdrojem. Po odstranění zápalného zdroje dále hoří nebo doutnají.

V kapalném stavu mají bod vzplanutí nižší než 21 °C a nejsou extrémně hořlavé. Patří do třídy nebezpečnosti I dle ČSN 650201. Při styku s vodou nebo vlhkým vzduchem uvolňují vysoce hořlavé plyny,

- *Hořlavé*: jsou kapalné látky nebo přípravky, které mají nízký bod vzplanutí, mají bod vzplanutí v rozmezí od 21 °C do 55 °C,
- *Vysoce toxické (T+)*: jsou látky nebo přípravky, které při vdechnutí, požití nebo při průniku kůží ve velmi malých množstvích způsobují smrt nebo akutní nebo chronické poškození zdraví,
- *Toxické (T)*: jsou látky nebo přípravky, které při vdechnutí, požití nebo při průniku kůží v malých množstvích způsobují smrt nebo akutní nebo chronické poškození zdraví,
- *Zdraví škodlivé (Xn)*: po vdechnutí, požití nebo proniknutí kůží mohou způsobit akutní nebo chronické poškození zdraví nebo smrt,
- *Žíravé (C)*: při styku s živou tkání mohou způsobit její zničení,
- *Dráždivé (Xi)*: nemají vlastnosti žiravin, ale při přímém dlouhodobém nebo opakovaném styku s kůží nebo sliznicí mohou vyvolat zánět,
- *Senzibilizující*: po vdechnutí nebo proniknutí kůží mohou vyvolat přecitlivělost tak, že po další expozici vznikají charakteristické příznaky,
- *Karcinogenní*: karcinogeny jsou rozděleny do tří kategorií (1, 2 nebo 3), po vdechnutí, požití nebo proniknutí kůží mohou vyvolat nebo zvýšit četnost výskytu rakoviny,
- *Mutagenní*: mutageny jsou rovněž rozděleny do tří kategorií podle účinků (1, 2 nebo 3), po vdechnutí, požití nebo proniknutí kůží mohou vyvolat nebo zvýšit četnost výskytu genetických poškození,
- *Toxické pro reprodukci*: kategorie (1, 2 nebo 3), po vdechnutí, požití nebo proniknutí kůží mohou vyvolat nebo zvýšit četnost výskytu nedědičných poškození potomků, poškození reprodukčních funkcí nebo schopností reprodukce muže nebo ženy,
- *Nebezpečné pro životní prostředí*: po proniknutí do životního prostředí představují nebo mohou představovat okamžité nebo opožděné nebezpečí [2].

2.2 Nakládání s chemickými látkami a přípravky dle zákona č. 258/2000 Sb.

Důležitou částí zákona č. 258/2000 Sb., pro právnické a fyzické osoby je ustanovení, které se týká nakládání s nebezpečnými chemickými látkami a přípravky. Z ustanovení vyplývá, že je každý povinen chránit zdraví lidí a životní prostředí a řídit se výstražnými symboly nebezpečnosti, standardními větami označujícími specifickou rizikovost a standardními pokyny pro bezpečné zacházení. Ze zákona vyplývá kdo a za jakých podmínek smí s nebezpečnými chemickými látkami nakládat. Příslušné podmínky jsou uvedeny v tabulce 2 a v seznamech pod tabulkou.

Tabulka 2: Seznam nebezpečných chemických látek, u kterých nemusí být nakládání zabezpečeno osobou odborně způsobilou [2].

Zákon č. 258/2000 Sb. uvádí následující druhy látek:		
výbušné	hořlavé	senzibilující
oxidující	toxické	karcinogenní
extrémně hořlavé	zdraví škodlivé	mutagenní
vysoce hořlavé	žíravé	toxické pro reprodukci
dráždivé		nebezpečné pro životní prostředí

Seznam nebezpečných chemických látek, u kterých musí být nakládání zabezpečeno osobou odborně způsobilou: vysoce toxické [2].

Nakládání jen v rámci přípravy na povolání pod přímým dohledem osoby s odbornou způsobilostí [2]. Seznam nebezpečných chemických látek se kterými smí nakládat fyzické osoby od 15 do 18 let: vysoce toxické, toxické, žíravé [2].

Seznam nebezpečných chemických látek se kterými smí nakládat fyzické osoby od 10 do 18 let, jestliže tyto látky jsou součástí výrobků, které splňují technické požadavky na hračky: žíravé a oxidující [2].

3 BEZPEČNOSTNÍ POŽADAVKY

3.1 Bezpečnostní požadavky na pracoviště

Laboratorní práce se smějí provádět jen k tomu účelu vybavených laboratořích. Pracoviště musí být udržováno v čistotě a v pořádku, ve stavu, který neohrožuje bezpečnost a zdraví osob [2].

Laboratoře musí být vybaveny :

- osobními ochrannými pracovními prostředky,
- hasicími prostředky,
- prostředky pro poskytnutí první pomoci,
- přívodem pitné vody,
- vhodnou přenosnou svítilnou,
- asanačními a neutralizačními prostředky podle povahy práce [2].

Vstup do laboratoře musí být označen podle povahy práce výstražnými tabulkami. Únikové cesty a manipulační prostory, uzávěry vody, plynu a hlavní vypínač elektrického proudu musí být stále volné. Při práci, při které může dojít k úniku škodlivých látek do vzduší, musí být prováděno účinné větrání pracoviště [2].

Podlaha musí být rovná, odolná proti poškození a provedená tak, aby se na ni nemohla hromadit voda. Bezodkladně se musí z podlahy odstraňovat rozlité kapaliny. K zařízením musí být zajištěn bezpečný přístup a dostatečný manipulační prostor umožňující jejich bezpečné používání. Pracoviště musí být řádně osvětleno [2].

3.2 Bezpečnostní požadavky na skladování chemických látek a přípravků

Osoba(y) pověřené ke skladování a manipulaci vysoce toxických látek jsou povinny zajistit:

Toxické látky musí být uchovávány tak, aby nemohlo dojít k jejich zneužití, musí být uzamčeny a musí být vedena jejich evidence. S ostatními chemikáliemi mohou být ukládány ve společné místnosti pouze tehdy, pokud jsou od ostatních látek odděleny, např. v samostatné skříni, regálu nebo polici [2].

V laboratoři mohou být umístěny jen láhve s technickými plyny, které jsou pro provoz nezbytné. Nepotřebné nebo prázdné láhve se musí odstranit. Dveře místností, v nichž jsou láhve se stlačenými plyny musí být označeny tabulkou s názvem příslušného plynu. Látky, které reagují se sklem nebo se ve styku s ním rozkládají se musí uchovávat v nádobách z plastů, kovu nebo ve skleněných nádobách uvnitř opatřených vrstvou parafinu [2].

Látky, které se rozkládají na světle, musí být ukládány v nádobách z tmavého skla nebo z neprůsvitného materiálu. Alkalické kovy musí být uloženy pod vrstvou inertní vysokovroucí kapaliny a bílý fosfor pod vrstvou vody. Pro ukládání alkalických kovů a hydridů alkalických kovů je třeba vyhradit kovovou skříň mimo laboratoř. Skleněné nádoby, ve kterých se přechovávají samozápalné látky musí být uloženy v nerozbitném obalu takových rozměrů, aby v případě rozbití skleněné nádoby zůstala samozápalná látka pod ochrannou kapalinou [2].

Odděleně musí být ukládány látky nebezpečné výbuchem a látky, které spolu nebezpečně reagují. Nádoby s agresivními kapalinami musí být ukládány tak, aby byly bezpečně dosažitelné všemi pracovníky laboratoře. Při přechovávání bromu musí být zabráněno úniku jeho par do okolního prostoru. Pro skladování hořlavých kapalin a zkapalněných plynů v laboratoři platí ustanovení ČSN 65 0201 – Hořlavé kapaliny – Provozovny a sklady. Při skladování musí být vyloučena záměna a škodlivé působení uskladněných látek, zabráněno pronikání do životního prostředí a ohrožování zdraví lidí [2].

3.3 Bezpečnostní požadavky na zařízení

Zařízení, přístroje a nářadí musí být udržovány v provozuschopném a bezpečném stavu. U všech strojů a zařízení musí být zakryto převodové soukolí a ostatní pohyblivé části strojů. Při práci s látkami, které mohou ohrozit lidské zdraví musí být technickými opatřeními vyloučen přímý kontakt pracovníků s těmito látkami. Každá chemická látka musí být označena. Rozvody médií (např. plynu, vzduchu, vody apod.) musí být označeny podle druhu dopravovaných látek [2].

Obaly s toxickými látkami nebo žiravinami se nesmí přemísťovat otevřené. Při jejich odlévání nebo přelévání musí být nádoby umístěny tak, aby nedošlo k jejich převrhnutí nebo rozbití. V pevném stavu musí být tyto látky nabírány lopatkami, laboratorními lžícemi nebo špachtlemi z materiálu, který nereaguje s danou látkou [2].

Žiraviny z balónů smějí být odlévány jen pomocí výklopných košů. Při práci s vakuem nebo přetlakem ve skleněné aparatuře musí být používány vhodné nádoby. Aparatura musí být umístěna v uzavřené digestoři nebo chráněna krytem [2].

Při práci v laboratoři se musí používat pouze pečlivě sestavené aparatury. Analytické přístroje, laboratorní odstředivky a ostatní pomůcky je třeba instalovat a pracovat s nimi podle

pokynů výrobce tak, aby nebezpečí pro obsluhu při práci s nimi bylo co nejmenší. Zatavené skleněné trubice, ve kterých se provádějí chemické reakce, je nutné chránit kovovým krytem. Kovové láhve s technickými plyny musí být předepsaným způsobem barevně označeny. Láhve nebo sudy s plyny musí být od otevřeného ohně vzdáleny nejméně 3 m [2].

Obsluha a práce na elektrických zařízeních se řídí ustanoveními uvedenými v ČSN 34 3100 - Elektrotechnické předpisy ČSN. Bezpečnostní předpisy pro obsluhu a práci na elektrických zařízeních ČSN 34 3108 – Elektrotechnické předpisy ČSN. Bezpečnostní předpisy o zacházení s elektrickým zařízením pracovníky seznámenými [2].

3.4 Bezpečnostní požadavky na obsluhu

Každodenně před zahájením práce musí obsluha zařízení provést vizuální kontrolu stavu zařízení. V případě zjištěných nedostatků musí o nich obsluha bezodkladně informovat příslušného vedoucího pracovníka. Obsluha zařízení musí být prováděna podle návodů k jeho obsluze, popřípadě podle dalších bezpečnostně provozních předpisů [2].

Před zahájením práce s technickými plyny musí být zajištěna větratelnost, připraveny vhodné ochranné, hasicí a asanační prostředky, překontrolováno těsnění a funkce redukčních ventilů a těsnění aparatur. Před zahájením práce s alkalickými kovy, hydridy a roztoky organokovových sloučenin se musí připravit vhodné hasicí prostředky pro případ havárie. Při zahřívání hořlavých kapalin se musí učinit opatření k zamezení vzniku požáru. Zvláštní pozornost je třeba věnovat práci s etherem a sirouhlíkem. Při mixování, mletí a míchání hořlavých látek nesmí dojít k jejich přehřátí, které by mohlo mít za následek výbuch nebo požár [2].

Práce s rozpouštědly musí být prováděny v digestoři se spuštěnými ochrannými skly. Před operacemi, při kterých může dojít ke zkoncentrování peroxidů obsažených v rozpouštědle, musí být rozpouštědla těchto peroxidů zbavena. Při zahřívání nádob obsahujících rozpouštědla se nesmí používat přímý plamen. Při destilaci se musí v destilační baňce ponechat dostatečně velký destilační zbytek, nejméně 10 %. Olejové lázně mohou být zahřívány jen pod teplotu vzplanutí použitého oleje. Pokud do zahřívání lázně vnikne voda, musí se ohřev přerušit a olej vyměnit [2].

Žiraviny, jejichž ředěním nebo rozpouštěním se uvolňuje teplo, musí být rozpouštěny po částech za stálého míchání a chlazení. Střepy se musí ukládat do zvláštní nádoby. Odpad znečištěný oleji nebo hořlavými látkami se musí ukládat do uzavřených plechových nádob. Obsah nádob musí být pravidelně předáván k likvidaci. Před každou manipulací s látkami, které mohou ohrozit zdraví, se musí pečlivě zkontrolovat technická i organizační opatření k ochraně zdraví a musí být připraveny asanační prostředky pro případ havárie [2].

Do laboratorních výlevek, kalichů a jiných odtoků se mohou vylévat jen dostatečně naředěná (nejméně 1:10) a s vodou mísitelná rozpouštědla do množství 0,5 l a vodné roztoky kyselin a hydroxidů, naředěné nejméně 1:30. Odpadní rozpouštědla se po odstranění zbytků samozápalných látek a neutralizaci shromažďují ve zřetelně označených nádobách. Zbytky alkalických kovů, hydridů alkalických kovů a roztoků organokovových sloučenin po reakcích nebo sušení rozpouštědel musí být ihned zlikvidovány [2].

3.5 Školení zaměstnanců a studentů

Zaměstnanci, kteří v rámci zaměstnání nebo přípravy na povolání, nakládají s látkami a to: toxickými, žíravými, karcinogenními, mutagenními a toxickými pro reprodukci musí být prokazatelně seznámeni s nebezpečnými vlastnostmi látky, zásadami ochrany zdraví a životního prostředí, zásadami první pomoci uvedenými v bezpečnostním listu nebo návodu výrobce [2].

Skladování, manipulace, (nakládání) s vysoce toxickými látkami musí být zabezpečeno odborně způsobilou osobou, kterou pověří ředitel organizace. Pracovat v laboratoři a obsluhovat její zařízení mohou pouze k tomu příslušným vedoucím pracovníkem pověřeni pracovníci, odborně a zdravotně způsobilí pro tuto činnost. O jejich odborné způsobilosti rozhoduje příslušný vedoucí pracovník, o zdravotní způsobilosti pracovníka rozhoduje lékař. Pověřit pracovníka uvedenou činností lze, až po úspěšném zakončení jeho zaškolení a zácviku [2].

V průběhu zaškolování pracovníka musí být tento prokazatelně seznámen:

- s tímto provozním bezpečnostním předpisem
- návody výrobců pro používání daného zařízení [2].

Mimo to musí být v omezeném rozsahu seznámen rovněž s potřebnými ustanoveními uvedenými v „Úvodu“ tohoto předpisu. Rozsah seznámení s potřebnými ustanoveními stanoví příslušný vedoucí pracovník. Z obsahu uvedených předpisů musí být zaškolovaný pracovník následně přezkoušen, přičemž musí prokázat jejich vyhovující znalosti [2].

Toto školení a přezkušování musí být každoročně opakováno a musí o něm být vedena evidence, uložená u příslušného vedoucího pracovníka. Uvedené školení a přezkušování pracovníků provádí příslušný vedoucí pracovník. Za řádný zácvik obsluhy strojů a zařízení laboratoře odpovídá příslušný vedoucí pracovník, který stanoví jeho potřebnou dobu a zaměření. V průběhu zácviku si musí pracovník osvojit zejména:

- dodržování bezpečnostních předpisů, zvláště používání předepsaných ochranných zařízení,
- provádění běžné obsluhy a seřizování strojů a zařízení,
- bezpečnou manipulaci s materiálem,
- řádné používání osobních ochranných pracovních prostředků [2].

Podmínky pro studenty týkající se bezpečné práce v chemické laboratoři vyplývají z laboratorního řádu a z pokynů vedoucího praktik. Řád je pro studenty závazný a jeho znalost je bezpodmínečně nutná. V laboratorním řádu jsou kromě pravidel bezpečnosti a ochrany zdraví při práci v chemické laboratoři pravidla týkající se první pomoci a požární bezpečnosti.

3.6 Požární bezpečnost

Požadavky na požární bezpečnost v laboratoři vyplývají především z rizika práce s hořlavými látkami. Laboratoře musí být vybaveny hasicími přístroji, případně hydranty a vhodnými asanačními a neutralizačními prostředky pro případ havárií. Při ukládání hořlavých kapalin v laboratořích se nesmí překročit stanovené maximální množství hořlavin. Při zahřívání hořlavých kapalin je třeba učinit taková opatření, která by zamezila vzniku požáru. Při destilaci hořlavých kapalin je zakázáno ponechat aparaturu bez dozoru. Při rozliti hořlavých kapalin se musí okamžitě zhasnout plynové spotřebiče, vypnout elektrický proud a vyhlásit zákaz vstupu nepovolaným osobám a zajistit dokonalé větrání místnosti [2].

3.7 Ostatní požadavky

3.7.1 Osvětlení

Osvětlení obvykle tvoří dva zdroje: denní a umělé osvětlení. Denní osvětlení je vhodnější, ale nejčastější bývá smíšené osvětlení. V laboratořích je nezbytné zřídit nouzové osvětlení z jiného zdroje, než je zdroj používaného umělého osvětlení, zejména je nutné zajistit osvětlením nouzový východ, chodby a schodiště [2].

3.7.2 Větrání

Větrání místnosti je nutné instalovat tak, aby byla zabezpečena dostatečná výměna vzduchu, ale nenastaly velké výkyvy teplot. Větrání laboratoří musí zajistit nepřekračování nejvyšších přípustných koncentrací škodlivin v pracovním ovzduší (NPK-P) stanovené hygienickými předpisy. Větrací zařízení musí být přizpůsobeno tak, aby nenarušovalo účinnost digestoří. Do společného odsávacího potrubí se nesmí odvádět škodliviny, které mohou tvořit nebezpečnou směs. Nezbytným vybavením laboratoře je digestoř s dobře fungujícím odtahem [2].

3.7.3 Pracovní plocha

Pracovní deska je vyráběna v různých materiálech i povrchových úpravách podle typu chemických látek, se kterými přijde do styku. Především se jedná o kyselinovzdornou dlažbu, umělý kámen, epoxidová pryskyřice, keramika a polypropylen. Výška pracovních ploch je buď 750 mm (pro práci v sedě) nebo 900 mm (pro práci ve stoje) [2].

3.7.4 Skleněné aparatury

Skleněné aparatury musí být dobře sestavené a před použitím řádně zkontrolované. Vadné sklo nesmí být použité v žádném případě. Při nasazování skleněných trubiček, teploměru apod. do zátek nebo hadiček je nutno chránit vhodným způsobem ruce. Konec skleněného předmětu nesmí mít ostré hrany a musí být namazán nebo navlhčen. Zatavené skleněné trubice, ve kterých se provádějí chemické reakce, je nutno chránit kovovým krytem. Při manipulaci s nimi, zvláště při jejich otevírání se musí zaměstnanci chránit obličejovým štítem a ochrannými rukavicemi. Skleněné části určené k opravě se musí předávat čisté a suché, zbavené zbytků chemikálií. Poškozené nádobí se musí ihned vyřadit [2].

3.7.5 NPK – P

Všechny práce prováděné s nebezpečnými chemickými látkami musí být zabezpečeny technicky podle příslušných předpisů tak, aby nebyly překročeny jejich NPK-P v ovzduší, např. prací v digestoři, větráním apod. Při práci s těmito látkami musí být vyloučen přímý kontakt pracovníků s nimi, např. použitím laboratorních kleští, lžiček. Při práci s nimi se musí používat OOPP a hygienické a ochranné prostředky podle povahy práce. Všechny chemické látky musí být řádně označeny, pro nebezpečné chemické látky musí dodavatel předat bezpečnostní list, s nímž musí být zaměstnanci prokazatelně seznámeni. Při práci s jedy, chemickými karcinogeny a dalšími nebezpečnými látkami pro lidské zdraví musí být tyto práce omezeny na nezbytně nutnou míru, např. substitucí těchto látek méně nebezpečnými nebo prací v kontrolovaném pásmu [2].

4 KONTROLY A REVIZE

Před uvedením do trvalého provozu musí být u zařízení provedena:

- výchozí revize jeho elektrického zařízení,
- kontrola správného ustavení stroje,
- kontrola spolehlivosti všech ovládacích prvků stroje,
- kontrola úplnosti a zkouška funkčnosti instalovaného ochranného zařízení stroje [2].

Během provozu musí být průběžně kontrolován chod stroje a funkce jeho jednotlivých ovládacích a ochranných zařízení. Celková nebo částečná kontrola stroje se musí provést vždy, když dojde k selhání nebo porušení některé jeho strojní části důležité pro bezpečnost provozu. Příslušný vedoucí pracovník musí alespoň jedenkrát za měsíc provést kontrolu zaměřenou na:

- udržování pořádku na pracovišti,
- technický stav zařízení
- funkčnost ochranného zařízení
- používání osobních ochranných pracovních prostředků [2].

Příslušný vedoucí pracovník je povinen zajistit, aby pravidelné revize elektrického zařízení, včetně elektroinstalace, byly prováděny ve lhůtách a v rozsahu stanovených dle ČSN 331610. Tato norma nařizuje provádět pravidelné revize všech přístrojů v intervalech: počítače, monitory, tiskárny lampy jednou za tři roky [2].

Ostatní přístroje (konvice pece, prodlužovací kabely a jiné zařízení laboratoří) jednou za dva roky a ruční elektrické přístroje jednou ročně. O provedených revizích elektrického zařízení se vypracuje zpráva, která musí být k dispozici u příslušného vedoucího pracovníka, nejméně do doby vypracování další zprávy z následné revize. Revizi elektrického zařízení smí provést pouze pracovník s osvědčením opravňujícím ho k provádění této činnosti. Příslušný vedoucí pracovník je povinen zajistit, aby pravidelné kontroly a revize plynového zařízení byly prováděny ve lhůtách a v rozsahu stanovených zvláštními předpisy pro tato zařízení [2].

O provedených revizích plynového zařízení se vypracuje zpráva, která musí být k dispozici u příslušného vedoucího pracovníka, nejméně do doby vypracování další zprávy z následné

revize. Revizi plynového zařízení smí provést pouze pracovník s osvědčením opravňujícím ho k provádění této činnosti. Příslušný vedoucí pracovník je povinen na zařízení a pracovišti na němž se zařízení nachází zajistit nejméně jednou v roce komplexní prověrku bezpečnosti a ochrany zdraví při práci [2].

Případné další periodické kontroly a revize je nutno provádět podle pokynů výrobce stroje uvedených v návodu k jeho obsluze, případně podle ustanovení jiných obecně platných předpisů. Revize hasících přístrojů se provádí jednou ročně v souladu s vyhláškou Ministerstva vnitra č. 246/2001 Sb. a revize hydrantů dle ČSN 73083. Před zahájením práce s alkalickými kovy, hydridy, roztoky organokovových sloučenin a silnými oxidačními činidly se musí zkontrolovat stav aparatury, především neporušenost zařízení [2].

5 ROZBOR PŘÍČIN

Chemická laboratoř je pracovní prostředí, kde na relativně malém prostoru působí na pracovníky řada rizikových faktorů. Kromě zvýšeného rizika působení nebezpečných chemických látek se jedná o rizika fyzikální, v některých případech biologická či ergonometrická, a pochopitelně nezanedbatelný je vliv lidského činitele [2].

Rizikové faktory biologické se projevují především při působení infekčních mikroorganismů a v přítomnosti alergenů [2].

Ergonometrické faktory zahrnují plošné a prostorové řešení pracoviště a pracovního místa, osvětlení pracoviště, pracovní polohu těla, hluk a klimatické podmínky na pracovišti [2].

5.1 Lidský činitel

Práci v laboratořích ovlivňuje, obdobně jako na jiných pracovištích, rizikový faktor lidského činitele. Jedná se především o způsob organizace práce, psychologické faktory (pracovní zátěž, konflikty, reakce v nouzových situacích), znalosti a schopnosti pracovníků, používání osobních ochranných prostředků, nebezpečné jednání spolupracovníků a důsledky neplnění bezpečných pracovních postupů [2].

5.2 Další rizikové faktory způsobující ohrožení

Působením fyzikálních rizikových faktorů dochází v laboratořích nejčastěji k úrazům a nehodám nebo haváriím:

- při procesech v aparaturách se sníženým tlakem (vakuum) může dojít k implozi,
- při nevhodném řešení pracovního místa (kluzká, nerovná podlaha, omezený pracovní prostor) může dojít k pádům nebo jiným úrazům,
- při neodborných opravách a manipulacích s elektrickými přístroji může dojít k úrazům elektrickým proudem,
- působením vysokých a velmi nízkých teplot látek a prostředí může dojít k popáleninám pokožky,
- při úniku hořlavých látek může dojít k požárům,
- při neodborné manipulaci s tlakovými reaktory může dojít k výbuchu zařízení,
- při používání tlakových lahví může dojít k nekontrolovatelnému úniku plynu,
- při neopatrné práci se skleněnými aparaturami, nádobami a součástkami může dojít k pořezání [2].

Tabulka 3: Zhodnocení rizik při nakládání s chemickými látkami [2].

Typ rizika	Příčiny
Technická rizika	1. Špatný způsob skladování chemických látek. 2. Nedodržení zásad stanovených výrobcem a uvedeným provozním řádem.
Nejčastější zdroj úrazů	
Pracovní riziko	1. Zranění zaměstnance nedodržením zásad bezpečného chování při manipulaci s chemickými látkami v souvislosti s nepoužitím předepsaných OOPP – vznik pracovního úrazu.
Nejčastější příčiny úrazů	

6 TOXICKÉ ÚČINKY CHEMICKÝCH LÁTEK A PŘÍPRAVKŮ

6.1 Podráždění kůže a sliznic

Žiraviny jsou látky, které dráždí kůži, dýchací ústrojí a sliznice, mohou vyvolat až poleptání. Jsou to silné kyseliny a zásady a silná oxidační činidla. Stupeň podráždění závisí na schopnosti chemikálie pronikat do kůže sliznic. Ke změnám dochází v místě kontaktu a u kyselin a zásad jde o změnu pH. Dráždění mohou způsobit i látky reaktivní, reakcí s proteiny nebo alkylačním či acylačním mechanismem. Dráždivá mohou být i organická rozpouštědla tím, že odstraňují tukové složky a snižují schopnost ochrany pokožky [3].

6.2 Narkotický účinek

Narkotický účinek bývá vysvětlován rozpouštěním narkotik v tukových strukturách membrán, což brzdí přenos nervového vzruchu potlačuje funkci nervového systému. Narušení je reversibilní, protože se organismus dostává poměrně snadno do původního stavu. Inhalačně tak působí všechny chemikálie, které dosáhnou v krvi narkoticky účinné koncentrace dřív než způsobí jiné toxické účinky [3].

6.3 Inhibice přenosu kyslíku

Transport kyslíku je nezbytně potřebný pro převážnou většinu organismů. Blokují jej sloučeniny, které reagují buď přímo s kyslíkem a snižují jeho dostupnost a nebo s místem jeho vazby na nosiči, kam se váží silněji než molekula kyslíku a nevazebné místo chemicky mění. Příkladem je řádově silnější vazba oxidu uhelnatého než kyslíku na vazebné místo hemoglobinu za vzniku karboxyhemoglobinu, stejně působí oxid dusnatý. Dusitany, anilin, chlorečnany mění funkční dvojmocnou formu iontu železa v hemu v hemoglobinu na trojmocnou za vzniku methemoglobinu. Ten schopnost přenášet kyslík nemá [3].

6.4 Inhibice funkce enzymů

Inhibice funkce enzymů je, když se látka váže na jiné než neaktivní místo enzymu a konformačními změnami ovlivní funkci aktivního místa. Ionty těžkých kovů jako je rtuť, olovo nebo kadmium zase mají vysokou afinitu k triolovým a aminovým skupinám aktivních míst v bílkovinných částech enzymu a tím je vyřazují z činnosti. Analogy substrátů enzymů mohou vlastní substráty v první reakci nahradit, pro další kroky v řetězci je však vzniklý metabolit nepoužitelný [3].

6.5 Indukce činnosti enzymů

Jde především o indukci cytochromů P-450, které metabolizují převážnou většinu cizorodých chemikálií v těle. Induktory bývají často prekarcinogeny, které jsou pak účinněji měněny na karcinogeny. Indukce tak může měnit toxicitu i dalších chemikálií, může ji zvyšovat, snižovat i indukovat jiné účinky, způsobené zvýšeným množstvím metabolitů. Indukce je většinou svázána s rychlejší syntézou enzymů, nikoliv s aktivací aktivních míst [3].

6.6 Alkylace a acylace

Látky předávají svůj alkyl, nejčastěji methyl, biologickým makromolekulám jako jsou bílkoviny nebo nukleové kyseliny. Sloučeniny se heteropolárně v těle štěpí na karbonové ionty (CH_3^+), které reagují se skupinami a atomy bohatými na elektrony (NH_2 , $=\text{N}-$, OH). Dobře prostudovanou skupinou takovýchto látek jsou polycyklické aromatické uhlovodíky, jež jsou prokazatelně karcinogenní [3].

6.7 Mutagenita

Mutageny jsou chemikálie, které způsobí změnu v genetické informaci buněk. Zvyšují frekvenci mutací, k nimž dochází spontánně. Pojem mutace se obvykle spojuje se zásahem chemikálie v zárodečných buňkách [3].

6.8 Karcinogenita

Chemikálie, které vyvolávají zhoubné bujení buněk a tkání jsou karcinogeny. Sloučeniny, které účinek karcinogenů zesilují jsou kokarcinogeny. Genetické teorie karcinogenity vysvětlují působení chemických karcinogenů tak, že prvním krokem procesu, který vede ke vzniku nádorů je interakce účinné škodliviny nebo jejího účinného metabolitu s DNA a takové mutaci, která má za následek ztrátu kontroly buněčného dělení [3].

6.9 Teratogenita

Teratogeny jsou chemikálie, které vyvolávají vrozené vady nebo abnormality v postnatálním vývoji potomstva, pokud působily v období gravidity. Zasahují do normálního embryonálního vývoje, ale nedochází ke změnám v genotypu, změny nejsou dědičné, ale mění se fenotyp. Teratogenita je někdy definována i širěji jako účinek, který způsobuje vrozené vady bez ohledu na období působení nebo způsobuje jiné nepříznivé projevy v těhotenství, případně poruchy plodnosti [3].

6.10 Hypersenzibilující účinek, alergen

Alergeny jsou chemikálie, které zvyšují aktivitu organismu neúměrnou změnou imunitní odpovědi [3].

6.11 Katastrofické reakční směsi

Při míšení koncentrovaných chemických látek je možné připravit mnoho směsí. Chování těchto směsí může být katastrofické, tj. výbušné. Tyto směsi jsou označovány někdy jako „nesnášenlivé“, tj. směsi, které se nesmějí nikdy míchat. Vznikají např. míšením žíravých a reaktivních látek v koncentrovaném stavu. Může zde proběhnout silně exotermní reakce a dojít až k explozi. Reakční komponenty, střepy skla a jiné součásti aparatury se rozlétnou do okolí a způsobí poranění. Směs obsahuje často agresivní kapaliny, které mohou způsobit i poleptání a další zranění [4].

Míšení reaktivních látek v koncentrovaném stavu je vždy spojeno s potencionálním rizikem. Než se látky smíchají, musí se postupovat podle spolehlivého návodu [4].

Nebezpečných směsí koncentrovaných reaktivních látek je mnoho. Jejich nebezpečnost je většinou známa a většina učebnic i návodů pro práce v laboratoři na nebezpečné vlastnosti směsí upozorňují. K vytvoření katastrofických směsí vedoucích k výbuchu dochází hlavně vinou selhání lidského faktoru. Studenti se dopouštějí následujících chyb:

- Nepřekontrolování označení obsahu reagenční láhve a následné nalití nesprávné chemikálie do reakční baňky.
- Nепrostudování návodu a smíchání látky v nesprávném poměru či nesprávných koncentracích tvořící katastrofickou směs.
- Nerespektování zákazu a smíchání látky i tak, jak je zakázáno, nebo i provádění vlastních pokusů bez odborné přípravy [4].

6.12 Látky reagující nebezpečně s vodou

Tyto látky nebezpečně reagují například při proniknutí vody do reakční směsi, při prasknutí chladiče. Dále k nehodě může dojít i při mytí nádobí, kdy je k obsahu z neznalosti přidána voda [4].

7 HOŘLAVÉ LÁTKY JAKO ZDROJ OHROŽENÍ ZDRAVÍ

Drobné nebo větší požáry spojené, vždy s materiálovou škodou někdy s poraněním osob, jsou jedním z hlavních nebezpečí chemických pracovišť. Drobné požáry (zahoření) jsou častou nehodou při laboratorní práci. Zdrojem ohrožení je zejména skutečnost, že v chemických laboratořích jsou často přítomny větší množství hořlavých látek. Při požáru se tyto látky mohou uvolnit a hořet [4].

7.1 Hořlavé plyny

Hořlavými plyny jsou např. vodík, methan (zemní plyn), ethan, propan, butan, oxid uhelnatý. Hořlavé plyny jsou v laboratořích používány jako výchozí látky pro chemické syntézy nebo jako topný plyn. V analytických laboratořích se využívají jako komponenta různých analýz, např. acetylen (Atomová Absorpční Spektrometrie) [4].

7.1.1 Hořlavé plyny vznikající chemickou reakcí

Hořlavé plyny vznikají různými chemickými reakcemi (např. vodík při rozpouštění kovů). Množství vznikající chemickou reakcí jsou obvykle relativně malá a nemohou způsobit vážnější výbuch. Mohou však iniciovat zahoření nebo menší požár [4].

7.1.2 Hořlavé plyny v tlakových lahvích

Při syntézách látek jsou používány stlačené plyny v tlakových lahvích. Z nich je nejnebezpečnější vodík. Nebezpečný je i ethen, acetylen, propen. Množství plynu v láhvích je dostatečně velké na to, aby únik plynu mohl způsobit výbuch nebo požár [4].

7.1.3 Topné plyny

Methan (zemní plyn), svítiplyn a uhlovodíkové plyny (propan – butan) jsou používány jako topný plyn pro spalování v kahanech nebo pro vytápění [4].

7.1.4 Typy havárií s účastí hořlavého plynu

Hořlavé plyny ohrožují pracovní prostředí energií, která se může uvolnit jejich nekontrolovatelným hořením. Tato energie se může uvolnit v aparatuře nebo mimo ní. Průběh podle toho může mít různě nebezpečné formy. Nejméně nebezpečný je únik plynu, který se jen smísí se vzduchem a rozptýlí se do okolí. Dále může docházet k úniku hořlavého plynu, který okamžitě vzplane a hoří nebo unikající plyn nehoří, ale vytvoří výbušný oblak směsi plynu a vzduchu. Oblak pak může vybuchnout vlivem náhodné iniciace, například jiskřením ve vypínači [4].

7.1.5 Vniknutí vzduchu do aparatury obsahující hořlavý plyn

V aparátu se vytvoří explosivní směs, která může vybuchnout. Důsledkem může být roztržení skleněné aparatury. Proto je nutné před napuštěním hořlavého plynu, např. vodíku do aparatury nejprve vymýt vzduch inertním plynem, např. dusíkem. Teprve pak je možné napuštět hořlavý plyn. Postupu se říká inertizace [4].

7.2 Hořlavé kapaliny

Hořlavé kapaliny představují nejběžnější zdroj ohrožení zdraví, a to jak v laboratoři, tak v průmyslu. Požár hořlavých kapalin je nejvážnějším zdrojem rizika chemických laboratoří. Hořlavé kapaliny se používají jako rozpouštědla i reaktanty, běžně se ohřívají, destilují, či odpařují [4].

7.2.1 Charakteristika hořlavých kapalin

Pro legislativní klasifikaci hořlavých kapalin (viz. tabulka 4) jsou používány následující empirické charakteristiky kapalných směsí, které se určují pokusně podle normovaných pokusů [4].

Teplota vzplanutí je nejnižší teplota kapaliny, při níž po přiblížení malého plamínku k hladině proskočí nad hladinou plamen hořících par, ale kapalina trvale nehoří. Normalizovaný postup měření bodu vzplanutí popisuje norma ČSN 65 61 91 a ČSN 65 61 68 [4].

Teplota hoření je nejnižší teplota kapaliny, při které je možné kapalinu zapálit přiblížením malého plamínku. Tlak par již postačuje na udržení trvalého plamene [4].

Teplota vznícení je nejnižší teplota, při které se páry nad kapalinou ve styku se vzduchem samy vznítí bez přítomnosti iniciačního zdroje [4].

Tabulka 4: Legislativní klasifikace hořlavých kapalin podle bodu vzplanutí [4].

Číslo	Bod vzplanutí [°C]	Příklady
1	Nižší než 21	aceton , hexan, lehký benzín, methanol,
2	21 – 55	lakový benzín, petrolej, styren
3	55 – 100	motorová nafta, výševroucí petrolej
4	100 - 250	topné oleje, anilin, nitrobenzen

Pojem hořlavá kapalina je specifikován normou ČSN 65 02 01. Hořlavá kapalina je kapalina, suspence nebo emulze, která splňuje při atmosférickém tlaku tyto podmínky:

- Při teplotě 35 °C je kapalná,
- Při teplotě 50 °C tlak nasycených par má nanejvýš 294 kPa,
- Bod vzplanutí má nanejvýš 250 °C [4].

Podmínky skladování hořlavých kapalin v laboratořích určuje norma ČSN 65 02 01 [4].

7.3 Vliv stupně dispergace unikající hořlavé látky na intenzitu jejího účinku na okolí

Účinek hořlavé látky po jejím úniku z aparatury je závislý především na teple, které se může uvolnit jejím spálením. Nebezpečnost tedy roste s uniklým množstvím. Na razanci účinku má však zásadní vliv i stupeň dispergace hořlavé látky při jejím úniku. Stupeň dispergace ovlivňuje jak rychle může být energie hořením uvolňována [4].

7.4 Havárie

Havárie nebo nehoda může mít tyto formy:

- *Hoření málo těkavé rozlité kapaliny* je nejméně nebezpečnou formou účinku. Málo těkavá kapalina hoří, aniž by vytvářela dlouhé plameny,
- *Hoření těkavé kapaliny* je nebezpečnější formou požáru. Kapalina se postupně požárem ohřívá, vře a vytváří dlouhé plameny. Tím se rychlost hoření zvyšuje,
- *Vznik výbušného oblaku a jeho exploze* je nejnebezpečnější formou účinku. Výbušný oblak může být tvořen směsí hořlavé páry se vzduchem, nebo směsí vzduchu, par a jemných kapek (mlhy). Oblak zpravidla vybuchne vlivem iniciačního zdroje, kterým může být hořící plynový kahan, jiskřící vypínač, jiskřící motor, plamének průtokového ohříváče vody či jiný zdroj. Explozí se energie produkována oxidací uvolní ve velmi krátké době a působí destruktivně na svoje okolí [4].

7.5 Příčiny úniku hořlavých kapalin z aparatury a vlivy rozhodující o jejich možném účinku

O účinku hořlavé látky na okolí po jejím úniku z aparatury rozhoduje především její množství. Účinek závisí i na energii akumulované v aparatuře, která se může při úniku uvolnit. Tato energie rozhoduje o tom, jakou hnací silou je hořlavá látka vypuzována a v jaké formě unikla [4].

8 LABORATORNÍ NEHODY

8.1 Převržení nebo pád láhve

Převrnutí láhve nebo baňky, či shození nádoby na podlahu patří k běžným nehodám. Kapalina má zpravidla teplotu laboratoře. Po rozliti se kapalina povrchově vypařuje a vytváří oblak par. Páry většiny kapalin jsou těžší než vzduch, oblak se tedy pohybuje nad deskou stolu nebo nad podlahou. Páry se mohou vznítit od iniciačního zdroje, např. od hořícího kahanu, horké spirály vařiče, od běžícího elektrického motoru nebo od jiskry vyvolané přepnutím vypínače. Nebezpečnost nehody závisí především na druhu kapaliny a jejím množství [4].

Po nehodě je nutné okamžitě uvědomit všechny spolupracovníky o vážnosti situace. Zajistit, aby byly vypnuty všechny kahaný. Vypnout motory a jiné zdroje jiskření. Vypnout elektrické vařiče. Hořlavou kapalinu vysát nehořlavým materiálem a zajistit účinné větrání [4].

8.2 Nesprávný postup při ohřívání a odpařování těkavých kapalin

Hořlavé kapaliny je zakázáno zahřívát v otevřené nádobě. Je zakázáno i odpařovat přebytečné rozpouštědlo varem v otevřené nádobě nebo přirozeným odpařováním na misce apod. Zahřívání hořlavé kapaliny v otevřené nádobě není dovoleno ani v digestoři. Odpařováním kapaliny se může vytvořit výbušný oblak par [4].

Hořlavé kapaliny musí být ohřívány v baňce opatřené zpětným chladičem, v němž jsou unikající páry zachyceny. K odpařování hořlavých kapalin je nutné použít baňku opatřenou sestupným chladičem, v němž pára kondenzuje a je shromažďována v jímadle [4].

8.3 Prasknutí baňky při zahřívání kapaliny nevhodným způsobem

Nádoby s hořlavými kapalinami je zakázáno ohřívát přímým plamenem kahanu i jejich postavením na azbestovou síťku vyhřívanou kahanem. Když není tento zákaz respektován, prasknutí baňky nebo vykypění obsahu baňky vede s vysokou pravděpodobností k vznícení hořlavé kapaliny. Unikající kapalina se může vznítit od plamene kahanu. Nebezpečné je i ohřívát baňku tak, že je postavena přímo na ploténku elektrického vařiče. Při prasknutí baňky obsah vyteče na vařič a může se od jeho horkých součástí vznítit [4].

K ohřevu baněk s hořlavými kapalinami je nutné použít elektricky vyhřívána topná hnízda, vyráběná pro tento účel nebo vodní lázeň, či jinou kapalinovou lázeň (silikonový olej). Pro ohřev vodní lázně je vhodnější elektrický vařič namísto plynového kahanu. K ohřevu těkavých organických látek např. při krystalizaci je vhodné vložit baňku do lázně horké vody, po zhasnutí všech kahanů v okolí. Poškozené a silně poškrábané skleněné nádoby je zakázáno používat pro práci s hořlavými kapalinami, protože mohou kdykoliv prasknout [4].

8.4 Přímý styk těkavé hořlavé kapaliny s horkou vodou nebo horkým roztokem

Je-li těkavá kapalina uvedena do styku s tepelným vodným roztokem, vypařuje se nebo vře a vytváří oblak par. Může k tomu dojít, je-li těkavá látka přidána k teplému roztoku, např. při extrakci vodného roztoku organickým rozpouštědlem [4].

8.5 Utajený var kapaliny při destilaci

Termín utajený var označuje děj pozorovaný při destilaci kapalin, jehož projevem je nepravidelná tvorba bublin páry. Kapalina chvíli nevrže, pak se náhle uvolní, často bouřlivě velké množství bublin a var opět ustane. Utajený var je způsoben vlivem povrchového napětí kapalin. Malé zárodky bublin jsou povrchovým napětím stlačeny, jsou energeticky bohaté, a aby mohly vzniknout, kapalina se musí přehřát nad bod varu. Po vzniku zárodku bubliny je jeho růst mnohem snazší. Teplo akumulované jako přehřátí se proto náhle uvolní a projeví se bouřlivým varem. Energie akumulována v přehřáté kapalině se uvolní často tak bouřlivě, že je vyražena zátkou s teploměrem z aparatury a směs tryská z baňky [4].

Při destilaci látek za atmosférického tlaku se utajenému varu zabrání přidáním tzv. varných kamínků. Jsou to kousky pórovité inertní keramiky, na jejichž velkém povrchu se snadno tvoří zárodky bublin páry. Směs pak vrže pravidelně [4].

8.6 Přidání aktivního uhlí k horké těkavé kapalině

Aktivní uhlí se používá jako prostředek k absorpci nečistot z roztoku látek. Aktivní uhlí ve svých pórech zadržuje plyny, které se při přidání k horkému roztoku těkavé kapaliny bouřlivě uvolní. Tím způsobí vykypění roztoku. Je-li v blízkosti zdroj iniciace, uvolněné páry se vznítí [4].

8.7 Úrazy při práci se skleněnými součástkami

Běžným úrazem v laboratořích na vysokých školách je vrazení skleněné trubičky nebo teploměru do ruky při jejich zavádění do hadic nebo provrtaných zátek. Velkým rizikem je také zavádění pipety do pipetovacího balónku. Konec pipety je dostatečně tenký. Při špatném uchycení nebo při příliš silném tlaku se může zlomit. Vzniklé úrazy jsou způsobeny tím, že se nasazovaný skleněný díl při nasazování zlomí a střepy vniknou do ruky. Pro snížení rizika těchto úrazů je nutno dodržovat tato pravidla:

- Před nasazováním porovnat, zda je průměr otvoru v zátku nebo vnitřní průměr hadice přiměřený průměru trubičky, která do něj má být nasunuta.
- V plamenu otavit nasazovaný konec trubičky nebo tyčinky, aby nebyl ostrý a nezařezával se do zátky nebo hadice.
- Držet nasazovací trubičku nebo teploměr co nejbližší od hadice nebo zátky.
- Namazat nasazovanou trubičku či teploměr glycerinem nebo vodou.
- Pronikání nasazované trubičky napomáhat otáčivými pohyby, vyloučit jak příliš silný tlak, tak příliš silné kroucení [4].

9 STATISTIKY NEHOD

V následující tabulce jsou uvedeny úrazy spojená s prací v chemické laboratoři FCH VUT v Brně v letech 1998 – 2008. Z celkového počtu 11 úrazů se z toho u 4 byla příčina práce v chemické laboratoři [5].

Tabulka 5: Úrazy v chemických laboratořích FCH VUT v Brně

rok	Typ úrazu	Příčina
1999	pořezání o laboratorní sklo	mytí kádinky
2004	poleptání kůže	rozbití kádinky s kyselinou
2006	fraktura prstu	převržený zásobní balík
2007	pořezání	nasazování pipety

Ze statistiky FCH VUT v Brně vyplývá, že početnost úrazů vzhledem k rizikovosti pracoviště je velmi malá a že hlavním faktorem vzniku nehod byl lidský činitel.

Tabulka 6: Úniky nebezpečných chemických látek za rok 2007 [6].

Kraj	Únik neb. ch. látek	Zásahy celkem	Kraj	Únik neb. ch. látek	Zásahy celkem
Hl. m. Praha	98	10 783	Králové-hradecký	38	6 408
Středočeský	152	13 707	Pardubický	48	5 370
Jihočeský	38	8 023	Vysočina	34	6 417
Plzeňský	64	7 344	Jihomoravský	124	8 866
Karlovarský	63	4 141	Olomoucký	49	6 763
Ústecký	153	8 912	Zlínský	37	3 668
Liberecký	61	4 842	Moravsko-slezský	183	20 606

Statistika Hasičského záchranného sboru České republiky uvádí, že počet výjezdů k úniku nebezpečných chemických látek je oproti celkovému počtu zásahů malý.

Tabulka 7: Úrazy dětí, žáků, studentů v laboratořích ve školním roce 2003/2004 [7].

školy	Úrazy v chemických laboratořích	Počet úrazů celkem
Mateřské školy	-	1 194
Základní školy	9	25 145
Gymnázia	35	6 684
Střední odborné školy	41	3 464
Střední odborné učiliště	9	3 134
Vyšší odborné školy	2	78
Speciální	-	679
Základní umělecké	1	44
celkem	98	41 483

Počet úrazů v chemických laboratořích na školách je závislý na typu a zaměření školy.

10 LABORATOŘE – ÚCHM

10.1 Praktikum z anorganické chemie I

Do těchto laboratoří přichází studenti prvního ročníku ze středních škol. Někteří jsou s prací v laboratoři seznámeni, především studenti středních průmyslových škol s chemickým zaměřením. Studenti ostatních středních škol s nechemickým zaměřením se s prací v laboratoři setkávají poprvé, proto jejich počínání ze začátku nejisté a svou zbrklostí nebo nepozorností dělají chyby. Každý student je ze začátku seznamován s prací v laboratoři od nejjednodušších úkonů. Mezi tyto úkony například patří správné vážení na předvážkách i analytických vahách, správné zapálení kahanu, nastavení azbestové sítky vůči výšce plamene. Dále se seznamují s tím, jak zacházet s laboratorním vybavením, k čemu slouží různé laboratorní sklo, jaká jsou rizika nesprávného zacházení [8].

Co se týče ohrožení zdraví nebo rozbití laboratorního vybavení není příliš velká pravděpodobnost vzniku rizika. Studenti pracující pozorně a dbajíc pokynů vedoucího praktik se mohou nehodám vyhnout. Ne vždy je pozornost stoprocentní a s vidinou brzkého ukončení daného úkolu se studenti dopouštějí řady prohřešků. Úvodní praktikum je od toho, aby se všichni naučili pracovat podle řádných pracovních postupů. Nezvládnutí základu může vést ve vyšších ročnících studia ke zbytečným chybám, které mohou mít vážné následky nejen na laboratorní vybavení [8].

Rizika:

- *Ponechání skleněné tyčinky v kádince nebo v jiné nádobě:* Při nepozornosti může dojít k zavadení o tyčinku a následnému vylití roztoku. V lepším případě hrozí rozbití kádinky, polití stolu a potřísnění pracovního oděvu. V horším případě k potřísnění pokožky a následnému popálení horkým roztokem nebo poleptání, jedná-li se o kyselinu nebo zásadu [8].
- *Sestrojování aparatury k filtraci za sníženého tlaku:* Při sestavování aparatury je nutné nezapomenout části aparatury (odsávací baňku, pojistnou láhev – opačně zapojená promývací láhev) pořádně připevnit, aby nedošlo k jejich uvolnění a následnému rozbití. Používané laboratorní sklo a součásti aparatury pro práci za sníženého tlaku musí být tlustostěnné, jelikož na ně působí okolní tlak může dojít k implosi. To znamená, že uvolněná energie působí směrem dovnitř. Při implosi dochází k rozlétnutí skleněných střepů, či vystříknutí obsahu aparatury [8].
- *Laboratorní úprava skla:* Například při výrobě kapilár nezapomenout, že práce probíhá s mírně roztaveným sklem. I když se zdá, že sklo je již vychladlé, realita je opačná. Proto po prodloužení skleněné trubice se musí nechat vychladnout, aby nedošlo k popálení. Při dalším zpracování skla jako je řezání, může dojít jak k pořezání tak k propíchnutí ruky. Studenti by neměli zapomenout, že pracují s velice tenkým sklem a práce by měla probíhat s velkou opatrností [8].
- *Kontrola laboratorního skla:* Před každou započatou prací je nutné, aby student zkontroloval používané sklo. Sebemenší prasklinka snadno přehlédnutelná může zapříčinit, že sklo náhle praskne a obsah kádinky se uvolní. Bude-li se jednat o horký roztok nebo kyselinu, či louh následky jsou zřejmé [8].

- *Hygiena laboratorního vybavení:* Studenti by si měli vštípit do paměti, že použité laboratorní sklo musí po každé práci důkladně opláchnout. Špatně umyté laboratorní sklo může mít za následek jak znehodnocení chemikálií, tak i nehody spojené s reakcí znečištěných chemikálií. Reálným příkladem je špatně umytá pipeta od roztoku manganistanu draselného vložená do peroxidu vodíku. To má za následek reakci mezi těmito látkami. Jelikož je manganistan silné oxidační činidlo, reakcí s peroxidem vzniká voda a kyslík. V nádobě roste vnitřní tlak až do prasknutí nádoby. Nachází-li se kdokoliv v blízkosti zásobní láhve, může dojít k ošklivému poranění [8].

10.2 Praktikum z anorganické chemie II

Tyto praktika studenti absolvují v letním semestru prvního ročníku, tudíž s prací v laboratoři už mají jisté zkušenosti. Základní postupy laboratorních úkonů a bezpečnost práce v laboratoři naučené v základním praktiku musí znát. V tomto praktiku již studenti plní úkoly týkající se reakcí v anorganické chemii. To znamená sestavování složitějších aparatur a poznávání reakcí, u kterých při nedodržení správného pracovního postupu může dojít k újmě na zdraví i na majetku. Pro zachování bezpečnosti práce musí student postupovat dle návodu k úloze, pokud jinak neurčí vedoucí praktik. Neví-li si student s něčím rady je jeho povinností zeptat se vedoucího praktik [9].

Rizika:

- *Sestavování aparatury:* Student musí dbát na to, aby byla řádně připevněná. Příchytné svorky musí být potaženy korkem nebo gumou, aby při dotahování nedošlo k prasknutí skleněných součástí aparatury. Laboratorní vybavení se musí používat k tomu, k čemu je určeno. Například při náhradě filtračního kruhu za žíhací hrozí, že upevněné sklo praskne. U aparatury určené pro práci za horka je nutno používat výhradně vybavení z kovu nebo z nehořlavých materiálů, aby nedošlo k zahoření nebo k požáru [9].
- *Ukončení destilace:* Aparatura se musí nechat vychladnout při připojené vodě. Je možné odebrat předlohu s oddestilovaným produktem, ale aparatura se rozebírá až po vychladnutí destilačního zbytku. V opačném případě vzniká riziko vznícení par, jedná-li se o látku hořlavou, nebo vystříknutí destilačního zbytku [9].

10.3 Praktikum z chemického inženýrství I a II

V těchto praktikách, povinných pro všechny, se provádějí různé úkony založené na chemicko-inženýrských procesech. Na základě těchto procesů jsou sestaveny jednotlivé úlohy. Mezi tyto úlohy patří sedimentace, čerpání kapalin, přestup tepla, stacionární sušení, mletí, doprava kapalin v potrubních rozvodech, fluidisace, doprava práškových materiálů, separace síťováním, separace na vzduchových třídících, vzduchové chlazení, dvoufázový tok, tlaková filtrace, kavitační jevy, kinetika transportu vlhkosti v partikulárních systémech a dynamické účinky proudu plynu ve čtvrt-provozní velikosti zařízení [10].

V praktiku z chemického inženýrství je malá pravděpodobnost vzniku rizika chemického ohrožení. Úlohy jsou prováděny pomocí přístrojového měření, ale riziko úrazu hrozí tam, kde je potřeba do zařízení během měření zasahovat. Například při plnění úlohy mletí, je nutné při nasypávání materiálu do mlýnu použít ochranný štít. Může dojít k vylétnutí kamínku, který snadno způsobí zranění oka. Nebo v úloze vzduchového třídění může dojít k poranění rukou při nesprávném zacházení. Práce s vysokým napětím, při zapojování přístrojů dbát pokynů vedoucího a při závadě neprovádět opravy, ale vždy zavolat vedoucího praktik [10].

10.4 Praktikum z makromolekulární chemie

Při plnění úloh tohoto praktika si studenti připomínají nabyté znalosti z praktik organické chemie I. A proto rizika plynoucí z práce jsou podobná. Jedná se o především o sestavování aparatur k daným úlohám, kdy při neopatrném zacházení může dojít k rozbití aparatury a následnému poranění o vzniklé střepy. Syntézy v aparatuře probíhají většinou za zvýšené teploty a jelikož se jedná o látky organické, používané k přípravě polymerů, je většina z nich hořlavá (málo nebo vysoce). Po ukončení syntézy se nesmí odpojovat zpětný chladič, aby nedocházelo k úniku par a následnému vzplanutí. Zahřívání reakčních směsí se provádí především za pomoci topných hnízd nebo vodních lázní. Je nutno zabránit kontaktu otevřeného plamene s organickými sloučeninami. Při práci s látkami vysoce těkavými se musí pracovat v digestoři, aby nedocházelo k přílišnému vdechnutí par a následným zdravotním problémům. Řada organických sloučenin reaguje mezi sebou, ale i se vzdušnou vlhkostí a následná reakce může být neočekávaně bouřlivá. Proto použité laboratorní vybavení (především pipety) je nutno pořádně opláchnout a osušit, aby nedocházelo k znečištění chemikálií a k případné utajené reakci v zásobních láhvích. S riziky pro člověka i pro životní prostředí a se správným uskladněním se studenti mohou obeznámit v bezpečnostním listu, který je dodáván ke každé chemikálii. Studentům je navíc přístupný na e-learningových stránkách fakulty v sekci Praktikum z organické chemie [11].

10.5 Praktikum ze struktury a vlastnosti polymerů

V praktikách se studenti setkávají s řadou metod sloužících k charakterizaci polymerů. Metody se dělí na zkoušky mechanického a analytického charakteru. K mechanickým metodám patří např. dynamicko-mechanická analýza, určení mechanických vlastností v tahu, ohybové zkoušky atd.. Při těchto úlohách se dbá především na řádné uchycení zkoušených vzorků v přístroji, aby nedošlo k prudkému uvolnění vzorku. Což může mít za následek poranění obsluhující osoby [12].

V případě přístrojové metody jako je DSC se pracuje s vysokými teplotami. Samotné měření je sice tepelně odizolováno od laboratoře, ale k popáleninám může dojít při manipulaci se vzorkem. Co se týče metody termogravimetrické analýzy, největší riziko plyne z manipulace s uzavírajícím víčkem měřící cely. Po otevření v průběhu měření hrozí shoření topného článku a oxidace vzorku [12].

Pro přípravu zkoušených vzorků studenti přicházejí do styku převážně s organickými chemikáliemi jako jsou např. maleinanhydrid, ftalanhydrid, 1,2-ethandiol a 1,2-propandiol. S danými látkami se musí pracovat v dobře odvětrané digestoři, aby nedocházelo k vdechnutí par. Hrozí zde i riziko vzniku požáru, proto je nutné zabránit kontaktu s otevřeným plamenem nebo s horkým předmětem [12].

10.6 Praktikum z kompozitních materiálů

V těchto praktikách si studenti osvojují základní metodiky charakterizace kompozitních materiálů. Přichází zde do styku s metodami, které se objevují i v praktiku ze struktury a vlastností polymerů. Tudiž i pracovní riziko je podobné. Na určování mechanických vlastností kompozitů slouží řada zkoušek, při kterých hrozí riziko uvolnění zkušební vzorku ze svorek a možného poranění. I v tomto praktiku se studenti setkávají s metodou Termogravimetrie (TGA), kde největší riziko plyne z manipulací s víčkem, které uzavírá měřící celu. Víčko nikdy neotvírat při probíhajícím měření hrozí shoření topného článku a oxidace vzorku [13].

Co se týká rizik spojených s přípravou anorganických kompozitů studentům nic vážného nehrozí. Při přípravě organických kompozitů, kdy pracují s nenasyčenou polyesterovou pryskyřicí (a její složení je ze čtyřech monomerů a to: maleinhydridu, ftalanhydridu, 1,2-ethandiolu a 1,2-propandiolu), musí studenti zabránit styku pryskyřice s otevřeným ohněm nebo jinak žhavým předmětem [13].

10.7 Praktikum z preparačních a testovacích metod I a II

Cílem praktika je seznámit studenty se základními preparačními a testovacími metodami používaných ve výzkumných a technologických laboratořích. Řada těchto metod je přístrojového charakteru. Při práci s danými přístroji je třeba dodržovat správně pracovní postup, aby nedošlo k poškození přístroje. Většina úloh je prováděna za vysoké teploty. V úlohách, kde studenti pracují s vysokými teplotami, hrozí riziko vzniku popálenin. Roztoky a chemikálie, sloužící k zjištění různých vlastností, se používají značně naředěné, a proto není riziko vzniku nehody tak velké. S látkami toxického charakteru, jako je roztok šestimocného chromu, se musí zacházet opatrně a nesmí se vylévat do výlevky, ale jen do zásobních nádob k tomu určených. Při práci s organickými sloučeninami je žádoucí se vyhýbat rozzhaveným předmětům a otevřenému plameni, hrozí riziko požáru. Při metalografii hrozí popálení. Dalším možným rizikem je lis, kde při spuštění se nesmí nedotýkat pracovní plochy [14].

10.8 Praktikum z povrchových úprav materiálů

Předmět je orientován na vybrané materiálové a technologické problémy povrchových úprav. Těžiště je v získání základních znalostí potřebných pro klasifikaci odolnosti konstrukčních materiálů a pro volbu vhodných povrchových úprav proti vlivům prostředí. Především nátěrových systémů a dalších ochranných a estetických povlaků. K povlakům patří nanášení tenkých vrstviček kovů za použití kyselin nebo elektrického proudu. Vzniká riziko poleptání kyselinou a zasažením vysokého napětí. Roztoky kovů potřebné k nanášení nesou chemické riziko v případě, jedná-li se o dvojmocný chrom, roztoky kadmia. Při používání nátěrových hmot dbát pravidel bezpečnosti práce a použít nezbytné ochranné pomůcky [15].

11 LABORATOŘE – ÚCHTOŽP

11.1 Praktikum z organické chemie

V hodinách praktik z organické chemie studenti přichází do styku s řadou organický látek, u kterých je známo, že jsou vysoce nebo mírně hořlavé. Jejich nebezpečnost vůči lidskému organismu je také známa. O jejich toxicitě bude pojednáno v seznamu chemikálií v příloze. Práce v praktiku a příprava na něj by měla být zvláště pečlivá [16].

Rizika:

- *Vznik zahoření nebo požáru:* Veškeré zahřívání reakčních roztoků musí probíhat nad topným hnízdem pod zpětným chladičem. Zahřívání nad přímým plamenem musí také probíhat za přítomnosti zpětného chladiče. Při ukončení syntézy je nutno nechat destilační zbytek a produkt vychladnout při zapojené vodě, aby nedošlo ke vznícení unikajících par [16].
- *Nadýchání par při práci s těkavými látkami:* Po nadýchání může postiženého bolet hlava a cítit mírnou nevolnost, proto je nezbytné při úlohách plně dodržovat návod a je-li zadáno, tak pracovat v digestoři [16].

11.2 Praktikum z analytické chemie I

V praktiku z analytické chemie si studenti osvojují znalosti z přednášek v praxi. V první polovině praktik přichází na řadu kvalitativní reakce, tzv. kapkovací reakce. Studenti přichází do styku s řadou anorganických iontů a aniontů, z nichž jsou některé velmi toxické jako např. rtuť, arsen, dichromanový anion apod. Výhodou kapkovacích reakcí je, že probíhají v malém množství a reakce nejsou bouřlivé. Většina rizik spojená s prací v praktiku plyne z chemického nebezpečí jak samotných iontů, tak z důkazových činidel. Při různých operacích je někdy nutné reakční směs zahřát. Veškeré zahřívání roztoku se provádí při použití vodní lázně v držáku na zkumavky. Při zahřívání samotné zkumavky je zkumavka pevně uchycena v držáku. Hrdlo zkumavky směřuje mimo pracujícího studenta [17].

V druhé polovině praktik přichází na řadu kvantitativní reakce. Při gravimetrii hrozí riziko vzniku popálenin, proto veškerá manipulace se vzorkem se provádí pomocí kleští. V okolí žíhací pece se musí dbát na zvýšenou opatrnost. Při použití důkazových činidel jako je např. amoniak nebo různé kyseliny, může dojít k podráždění nosní sliznice a náhlé nevolnosti. Student nesmí zapomenout, že v některých případech pracuje se zvláště nebezpečnými jedy a toxickými látkami [17].

11.3 Praktikum z analytické chemie II

Úlohy prováděné v tomto praktiku jsou náročnější. Využívá se více instrumentálních metod jako jsou spektrofotometrie, plamenová absorpční spektrometrie, elektrogravimetrie. Rizika spojená s prací se spektrofotometry jsou nulová. Největší riziko plyne z úlohy atomové absorpční spektrometrie. Jako spalovací plyn se používá acetylen z tlakové láhve. Jelikož tlak plynu v láhvi se neustále mění, musí být odběr plynu z láhve zajištěn přes pojistný ventil. Aby se předešlo úniku a následnému vzplanutí plynu, provádí se zapojení aparatury vždy za přítomnosti vedoucího praktik. Při zahřívání reakčních roztoků probíhající v digestoři, a při následném přenosu reakční směsi, může dojít k popálení nebo rozbití laboratorního skla a k následnému poranění o střepy. Z důvodu zaplnění pracovní plochy laboratorním vybavením i používaným sklem dochází k malým nehodám ve formě rozbití skla. Abychom zabránili poranění, likvidace střepů se vždy provádí pomocí smetáku a lopatky. Při přípravě roztoků přichází student do styku s řadou toxických a dráždivých látek, jejichž rizika jsou popsána v tabulce v příloze [18].

11.4 Praktikum z analýzy vody

V tomto praktiku se provádí stanovení základních fyzikálních a chemických ukazatelů jakosti pitné vody. Při stanovení jsou využívány základní instrumentální metody (spektrofotometrie) a metody mobilní analytiky (alkalita, acidita, stanovení anorganických látek). Při práci s kyselinami a hydroxidy vzniká riziko poleptání, k přípravě vzorků na spektrofotometrické stanovení se používá řada roztoků, jejichž rizika jsou popsána v tabulce v příloze [19].

11.5 Praktikum z environmentální analýzy

Hlavní náplní praktika je odběr vzorků ze životního prostředí, izolace vybraných analytů z dané matrice a jejich stanovení vybranými analytickými postupy. K daným postupům patří řada instrumentálních metod, jako je kapalinová chromatografie, plynová chromatografie s hmotnostní spektrometrií, elektroforéza, atomová absorpční spektrometrie. Řada přístrojů je plně automatických, proto je nejdůležitější seznámit studenty s ovládním. Případná neodborná manipulace by mohla vést k poškození. Důležitou částí je příprava vzorku. Jelikož se jedná o vzorky ze životního prostředí, jejich riziko vůči studentům je nulové. K přípravě vzorků se používá řada chemikálií jako je acetonitril, methanol, kyselina octová, kyselina 3,5-dinitrobenzoová. Z anorganických chemikálií je to především kyselina dusičná, dusičnan sodný, rtuť při kalibraci přístroje. Příprava vzorků probíhá za laboratorní teploty, tím riziko vzniku požáru odpadá, ale hrozí nadýchání těkavých par. Při práci s kyselinami vzniká riziko poleptání. Dalším rizikem je příprava kalibračních vzorků rtuti, kdy hrozí nadýchání a následná otrava. U metod, kde je potřeba dosáhnout vysokých teplot, se jako palivo používá acetylen, který je vysoce hořlavý. Neodborná manipulace s tlakovou láhví může vést k úniku a následnému požáru. V úloze, kde se provádí elektroforéza, hrozí zasažení pracujících osob vysokým napětím [20].

11.6 Praktikum z technologie vody I a II

Vybrané technologické testy z oborů úpravy pitné vody a čištění odpadních vod jako je koagulace, adsorpce na práškovitém aktivním uhlí, ozonizace a filtrace. K provedení daných úloh je zapotřebí znát základní charakteristiky upravované vody. K tomu slouží potřebné analytické metody příkladem je určení chemické spotřeby kyslíku pomocí manganu nebo chromu a kyselinová neutralizační kapacita. Při určování chemické spotřeby kyslíku je zapotřebí reakční směs po určitou dobu zahřívat a následnou neopatrnou manipulací s horkými titračními baňkami hrozí vznik popálenin. V případě chemické spotřeby kyslíku stanovované za pomoci chromu je zapotřebí sestavit aparaturu se zpětným chladičem. Špatné sestavení aparatury může vést k rozbití aparatury a vylití reakční směsi, která obsahuje vysoce toxický dichroman draselný. Při stanovování kyselinové neutralizační kapacity se používá kyselina chlorovodíková (nebezpečí poleptání). Při práci s ozónem je nutno vzít na vědomí, že ozón je toxický a musí se pracovat vždy při zapnutém odsávacím zařízení a posuvné dveře digestoře otvírat jen na nezbytnou dobu [21], [22].

11.7 Praktikum z instrumentální a strukturní analýzy – CHTOŽP, CHPBT, CHM, FSCH

Úlohy prováděné v praktiku se skládají výhradně z instrumentálních analytických metod jako je atomová absorpční spektrometrie, plynová a kapalinová chromatografie a řada dalších. Největší riziko plyne z poškození těchto přístrojů při neodborné manipulaci, a proto je důležité studenty seznámit s ovládním. Většina analyzovaných vzorků je předem připravena v zásobní láhvi k naředění a následnému použití. Kontakt s chemikáliemi je v minimálním množství, řádově miligramy až mikrogramy [23].

11.8 Praktikum z hydrobiologie

Praktikum je realizováno jako terénní cvičení za účelem seznámení s jednotlivými vodními ekosystémy a jejich charakteristickou biocenózou. Úlohy prováděné v tomto praktiku jsou přehled základních metod pro určení kvantitativního a kvalitativního hydrobiologického rozboru, základ mikroskopování, základní principy odběru vzorku vody. Dále také odběr a následná analýza vzorku aktivovaného kalu z čistírny odpadních vod, seznámení s ostatními metodami determinace mikroorganismů v odpadních vodách, odběr a následná analýza vzorků vod z tekoucí a stojaté vody a stanovení saprobního indexu. Během praktika je realizována i exkurze do laboratoří zabývajících se hydrobiologickým, popř. mikrobiologickým vyšetřením vody [24].

11.9 Praktikum z ekotoxikologie

Úlohy prováděné v tomto praktiku jsou zaměřeny na hodnocení toxicity chemických látek a odpadů na různých organismech. Pracovní koncentrace látek jsou velice nízké, proto studentům nehrozí velké riziko při dodržování základních pokynů bezpečnosti práce v laboratoři [25].

11.10 Praktikum ze speciální toxikologie

Náplní praktika je seznámení studentů s možnostmi praktického stanovení některých toxických látek v biotických a abiotických matricích a stanovení vybraných toxikologických údajů přímo experimentem v laboratorních podmínkách. Největší riziko plyne ze stanovovaných toxických látek a používaných chemikálií [26].

12 LABORATOŘE – ÚFSCH

12.1 Praktikum z fyziky I

V kurzu fyzikálního praktika jsou studenti seznámeni se základními fyzikálními experimentálními metodami. Z hlediska chemické bezpečnosti nehrozí studentům jakékoliv riziko. Většina úloh je typu měření, přichází student do styku převážně s elektrickými přístroji. Proto je bezpodmínečně nutné, aby byly dodržována pravidla týkající se bezpečnosti práce s těmito přístroji, jinak hrozí riziko zasažení vysokým napětím [27].

12.2 Praktikum z fyzikální chemie I a II

Cílem praktika z fyzikální chemie I je seznámit studenty s praktickými úlohami z termodynamiky a elektrochemie. Studenti by se měli naučit využívat teoretických znalostí z fyzikální chemie při řešení konkrétních problémů v laboratoři. Riziko zranění je v tomto praktiku minimální, ale může k poranění dojít. Například k poranění o rozbitou skleněnou tyčinku, potřísnění kyselinou nebo hydroxidem nebo popálení [28].

U praktika z fyzikální chemie II je cílem seznámit studenty s praktickými úlohami z kinetiky a koloidní chemie. Studenti by se měli naučit využívat teoretických znalostí z fyzikální chemie při řešení konkrétních problémů v laboratoři. Zvláštní riziko plyne z úlohy elektroforéza, kde hrozí úraz vysokým napětím, jinak riziko vzniku poranění nebo škody je obdobné jako v Praktikum z fyzikální chemie I [28].

12.3 Praktikum z koloristiky a kolorimetricky

Studenti se seznamují se základními charakteristikami barviv. Objektivní charakteristiky barviv se stanovují různými analytickými metodami jako je spektrofotometrie nebo papírová chromatografie. Hlavním rizikem v těchto laboratořích je příprava vzorků u spektrofotometrie a vyvíjecích směsí při papírové chromatografii, kdy hlavní složkou jsou organická rozpouštědla např. aceton, ethanol, ethylester kyseliny octové, izopropylalkohol, benzín. Řada z těchto látek je vysoce hořlavá. Sice při práci s nimi nehrozí, že by mohly přijít do styku s otevřeným ohněm nebo se žhavým předmětem, proto je riziko vzniku požáru velmi malé, ale při přílišném nadýchání jejich těkavých par hrozí nevolnost a bolesti hlavy [29].

12.4 Praktikum z fotochemických procesů

Praktické úlohy na témata fotokatalytický proces, aktinometrie, pozitivní fotorezisty a negativní fotorezisty. Vyhodnocování laboratorních výsledků [30].

Úlohy prováděné v praktiku jsou z hlediska pracovního rizika minimální. Jenom upozornění na práci s kyselinou dusičnou s níž se studenti v praktiku setkají a to ve formě 35% roztoku, který zahřívají na 40 °C. Při neopatrné manipulaci vzniká riziko mírných popálenin. [30].

12.5 Praktikum z textilní chemie a technologie

V tomto praktiku studenti využívají svých znalostí nabytých v praktikách koloristiky a kolorimetricky. Zde se provádí aplikace barviv na různé textilní materiály a následné vyhodnocení [31].

Možným rizikem v těchto praktikách je vznik popálenin nebo opaření při barvení látek. Barvení látek probíhá za zvýšené teploty kolem 100 °C. Při míchání barvicího roztoku je vhodné nezapomenout na skleněnou tyčinku v nádobě, aby nedošlo k převržení barvicí směsi. Při barvení přichází student do kontaktu s řadou barviv. O jejich rizikovosti musí být informován. Barvení vlny kyselými barvivy se provádí v rozsahu pH od 2,5 až po hodnotu blízkou pH 7. U pH barvicího roztoku s hodnotou 2,5 vzniká riziko poleptání [31].

12.6 Praktikum z technologie tisku

Praktické úlohy na témata archivová montáž, kopírování a zpracování ofsetové desky, kontrola kvality kopie, tisk na ofsetovém archovém stroji vyhodnocování kvality čtyřbarevného tisku, kontrola vybarvení, denzitometrické měření kontrolních proužků, knižní vazba, hodnocení kvality. V praktiku nehrozí chemické riziko a vznik poranění při práci [32].

12.7 Praktikum z obrazového inženýrství

Harmonická analýza obrazových struktur, fraktální analýza obrazových struktur, optická lavice, optický a interferenční mikroskop, termokamera, tvorba a zpracování videosekvencí. Práce v praktikum nenese rizika [33].

12.8 Praktikum z plazmochemie

V tomto praktiku probíhají následující úlohy. Základy vakuové techniky a měření nízkých tlaků, optická emisní spektroskopie plazmatu, radiofrekvenční výboj za sníženého tlaku, studium generace ozónu, diafragmový výboj v kapalinách a jeho aplikace, povrchové úpravy polymerů, EPR spektroskopie dohasínajícího plazmatu, rozklad VOC látek v plazmatu za atmosférického tlaku. Všechny úlohy probíhají za použití složitých instrumentálních metod, proto je důležité před začátkem práce studenta seznámit s ovládním přístroje. Při neodborné manipulaci může nedojít k poškození přístroje, kdy následná technická závada nese velké finanční riziko [34].

V úlohách studenti pracují s velmi vysokým napětím a nedodržení bezpečnostních pokynů při práci může mít za následek vážná poranění. V laboratoři se vyskytují tlakové láhve se stlačenými plyny, jako je vzduch a technický kyslík. Při práci s nízkými tlaky vzniká riziko imploze, při špatném těsnění [34].

12.9 Praktikum z fotografických procesů

V praktiku se řeší úlohy spojené s fotografováním a vyvoláváním filmu. Hlavní riziko plyne z ředění roztoků, kdy při špatném ředění může dojít k bouřlivé reakci. Pro přípravu ustalovačů je vhodná teplota 60–70 °C, hrozí riziko popálenin [35].

13 LABORATOŘE – ÚCHPBT

13.1 Praktikum z biochemie

V praktiku z biochemie se studenti setkávají s důkazovými reakcemi pro látky biologického rázu. Většina reakcí probíhá v malých množstvích a většina důkazových činidel je v nízkých koncentracích. Při reakcích, kdy je zapotřebí roztok zahřát na určitou teplotu by si studenti měli dávat pozor na popáleniny plynoucí z neopatrného zacházení s roztoky nebo případnému potřísnění horkým roztokem. Při rozpouštění organických látek jako jsou lipidy se používají organická rozpouštědla (aceton, ether, chloroform apod.). Studenti by si měli uvědomit, že při jakémkoliv kontaktu se žhavým předmětem může dojít ke vzplanutí. Proto se veškeré zahušťování provádí ve vodní lázni a ne jinak. Zásobní láhve se nesmí nenechávat otevřené, aby nedocházelo k uvolňování těkavých par. U elektroforetického dělení vzniká riziko zasažení vysokým napětím 80 V [36].

13.2 Praktikum z obecné mikrobiologie

V praktikách se provádí mikroskopické pozorování kolonií bakterií, určování jejich charakteristických znaků a očkování živné půdy (agaru). U této práce nehrozí riziko vzniku poranění. Při přípravě vzorků je použití chemikálií minimální a o nízkých koncentracích. Z hlediska chemické bezpečnosti je práce v laboratoři bez rizika. Při práci s laboratorním sklem hrozí riziko jeho rozbití a následnému poranění. Po ukončení práce je nutné umytí rukou [37].

13.3 Praktikum z bioinženýrství

Praktické úlohy z enzymové kinetiky a mikrobiální kinetiky, kde nehrozí výrazná rizika při dodržení zásad bezpečnosti práce. Důležité po ukončení práce je opláchnutí rukou. Při práci s organickými sloučeninami se vyhnout otevřenému ohni a žhavým předmětům. Velké riziko popálení při sušení vzorků v sušárně při 105 °C [38].

13.4 Praktikum z biotechnologie

Studenti získávají praktické dovednosti při určování a úchově mikroorganismů. Provedou odzkoušení různých způsobů kultivace vybraných kmenů mikroorganismů a sledování produkce některých primárních a sekundárních metabolitů. Hlavním rizikem jsou používané chemikálie a hlavně zkouška chemické spotřeby kyslíku za pomoci šestimocného chromu, u zkoušky se reakční směs dvě hodiny vaří pod zpětným chladičem. Tudíž vzniká riziko popálenin a rozbití reakční soustavy. Účinky šestimocného chromu jsou popsány v příloze nejčastěji používaných chemikálií [38].

13.5 Praktikum z molekulární biotechnologie

V praktiku se provádí analytické metody stanovování buněčné DNA, spektrofotometry, agarová gelová elektroforéza, kdy vzniká riziko zasažení elektrickým proudem, PCR (polymerová řetězová reakce). Rizika používaných chemikálií jsou popsány v příloze [39].

13.6 Praktikum z technologie potravin I a II

Praktika navazují na předmět Základy potravinářských technologií. Studenti jsou v rámci odborných exkurzí seznámeni s technologiemi výroby vybraných potravin. Následně pak v laboratorních podmínkách provádějí odzkoušení některých moderních technologických postupů aplikovaných v potravinářských výrobcích. Při dodržení základních zásad bezpečnosti práce nehrozí větší riziko vzniku nehody [39].

13.7 Praktikum z analytické chemie potravin

Je rozděleno na část tzv. klasickou a část instrumentální. Praktikum zahrnuje úlohy týkající se hlavních složek potravin (cukrů, tuků, bílkovin), stanovení některých nutričních složek potravin (vitamíny, biogenní prvky), stanovení kontaminantů i aditivních látek (barviva a konzervační látky) a určení některých dalších charakteristik potravin (vlhkost, popel). Hlavní rizika plynoucí z práce v praktiku je vznik popálenin, potřísnění kyselinou a zásadou. U organických sloučenin vzniká riziko nadýchání jejich par, především u chloroformu, vznik požáru nebo nadýchání. Rizika používaných chemikálií jsou stanovena v příloze [40].

13.8 Praktikum z kosmetologie

Kurz je určen pro posluchače navazujícího magisterského studia studijních oborů Chemie potravin a biotechnologií a Spotřební a fyzikální chemie. Zaměřuje se na praktické využití znalostí. Součástí je zpracování samostatného jednosemestrálního projektu na zadané téma a jeho prezentace [41].

14 ZÁVĚR

Cílem práce bylo analyzovat pracovní rizika ve výukových laboratořích Fakulty chemické VUT v Brně a zda jsou naplněny zákonné předpisy při práci v laboratořích. Mezi zákonné předpisy, kterými se řídí práce ve výukových laboratořích patří zákon č. 356/2003 Sb., o chemických látkách a přípravcích, zákon č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví a zákon č. 262/2006 Sb., zákoník práce. Z daných zákonů vyplivají práva a povinnosti pro fyzické a právnické osoby, které přicházejí do styku s nebezpečnými chemickými látkami a přípravky. Podle zákona č. 356/2003 Sb. jsou chemické látky a přípravky začleněny do kategorií podle vlastností a účinku nejen na životní prostředí, ale i na člověka. Ze zákona č. 356/2003 Sb., vychází i označení chemikálií. Kategorie a použité označení je uvedeno v kapitole 2.1. Způsobnost s jakou mohou fyzické osoby nakládat s nebezpečnými chemickými látkami a přípravky klasifikovanými dle zákona č. 356/2003 Sb., je uvedeno v kapitole 2.2.

V chemické laboratoři je kladen velký důraz na bezpečnost skladování chemikálií, požární bezpečnost a bezpečnost samotného pracoviště. Bezpečnost používaného vybavení mezi něž patří elektrické měřicí přístroje, laboratorní sklo a jiné. Aby nedocházelo ke vzniku nehod zapříčiněných špatným stavem přístrojů je důležité tyto přístroje kontrolovat v časových intervalech závislých na četnosti jejich použití. K tomu slouží kontroly a revize nejenom používaného vybavení, ale taky prostředků sloužících k rychlému ukončení vzniklých rizik. Mezi tyto prostředky patří hasící přístroje a věci potřebné k první pomoci. Dané bezpečnostní požadavky vyplývají ze zmíněných zákonných předpisů a ČSN norem.

Jelikož při práci v laboratoři se studenti setkávají s řadou nebezpečných chemických látek a přípravku, které sami o sobě jsou vysoce rizikové. V kapitole 6 jsou uvedeny rizika, které plynou z jejich směsí a jak reagují s jinými látkami. O látkách vysoce hořlavých a příčinách plynoucích z neopatrného zacházení pojednává kapitola 7.

Vznik nehody v laboratořích při dodržení veškerých bezpečnostních předpisů je nízký, ale není nulový. Nejčastější příčinou jsou převržení laboratorního skla a poranění o skleněné součástky, nesprávný postup při ohřívání a odpařování těkavých kapalin. Prasknutí skla při zahříváním nevhodným způsobem, styk hořlavé kapaliny s horkým roztokem nebo s předmětem. Chemická laboratoř je pracovní prostředí, kde na malém prostoru působí na pracovníky řada rizikových faktorů. Kromě zvýšeného rizika působení nebezpečných chemických látek se jedná o rizika fyzikální, v některých případech biologická či ergonometrická, a pochopitelně nezanedbatelný je vliv lidského činitele.

Práci v laboratořích ovlivňuje, obdobně jako na jiných pracovištích, rizikový faktor lidského činitele. Jedná se především o způsob organizace práce, psychologické faktory (pracovní zátěž, konflikty, reakce v nouzových situacích), znalosti a schopnosti studentů, používání osobních ochranných prostředků, nebezpečné jednání studentů a důsledky neplnění bezpečných pracovních postupů.

Po charakterizaci výukových laboratořích FCH VUT v Brně vyplynulo, že za vznik nehody může především lidský faktor a předpisy týkající se bezpečnosti práce v chemických laboratořích neovlivní chvilkové zaváhání jedince. Riziko vzniku nehod spočívá v množství používaných chemikálií a náročnost prováděné úlohy na aparatura a pracovní postup.

15 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] Dostupné z: <http://www.sagit.cz/pages/sbirkatxt.asp?zdroj=sb00258&cd=76&typ=r> [cit. 2008-05-22].
- [2] Dostupné z: http://www.e-bozp.cz/dok_zdarma.html?gclid=CIT_t_LDt5MCFQ6n1QodumqACw [cit. 2008-05-22].
- [3] Tichý, M. *Toxikologie pro chemiky*. 2. vyd. Praha: Karolinum, 2004. 119 s. ISBN 80-246-0566-X
- [4] Paleček, J., Linhart, I., Horák, J. *Toxikologie a bezpečnost práce v chemii*. Vyd. Praha: VŠCHT 1999. 189 s. ISBN 80-7080-266-9
- [5] Ústní sdělení: Kizlink Juraj, Doc. Ing. CSc.
- [6] Dostupné z: <http://www.mvcr.cz/statistiky/2008/hzsrok07.pdf> [cit. 2008-05-22].
- [7] Dostupné z: [http://www.czso.cz/csu/redakce.nsf/i/skolstvi/\\$File/08_skolstvi.pdf](http://www.czso.cz/csu/redakce.nsf/i/skolstvi/$File/08_skolstvi.pdf) [cit. 2008-04-22].
- [8] Dostupné z: <https://www.vutbr.cz/elearning/course/view.php?id=71531> [cit. 2008-04-12].
- [9] Pilátová, I., Kábelová B., Richtera, L. *Praktikum z anorganické chemie II*. 1. vyd. Vysoké učení technické, Fakulta chemická, 2006. 122 s. ISBN 80-214-3140-7
- [10] Dostupné z: http://smetana.fch.vutbr.cz/r_studenti/3.rocnik/Chemicke%20inzenyrstvi/Praktika/n%C3%A1lvody%20%C3%BAloh/ [cit. 2008-04-12].
- [11] Dostupné z: <https://www.vutbr.cz/elearning/course/view.php?id=71579> [cit. 2008-04-12].
- [12] Dostupné z: <https://www.vutbr.cz/elearning/course/view.php?id=71634> [cit. 2008-04-12].
- [13] Dostupné z: <https://www.vutbr.cz/elearning/course/view.php?id=71649> [cit. 2008-04-12].
- [14] Dostupné z: <https://www.vutbr.cz/elearning/course/view.php?id=71606> [cit. 2008-04-16].
- [15] Dostupné z: <https://www.vutbr.cz/elearning/course/category.php?id=1072000012000054> [cit. 2008-04-16].
- [16] Dostupné z: <https://www.vutbr.cz/elearning/course/view.php?id=57744> [cit. 2008-04-16].
- [17] Dostupné z: http://smetana.fch.vutbr.cz/r_studenti/2.rocnik/Praktikum%20ACH%20I/analyticke_reakce_anorganicky_iontu.pdf [cit. 2008-04-16].
- [18] Dostupné z: http://smetana.fch.vutbr.cz/r_studenti/3.rocnik/Praktikum%20ACH%20II/kvantitativni_analyza.pdf [cit. 2008-04-12].
- [19] Dostupné z: http://smetana.fch.vutbr.cz/r_studenti/3.rocnik/Analyza%20vody/ [cit. 2008-04-20].
- [20] Dostupné z: <https://www.vutbr.cz/elearning/course/view.php?id=71639> [cit. 2008-04-20].
- [21] Dostupné z: <https://www.vutbr.cz/elearning/course/view.php?id=71595> [cit. 2008-04-20].
- [22] Dostupné z: <https://www.vutbr.cz/elearning/course/view.php?id=71622> [cit. 2008-04-12].
- [23] Dostupné z: <https://www.vutbr.cz/elearning/course/view.php?id=71696> [cit. 2008-04-20].

- [24] Dostupné z: <https://www.vutbr.cz/elearning/course/view.php?id=71746>
[cit. 2008-04-21].
- [25] Dostupné z: <https://www.vutbr.cz/elearning/course/view.php?id=71643>
[cit. 2008-04-22].
- [26] Dostupné z: <https://www.vutbr.cz/elearning/course/category.php?id=1072000012000055> [cit. 2008-04-22].
- [27] Dostupné z: <https://www.vutbr.cz/elearning/course/view.php?id=71571>
[cit. 2008-04-23].
- [28] Dostupné z: <https://www.vutbr.cz/elearning/course/view.php?id=71546>
[cit. 2008-04-23].
- [29] Dostupné z: <https://www.vutbr.cz/elearning/course/view.php?id=71573>
[cit. 2008-04-23].
- [30] Dostupné z: <https://www.vutbr.cz/elearning/course/view.php?id=71757>
[cit. 2008-05-12].
- [31] Dostupné z: <https://www.vutbr.cz/elearning/course/view.php?id=71651>
[cit. 2008-05-12].
- [32] Dostupné z: <https://www.vutbr.cz/elearning/course/view.php?id=71758>
[cit. 2008-05-12].
- [33] Dostupné z: <https://www.vutbr.cz/elearning/course/enrol.php?id=71635>
[cit. 2008-05-12].
- [34] Dostupné z: <https://www.vutbr.cz/elearning/course/view.php?id=71605>
[cit. 2008-05-12].
- [35] Dostupné z: <https://www.vutbr.cz/elearning/course/view.php?id=71655>
[cit. 2008-05-12].
- [36] Dostupné z: <https://www.vutbr.cz/elearning/course/view.php?id=71763>
[cit. 2008-04-18].
- [37] Dostupné z: <https://www.vutbr.cz/elearning/course/category.php?id=1072000012000056> [cit. 2008-04-18].
- [38] Dostupné z: <https://www.vutbr.cz/elearning/course/view.php?id=71558>
[cit. 2008-04-18].
- [39] Dostupné z: <https://www.vutbr.cz/elearning/course/category.php?id=1071000012000056> [cit. 2008-04-18].
- [40] Dostupné z: http://smetana.fch.vutbr.cz/r_studenti/3.rocnik/ [cit. 2008-04-19].
- [41] Dostupné z: http://smetana.fch.vutbr.cz/r_studenti/4.rocnik/UHPBT/
[cit. 2008-04-19].

16 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

OOPP	Osobních ochranný pracovních prostředků
NPK – P	Nejvyšší přípustná koncentrace látek v pracovním ovzduší
DSC	Diferenciální skenování kalorimetr
TGA	Termogravimetrie
DNA	Deoxyribonukleová kyselina
VOC	Těkavé organické sloučeniny
EPR	Elektronová paramagnetická resonance
PCR	Polymerová řetězová reakce
ČSN	Česká technická norma