

**SLOVENSKÁ POĽNOHOSPODÁRSKA UNIVERZITA  
V NITRE  
TECHNICKÁ FAKULTA**

1127209

**TECHNOLÓGIE NA ZNEŠKODŇOVANIE ODPADOV  
Z ROPNÝCH LÁTOK**

**2010**

**Ivan OČKAJ**

**SLOVENSKÁ POĽNOHOSPODÁRSKA UNIVERZITA  
V NITRE  
TECHNICKÁ FAKULTA**

**TECHNOLÓGIE NA ZNEŠKODŇOVANIE ODPADOV  
Z ROPNÝCH LÁTOK**

**Bakalárska práca**

Študijný program:	Prevádzka dopravných a manipulačných strojov
Študijný odbor:	Dopravné stroje a zariadenia
Školiace pracovisko:	Katedra dopravy a manipulácie
Školiteľ:	doc., Ing., Ivan Janoško, CSc.
Konzultant:	

**Nitra 2010**

**Ivan OČKAJ**

# ZADÁVACÍ PROTOKOL

## **Čestné vyhlásenie**

Podpísaný Ivan Očkaj vyhlasujem, že som bakalársku prácu na tému „Technológie na zneškodňovanie odpadov z ropných látok“ vypracoval samostatne, za pomoci svojho školiteľa a s použitím uvedenej literatúry.

Som si vedomý zákonných dôsledkov v prípade, ak uvedené údaje nie sú pravdivé.

V Nitre, apríl 2010

.....

## **Pod'akovanie**

Ďakujem doc., Ing., Ivanovi Janoškovi, CSc., za trpezlivosť, ochotu, odbornú pomoc a spoluprácu pri tvorbe bakalárskej práce.

V Nitre, apríl 2010

.....

## **Abstrakt**

Cieľom bakalárskej práce je priblíženie problému ropných odpadov a popísanie vybraných metód na ich zneškodňovanie, vzhľadom na ich stupeň znečistenia, povahy suspenzie a druhu použitých emulgátorov. Zamerám sa na skladbu, štruktúru a vlastnosti ropných látok. Ďalej som popísal rozdelenie ropných odpadov a ich charakteristiku. Zaoberám sa problematikou vzťahu ropy k životnému prostrediu a objasňujem problémy odpadového hospodárstva. V závere venujem pozornosť vplyvu ropy na ovzdušie, pôdu, podzemné a povrchové vody. Rozoberám príčiny a formy poškodzovania životného prostredia a spôsoby, ako im čeliť. Znečistenie sa prejavuje v okolí prírodných zdrojov ropy pri ťažbe, ďalej pri doprave, uskladnenia, manipulácii, spracovania a používania ropných produktov.

Kľúčové slová: ropa, ropný odpad, likvidácia, životné prostredie, odpadové hospodárstvo

## **Abstract**

The goal of the bachelor work is to outline the problem of oil waste and the description of some of its disposal methods based on the level of pollution, characteristics of suspension and type of used emulsifiers. I focused on the composition, structure and characteristics of oil substances. I also described division of oil waste and its characteristics. I described the relation of oil towards the environment and I clarified the problem of waste economy. At the end of the work I paid attention to the influence of oil on the air, soil, ground- and surface water. I analyzed the causes and forms of harming the environment and the ways how to face them. Pollution exhibits in the neighborhood of natural sources of oil while oil mining, transporting, storing, manipulating, processing and using oil products.

Key words: oil, oil waste, disposal, environment, waste economy

# Obsah

<b>Obsah</b> .....	7
<b>Zoznam skratiek a značiek</b> .....	9
<b>Úvod</b> .....	10
<b>1 Cieľ práce</b> .....	11
<b>2 Metodika práce</b> .....	12
<b>3 Odpadové hospodárstvo a životné prostredie</b> .....	13
3.1 Problémy odpadového hospodárstva.....	13
3.2 Negatívne impakty ropných odpadov na životné prostredie.....	17
3.2.1 Vplyv na vodu a pôdu.....	17
3.2.2 Vplyv na ovzdušie.....	18
3.2.3 Ochrana povrchových vôd pred ropnými látkami.....	19
3.2.4 Odstraňovanie ropných látok pri haváriách.....	21
3.2.5 Spôsoby zabráňovaniu účinkom ropných látok na životné prostredie.....	22
<b>4 Ropa, ropné produkty, ropné odpady a ich charakteristika</b> .....	24
4.1 Ropa.....	24
4.2 Ropné produkty.....	24
4.3 Ropné odpady.....	26
4.4 Charakteristika vybraných odpadov ropných látok.....	27
<b>5 Vybrané spôsoby likvidácie ropných odpadov</b> .....	30
5.1 Základné chemické a fyzikálne procesy pri čistení odpadových vôd s obsahom ropných látok.....	30
5.1.1 Chemická deemulgácia emulzií ropných látok.....	31
5.1.2 Oxidácia ropných látok rozpustených vo vode.....	31
5.1.3 Fyzikálne procesy.....	32
5.1.4 Adsorpcia tuhými adsorbentmi.....	32
5.1.5 Deemulgácia elektroforézou.....	33
5.2 Termické metódy.....	34
5.2.1 Odparovanie ponorným horákom.....	34
5.2.2 Deemulgačný reaktor.....	35
5.2.3 Obehové odparky.....	36
5.2.4 Filmové odparky.....	37
5.2.5 Spaľovanie ropných odpadov.....	38
5.2.5.1 Teoretické východisko spaľovania.....	40
5.2.5.2 Spaľovanie tuhých odpadov s obsahom ropných látok.....	42



5.2.5.3	Spaľovanie kvapalných odpadov s obsahom ropných látok.....	45
5.2.5.4	Spôsobý likvidácie zaolejovaných tekutých odpadov.....	45
5.2.5.5	Spaľovacie zariadenie.....	47
5.3	Čistenie odpadových vôd s obsahom emulgovaných ropných látok mechanickými procesmi.....	54
5.3.1	Ultrafiltrácia.....	54
5.3.2	Odstred'ovanie nedeemulgovaných emulzií.....	56
5.3.3	Deemulgácia emulgovaných ropných látok filtráciou.....	56
5.4	Biologické čistenie.....	57
5.4.1	Čistenie aktiváciou.....	59
5.4.2	Čistenie biologickými filtrami.....	61
5.4.3	Čistenie v stabilizačných nádržiach.....	62
5.4.4	Čistenia v chladiacich vežiach.....	63
<b>6</b>	<b>Diskusia a návrh na využitie.....</b>	<b>64</b>
	<b>Záver.....</b>	<b>67</b>
	<b>Zoznam použitej literatúry.....</b>	<b>68</b>

## Zoznam skratiek a značiek

HCl	kyselina chlorovodíková, technický názov kyselina soľná
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	kyselina sírová
ClO <sub>2</sub>	oxid chloričitý
O <sub>3</sub>	ozón
pH	kyslosť
Cr	chróm
Mn	mangán
Ni	nikel
Co	kobalt
Fe	železo
H <sub>2</sub> S	kyselina sírovodíková
CO <sub>2</sub>	oxid uhličitý
H <sub>2</sub> O	voda
SO <sub>2</sub>	oxid siričitý
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	oxid fosforečný
N <sub>2</sub> O <sub>x</sub>	oxidy dusíka zloženia N <sub>2</sub> O <sub>x</sub> , kde „x“ je oxidačný stupeň dusíka, ktorý môže byť 2-4
CO	oxid uhoľnatý
BSK <sub>5</sub>	biochemická spotreba kyslíka
CHSK	chemická spotreba kyslíka
N – NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	amoniakálny dusík
N – NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	dusitanový dusík
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	fosforečnan
Cl <sup>-</sup>	anión chlóru
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	sulfát

## Úvod

Medzi najrozšírenejší druh odpadu, ktorý je zaradovaný medzi nebezpečný odpad, patria ropné látky a materiály kontaminované ropnými látkami. Ropné látky sa v mnohých prípadoch dostávajú do životného prostredia a v dôsledku toho môžu spôsobiť v ňom výrazné škody. Dôkazom toho sú kontaminované oblasti v okolí podnikov, skládok a následne kontaminované podzemné a povrchové vody.

Preto musíme poznať príčiny a formy poškodzovania životného prostredia a spôsoby, ako im čeliť. Ak sa v súčasnosti snažíme urýchliť vedecko-technický rozvoj, musíme zároveň urobiť všetko pre hospodárne využívanie prírodných zdrojov, a proti nebezpečnému znečisteniu ovzdušia, pôdy a vôd.

V ostatných desaťročiach prudko stúpla spotreba ropy vo svete, ale aj u nás, a to najmä v dôsledku prudkého rozvoja petrochemického priemyslu a dopravy. Ropa a jej produkty, teda jedny z najpoužívanejších zdrojov energie a nenahraditeľné suroviny pre chemický priemysel predstavujú zároveň aj jeden z najrozšírenejších zdrojov znečisťovania životného prostredia. Patria k najnebezpečnejším látkam znečisťujúcim vodné toky a podzemné vody, a to nielen pre svoje vlastnosti, ale i preto, že sa ich ťaží a vyrába obrovské množstvo a ich použitie je rozmanité. Ohrozujú vody a pôdu v rafinériách a chemických továrňach, pri doprave po vode, železnicou i potrubím, pri skladovaní, manipulácii atď.

Tieto faktory poukazujú na dôležitosť danej témy a preto som sa ju rozhodol spracovať. Rozsah diela nedovolil podrobnejšie sa zaoberať viacerými teoretickými, ale aj praktickými a technickými otázkami.

Bakalárska práca je riešená kompilačne z aktuálnych metód zneškodňovania ropných látok.

# **1 Cieľ práce**

Cieľom bakalárskej práce je zoštudovať problémy týkajúce sa životného prostredia, popísať aktuálne používané technológie na zneškodňovanie odpadov so zameraním na ropné látky a navrhnúť možnosti zlepšenia.

## 2 Metodika práce

Metodika mojej vlastnej práce spočívala v zbere informácií, ktoré boli ďalej analyzované, spracované a po doplnení i vlastnými logickými postupmi spracované do výslednej hypotézy. Pri spracovávaní tejto témy budem postupovať logicky, aby som všetkých v úvode oboznámil s danou témou.

Zdrojom budú pramene, čerpané z najrôznejších zdrojov. Za najdôležitejšie zdroje prameňov tejto práce pokladám knižnice. Časť teoretických údajov bola čerpaná aj z webových stránok. Všetky zdroje práce sú uverejnené v Zozname použitej literatúry.

V jednotlivých častiach mojej práce som najprv napísal čo je to:

ropa,  
ropné odpady,  
likvidácia odpadov,  
odpadové hospodárstvo,  
životné prostredie.

V bakalárskej práci vo všeobecnosti narábam s pojmom odpady v zmysle ropných odpadov a ich vplyvom na životné prostredie. Snažím sa poukázať na vybrané metódy zneškodňovania ropných odpadov.

Pri spracovávaní som sa snažil vyselektovať tie najužitočnejšie a najdôležitejšie informácie.

Verím, že som postupoval tak, aby som mohol priniesť objektívne a komplexné informácie o problematike odpadového hospodárstva ropy.

### **3 Odpadové hospodárstvo a životné prostredie**

Odpadové hospodárstvo je činnosť zameraná na predchádzanie, obmedzovanie vzniku odpadov, znižovanie ich nebezpečnosti pre životné prostredie a nakladanie s odpadmi v súlade so zákonom o odpadoch [1].

Nakladanie s odpadmi sa riadi nariadením vlády SR č. 606/1992 Zb., kde sú uvedené všeobecné podmienky nakladania s odpadmi, osobitné podmienky nakladania s nebezpečnými odpadmi, zneškodňovanie odpadov a náležitosti k žiadosti o vydanie súhlasu na nakladanie s odpadmi [2].

Účelom odpadového hospodárstva je:

- predchádzať vzniku odpadov a obmedzovať ich tvorbu najmä rozvojom technológií šetriacich prírodné zdroje, výrobou výrobkov, ktorá rovnako ako výsledné výrobky, čo možno najmenej zvyšuje množstvo odpadov a čo možno najviac znižuje znečisťovanie životného prostredia, vývojom vhodných metód zneškodňovania nebezpečných látok obsiahnutých v odpadoch určených na zhodnotenie,
- zhodnocovať odpady recykláciou, opätovným použitím alebo inými procesmi umožňujúcimi získavanie druhotných surovín, ak nie je možný alebo účelný postup podľa predchádzajúceho bodu,
- využívať odpady ako zdroj energie, ak nie je možný alebo účelný postup podľa predchádzajúcich bodov,
- zneškodňovať odpady spôsobom neohrozujúcim zdravie ľudí a nepoškodzujúcim životné prostredie nad mieru ustanovenú zákonom [1].

#### **3.1 Problémy odpadového hospodárstva**

Osobitným a narastajúcim problémom je uskladňovanie tuhého a tekutého odpadu. So zvyšovaním výroby a spotreby ropných látok sa zvyšuje aj ich podiel v odpadoch. Je potrebné vyhľadávať také možnosti uskladňovania odpadu, aby sa horninové i vodné prostredie neúnosne neznečisťovalo týmito látkami, ktoré majú vo väčšine prípadov značnú migračnú schopnosť, a aby pomocou vhodnej technológie ukladania i rekultivácie bolo možné tieto mesta po určitom čase hospodársky znovu použiť.

Najbežnejším spôsobom spracovania odpadu je, a to nielen u nás, uskladňovanie na vyhradených plochách (smetiskách), a to:

- otvorené,
- s kontrolovaným spaľovaním,
- s prekryvaním,
- kontrolované skládky.

Pri *otvorenom uskladňovaní* sa odpad odváža na vymedzený pozemok. Odpady sa neprekryvajú, a preto sa veľmi často vznietia. Otvorené uskladňovanie je aj u nás najčastejšou formou spracovania odpadu. Odpadový materiál na smetiskových skládkach oxiduje, hnije, rozpadá a rozkladá sa. Ropné odpady sa môžu v niektorých prípadoch zneškodňovať na mestských skládkach odpadov. Napúšťajú sa do vyhlbených a obsypaných jazierok s plochami asi 50 m<sup>2</sup> a hĺbkou 5 až 15 cm. Tu ropné látky postupne podliehajú komplexnej degradácii. Pri uskladňovaní s kontrolovaným spaľovaním sa odpady navrstvia až do výšky štyroch metrov s potrebným sklonom a potom sa pália. Tento spôsob likvidácie odpadu znečisťuje najmä atmosféru, preto sa neodporúča v husto obývaných oblastiach.

Výhodnejšie je *uskladňovanie s prekryvaním*. Odpad sa navŕši na hromadu, ktorá sa stláča buldozérmi. V pravidelných intervaloch sa na vrstvu odpadu navezie izolačná vrstva zeme alebo stavebného materiálu.

Na *kontrolovaných skládkach* sa odpad pokrýva izolačnou vrstvou každý deň. Takto sa do určitej miery eliminuje znečisťovanie vzduchu. Oxidácii kovov má zabrániť izolačná vrstva. Prenikanie škodlivín do spodných horizontov pôdy, resp. do spodných vôd však nemožno vylúčiť.

V súvislosti s uskladňovaním odpadov je najneprijemnejším dôsledkom pre životné prostredie chemické a toxické znečisťovanie podzemných a povrchových vôd. Hlavné opatrenia proti takýmto následkom sú zamerané na izolovanie tuhého odpadu od podzemných vôd. Z hydrogeologického hľadiska je dôležité, aby bol odpad uložený dostatočne vysoko nad hladinou podzemnej vody. Jeho podklad musí byť tvorený dostatočne mocnou nepriepustnou ílovitou vrstvou a odpad ukladaný vo vrstvách nie hrubších ako 2 – 3 m sa musí dobre zakryť mechanicky zhutnenou vrstvou ílovitých zemín. Ďalej sa musí vyhotoviť spoľahlivá drenáž. Úlohou drenážnych kanálov je zamedziť ďalší pohyb znečistených odpadových vôd do terénu. Steny drenáži sa musia v smere ďalšieho pohybu vody zabezpečiť vhodným tesnením, aby olej plávajúci na hladine drenáže nevsakoval do pôdy a pohyboval sa ďalej v smere najväčšieho spádu,

prípadne aby sa na hladine plávajúci olej zachytával adsorpčnými látkami, alebo sa chemicky rozrušoval.

Odpady s nebezpečnými účinkami na podzemnú vodu, medzi ktoré patria aj ropné odpady, musia mať hrúbku ochrannej vrstvy z nepriepustného materiálu až 15 m, vzdialenosť zdrojov podzemných vôd aspoň 2 km a je potrebné zabezpečiť dôkladnú úpravu odvodnenia.

Ďalší problém predstavuje preprava ropy (lodná, potrubná, automobilová a železničná). V súčasnosti sa ročne vo viac ako 4000 lodných nákladoch dopravuje vyše 800 mil. t ropy. Pozornosť odborníkov i svetovej verejnosti bola zburcovaná prvými veľkými katastrofami, ktoré mali za následok rozsiahle znečistenie vodnej hladiny ropou. Znepokojujúca situácia viedla okrem hľadania nových technických a bezpečnostných riešení k vydaniu zákonom o prísnom postihu za znečisťovanie medzinárodných vôd. Podstatná časť znečisťovania morí ide na vrub stroskotania cisternových lodí a ich čistenie, ďalej iné plavidlá, rafinérie, vrtná činnosť na mori a ostatné bližšie nedefinované zdroje. Lodná doprava znečisťuje vodné plochy taktiež olejovým filmom z naftových motorov. Z rozboru príčin radu stroskotaní vyplýva záver, že moderné supertankeri sú napriek svojim obrovským rozmerom nesmierne zraniteľné a nebezpečné. Sú to tenké lode s ponorom okolo 30 m, ktoré sa na mnohých prístupových cestách k prístavom a v prístavoch pohybujú len 1 m nad dnom mora a sú ťažko ovládateľné. Odhaduje sa, že sa ročne rozleje počas dopravy po mori asi 1 mil. t ropy, k tomu pribudne asi 750 tis. t ropy zo sedimentov nádržiach lodí. Spolu sa do mora dostáva asi 6 mil. t ropy a jej produktov. Za rok sa toto množstvo rýchlejšie zväčšuje.

K znečisťovaniu vodného prostredia dochádza nielen únikmi pri preprave ropy, ale prispieva k nemu samotná lodná doprava. Údaje o množstvách o odtekajúcej motorovej nafty (alebo iných palív) a mazadiel na jednu loď sa značne líšia. Spaľovaním pohonných hmôt a uvoľnenými výfukovými plynmi dochádza aj pri dvojtaktných riečnych motoroch k znečisťovaniu povrchových vôd.

Ďalším najrozšírenejším spôsobom prepravy produktov je preprava po ose. Je isté, že nemožno vylúčiť havárie spôsobené ľudským zlyhaním alebo inak. Autodoprava rozširuje nebezpečenstvo havarijných únikov prakticky na celé územie. Okrem technických opatrení (moderné cisterny a pod.) je potrebné klásť dôraz hlavne na výber vodičov a na dodržiavanie prísneho režimu pri plnení i stáčaní ropných látok.



Pri preprave železničnými cisternami sú možné úniky pri plnení, vlastnej preprave, pri stáčaní a čistení. Pri plnení hrozí nebezpečenstvo preplnia a únikov z nedbanlivosti. Plniace a stáčacie plochy musia byť špeciálne upravené a úniky spolu sú oplachovou vodou bezpečne odvedené do čistiacich zariadení. Pri preprave hrozí nebezpečenstvo, že sa vozidlá môžu prevrhnúť. Niektoré železničné cisterny nie sú zabezpečené proti únikom pri prevrátení.

Ustavične sa zvyšujúce nároky energetického priemyslu, ale aj zvyšujúci sa počet automobilov, lietadiel a lodí si vyžadujú prepravu obrovských množstiev ropy, plynu, nafty a benzínu, a ďalších ropných produktov na veľké vzdialenosti. Železnice a cesty na dopravu cisterien už nestačia, a preto sa budujú ropovody, plynovody a produktovody, ktoré sú výhodnejšie nielen z ekonomického, ale aj ekologického hľadiska. Aj vyrobené produkty je potrebné dopraviť cez sklady k spotrebiteľom. Vzhľadom na ohrozenie podzemných a povrchových vôd je nebezpečná najmä preprava kvapalných ropných látok. Preto najvhodnejšou prepravou zo závodov do veľkoskladov alebo miest vysokej spotreby je preprava produktovodmi. Riziká prepravy produktov sú obdobné ako pri preprave surovín.

Výstavbou ropovodov a produktovodov vzniká nebezpečenstvo havárií alebo nekontrolovateľných únikov, pri ktorých môže dochádzať ku kontaminácií pôdy a podzemných vôd. Ropovody, produktovody a plynovody zabezpečujú efektívnosť výroby plynulé dodávky surovín alebo produktov, ale zároveň predstavujú potencionálny líniový zdroj znečistenia ropnými látkami. Príčiny havárií ropných látok možno klasifikovať podľa rôznych kritérií, často ale bez jednoznačného záveru, pretože ide o komplikovanú kombináciu nedostatkov s obťažným určením priority. Napriek tomu, detailné skúmanie príčin únikov všetkých druhov, je veľmi dôležité a umožňuje zlepšenie celkového stavu preventívnymi opatreniami [3].

Ropné výrobky prejavujú škodlivý vplyv na životné prostredie v celom ich životnom cykle – od ťažby ropy až po energetické zhodnotenie alebo konečné zneškodnenie vzniknutých odpadov. Treba si uvedomiť, že pri ropných produktoch vznikajú negatívne dopady na životné prostredie nielen vplyvom samotných ropných látok, ale aj napr. pri ťažbe ropy a pri jej odsolovaní odpadajú tzv. soľanky, ktoré doprevádzajú ropu v jej ložiskách.

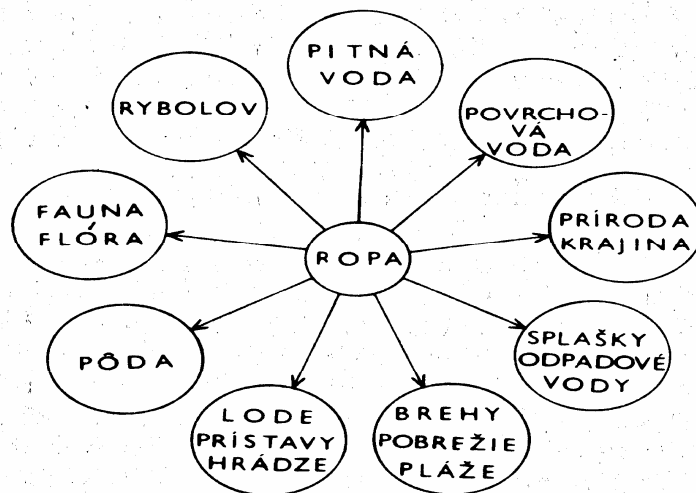
Za obťažnejší odpad sa považuje kontaminovaná zemina z vrtov a okolia vrtov, ktorá sa len väčšinou skládkuje na nepriepustných podložiach. V posledných rokoch sa však získali veľmi dobré výsledky dekontaminácie takýchto zemín využitím riadenej

biodegradácie ropných látok. Biodegradácia ropných látok prebieha v okolí ropných vrtov a ťažobných polí aj prirodzene, avšak s podstatne nižšou rýchlosťou ako riadená biodegradácia za optimalizovaných podmienok.

Je všeobecne známe, že k veľmi nebezpečnému znečisťovaniu dochádza počas dopravy ropy z miest ťažby do miest spracovania ropy. Najväčšie znečistenie je počas dopravy vodnými cestami. Týmto spôsobom sa ročne do svetových morí dostáva okolo 5 mil. t ropy [4].

### 3.2 Negatívne impakty ropných odpadov na životné prostredie

Odpady ropných látok majú značne negatívne dopady prakticky na všetky zložky životného prostredia, vrátane škodlivých vplyvov na živé organizmy a zdravie človeka. Úniky ropných látok na trávnaté plochy a priestory s rastlinným pokryvom sa postupne prejavujú vädnutím rastlín, spomalením rastu, prípadne zmenami tvaru listov [4]. Negatívne pôsobenie ropných látok na jednotlivé prvky životného prostredia je znázornené na obr. 1 [3].



Obr. 1 Základné škodlivé pôsobenie ropných látok na prvky životného prostredia [3]

#### 3.2.1 Vplyv na vodu a pôdu

Prvé miesto medzi kontaminantmi znečisťujúcimi vodu zastávajú ropné látky. V závislosti na uniknutom objeme, viskozite odpadov ropných látok a rýchlosti prúdu znečisteného toku môže odpad vytvoriť na hladine homogénnu fázu alebo fázu rozptýlenú vo vode vo forme stálych a nestálych emulzií. Už malé množstvo týchto odpadov v nesúvislej vrstve na hladine povrchovej vody vyvoláva obmedzením prístupu kyslíku vážne nebezpečenstvo pre všetko živé. Dlhší styk rýb s vodou znečistenou

ropnými látkami spôsobuje nepoužitelnosť ich mäsa. Časť odpadu z hladiny sa prenáša s rovnakými škodlivými účinkami na faunu a flóru brehu. Účinok ropnej látky uniknutej z rôzneho zdroja na pôdu závisí predovšetkým od objemu uniknutej škodliviny, od priepustnosti terénu a od retenčnej schopnosti hornín.

Niektoré druhy ropných odpadov sa skládkujú a potom sú vážnou hrozbou kontaminácie podzemných vôd. Jeden z najvážnejších odpadov tohto druhu sú odpady z kyselinovej rafinácie olejov, tzv. „gudróny“. Niekoľko takých skládok gudrónov je napr. v okolí Petrochemy Dubovej, ktoré bude preto potrebné odstrániť. Tento druh odpadu sa časom postupne rozdeľuje na niekoľko vrstiev. Spodná vrstva kyslého kalu polymerizuje na polotuhú až tuhú látku.

Ďalšou vrstvou je zmes kyseliny ( $H_2SO_4$ ) a vody. Vrchnou vrstvou je olejová frakcia. V dôsledku zrážkovej činnosti hrozí preplnenie skládky kontaminovanou vodou a jej pretečenie na okolitý terén. Z tohto dôvodu sa musí kontaminovaná voda vyvážať do čistiarne odpadových vôd. Zároveň sa gudróny ťažia a dovážajú na spaľovanie v spaľovni nebezpečných odpadov.

Doteraz najvhodnejší spôsob zneškodňovania gudrónov je ich spaľovanie a výroba tepla. Je však nevyhnutné realizovať účinné opatrenia na znižovanie emisií, predovšetkým  $SO_2$ .

### 3.2.2 Vplyv na ovzdušie

Z odpadov ropy, pohonných hmôt, mazív a iných ropných produktov unikajú pri manipulácii a skladovaní do ovzdušia pary prchavých a organických látok. Tieto a ďalšie prchavé organické látky, majú skupinové označenie pod medzinárodne známou skratkou VOC (Volatile Organic Compounds).

VOC sú významnou škodlivinou v životnom prostredí:

- poškodzujú ľudské zdravie vyvolávaním chronických bronchitíd a ďalších pľúcnych chorôb,
- poškodzujú ľudské zdravie v dôsledku obsahu toxických a karcinogénnych látok,
- podieľajú sa na vzniku prízemného ozónu a smogových situácií,
- podieľajú sa na vytváraní skleníkového efektu a
- podieľajú sa na zoslabovaní vrstvy atmosférického ozónu.

V dôsledku vyššie uvedených faktov je potrebné venovať osobitnú pozornosť znečisťovaniu ovzdušia ropnými látkami.

Emisie z využitia ropných výrobkov vznikajú jednak v dôsledku ich organických látok do ovzdušia. Štatistické údaje uvádzajú, že viac ako 80 % celkového množstva vyťaženej ropy je vo forme rôznych vyrábaných produktov spaľované a podieľa sa takto na postupnom zvyšovaní obsahu CO<sub>2</sub> v atmosfére, a na všetkých nepriaznivých dôsledkoch tohto javu vyplývajúcich. Okrem produktov spaľovania sú v poslednej dobe sledované rovnako emisie pár tekutých organických látok, menovite ľahkých uhlíkovodíkov a niektorých kyslíkatých zlúčenín, ktoré unikajú do atmosféry.

Automobilové benzíny sú spolu s organickými rozpúšťadlami najvýznamnejšou skupinou týchto polutantov. Najvyšší podiel na emisiách majú nespálené uhlíkovodíky odchádzajúce s výfukovými plynmi, o niečo menšie percento pripadá na konto strát benzínu odparovaním pri prevádzke a státií automobilov. V tab. 1 je uvedený podiel jednotlivých zdrojov na emisiách pár organických látok unikajúcich do atmosféry[4].

Tab. 1 Ročné straty tekutých organických látok unikajúcich do atmosféry v západnej Európe a príspevky dielčích zdrojov [4]

Zdroje	Podiel na stratách odparovaním [%]
Organické rozpúšťadlá	40
Uhlíkovodíky vo výfukových plynch	25
Prevádzkové straty odparovaním v automobiloch	10
Straty pri plnení automobilov	2
Distribúcia benzínu	3
Rafinéria	3
Ostatné	17
<b>Straty odparovaním celkom</b>	<b>10 000 000 t/ročne</b>

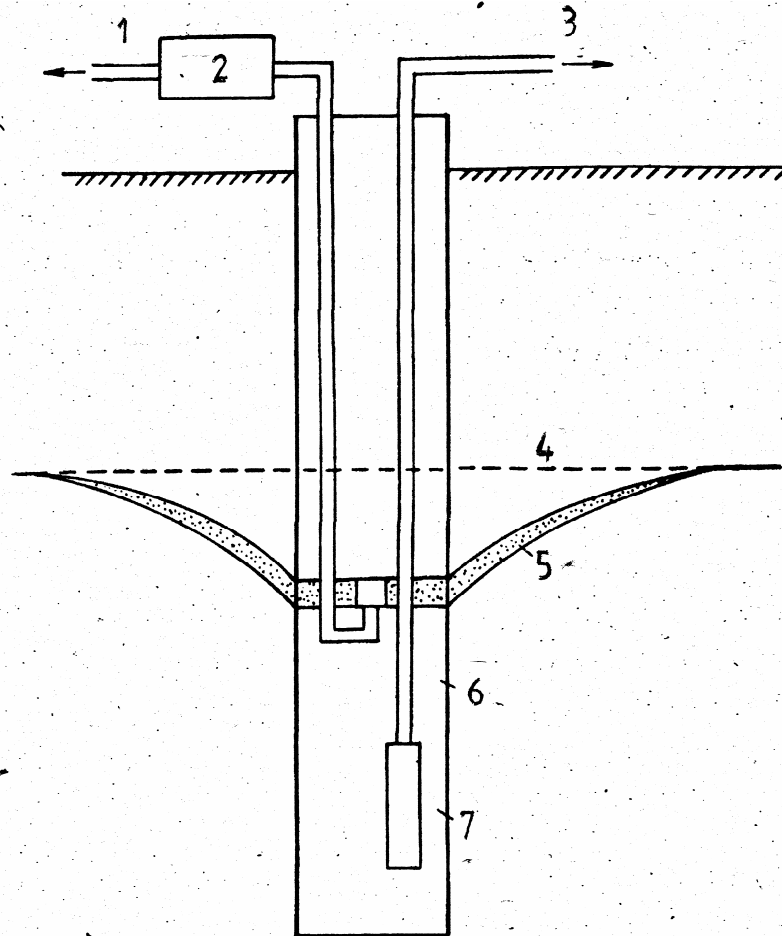
### 3.2.3 Ochrana povrchových vôd pred ropnými látkami

Znečisťovanie povrchových vôd a v dôsledku toho i znečisťovanie podzemných vôd nielenže obmedzuje zdroje kvalitnej vody pre obyvateľstvo, ale aj podstatne narúša rekreačný efekt krajiny [3].

Ochrana povrchových vôd pred ropnými látkami sa zabezpečuje rôznym spôsobom:

- hydrogeologická ochrana (správne projektovanie podľa geologického prieskumu výskytu závady a ochranných opatrení) [4],
- ochranné pásma – úlohou vnútorného ochranného systému je najmä odčerpávanie ropných produktov z hladiny podzemnej vody, a to pokiaľ najbližšie k miestu, kde kde došlo k úniku.

Najvyhovujúcejšie sú širokoprofilové vrty s dvoma čerpadlami. Jedno z čerpadiel odčerpáva vodu a má nasávanie umiestnené hlboko pod hladinou, druhým čerpadlom sa odčerpáva produkt z hladiny (obr. 2) [3].



Obr. 2 Schéma použitia dvoch čerpadiel v širokoprofilovom vrte pre odčerpanie ropných látok z hladiny podzemnej vody [3]

1 – odtok vody s ropnými látkami do odlučovača, 2 – čerpadlo, 3 – odtok vody, 4 - pôvodná hladina podzemnej vody, 5 – ropné látka, 6 – voda, 7 –ponorné čerpadlo

- čistenie povrchových vôd – predúprava ozonizáciou, oxidujú sa aj prítomné železité a mangánové ióny,
- adsorpcia zápachových látok na sorbentoch (vhodné aktívne uhlie alebo VAPEX – hydrofobizovaný perlit),
- prípadná ďalšia dezinfekcia vody.

Realizácia vhodných a optimálnych postupov ochrany povrchových vôd pred ropnými látkami často nie je jednoduchá a ani univerzálne aplikovateľná. Známy zložitý a účinný systém ochrany vôd vybudoval napr. SLOVNAFT – hydraulická clona, sústava studní v intenzívnom prúdení povrchových vôd a ich čerpanie – odvodňovanie cca  $0,8 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ .

Do rámca znižovania rizík kontaminácie ropnými látkami dodržiavaním bezpečnostných a ekologických hľadísk pri spracovaní, preprave a využívaní týchto látok zapadá aj efektívne prevádzkovanie čistiarní odpadových vôd znečistených týmito látkami. Všeobecne zaužívané postupy čistenie je vhodné upravovať a optimalizovať.

Experimentálne bolo zistené, že pri čistení odpadových vôd rôznymi druhmi ropných látok nie je vhodný univerzálny postup. Vhodnou úpravou postupu sa dosiahlo nielen zníženie negatívnych dopadov na životné prostredie, ale aj ekonomický efekt [4].

### **3.2.4 Odstraňovanie ropných látok pri haváriách**

Ropné látky predstavujú reálnu hrozbu hlavne pre vodné hospodárstvo - v tokoch pripadá na ne najväčší počet havárií. Časté sú prípady, keď ropné látky negatívne ovplyvňujú biologické čistenie odpadových vôd na mestských čistiarniach odpadových vôd. Preto je dôležité okamžité odstraňovanie ropných látok.

Na odstránenie havárie sú používané mechanické zberače alebo chemické prostriedky – rôzne sorbenty, väčšie znečistenie odčerpávaním z povrchu hladiny. Prostriedky odstraňovania ropných látok sú volené podľa konkrétnej situácie, napr. pri haváriách, ak je možné zapáliť, potom zahradiť pôdou tak, aby sa ropné látky neroztekali. Na vodných hladinách norné steny je vhodné hneď posypať materiálmi, ktoré viažu ropné látky – rašelina, suchý piesok, práškový íl, drevné piliny, uhoľný prach a pod. alebo aplikovať sorpčné materiály.

Pôda zamorená ropnými látkami sa asanuje veľmi nákladne. Známe sú rôzne postupy, napr. vykopanie zeminy a zneškodnenie prepálením do  $1200 \text{ }^\circ\text{C}$ , novšie sú

známe aj šetrnejšie postupy termickej úpravy kontaminovaných pôd pri nižších teplotách. Najčastejšie sa však uprednostňujú biodegradačné postupy pomocou mikroorganizmov – vhodných kultúr [4].

### **3.2.5 Spôsoby zabráňovaniu účinkom ropných látok na životné prostredie**

Pracoviská, v ktorých sa pracuje s ropnými látkami, musia mať nepriepustnú podlahu, odolnú voči pôsobeniu ropných látok a ropných emulzií, vyspádovanú do zbernej jamy. Zásobníky na ropné látky musia byť dvojplášťové alebo musia byť umiestnené nad dostatočne dimenzovanou havarijnou nádržou s nepriepustnou úpravou. Sklady ropných látok musia byť v zastrešenom priestore s nepriepustnou podlahou a záchytnou jamou. Ropné odpady je nutné skladovať v nepriepustných nádobách k tomu určených a chránených pred dažďom. Prístrešok musí byť vybavený podobne ako sklad ropných látok.

Tuhé odpady kontaminované ropnými látkami sa nesmú skládkovať na skládkach prvej až tretej stavebnej triedy. Pre spaľovanie odpadov ropných látok v spaľovniach odpadov alebo v iných spaľovacích zariadeniach ako spaľovne platia osobitné požiadavky nariadenia vlády č. 92/1996 Z. z. k zákonu č. 391/1991 Zb. k ochrane ovzdušia. Vhodnými metódami zneškodňovania odpadov ropných látok sú biologické metódy, pričom sa využíva dobrá biodegradovateľnosť mnohých ropných látok.

Priestory sústreďovania a uskladňovania ropných odpadov sa vybavujú vhodnými protipožiarnymi prostriedkami a označujú výstražnými tabuľami. K minimalizácii úniku odpadu v skladoch realizujú predpísané stavebné úpravy a používajú vhodné nádrže, a ďalšie technické prostriedky. Podlahy skladov a manipulačné plochy spádované do zberných jám sa vybavujú nepriepustnou úpravou. Inštalované skladovacie nádrže musia byť dvojplášťové alebo jednoplášťové so záchytnými vaňami. U ocelových nádrží sa plocha prichádzajúca do styku s odpadom vybavuje protikoróznou povrchovou ochranou.

Pre prepravu pohonných hmôt a mazív sú najvhodnejšie dvojplášťové nádrže a dvojplášťové kontajnery. Nádrže a kontajnery pre skladovanie a prepravu odpadu a pohonných hmôt a mazív I. triedy nebezpečnosti musia mať odvetrávacie armatúry vybavené nepriebojnými poistkami. Pre tento druh sa nesmú používať plastové alebo laminátové nádrže - pokiaľ nie sú vybavené pre zvedenie a uzemnenie nábojov statickej elektriny.

Pri únikoch odpadov pohonných hmôt a mazív do životného prostredia musia byť zaistené ich zachytávanie a asanácia zasiahnutej vody alebo pôdy. Asanácia sa musí robiť i po malých únikoch, prostriedkami a spôsobmi rovnakými ako pri zneškodňovaní úniku a havárií čerstvých ropných látok [4].



## 4 Ropa, ropné produkty, ropné odpady a ich charakteristika

### 4.1 Ropa

Ropu definujeme ako kvapalnú horľavú horninu, zloženú prevažne z uhl'ovodíkov. Je obvykle ľahšia ako voda, svetlej až takmer čiernej farby a má charakteristický zápach. Ropa patrí medzi tzv. bitúmeny. Bitúmen označujeme tie horľavé horniny alebo ich podiely, ktoré sa rozpúšťajú v organických rozpúšťadlách bez zmeny chemickej štruktúry. Ropa je teda kvapalným bitúmenom [5]. Podľa špecifickej hmotnosti sa rozlišuje ropa, stredne ťažká a ťažká a veľmi ťažká. Podľa zloženia (prevládajúcich uhl'ovodíkov) sa rozoznávajú ropy alkanické (parafinické), naftenické a aromatické. Niektoré ropy (parafinické) môžu pri nízkej teplote tuhnúť, iné zostávajú v tekutom stave aj pri veľmi nízkych teplotách. [6].

Ropa obsahuje kvapalné a s častí i tuhé a plynné uhl'ovodíky a menšie množstvo kyslíkatých, sírných a dusíkatých organických zlúčenín. Hlavné prvky, ktoré tvoria ropu sú uhlík a vodík. Uhlík býva 84 – 87 %, vodík 11 – 14 %. Prítomné sú aj kyslík, síra a dusík v množstve od 0,5 do 3 %, ale aj viac.

Ropa obsahuje uhl'ovodíky týchto skupín:

- a) n-parafíny čiže n-alkány,
- b) izo-parafíny čiže izo-alkány,
- c) naftény čiže cykloparafíny, cykloalkány alebo cyklány, ale aj ploynaftény čiže plicyklány,
- d) aromatické uhl'ovodíky – benzén, homológy a palyaromáty,
- e) alkylované naftény čiže alkylicyklány, príp. alkylované aromáty, alkylované naftény – aromatické uhl'ovodíky [5].

Z hľadiska chemického zloženia je ropa zmes kvapalných, tuhých a plynných látok. Jednotlivé zložky ropy sú v sebe navzájom rozpustné. V rope sú rozpustené niektoré plyny, hlavne plynné uhl'ovodíky, sulfan, oxid uhličitý, dusík, niekedy sa v nej môže vyskytovať i hélium. Z tuhých a polotuhých látok majú v rope význam asfalt, parafín a cerezín [7].

### 4.2 Ropné produkty

Podľa mernej hmotnosti rozdeľujeme ropné produkty na: uhl'ovodíkové plyny, benzín, petrolej, motorové nafta, mastiace oleje, vykurovacie oleje, asfalt, parafín

a petrolejový koks.

**Uhl'ovodíkové plyny:** sa ťažia samostatne ako zemný plyn alebo spolu s ropou. Zemný plyn rozdeľujeme na suchý a mokrý. Suchý zemný plyn sa skladá prevažne z metánu a len z malého množstva etánu. Mokrý zemný plyn obsahuje vyššie parafinické uhl'ovodíky. Niektoré zemné plyny obsahujú väčšie množstvo kysličníka uhličitého, sírovodíka a vo vzácných prípadoch aj hélium. Obsah plynov v rope býva 1 – 2 %.

**Benzín:** je to uhl'ovodíková frakcia ropy, ktorá vie v rozmedzí teplôt od 30 do 200 °C. Získava sa priamo z ropy destiláciou ako primárny benzín. Krakový benzín sa získava štiepením, čiže krakovaním uhl'ovodíkových frakcií. Benzíny vyrobené chemickými premenami z uhl'ovodíkov nazývame podľa chemického procesu reformáty, polymerináty, alkyláty atď. Podľa mernej hustoty rozoznávame ľahké, stredné a ťažké benzíny.

**Petrolej:** získava sa z ľahších podielov atmosférickej destilácie ropy. Obsahuje zmes uhl'ovodíkov, ktorá vie v rozmedzí 140 – 270 °C. Používa sa iba v menšom meradle ako motorové palivo pre traktory. V modernej dopravnej technike našiel uplatnenie ako pohonná látka pre prúdové motory [8].

**Motorová nafta:** je kvapalné palivo tvorené zmesou ťažšie odparovateľných uhl'ovodíkov a ďalších prídavných látok. Obvyklý počet atómov uhlíka v jednotlivých molekulách uhl'ovodíkov tvoriacich základ zmesi je medzi 9 až 22 [9]. Frakcia vrúca medzi 170 – 370 °C nerafinovaná sa označuje ako plynový olej. Rafinovaný plynový olej sa nazýva *motorová nafta*. Používa sa ako dôležité palivo pre dieselové motory a na kúrenie v domácnostiach. Získava sa destiláciou ropy alebo podobne ako benzín krakovaním [8].

**Mastiace oleje:** sú ťažké frakcie ropy vrúce nad 350 °C, pretože pri vyšších teplotách by sa rozkladali, získavajú sa ako surové nerafinované produkty vákuovou destiláciou. Oleje parafinických rôp majú veľmi vysokú teplotu tuhnutia, a preto ich odparafinujeme. Prítomnosť živičných a asfaltických látok odstraňujeme chemickými a fyzikálnymi metódami rafinácie. Osobitnú skupinu mastiacich prostriedkov tvoria *mastiace tuky*. Pripravujú sa miešaním olejov a rôznymi zahusťovadlami (sodné a vápenaté mydlá).

**Vykurovacie oleje:** sú energeticky veľmi bohaté palivá s malým obsahom popola. Používa sa na kúrenie v priemysle hutníctva železa, v cementárňach, pri výrobe magnezitu, pre vykurovanie lokomotív a je najpoužívanejšie palivo pre pece

v rafinériách. *Mazut*, ktorý môže byť aj vykurovacím olejom sa krakuje. Ako mazut sa označuje zvyšok po atmosférickej destilácii ropy. Dnes sa používa ako ťažký vykurovací olej.

**Asfalt:** je polotuhý až tuhý zvyšok po vákuovej destilácii. Je to čierna plastická lepkavá hmota. Obsahuje makromolekulové uhl'ovodíky, v ktorých sa vyskytuje kyslík, síra a dusík. Používa sa na stavbu ciest, ako izolačný materiál, nátery stien a tesniace materiály. Destiláciou získaný asfalt sa dnes upravuje rôznymi procesmi, napr. oxidáciou a riedením.

**Parafín:** sa získava pri odparafinovaní olejových destilátov ropy. Je to hrubo kryštalická, priesvitná látka. Vylučuje sa z roztoku alebo z taveniny v podobe veľkých kryštálov. Charakteristickou vlastnosťou parafínu je teplota topenia a obsah oleja.

**Cerezín:** je čistý zemný vosk s teplotou topenia 60 – 80 °C. vyrába sa rafináciou tzv. ozokeritu. Z ropy ho izolujeme pri spracovaní ťažkých destilátov. Používa sa ako prísada do parafínu.

**Vazelína:** je masťovitá zmes tuhých mikrokryštalických uhl'ovodíkov viskóзовého oleja. Získava sa pri odparafinovaní najťažších olejov.

**Petrolejový koks:** koks je produktom krakovania. Má význam ako cenné palivo s malým obsahom popola. Používa sa do vysokých pecí, na výrobu elektród a v aluminotermii. Tvorba koksu závisí od charakteru a zloženia ropy. Najväčšie množstvo koksu dáva ropa naftenického charakteru [8].

### 4.3 Ropné odpady

Odpadom nazývame niečo, čo sa nám už zdá nepotrebné, nechcené a chceme to odstrániť. Ale to, čo je pre nás odpadom, môže byť niekde inde hodnotný zdroj [10].

Ropné odpady delíme na:

*a) odpady pohonných hmôt a mazív*

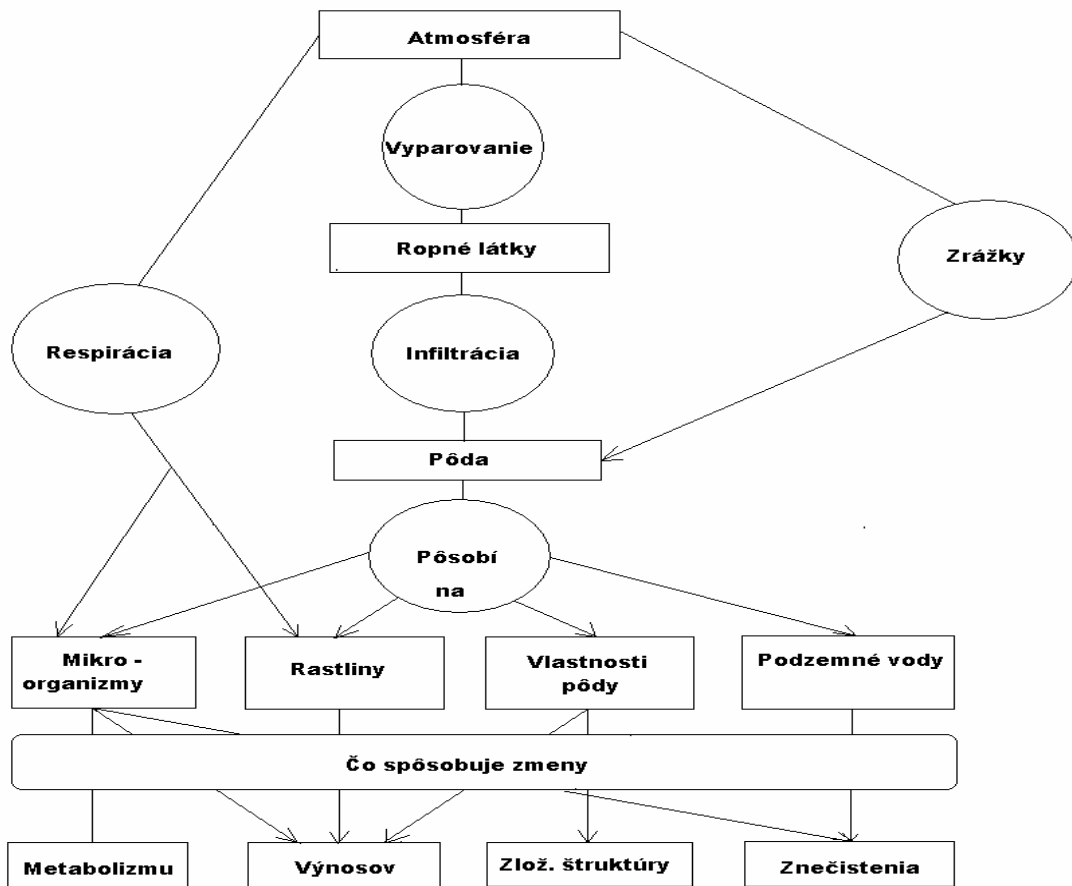
Pôvod odpadov pohonných hmôt, mazív a vykurovacích olejov ropného pôvodu je spojený s prevádzkou objektov, v ktorých sú skladované, distribuované a manipulované uvedené hmoty. V podstate vo všetkých prevádzkových podmienkach objektov pre skladovanie a manipuláciu pohonných hmôt a mazív vznikajú odpady pohonných hmôt a mazív.

*b) priemyselné odpady ropných látok*

Ropné odpady sú mechanické nečistoty rôzneho pôvodu kontaminované ropnými látkami. Najčastejšie vznikajú pri rozrážaní ropných emulzií, chemickom čistení zaolejovaných vôd atď.

#### 4.4 Charakteristika vybraných odpadov ropných látok

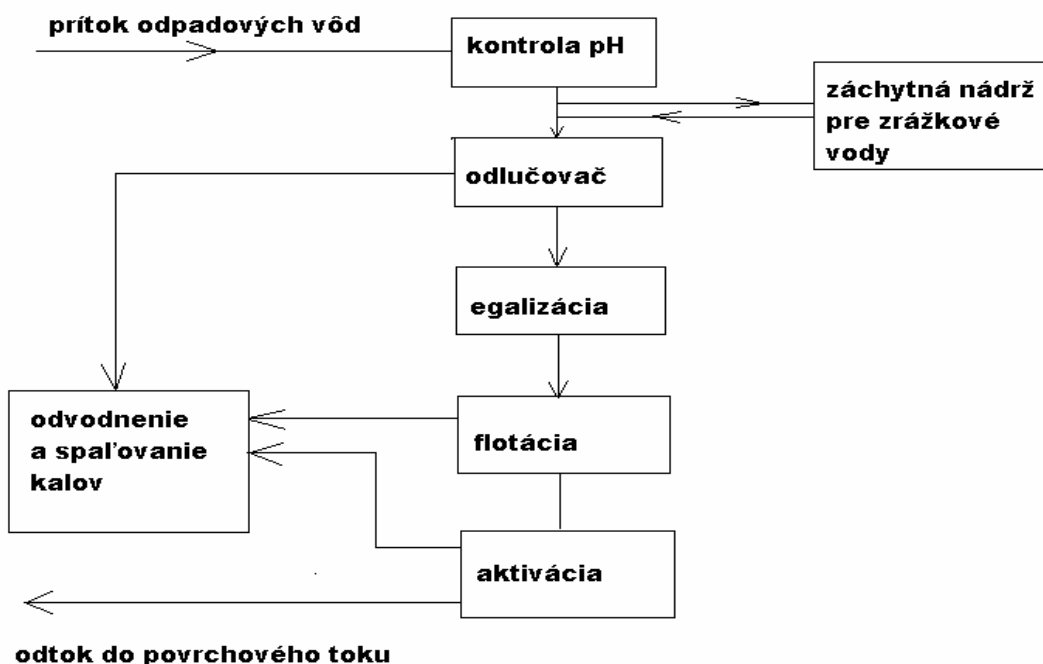
Ropa patrí v súčasnosti k najdôležitejším surovinám v energetike, v doprave, v chemickom priemysle. Na druhej strane, ropa a jej produkty, predstavujú aj jeden z najrozšírenejších zdrojov znečisťovania životného prostredia. Patria k najnebezpečnejším látkam znečisťujúcim vodné toky, podzemné vody, pôdy i vzduch (obr. 3).



Obr. 3 Schéma pôsobenia ropných látok na poľnohospodársku pôdu [11]

So zvyšovaním výroby a spotreby ropných látok sa zvyšuje ich podiel v tuhých odpadoch. Tieto odpady sa zatiaľ len zriedka spracovávajú v spaľovniach, ktoré s na likvidáciu odpadov s obsahom ropných látok najvhodnejšie.

Osobitnú pozornosť si zasluhuje likvidácia ropných kalov v čistiarenských odpadových vôd (obr. 4). Základnou príčinou tvorby týchto kalov sú chemické prímеси v surovej rope, ktorá je nedostatočne prečistená pri samej ťažbe. Kaly vznikajú pri čistení odpadových vôd koaguláciou a aktiváciou.



Obr. 4 Schéma vzniku a likvidácia ropných kalov pri čistení odpadových vôd [11]

Skládky kalov sú potencionálne nebezpečné pre podzemné vody z požiarneho hľadiska, okrem toho zaberajú aj cennú poľnohospodársku pôdu. Zaolejované odpady a kaly patria medzi najškodlivejšie druhy bežných priemyselných, ale aj komunálnych odpadov. Je to dané ich chemickými vlastnosťami, konzistenciou, výskytom, rozmanitosťou aj relatívne menšími skúsenosťami s ich likvidáciou [11].

Charakter odpadov pohonných hmôt, mazív a vykurovacích olejov ropného pôvodu jednoznačne určuje ich základné fyzikálne a chemické vlastnosti – tekutosť, horľavosť a škodlivosť životnému prostrediu. Tekutosť je vlastnosť vyžadujúca pri skladovaní, preprave a manipulácii s týmito odpadmi. Odpady pohonných hmôt, mazív a vykurovacích olejov ropného pôvodu si ponechávajú základnú vlastnosť pôvodných produktov – horľavosť. To určuje ich zaradenie medzi odpady nebezpečné. Horľavosť je klasifikovaná triedou nebezpečnosti, ktorá môže byť u rôznych odpadov pohonných hmôt a mazív rozličná.

Stupeň škodlivosti odpadov pohonných hmôt, mazív a vykurovacích olejov ropného pôvodu pre životné prostredie je sledovaný predovšetkým z dvoch hľadísk:

- bezpečnosti práce a ochrany zdravia osôb a
- škodlivosti pôsobenia na ďalšie zložky životného prostredia

Najväčší podiel znečistenia olejov predstavujú mechanické časti tzv. kovový oder. Výskum možnosti zlepšenia kvality olejov sa sústredil hlavne na túto oblasť. Na elimináciu mechanických nečistôt sa používajú filtre s priemerom filtračných pórov závislých od veľkosti častíc. Ich úlohou je zadržovať častice o veľkosti väčšej ako je veľkosť filtračných pórov. Hydraulické problémy pri aplikácii olejov vznikajú aj v dôsledku tzv. mäkkých nečistôt, ako sú napr. oxidačné produkty a voda. Z oxidačných produktov významný podiel tvoria hlavne polymerizované živice. Majú polárnu molekulovú štruktúru, vo vode sú nerozpustné a ľahko sa fyzikálne i chemicky spájajú s kovovými povrchovými plochami. So zvyšujúcou sa teplotou dochádza k ich rozpúšťaniu v oleji. Tento proces rozpúšťania sa živíc v oleji za zvýšených teplôt však trvá dosť dlhú dobu [4].

## 5 Vybrané spôsoby likvidácie ropných odpadov

### 5.1 Základné chemické a fyzikálne procesy pri čistení odpadových vôd s obsahom ropných látok

Voľné ropné látky v priemyslových odpadových vodách bývajú obvykle sprevádzané ropnými látkami vo forme emulzií. Stabilitu emulzií ovplyvňuje chemické zloženie odpadových vôd, emulgotvorná schopnosť prítomných emulgátorov atď. [12].

Pre výber čistiarenskej technológie, a teda aj jednotlivých procesov sú najdôležitejšie parametre:

- a) prítomnosť silno toxických látok a ich vlastností,
- b) zloženie priemyslových odpadových vôd, hlavne zloženie emulgátorov tvoriacich v odpadovej vode emulzie ropných látok (ich citlivosť na pH, na teplotu, na kationy vápniku, obsah solí atď.) [13, 14],
- c) množstvo priemyslových odpadových vôd odpadajúcich z výroby a privádzaných do čistiarní.

Dôležité sú i požiadavky na kvalitu vyčistenej vody, dostupnosť čistiarenského a regulačného zariadenie a hospodárnosť celého čistiarenského procesu.

Operácie vedúce k zániku emulzií možno roztriediť podľa ich charakteru na:

- chemické procesy (za prídavku kyselín, solí, deemulgátorov, pomocou flokulačných činidiel, oxidačných činidiel a pod.),
- fyzikálne procesy (adsorpcia, elektroforéza),
- termické procesy (ohriatie, odparenie, spálenie),
- mechanické separačné procesy bez predbežnej chemicko – adsorpčnej úpravy ropných látok (ultrafiltrácia, odstred'ovanie, filtrácia).

V čistiarenskej technológii ide obvykle o kombináciu niektorých z uvedených procesov [12].

### 5.1.1 Chemická deemulgácia emulzií ropných látok

Pojem chemická deemulgácia alebo tiež chemická koagulácia emulgovaných ropných látok sa rozumie každá koagulácia, ktorá sa vyvolá prídavkom nejakej pomocnej látky do emulzie ropnej látky. Túto pomocnú látku nazývame koagulačným alebo deemulgačným činidlom.

Chemickú deemulgáciu emulzií ropných látok možno roztriediť na koagulačné procesy:

a) bez sprievodnej adsorpcie:

- okyslením silnou minerálnou kyselinou (HCl, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>),
- prídavkom organických povrchne aktívnych látok (organických deemulgátorov).

b) za súčasnej adsorpcie:

- prídavkom solí (deemulgátorov),
- prídavkom tuhých adsorpčných hmôt,
- prídavkom polymérnych flokulantov.

Koagulácia sa urýchli za zvýšenia teploty, kedy sa znižuje vnútorné trenie disperznej fázy, čo napomáha k zmene adsorpčnej dvojvrstvy. Proces sa urýchli za vyšších teplôt a tlaku [12].

Čistiarne využívajúce chemické metódy sú pomerne jednoduché. Skladajú sa z chemického reaktoru a zo zariadenia umožňujúceho separáciu kalu (gravitačného filtra, pásového filtra) [15, 16, 17].

### 5.1.2 Oxidácia ropných látok rozpustených vo vode

Odpadové vody znečistené ropnými látkami obsahujú i po chemickom vyčistení menšie množstvo rozpustených ropných látok. Toto množstvo stačí, aby vyčistená voda mala zápach po ropných látkach, a preto treba rátať i s odstránením zápachu.

Oxidácia vody s obsahom ropných látok znamená vždy väčší či menšie zníženie zápachu. Avšak odstránenie ropných látok z vody sa nedosiahne len oxidáciou. V technológii odpadových vôd sa používa k oxidácii chlór, oxidu chloričitého a ozónu. K odpadovým vodám v nízkej koncentrácii sa pridáva obvykle chlór ako dezinfekčný prostriedok. Pre oxidáciu ropných látok je nutné pridávať väčšie množstvo chlóru, aby došlo k zníženiu pachu. Nevýhodou chlorácie odpadových vôd s obsahom ropných látok je možnosť tvorby iných silne páchnucich chemických zlúčenín (chlórphenolu) [12].

Oxid chloročitý je silnejšie oxidačné činidlo ako chlór a účinnejším dezodoračným činidlom. Pri použití ClO<sub>2</sub> nevzniká nebezpečenstvo vzniku silne



páchnucích chlórphenolových zlúčenín. Dávkuje sa horšie ako chlór, okrem toho väčšie prídavky oxidu chlóričitého k odpadovým vodám sa neodporúča z hygienických dôvodov [18]. Najúčinnjším oxidačným činidlom je ozón ( $O_3$ ). Pri ozonizácii sa rozkladajú organické zlúčeniny, a zlepšujú sa pachové vlastnosti vody. Pri menšom znečistení vody ropnými látkami je už možné ozonizáciou odstrániť z vody charakteristický zápach po ropných látkach. Avšak k odstráneniu ropných látok nedôjde, z oxidujú sa len niektoré z týchto látok na zlúčeniny s priaznivejším organoleptickými vlastnosťami. Prevzdušňovanie sa používa k obohateniu odpadových vôd kyslíkom a k odstráneniu oxidu uhličitého. Pritom sa čiastočne odvetrajú nízkovriace frakcie ropných látok. V dôsledku toho môže dôjsť k zlepšeniu pachových vlastností odpadovej vody znečistenej ropnými látkami [18].

### **5.1.3 Fyzikálne procesy**

Najpoužívanejším fyzikálnym čistiarenským procesom pri čistení odpadových vôd s obsahom ropných látok je adsorpcia a elektroforéza. Do skupiny fyzikálnych procesov čistenia je možné zahrnúť extrakčné metódy [19]. Extrácia emulzií sa však v praxi ako čistiarenská technológia bežne neprevádza, pretože extrahované odpadové vody sa značne znečistia extrakčnými činidlami.

### **5.1.4 Adsorpcia tuhými adsorbentmi**

Podľa povahy síl, akými sú viazané adsorbované častice na povrchu tuhej fázy, rozlišuje dva druhy adsorpcie. Keď sú tieto častice udržiavané na povrchu silami analogickými kohéznym silám Van der Waalsovým, hovorí sa o adsorpcii fyzikálnej. Pri tomto procese sa molekuly adsorbovaných častíc nemenia, tvoria niekoľko vrstiev a proces je vratný. Adsorpčný teplá majú hodnotu  $10 - 20 \text{ kJ.mol}^{-1}$  [20]. Okrem týchto nešpecifikovaných príťažlivých síl môžu byť príčinou adsorpcie chemické sily, potom hovoríme o tzv. chemisorpcii. V chemisorpcii je adsorpčná väzba pevnejšie ako u fyzikálnej adsorpcii. Pri tomto procese môže dôjsť k výmene elektrónov medzi adsorbentom a adsorbovanými časticami. Adsorpčnú vrstvu tvorí monomolekulárna vrstva a adsorpčný proces prebieha nevratne. Adsorpčné teplá sa pohybujú medzi  $40 - 200 \text{ kJ.mol}^{-1}$  [20]. Rýchlosť chemisorpčného procesu rastie s teplotou podľa exponenciálnej závislosti. V praxi nejde vždy odlíšiť fyzikálnu a chemickú adsorpciu a obi dva procesy prebiehajú súčasne [12].

Aby adsorpčný proces bol použiteľný k čisteniu vody, je potrebné, aby afinita nečistôt k adsorpčnej hmote bola výrazne vyššia ako k vode. Obecne platí, že adsorpcia danej zložky a roztoku je tým vyššia, čím horšie s adsorbujú ostatné zložky.

Mierou adsorpčnej mohutnosti adsorbentu je jeho „aktivita“, a to:

- a) statická, ktorá udáva množstvo látky, ktoré adsorbuje hmotnostná alebo objemová jednotka do dosadenia rovnovážneho stavu,
- b) dynamická, ktorá udáva množstvo látky, keď sa adsorbuje hmotnostnou jednotkou adsorbentu pri prietoku overovanej vody až k okamihu, kedy sa adsorbovaná látka objaví vo vytekajúcej kvapaline [12].

Pre výpočet adsorbentov sa používajú rôzne metódy napr. Šilkova, Michaleosova, Rosenova.

### **5.1.5 Deemulgácia elektroforézou**

Deemulgačné metódy využívajúce k zániku emulzií elektrický prúd sú založené na princípe elektroforézy kombinovanej s elektrolyzou [21]. Emulzia je pod vplyvom elektrického prúdu, pričom dispergované častice sa orientujú podľa svojich dipólov a nadväzujú svoju polaritu na susedné častice. Metódy založené na elektroforéze kombinovanej s elektrolyzou sa používali už skôr k odstraňovaniu emulgovaného oleja z kondenzátov. Čistiace zariadenie sa skladá zo železných elektród, napájaných rovnako smerným elektrickým prúdom. Nimi potom preteká kondenzát s obsahom emulzií. Pôsobením elektrického prúdu putujú kvapky ropných látok k anóde, na ktorej vzniká hydratovaný kysličník železitý. Ten adsorbuje kvapky ropných látok vo forme vločkovitej zrazeniny. Elektrolyza môže vyvolať koaguláciu i sama o sebe, kedy produkty elektrolyzy narušia vrstvu emulgátou na povrchu emulgovaných častíc a dôjde k zániku emulzii. Obvykle pri zániku emulzii sa vytvárajú dve homogénne fázy [12].

### **5.2 Termické metódy**

Termické metódy sa väčšinou používajú v kombinácii s ďalšími čistiarenskými spôsobmi, napr. s chemickou deemulgáciou, s mechanickým oddeľovaním olejovej a vodnej fázy. Zahrievanie a zvýšená teplota urýchľujú chemické deemulgačné reakcie a uľahčujú separáciu olejovej fázy od vodnej. Zvláštny význam má zvýšená teplota pri deemulgácii emulzií stabilizovaných neionogénnymi emulgátormi, kedy po dosiahnutí

určitej teploty sa daný emulgátor v kvapalnej fáze rozpustí a v dôsledku toho emulzia zaniká [12].

Emulziu je možné ohriať priamo ponorným horákom, ostrou parou alebo nepriamo pomocou výmenníka tepla. Používajú sa najrôznejšie typy výmenníkov [15].

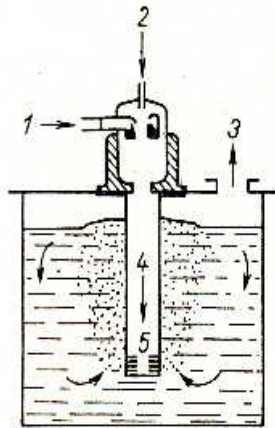
Pre čistiarenský proces odparovanie je charakteristické, že:

- k deemulgácii dochádza bez prídavku chemických činidiel,
- kal je tvorený len vykryštalizovanými soľami rozpustenými v odpadovej emulzii,
- emulgátory, stabilizátory emulzií a ďalšie organické aditíva zostávajú zachytené obvykle v olejovej fáze,
- na čistiaci proces nemá vplyv stabilizácia emulzií rôznymi typmi emulgátorov,
- pri niektorých čistiarenských procesoch, založených na odparovaní, sa všetka voda z odpadovej emulzii odparí a ako kondenzát sa používa k príprave nových emulzií,
- olejová fáza odlúčená sa vyšších teplôt sa môže bez ďalšej úpravy spaľovať.

Nedostatkom metódy je, že soli a ostatné nečistoty obsiahnuté v odpadovej vode, odpadajú spolu s ropnými látkami a vzájomne sa znečisťujú. Ďalšou nevýhodou je znečistenie kondenzátov nízko vriacimi ropnými látkami, organickými látkami atď. [12].

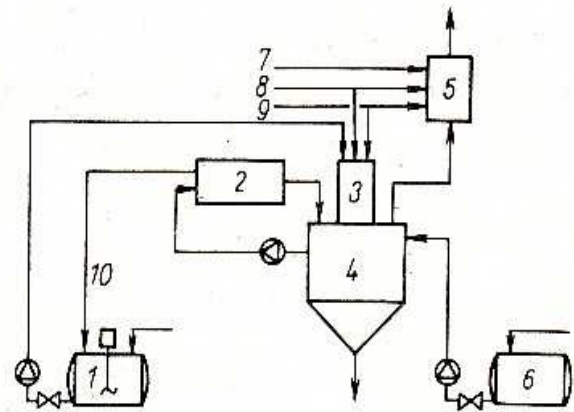
### **5.2.1 Odparovanie ponorným horákom**

Ponorné horáky bývajú kvôli hospodárnejšej prevádzke vybavené viacstupňovou reguláciou [22]. Zariadenia sú jednoduché a hodia sa i pre čistenie menšieho množstva odpadových emulzií. Horké spaliny z horáku (obr. 5) odchádzajú spolu s odpadovou emulziou rúrkou ponorenou do vlastnej odparky (obr. 6) [21]. Tu pokračuje k ohrievaniu a dochádza k odparovaniu. Pary sa dodatočne ohrievajú, katalyticky oxidujú a nakoniec sa vypúšťajú do atmosféry. Ropné látky deemulgované v odparke sa vedú do odlučovača. Po odlúčení je ich možné použiť ako palivá. Soli, a ďalšie tuhé látky obsiahnuté v odpadovej emulzii, sa odstraňujú filtráciou. Množstvo odpadov síce nebýva veľké, ale zato je znečistené ropnými látkami. Odpadové vody z deemulgácii odpadových emulzií nevznikajú, pretože ich vodná fáza sa necháva odpariť do ovzdušia [12].



Obr. 5 Ponorný horák k odparovaniu odpadových vôd [12]

1 – prívod vzduchu, 2 – prívod paliva,  
3 – odvod pár, 4 – smer plameňa,  
5 – štrbiny

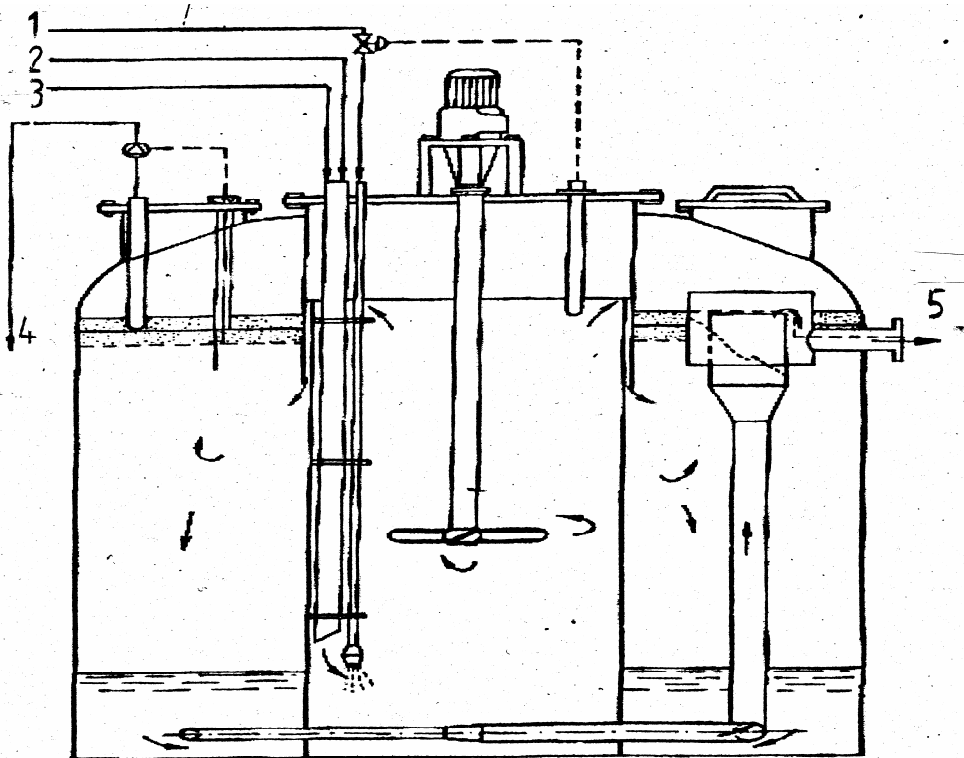


Obr. 6 Odparok s ponorným horákom s katalytickým spaľovaním uvoľnených pár a plynov [12]

1 – zásobník topného oleja, 2 – odlučovač oleja, 3 – ponorný horák, 4 – odparka, 5 – katalytická oxidácia exhalácií, 6 – zásobník odpadovej emulzie, 7 – plynový alebo ľahký topný olej, 8 – prívod vzduchu, 9 – prívod vzduchu pre rozprašovanie, 10 – odlúčený odpadový olej

### 5.2.2 Deemulgačný reaktor

Pre čistenie odpadových emulzií je univerzálne použiteľné deemulgačné zariadenie firmy Cristoforetti [23]. Je to jednoduchý reaktor, vyhrievaný priamym spôsobom. K deemulgácii odpadových emulzií sa používa čistiarenská technológia chemicko – termická. Reaktor je rozdelený do dvoch funkčne rozdielnych priestorov. Vnútorňa časť vybavená mechanickým miešadlom slúži ako vyhrievaný homogenizačný reaktor. Vo vonkajšej časti prebieha gravitačné odlučovanie homogénnej fázy ropných látok, vodnej fázy a usadzovanie kalu. Vyčistená voda sa odvádza z odlučovacieho priestoru prepadom. Ropné látky odlučujúce sa u hladiny kvapaliny vo vonkajšej časti zariadenia odchádzajú automaticky. Ropné látky odoberané z deemulgačného reaktora obsahujú len asi 1 hmotn. % vody [12].



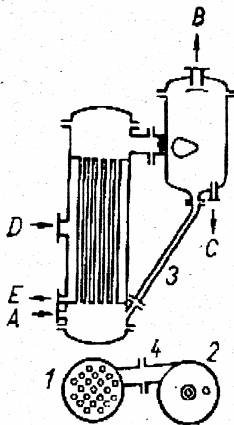
Obr. 7 Deemulgačný reaktor [12]

- 1 – prívod topnej pary, 2 – prívod kyseliny sírovej, 3 – vtok odpadových vôd,  
4 – odvod odlúčených ropných látok, 5 – odtok vyčistenej vody

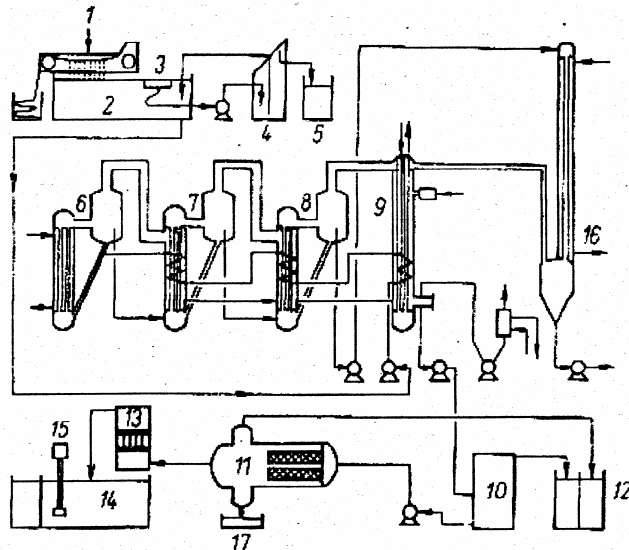
### 5.2.3 Obehové odparky

Obehové odparky sú vhodné pre čistenie odpadových vôd nižšej koncentrácie ropného znečistenia. Odpadová voda s obsahom emulzií sa zbavuje mechanického znečistenia filtráciou cez pásový filter a zhromažďuje sa v zásobnej nádrži. Ropné látky odlúčené v zásobnej nádrži sa odčerpávajú cez separátor do zásobníku odlúčených ropných látok. Emulzie odlúčené v separátore sa vracajú späť do zásobnej nádrži. Odpadová emulzia sa odvádza zo zásobnej nádrže do kondenzátora, kde sa predhrievajú. Potom pretekajú všetkými stupňami. Prvý stupeň sa vyhrieva parou na 130 °C. Para z prvého stupňa vyhrieva druhý stupeň a para z druhého stupňa vyhrieva tretí stupeň. Para z tretieho stupňa sa kondenzuje v kondenzátore.

Nízkovriace ropné látky sa od kondenzátov odlučujú v separátore. Kondenzát ďalej preteká ešte fázou separátora, kde sa z odpadovej vody odlúčia zvyšky ropných látok. Posledné zvyšky ropných látok rozpustených v kondenzáte sa zachytávajú pri prietoku filtrom naplneného aktívnym uhlím [24].



Obr. 8 Obehový odparok [12]  
 A – vtok odpadových vôd,  
 B – odvod pár, C – zahustený odpad, D – prítok topnej pary,  
 E – odvod kondenzátov,  
 1 – topné teleso, 2 – odstredivý odlučovač, 3 – obehové potrubie, 4 – kanál.



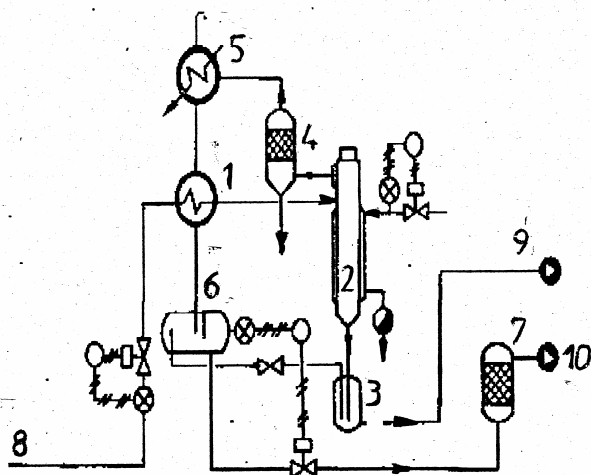
Obr. 9 Trojstupňový odparok a spádový odparok [12]

1 – pásový filter, 2 – zberná nádrž pre odpadovú emulziu, 3 – zberač oleja, 4 – odlučovač ropných látok, 5 – nádrž na odlúčené ropné látky, 6 – 1. st. obehovej odparky, 7 – 2. st., 8 – 3. st., 9 – konden zátor, 10 – odlučovacia nádrž určená k predbežnému odlúčeniu ropných látok, 11 – odlučovač zvyškového znečistenia ropných látok 12 – nádrž pre ropné látky, 13 – adsorpčný filter, 14 – zberná nádrž pre vyčistenú vodu, 15 – meranie pH, 16 – spádový odparok ako zahusťovač ropných látok, 17 – zberná nádrž pre chlorované uhľovodíky

#### 5.2.4 Filmové odparky

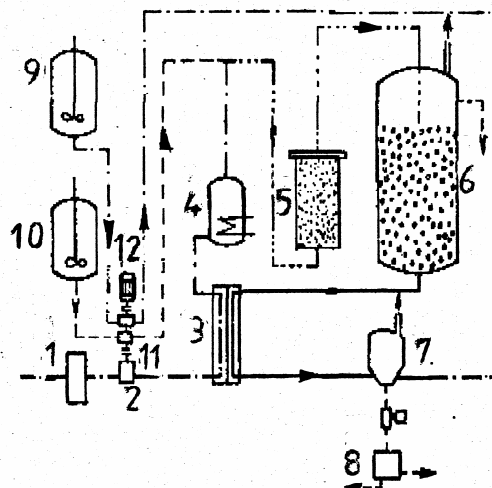
Odparovanie prebieha v tenkom filme na povrchu topných stien. Sú vhodné pre silno znečistené odpadové emulzie. Vnútorňý prierez topných stien v odparku je kruhový. Príklad jednostupňovej filmovej odparky uvádza obr. 10.

Odpadová emulzia sa predhrieva a tečie do filmovej odparky nepriamo vyhrievanej parou. Para potom prechádza odlučovačom do kondenzátora. Odpadajúci kondenzát predhrieva odpadovú emulziu a ohrieva odlučovač ropných látok. Posledné zvyšky ropných látok sa odstraňujú pri prietoku adsorpčným filtrom [12].



Obr. 10 Filmové odparky [12]

1 - výmenník tepla k predhrievaniu, 2 – filmový odparok, 3 – nádrž na vysokovriacu kvapalinu, 4 – odlučovač pary, 5 – kondenzátor, 6 – odlučovač oleja, 7 – filter, 8 – odpadová emulzia, 9 – ropné látky, 10 – vyčistená voda



Obr. 11 Termické štiepenie emulzií v kyslom prostredí [12]

1 – dvojitý filter, 2, 9, 10, 11, 12 – doprava a dávkovanie chemikálií, 3 – tepelný výmenník, 4 – ohrievač, 5 – predradený odlučovač, 6 – deemulgačný reaktor, 7 – neutralizácia, 8 – filter

### 5.2.5 Spaľovanie ropných odpadov

Spaľovanie odpadových látok patrí medzi najnáročnejšie spôsoby likvidácie odpadových hmôt, a to ako technikou náročnosti, tak spotrebou energie. Ropné odpady preto považujeme za odpady náročné, lebo sú väčšinou vysoko vyhrievané a neobsahujú žiadne alebo len malé množstvo zlúčenín chlóru a síry. Ropné odpady rozdeľujeme na tuhé, tekuté, plynné, pričom sú tieto zložky veľmi často zmiešané.

Medzi *tuhé ropné odpady* zaraďujeme hlavne zeminu znečistenú ropnými látkami všetkého druhu a ďalej rôzne odpadové plasty. Znečistená zemina obsahuje veľké množstvo nespáliteľných látok, ktoré zariadenie spaľovni neúmerne zaťažuje. Výhrevnosť týchto odpadov sa pohybuje od  $1\,000\text{ kJ}\cdot\text{kg}^{-1}$  (znečistená zemina) až do  $40\,000\text{ kJ}\cdot\text{kg}^{-1}$  (plasty). Pri spaľovaní znečistenej zeminy musíme väčšinou tepelnú energiu pridávať, zatiaľ čo z odpadových hmôt ju získavame.

*Tekuté ropné odpady* s obsahom ropných látok môžu byť dopravované čerpadlom. Ich konzistencia je rôzna - voda, vodné roztoky obsahujúce suspenziu až

husté kašovité či pastovité hmoty. Ich výhodou je ľahké dávkovanie do spaľovacieho zariadenia [12]. Výhrevnosť tekutých odpadov sa pohybuje od  $-6\,000\text{ kJ}\cdot\text{kg}^{-1}$  do  $+40\,000\text{ kJ}\cdot\text{kg}^{-1}$  [25]. Spaľovanie tekutých odpadov niekedy do značnej miery komplikujú prítomné zlúčeniny síry, fosforu, halogénu alebo anorganických solí.

*Plynné ropné odpady* tvoria rôzne druhy pár a horľavých plynov z rady technologických procesov, a ďalej vzduch znečistený pachovými látkami alebo prachom. Vlastný spaľovací proces je veľmi jednoduchý, ale spálením nie je vždy možné odstrániť všetky škodlivé plynné zložky. Odpady, ktoré sa svojimi vlastnosťami blížia vlastnostiam horľavého plynu, sa používajú buď priamo k vytápaniu niektorých zariadení, alebo sú len voľne spaľované. Ostatné odpadové plyny sa spaľujú vo spaľovacích komorách, kde sa zároveň spália aj škodlivé látky. Často je vhodné použiť katalytické spaľovanie. Ako katalyzátor sa používajú kysličníky Cr, Mn, Ni, Co a Fe. Pretože teplota potrebná k oxidácii odpadových látok pri katalytickom spaľovaní musí byť udržiavaná na určitej úrovni, je podstatne nižšia ako teplota pri klasickom spaľovaní. Katalytické spaľovanie umožňuje likvidovať niektoré zložky (napr.  $\text{H}_2\text{S}$ ), ktoré nemôžu byť spálené inak [12].



Obr.12 Prenosná pec pre spaľovanie ropných odpadov [26]



### 5.2.5.1 Teoretické východisko spaľovania

Pri spaľovaní palív dochádza k oxidácii C, H, S obsiahnutých v palive kvapalných a tuhých na CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O a SO<sub>2</sub> k oxidácii CO, CH<sub>4</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>, C<sub>4</sub>H<sub>10</sub>, C<sub>3</sub>H<sub>8</sub> obsiahnutých v rôznych pomeroch v horľavých plynoch rovno na CO<sub>2</sub> a H<sub>2</sub>O. Zlučovanie sa deje podľa stechiometrických rovníc pre zlučovanie jednotlivých horľavých zložiek s kyslíkom.

Pre spaľovanie tuhých a kvapalných palív sa počíta, že

z 12 kg C a 22,4 m<sup>3</sup> O<sub>2</sub> vznikne 22,4 m<sup>3</sup> CO<sub>2</sub>

z ½ kg H<sub>2</sub> a 5,6 m<sup>3</sup> O<sub>2</sub> vznikne 11,2 m<sup>3</sup> H<sub>2</sub>O

z 32 kg S a 22,4 m<sup>3</sup> O<sub>2</sub> vznikne 22,4 m<sup>3</sup> SO<sub>2</sub>

Pre plynné palivá platí:



Pretože sa spaľuje vzduchom, ktorý obsahuje približne 21 obj. % O<sub>2</sub> a 79 obj. % N<sub>2</sub>, obsahujú spaliny pri dokonalom spaľovaní CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub> a H<sub>2</sub>O. Pre likvidáciu odpadových látok je dôležité, aby teplota horenia a tým aj teplota spalín bola čo najväčšia. To docielime jedine spaľovaním paliva pri pomeroch blízky stechiometrickým, čo v praxi znamená, že sa spaľuje s veľmi malým prebytkom vzduchu (5 až 10 %).

Tepelnú bilanciu musíme vždy robiť na základe elementárneho rozboru likvidovanej odpadovej kvapaliny. Ďalej musíme poznať obsah vody, výhrevnosť kvapalného odpadu a musíme určiť teplotu horenia. V prípade, že spaľovací vzduch nie je predhrievaný, dosadíme za strednú mernú tepelnú kapacitu skutočných vlhkých spalín, ktorá je funkciou teploty, približnú hodnotu 1,6 kJ.m<sup>-3</sup>.K<sup>-1</sup> a dostaneme zjednodušený vzťah pre výpočet približnej teploty horenia  $t$  v K:

$$t = \frac{Q}{V_{svs} \cdot 1,6} \quad (8)$$

$Q$  – výhrevnosť paliva v  $kJ\ kg^{-1}$

$V_{svs}$  – objem skutočných vlhkých spalín vzniknutých spálením hmotnostnej jednotky paliva v  $m^3 \cdot kg^{-1}$ .

Presná hodnota teploty horenia sa pre ohnisko stanoví dosť ťažko, pretože súčasne s horením prebieha i výmena tepla. Pre likvidáciu zaolejovaných odpadov požadujeme, aby teplota spalín na výstupe ohniska neklesla pod  $800\ ^\circ C$ . Teplota  $800\ ^\circ C$  je daná zápalnou teplotou uhlíka, ktorý sa zapáľuje od  $700\ ^\circ C$  viac a pri  $800\ ^\circ C$  máme prakticky zaručené, že sa zapáli i tie časti odpadu, ktoré by inak unikali vo forme sadzí spolu s absorbovanými škodlivinami. Teplo obsiahnuté vo spaliniách je možné využiť pre účely spaľovania len v prípade, že teplota spalín je vyššia než  $800\ ^\circ C$ . Pri likvidácii zaolejovaných odpadových vôd sa spotrebuje značné množstvo tepla, pretože sa voda musí najskôr odpariť, vzniknutá para sa musí prehriať nad teplotu  $800\ ^\circ C$  a nakoniec sa všetko teplo vo spaliniách s teplotou nižšou ako  $800\ ^\circ C$  odpadne ako nevyužitú. Spotreba tepla na termickú likvidáciu 1 kg odpadovej vody klesá s rastom obsahu prímiesí.

Proces spaľovania delíme na tieto pochody:

- a) vysušenie paliva,
- b) zahriatie paliva na zápalnú teplotu,
- c) odplynenie paliva,
- d) zapálenie paliva,
- e) horenie prchavého podielu,
- f) horenie horľaviny.

Tieto fázy sú rôzne dlhé a prebiehajú podľa typu ohniska a druhu paliva s rôznou rýchlosťou a intenzitou. Zároveň nemusí pre daný druh paliva prebehnúť všetky fázy. Tak napr. pre tekuté palivo neprichádza prakticky k úvahe vysušenie, pre plynné palivo vysušenie a odplynenie. Vysušenie paliva je veľmi dôležité. Zaolejovaná zemina či zaolejované kaly obsahujú 30 hmotn. % a viac vody, ktorá musí byť pred zapálením odparená [12].

#### 5.2.5.2 Spaľovanie tuhých odpadov s obsahom ropných látok

Tuhé odpady sú spaľované vo vrstve. K tomuto účelu slúži roštové topenisko. Zvlášť vyhovujú typy s roštami, ktoré umožňujú, aby vrstva odpadu bola neustále v pohybe. Okrem malých zariadení, kde je vrstva prehrabovaná ručne, tomuto účelu vyhovujú:

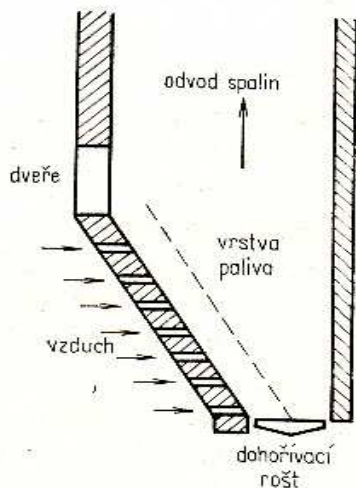
- ťachtové ohnisko,
- Martinov rošt,
- posuvný rošt,
- pásový rošt,
- stupňový pásový rošt,
- van Rollov rošt,
- valcový rošt.

**Ťachtové ohnisko** (obr. 13) je z najjednoduchších typov. Je vhodné pre spaľovanie odpadov s malým obsahom popola, ktorý môže byť odvádzaný až vo spodnej časti ohniska s pomerne malej roštovej plochy. Svojím sklonom umožňuje, aby sa bez ďalšieho strojného vybavenia horiaca vrstva sama posúvala a čiastočne premiešavala. Používa sa často k spaľovaniu dreveného odpadu a vyhovuje pre spaľovanie pilín s olejom, znečistené čistiacie bavlny, ale aj menšieho množstva zaolejovanej zeminy.

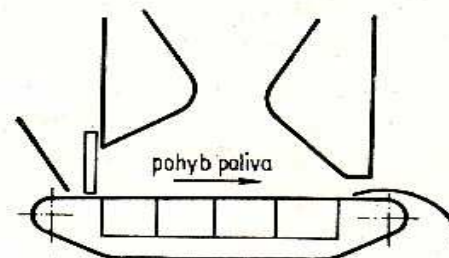
**Martinov rošt** [27] je upravený tak, že rošty sú obrátené proti smeru pohybu vrstvy paliva. Striedavým posúvaním jednej skupiny roštov proti druhej spôsobujú premiešavacie vrstvy alebo pozvoľný pohyb celej vrstvy podľa prúdníc. Spaľovací vzduch je privádzaný kanálikmi v roštoch.

**Posuvný rošt** [27] je ťikmý rošt, ktorý pohybom jednej skupiny roštov posunuje vrstvu paliva do výsyvky. Spaľovací vzduch je privádzaný kanálikmi v roštoch.

**Pásový rošt** (obr. 14) [27] je v súčasnej dobe najpoužívanejším roštom hlavne v malých spaľovacích zariadeniach. Môže byť použitý ku spaľovaniu odpadu s vysokou výhrevnosťou, pretože rošty nie sú polovicu prevádzkovej doby vo styku s palivom a celý rošt môže byť intenzívne chladený vzduchom. Na tomto rošte sa veľmi ľahko mieša odpad s palivom, a síce tak, že sa odpad dostáva do spodnej vrstvy pod odpad.



Obr. 13 Šachtové ohnisko [12]



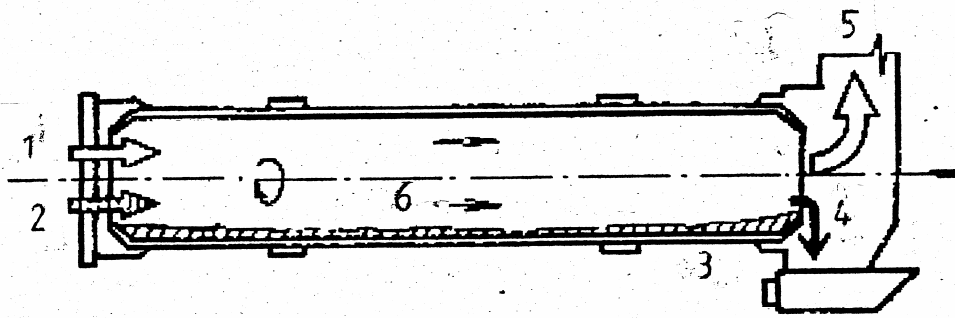
Obr. 14 Pásový rošt [12]

**Stupňový pásový rošt** [28, 29, 30] je zložený z dvoch alebo troch normálnych pásových roštov, uložených stupňovito za sebou. Predlžuje sa tak doba horenia odpadu a navyše presypaním odpadu z jedného roštu na druhý dochádza k jeho intenzívnemu premiešavaniu.

**Van Rollov rošt** [28, 29, 30] sa od stupňového pásového roštu líši tým, že stupne sú vytvorené z posuvných roštov a na konci sa v protismere pohybuje pásový rošt, na ktorom úbytky paliva dohorievajú.

**Valcový rošt** [28, 29, 30] je zostavený z troch až šiestich dierovaných bubnov umiestnených tak, že ich povrchová rovina je mierne sklonená k výsypku. Bubny majú frekvenciu otáčania 3 až 5 h<sup>-1</sup>. Vzhľadom k tomu, že z celej doby otáčky valec vo styku s palivom pomerne krátku dobu a je dostatočne chladený, môže byť na tomto rošte spaľovaný odpad s vysokou výhrevnosťou. Spaľovanie odpadu na rošte je spoľahlivé, kým nie je v tuhom odpade väčšie množstvo ropných látok alebo v ňom nie sú prítomné látky, ktoré sa teplom tavia.

Pre spaľovanie zaolejovaných kalov či zeminy, prípadne i za prítomnosti kvapalných horľavých odpadov (obr. 14, 15) [25, 28, 29, 30] sa osvedčila rotačná pec. Je tvorená valcom o dĺžke 4 m i viac a priemeru 1,5 až 2,5 m. Jej os je od vodorovnej roviny mierne sklonená. Vnútro pece je vyplnené žiaruvzdorným materiálom. Odpad sa privádza do hornej časti pece. Popol je odvádzaný vo spodnej časti. Odpad sa zapaluje pomocou stabilizačného horáku. Horiaci odpad je veľmi intenzívne premiešavaný, a preto sa dokonale spaľuje.



Obr. 14 Rotačná pec [12] 1 – vzduch, 2 – odpadové látky, 3 – vrstva trosky,  
4 – troska, 5 – spaliny, 6 – spaľovanie odpadových látok



Obr. 15 Rotačná pec na spaľovanie odpadov

Pre spaľovanie menšieho množstva odpadu, prevažne priemyselného, sa niekedy používa etážová pec [25, 28, 29, 30]. Používajú sa etážové pece s mechanickým vyhrňovačom, ktorý prechádza stredom pece a je chladený vzduchom. V dnešnej dobe je kombinovaná s fluidnou pecou (LURGI).

Muflová pec patrí k najjednoduchším typom spaľovacích pecí. Je to komora zo žiaruvzdorného materiálu, niekedy vybavená roštom. Hodí sa k spaľovaniu kalov bez anorganických podielov [12].

### 5.2.5.3 Spaľovanie kvapalných odpadov s obsahom ropných látok

Kvapalné odpady s obsahom ropných látok majú rôzne zloženie, dané predovšetkým ich pôvodom. Vo väčšine prípadov sa jedná o vodu znečistenú ropnými látkami a rôznym množstvom anorganických, prípadne organických látok. Ropné látky spolu s ďalšími organickými látkami sa dajú zneškodniť spálením. Horľavé látky organického, ale i anorganického pôvodu, sú zlúčeniny uhlíka, vodíka, kyslíka, síry, dusíka a fosforu. Ich spaľovanie prebieha podľa stechiometrických rovníc, pričom oxidovadlom je vzdušný kyslík. Produkty spaľovania sú  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$ . Oxid uhoľnatý, ktorý môže prechodne vznikáť, sa ďalej oxiduje na oxid uhličitý. Dusík obsiahnutý v organických látkach prechádza do spalín ako plynný dusík, čiastočne ako  $\text{N}_2\text{O}_x$ .

K dokonalému spaľovaniu kvapalného odpadu je treba dostatočné množstvo kyslíku (vzduchu), dostatočne vysoké teploty a dostatočne dlhé doby potrebné k vyhoreniu spaľovaných látok. Vhodné kvapalné odpady s obsahom ropných látok nemávajú tak vysokú výhrevnosť. Vstrekujú sa do spalín vysoko kalorických palív pomocou rozprašovacích trysiek. Kvapky kvapalného odpadu sa vo spaľovacom priestore vplyvom vysokých teplôt rýchlo zahrievajú, a tým sa intenzívne odparujú. Pary vzniknuté odparovaním kvapôk kvapalného odpadu sa vo spaľovacom priestore prehrievajú, teplotne nestabilné látky sa rozkladajú, horľavé látky oxidujú a teda horia. Rýchlostná konštanta reakcie je závislá na teplote, takže rýchlosť horenia spaľovaných látok je daná predovšetkým teplotou vo spaľovacom zariadení. Prebytok vzduchu pri spaľovaní zaolejovaných kvapalných odpadov býva 40 až 100 %. Spaľovanie podielov ťažšie spáliteľných látok prebieha pri teplotách od 800 °C a viac. Doba potrebná k vyhoreniu kvapiek odpadu je daná konštrukciou spaľovacieho zariadenia a predovšetkým veľkosťou kvapiek. V prípade nedostatku vzduchu alebo nízkej teploty horenia vznikajú z prítomných organických látok, napr. CO, alkoholy, aldehydy, ketóny, kyseliny, teda produkty nedokonalnej oxidácie alebo karbonizácie [12].

### 5.2.5.4 Spôsoby likvidácie zaolejovaných tekutých odpadov

#### *1. Spaľovaním zvyškov získaných zahustením zaolejovaných odpadov:*

Tento spôsob likvidácie je dosť rozšírený. Používa sa nielen pre likvidáciu, ale aj pre spätné získanie niektorých produktov. Princípom zahusťovania spočíva v tom, že

nad hladinou odpadovej vody, ktorá je v nádrži, sa vo vertikálnej polohe umiestni horák na tekuté alebo plynné palivo. Spaliny z horáku priamo narážajú na hladinu alebo až pod hladinu zahusťovanej kvapaliny. Týmto priamym stykom spalín so zaolejovanou vodou sa odparuje voda, ktorá je odvádzaná do ovzdušia. Zahustený úbytok, obsahujúci frakcie ropných látok, zostáva v nádrži odkiaľ je kontinuálne odvádzaný k ďalšiemu spracovaniu, alebo ku spáleniu do spaľovacej komory. Z energetického hľadiska je tento spôsob likvidácie zaolejovaných vôd najvýhodnejší, pretože značná časť vody je odparená a nemusí byť prehrievaná na teplotu okolo 800 °C. Tento spôsob likvidácii sa prakticky nehodí pre likvidáciu odpadových vôd, ktoré obsahujú rozpúšťadlá, ľahké frakcie ropných látok a pod. Tieto látky sa odparujú spoločne s vodou a unikajú do ovzdušia [12].

### *2. Spaľovaním zmesi paliva a zaolejovanej odpadovej vody:*

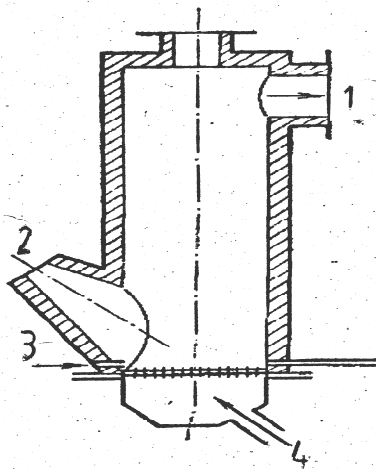
V tomto prípade sa odpadová látka pred vstupom do horáku zmieša s palivom a vytvorí tak horľavú zmes. Zmiešanie prevádza dopravné čerpadlo, do ktorého je odpadová látka a palivo privádzané súčasne. Pre vodné odpady musí byť palivo metanol alebo etanol. Vlastná likvidácia tu nie je podmienená dodávkou množstva tepla ani výhrevnosťou paliva, ale prípustným množstvom vody v palive. Obsah paliva nemôže klesnúť pod 50 %. To znamená, že napr. u etanolu sa spotrebuje energia takmer 20 000 kJ na likvidáciu 1 kg odparenej vody. Pri klasickom spaľovaní sa však týmto množstvom tepla zlikviduje 3 až 3,5 kg odpadovej vody [12].

### *3. Nástrekom zaolejovanej vody do špeciálnych spaľovacích komôr:*

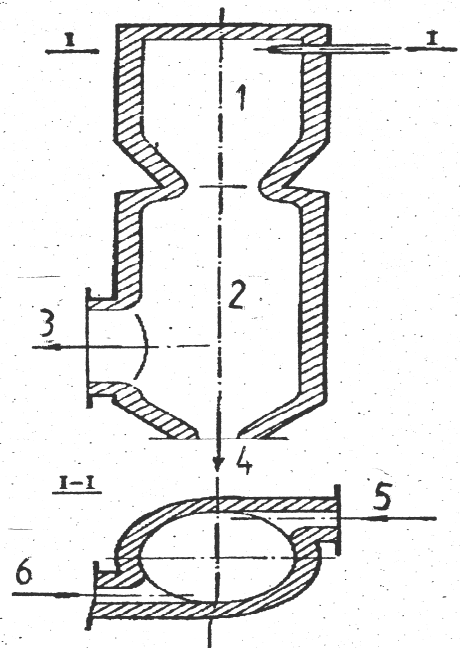
Je to najpoužívanejší spôsob likvidácii zaolejovaných odpadových vôd. Odpadová voda je nastrekovaná do spalín, pričom ich počiatočná teplota je 1 400 °C až 1 800 °C. Rozprášená odpadová voda sa vo spalinách odparí a zároveň sa prehreje na teplotu nad 800 °C. Spotrebou tepla je tento spôsob náročný. Na zneškodnenie 1 kg odpadovej vody sa spotrebuje 6 000 až 7 000 kJ. Ako palivo sa používa čierne uhlie alebo topné oleje. Tento spôsob likvidácie zaolejovaných vôd výhodne použiť na všetky druhy tekutých odpadov bez ohľadu na ich zloženie a viskozitu. Energetická bilancia sa môže do istej miery zlepšiť v tom prípade, keď odpadová kvapalina obsahuje značné množstvo ropných látok, prípadne ďalšie horľaviny. Pre tento spôsob likvidácie sa používajú špeciálne spaľovacie komory (obr. 16, 17) [12].

#### 4. Nástrekom zaolejovanej vody do spaľovacích komôr spaľovacích parných kotlov:

Pre likvidáciu sa používajú ohniská parných kotlov bez ohľadu na druh paliva či spôsob jeho spaľovania. Ohnisko kotla sa do určitej miery tepelne preťažuje, aby neklesla výkonnosť kotla. Na likvidáciu 1 kg odpadovej vody sa spotrebuje asi 4 600 kJ. Tento spôsob likvidácie je energeticky výhodnejší o 30 až 40 % ako predchádzajúci. Nastrekovacie zariadenie sa skladá z čerpadla, filtra a tlakovej rozprašovacej trysky. Rozprašovacia tryska sa musí vhodne umiestniť do ohniska tak, aby rozprašovací odpad prichádzal do styku so spalínami [12].



Obr. 16 Fluidná spaľovacia komora [12]  
1 – odvod spalín, 2 – stabilizačný horák,  
3 – prívod odpadových látok, 4 – prívod  
vzduchu



Obr. 17 Cyklónová spaľovacia komora [12]  
1 – cyklónové ohnisko, 2 – dohorievacia  
komora, 3 – odvod spalín, 4 – odpad  
tuhých zvyškov, 5 – prívod paliva,  
6 – prívod odpadových látok

#### 5.2.5.5 Spaľovacie zariadenie

Pre zneškodňovanie ropných odpadov sú najvhodnejšie spaľovacie zariadenia, ako je napr. spaľovňa kalov. V spaľovni kalov sa spaľujú kaly vznikajúce pri čistení odpadovej vody s obsahom ropných látok. Kaly sú pred spálením odvodnené. Zaolejované odpady a kaly patria medzi najškodlivejšie druhy bežných priemyselných odpadov. Je to dané ich chemickými vlastnosťami, konzistenciou, výskytom, rozmanitosťou a aj relatívne menšími skúsenosťami a ich likvidáciou.



## Popis princípu technológie

Pri čistení ropnej odpadovej vody vzniká mechanický a biologický kal. Tieto kaly sú odvodňované a čerpadlami dopravované do etážovej pece, kde padajú na prvú etáž. Na prvej a druhej etáži sú kaly sušené prúdom horúcich spalín. Samotné horenie kalov prebieha na tretej a štvrtej etáži. Piata a šiesta etáž slúži na dohrievanie kalov a prepálenie vznikajúceho popola. Siedma etáž slúži na vychladenie prepáleného popola, ktorý už spravidla neobsahuje žiadne organické látky. Vychladený popol prepadá otvorom do šnekového dopravníka a pneumaticky je dopravovaný do sila NV 5518 a je zneškodňovaný skládkovaním. Tuhý odpad z čistenia plynov je zachytávaný do sila NV5518 zneškodňovaný solidifikáciou a ukladaný na skládku skládkovaním. Spaliny sú dopaľované v dohrievacej komore F5202, kde súčasne prebieha redukcia  $\text{NO}_x$  roztokom močoviny a schladzované sú výmenníkom HE5302 termoolejového okruhu, ktorý zabezpečuje čiastočnú rekuperáciu tepla. Spaliny sú čistené bikarbonátom sodným a zmesou zeolitu a aktívneho uhlia, popolček a čistiace práškové látky sú zachytávané na plátenom filtri. Znečisťujúce látky v spalinách sú merané a vyčistené spaliny sú vypúšťané komínom do atmosféry. Spalovňa kalov sa delí na dva stupne spaľovania [31].

### Prvý stupeň spaľovania

Slúži na termické zneškodnenie čistiarenských kalov v našom prípade zaradených do kategórie nebezpečných odpadov. Teplota spaľovania kalov je od 400 do 950 °C.

Prehľad teplôt v jednotlivých etážach:

1. etáž	400 – 800 °C
2. etáž	450 – 850 °C
3. etáž	500 – 950 °C
4. etáž	600 – 850 °C
5. etáž	500 – 800 °C
6. etáž	100 – 750 °C
7. etáž	0 – 270 °C

Prvý stupeň spaľovania prebieha v etážovej peci F5101. Je to vertikálny valcový oceľový aparát, rozdelený vo vnútri aparátu žiaruvzdornou stavbou na sedem etáží (poschodí). V osi pece je umiestnená vertikálna, vzduchom chladená tzv. *kráľovská hriadel'*. Na hriadeli sú v každej etáži zavesené miešacie ramená, na ktorých sú upevnené prehrňovacie lopatky. Pre prívod kalov je v najvyššej etáži pece umiestnené vstupné hrdlo, kadiaľ je dávkovaný kal. Častice kalu sú lopatkami premiestňované na všetkých etážach striedavo od vonkajšieho plášťa pece v osi, kde otvorom u hriadeľa prepadnú o jedno poschodie nižšie. Kaly tak prechádzajú postupne etážami zhora dole, sú intenzívne prehrňované, rozmelňované a presušované horúcimi spalinami. Spaliny vznikajúce predovšetkým spaľovaním kalov na dolných etážach (štvrtá, piata a šiesta) prúdia cez etáže smerom hore, proti prúdu pohybu kalu a slúžia ako sušiacie médium pre sušenie kalu. Spaliny vystupujú z etážovej pece spalinovodom na hornej etáži. Spaľovací vzduch potrebný pre spaľovanie kalov je privádzaný do jednotlivých etáží a prechádza hore protiprúdne vzhľadom k pohybu kalu. Na najnižšej siedmej etáži ochladzuje vzduch žeravý popol, ktorý zostáva ako nespáliteľný zvyšok po spálení kalov, a tým sa čiastočne predhrieva. Ochladený popol je zo spodnej etáže vyhrňovaný na dopravník a následne pseudoppravou do sila popolčeka NV5518. Pre štart pece a udržiavanie potrebných technologických teplôt, stabilizáciu procesu na jednotlivých etážach a v celej peci slúžia horáky BN5104, BN5105, BN5106, BN5107. Palivom horákov je kvapalné palivo – ľahký vykurovací olej [31].

#### Druhý stupeň spaľovania

Spaliny s prvého stupňa spaľovania, t.j. z etážovej pece F5101, prúdia spojovacím spalinovodom a tangenciálne vstupujú vstupným hrdlom do zvislého valcového termoreaktora dohriavacej komory F5202 v jeho hornej časti. V osi horného kužeľového veka termoreaktora je namontovaný horák dohriavacej komory BN5201 tak, aby spaliny z etážovej pece prechádzali jeho plameňom. Palivom horáku BN5201 je ľahký topný olej privádzaný k horáku potrubnou vetvou dohriavacej komory. Kvapalné palivo je v horáku atomizované prihriatou parou. Prihrievanie pary je nutné pre zaistenie kvalitnej atomizácie paliva horáku. Pre prihrievanie atomizačnej pary slúži výmenník HE5308, ktorý využíva odpadové teplo spalín prostredníctvom vloženého termoolejového okruhu. Pôsobením vysokej teploty v peci (min. 850 °C), optimalizovaným podmienkam prúdenia v dohriavacej komore a dostatočnej zdržanej

dobe a dostatočnej koncentrácii kyslíka v spaľovacej komore je zaistené, že všetky spáliteľné látky budú termicky rozložené a spálené pred dosiahnutím výstupu z komory. Vo všetkých častiach druhého stupňa spaľovania sa udržiava pomocou spalinového ventilátora B5403 podtlak oproti atmosfére. Tým je zabránený únik spalín do okolia zariadenia [31].

## Technológia čistenia spalín

### *Selektívna nekatalytická redukcia NO<sub>x</sub>*

Pre zníženie koncentrácie oxidov dusíka v spalinách je navrhnutá technológia založená na vstrekaní činidla do spalín v priestore dohrievacej komory, kde je optimálna teplota potrebná pre priebeh denitrifikačných reakcií. Účinkom redukčného činidla sú oxidy dusíka vzniknuté pri spaľovanom procese rozložené na elementárne N<sub>2</sub> a O<sub>2</sub>.

Medzi je hlavné úlohy patrí:

- pomocou voľných OH radikálov predĺžiť trvanie vlastnej denitrifikačnej reakcie až do pásma teplôt okolo 850 °C a zabezpečiť tak vyšší stupeň redukcie NO<sub>x</sub>,
- znižuje povrchové napätie kvapaliny,
- obsahuje prísady, znižujúce množstvo vzniku korozio teplozmenných plôch.

Použitie redukčného prostriedku na báze močoviny predstavuje z hľadiska hygieny a bezpečnosti práce vhodnejšiu voľbu.

V tejto technológii prebiehajú chemické reakcie podľa zjednodušeného schématu.



Redukčný prostriedok je skladovaný v nádrži NV5405. Pre dopravu na určené miesto bude redukčné činidlo dopravované zo zásobnej nádrži NV5405 dvojicou ponorných čerpadiel P5406A/B. Rozprašovanie činidla do spaľovacieho priestoru je prevádzané pomocou rozprašovacích trysiek [31].

### *Suché čistenie spalín (suchá sorpcia)*

Pozostáva z týchto hlavných častí:

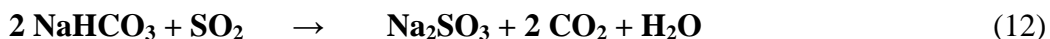
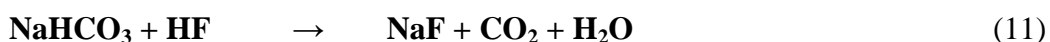
- silá NV5516 a NV5517 pre práškové látky (bikarbonát sodný a zmesný sorbent),
- reaktor A5401, kde dochádza ku kontaktu spalín so sorbentmi, prebieha vlastná

neutralizačná reakcia a dochádza k adsorpcii

Suchý systém čistenia spalín sa dá zjednodušene popísať nasledujúcim spôsobom: Bikarbonát sodný, ktorý predstavuje hlavné neutralizačné činidlo pre odstránenie kyslých zložiek zo spalín, sa skladuje v NV5516. Odtiaľto sa dopravuje do zmiešavača SI5407, ktorý zaisťuje, aby v celom spalínovode bola koncentrácia sorbentu rovnomerná.

Druhý sorbent, zmes zeolitu a uhlíkového podielu, bude uskladňovaný v NV5517, z ktorého bude dávkovaný prostredníctvom zmiešavača SI5408 do spalín.

Pri procese suchého čistenia prebiehajú nasledovné reakcie:



Reaktor A5401 zaisťuje, aby doby styku sorbentov so spalínami zodpovedala technologickým požiadavkám. Spaliny vstupujú do reaktoru A5401 spodkom zvisle nahor. Potom zmenou prúdenia vstupujú v hornej časti do filtra FF5404, kde nastáva odlúčenie prachových častíc [31].

### *Membránová filtrácia*

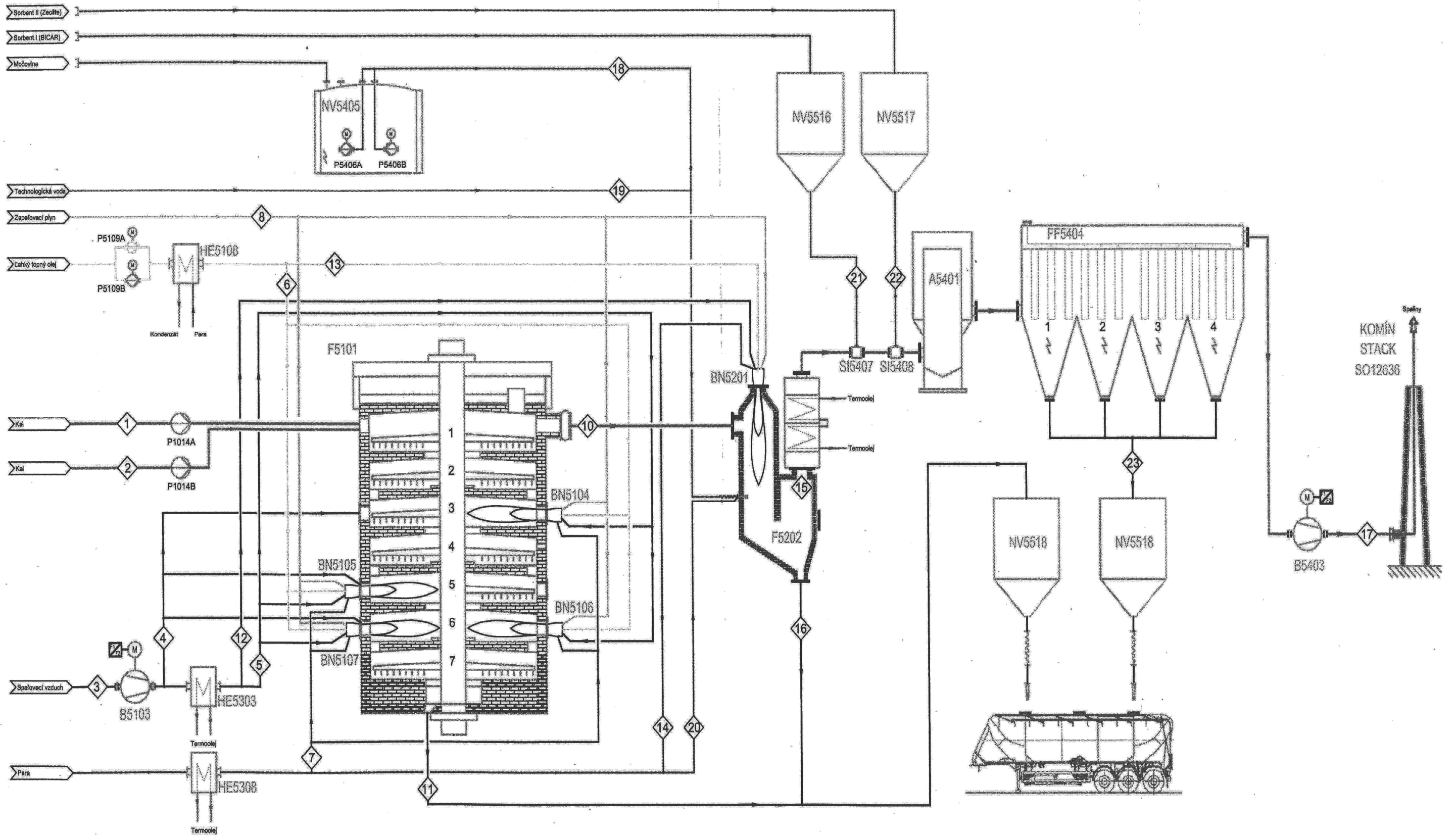
Nasleduje za suchým čistením spalín a prebieha vo filtri FF5404. Spaliny z reaktoru A5401 obsahujú značný podiel prachových častíc, najmä popolček zo spaľovacieho procesu, ale tiež produkty z predchádzajúceho čistenia suchej sorpcie. Tieto spaliny sú zavedené do filtra FF5404. Tu sú tieto prachové častice separované na povrchu filtračného materiálu (teflónová membrána). Membrána je porézna, plynné molekuly spalín cez ňu môžu prechádzať, ale väčšie prachové častice sa separujú na jej povrchu (rádovo od 1 $\mu$ m). Tkaninový filter FF5404 sa skladá zo štyroch identických komôr. Vlastná regenerácia filtru sa vykonáva pulzmi stlačeného vzduchu, kedy sa pulzom naruší vrstva zachyteného prachu na povrchu filtračného elementu, ktorý sa následne usadí vo výsypkе filtru. Každá z komôr má samostatnú výsypkę, z ktorej je popolček dopravovaný do sila popolčeka NV5518 [31].

### *Katalytický rozklad DIOXINOV*

Bezprostredne nadväzuje na membránovú filtráciu. Táto operácia prebieha v tkaninovom filtri FF5404. Riešenie spočíva v použití špeciálneho filtračného

materiálu vo filtri FF5404. Táto tkanina je tvorená mikroporéznu membránou na povrchu a nosnou plst'ou. Membrána i vlákna sú chemicky stále a odolné. Do vlákien, z ktorých je tvorená plst', boli pri ich výrobe implementované čiastočky katalyzátora. Tento katalyzátor zaistí, že v spalinách prechádzajúcich cez nosnú plst' filtračného materiálu a zároveň cez katalyzátor, budú rozložené látky typu dioxinov a furanov (skrátene PCDD/F) na elementárne zlúčeniny. Pri priechode spalín cez tento filter najprv membrána zachytí jemné častice (popolček) na svojom povrchu. Tento popolček sa periodicky odstraňuje a zhromažďuje sa vo výsypke pod filtrom. Odprášené spaliny ďalej prúdia cez katalytický substrát, ktorý reaguje s molekulami PCDD/F v plynnej fáze a transformuje ich na nepatrné množstvá  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  a  $\text{HCl}$  [31].

Schéma spaľovacieho zariadenia [31]



## 5.3 Čistenie odpadových vôd s obsahom emulgovaných ropných látok mechanickými procesmi

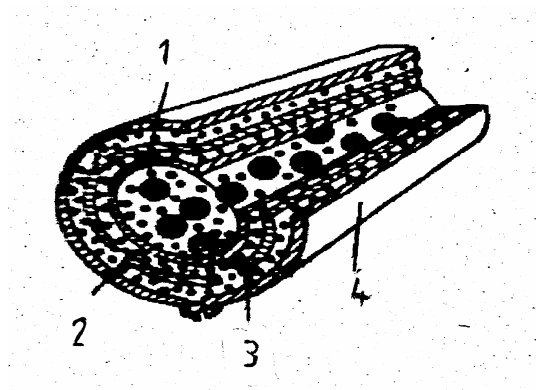
Mechanické separačné procesy sa používajú v čistiarenskej technológii po oddelení ropných látok bez predbežnej i po predbežnej chemicko – adsorpčnej úprave. Najvýznamnejšie z mechanických čistiarenských procesov sú metódy využívajúce membrány, menovite ultrafiltrácia [12].

### 5.3.1 Ultrafiltrácia

Pre ultrafiltráciu je charakteristické, že smer toku kvapalného média sa líši od bežnej statickej filtrácii, pri ktorej smer prietoku filtrovaného média i filtrátu vo filtračnej prepážke je prakticky zhodný [12]. Základným predpokladom priemyslového zavedenia ultrafiltrácii bola priemyslová výroba polopriepustných membrán požadovaných vlastností. K prvým publikáciám popisujúcich prípravu anizotropných membrán patrí práca Loeba a Sourijana [32]. Táto technológia bola zjednodušená Manjikianem, Loebem a Mc Cutchanem.

Ultrafiltrácia sa zvlášť hodí k odstraňovaniu ropných látok pri čistení odpadových vôd [33, 34]. Ako filtračné prepážky sa používajú polopriepustné membrány. Priemer pórov membrán sa pohybuje v rozmedzí  $10^{-7} - 10^{-6}$  cm. Ultrafiltračné membrány sa konštruujú ako funkčné jednotky, nazývané *moduly*. Majú tvar trubiek, hadíc, bývajú špirálovite zvinuté, ale môžu mať aj tvar rovných listov, usporiadaných vedľa seba. Obr. 18 znázorňuje funkčnú schému rezu hadicovej membrány. Dĺžka modulu býva napr. 1,5 alebo 3 m. Modul obsahuje niekoľko konštrukčných vrstiev:

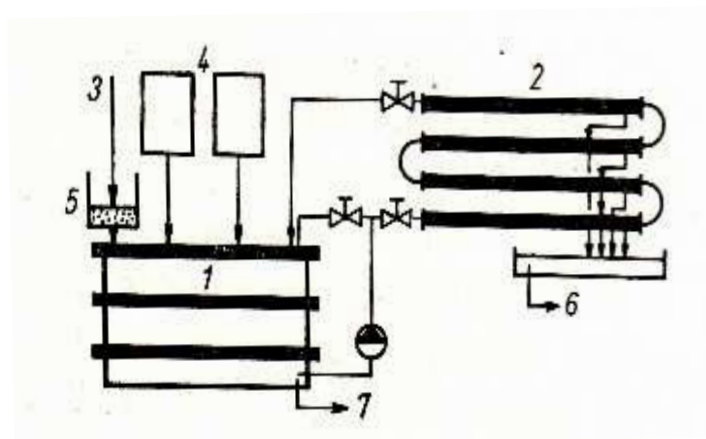
- tenká ultrafiltračná membrána vo tvare hadice,
- podporná vrstva z filtračného papiera alebo polystyrénu, umožňuje rovnomerné rozloženie filtrácii po celom povrchu hadicovej membrány,
- dierovaná trubka z ušľachtilej ocele, ktorá zabezpečuje mechanickú odolnosť modulu pri filtrácii,
- vonkajší plášť z trubky z PVC zaisťuje odvod filtrátu a na jednom zo svojich ukončení má výtokové zariadenie na odvod filtrátu [12].



Obr. 18 Štruktúra modelu s hadicovou membránou [12]

1 – hadicová membrána, 2 – tenká vrstva, 3 – nosná trubica, 4 – zberná trubica

Pri ultrafilitácii sa membránou zachytávajú nielen olejové emulzie, ale aj mnohé nepolárne zlúčeniny, mechanické nečistoty atď. [34, 35]. Na filtračný výkon ultrafiltračných membrán má vplyv: pracovný tlak, teplota, rýchlosť prúdenia, zloženie a teda i vlastnosti filtrovaného média, pH čistenej vody, prítomnosť mikroorganizmov. Funkčná schéma obehového ultrafiltračného zariadenia je znázornená na obr. 19 [15, 36].



Obr. 19 Schéma ultrafiltračného zariadenia [12]

1 – zásobná nádrž, 2 – modul, 3 – prítok odpadových emulzií, 4 – zásobná nádrž pre chemické činidlá k úprave pH, 5 – papierový filter, 6 – odpad vyčistenej vody, 7 – koncentrát odpadových vôd

Odpadové vody s obsahom ropných látok sa najprv zhromažďujú v zásobnej vyrovnávajúcej nádrži. Odpadové vody sa zo zásobnej vyrovnávajúcej nádrži prečerpávajú odstredivým čerpadlom cez mechanický filter, do zásobnej nádrže



ultrafiltračného zariadenia. Tu sa pH odpadovej vody upravuje prídavkom kyseliny alebo hydroxidu. Predbežne upravená voda sa ďalej čerpá odstredivým čerpadlom do ultrafiltračných modulov. Pri prietoku modulmi sa odfiltruje len časť kvapaliny. Odpadová voda obiehajúca v kruhu sa postupne odvodňuje tak dlho, až sa v nej nahromadia nečistoty na optimálne zahustenie. Zahustená čistená odpadová voda sa z obehového systému vypustí a ultrafiltračné membrány v moduloch sa prepláchnu čistou vodou skôr, ako sa obehový systém naplní novou odpadovou vodou a znovu sa uvedie do prevádzky.

Filtrát z ultrafiltračného zariadenia sa odvádza z obehového systému do zásobnej nádrže a odtiaľ sa vracia späť do výroby. Vylúčený kal sa potom odvodní sedimentáciou a filtráciou, napr. komorovým kalolisom [12]. Uvádza sa [36], že z objemu 1000 l odpadovej vody s obsahom 1 hmotn. % ropných látok sa ultrafiltráciou sa získa 980 l čistej vody a 20 l olejového koncentrátu, obsahujúceho cca 50 hmotn. % zahustenej vody a 50 % ropných látok.

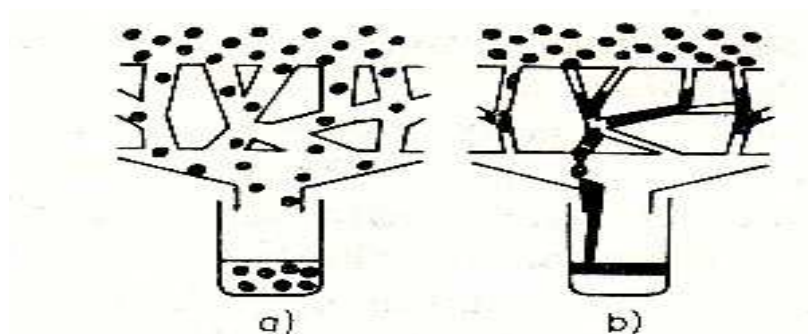
### **5.3.2 Odstred'ovanie nedeemulgovaných emulzií**

Odpadové vody s emulziou ropných látok sa odstred'ovaním nedaria vyčistiť bez predbežnej chemicko – adsorpčnej deemulgačnej úpravy. Vo fugáte zostáva značne vysoký obsah ropných látok. Odstred'ovanie na separačných odstredivkách je použiteľné len pre voľné ropné látky, popr. nestálej emulzie a za predpokladu, že sa nepožaduje, aby vo fugáte bola koncentrácia ropných látok menšia ako  $0,1 \text{ g.l}^{-1}$  [37]. Odstred'ovanie ako separačné metódy je však použiť pre predbežnú úpravu odpadových emulzií [15].

### **5.3.3 Deemulgácia emulgovaných ropných látok filtráciou**

Emulzie môžu byť deemulgované pôsobením mechanických síl. K deemulgácii dochádza za priaznivých hydraulických podmienok, kedy emulgované častice pri náraze na stenu alebo na iné častice svoj ochranný obal stratia, alebo dôjde aspoň k jeho poškodeniu. Aby došlo k trvalej deemulgácii, musí byť olejová fáza čo najrýchlejšie odlúčené od uvoľnených emulgátorov. Filtrovaná emulzia musí pretekať filtračnou prepážkou, ktorá má len veľmi úzke póry. Na obr. 20 je schematicky znázornená deemulgácia častíc pri filtrácii filtračnými prepážkami s úzkymi a širokými pórmami [38]. K deemulgácii nestálej emulzii dochádza vo filtračnej prepážke s úzkymi pórmami.

Mechanickým spôsobom sú prekonávané odpudivé sily medzi jednotlivými časticami, ktoré sa postupne zlievajú vo väčšie kvapky ropných látok.



Obr. 20 Schematické znázornenie prenikania ropných kvapôčok filtrom [12]

- a) filter s hrubšími pórmi,
- b) filter s jemnými pórmi.

Tento proces sa využíva k deemulgácii nestálych emulzií v koalescenčných filtroch. Ich filtračné prepážky majú len veľmi úzke póry a bývajú zhotovené napr. z veľmi jemných sklenených vlákien [39, 40].

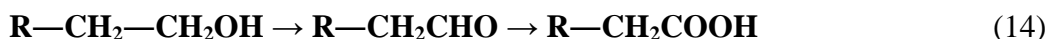
## 5.4 Biologické čistenie

Biologické čistenie fyzikálno-chemicky prečistených odpadových vôd zo spracovania ropy je založené na schopnosti mikroorganizmov rozkladať organické látky, prítomné v týchto vodách. Rozkladu podliehajú všetky uhl'ovodíky a ich zmesi

Z alkánov a izoalkánov vznikajú v aerobných podmienkach v dôsledku pôsobenia monooxidas (alkanooxidas) tromi rôznymi reakčnými pochodmi alkoholy s rovnakým dlhým uhlíkatým reťazcom ako pôvodný alkán:



Po ukončení primárnej oxidácii prebiehajú ďalšie oxidačné reakcie. Produkty týchto reakcií sú aldehydy a monokarbonové kyseliny:



Monokarbónové kyseliny môžu byť prevedené na dikarbónové cez hydroxikyseliny a ketokyseliny formou  $\omega$ -oxidácii prostredníctvom rovnakého enzymatického komplexu [12].



Bolo zistené, že najlepšie sa mikroorganizmy rozkladajú alkánmi, menej uhl'ovodíky s rozvetveným reťazcom, cyklické uhl'ovodíky a najhoršie uhl'ovodíky aromatické [41]. Dôležitým predpokladom úspešného priebehu biologického čistenia odpadových vôd zo spracovania ropy je dostatočný obsah makrobiogénnych prvkov dusíka a fosforu. Zatiaľ čo dusíkových látkach v týchto vodách je dostatok, fosforu býva málo a musí sa preto do vody umelo pridávať. Najčastejšie sa k tomu používa kyselina fosforečná. Za optimálne sa z hľadiska biologického čistenia považuje pomer  $\text{BSK}_5 : c_{m,N} : c_{m,P} = 100 : 5 : 1$  [42] ( $c_{m,N}, c_{m,P}$  je hmotnostná koncentrácia dusíka, resp. fosforu v  $\text{mg.l}^{-1}$ ) [12].

Tab. 2. Odvetrávanie ropných látok z odpadových vôd znečistených ropnými látkami pri aktivačnom procese [12]

Ropná látka	$c_{m,P} \text{ ( mg l}^{-1} \text{ )}$	$t \text{ ( h )}$	$w \text{ ( \% )}$	
			biologicky	fyzikálne a chemicky
Automobilový benzín BA – 80	240	1,5	6,7	92,5
Letecký petrolej PL	390	2,5	10,8	88,7
Petrolej PS	165	8,0	80,0	5,5
Romaškinská ropa	210	6,0	48,4	1,1
Motorová nafta NM – 45	149	8,0	70,1	5,8
Ľahký topný olej TL – B 4	180	6,0	59,7	1,4
Prevodový olej PP - 90	750	6,0	64,5	0,8

$c_{m,P}$  – počiatočná koncentrácia ropných látok,  $t$  – čas odvetrania,  $w$  – hmotnostný podiel odstránených ropných látok

Spôsoby biologického čistenia:

- a) aktiváciou – najpoužívanejšia,
- b) biologickými filtrami,
- c) stabilizačné nádrže,
- d) chladiace veže.

### 5.4.1 Čistenie aktiváciou

Používa sa ako v jednostupňovom, tak vo dvojstupňovom usporiadaní podľa toho, ako je nutné koncentrované vody čistiť a aký má byť čistiaci účinok.

Výsledky dosiahnuté jednostupňovým čistením mechanicky predčistených odpadových vôd zo spracovania ropy ukazuje tabuľka 3 [12].

Tab. 3. Čistiace efekty pri čistení odpadových vôd zo spracovania ropy jednostupňovou Aktiváciou [12]

pH a ukazovatele koncentrácií látok	prítok	odtok
pH	8,7 – 9,4	6,6 – 7,4
BSK <sub>5</sub> , mg .l <sup>-1</sup>	80 – 120	10 - 14
CHSK, mg .l <sup>-1</sup>	280 – 360	110 - 150
látky extrahovateľné v etheru, mg .l <sup>-1</sup>	50 – 85	13 - 21
fenol, mg .l <sup>-1</sup>	5 – 15	0,05 – 0,24
N – NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , mg .l <sup>-1</sup>	23 – 45	9 - 27
N – NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> , mg .l <sup>-1</sup>		0,02 – 1,7
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> , mg .l <sup>-1</sup>	1 – 1,8	0,03 – 0,3
Cl <sup>-</sup> , mg .l <sup>-1</sup>	35 – 60	30 - 60
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , mg .l <sup>-1</sup>	40 – 150	40 - 150
odparok, mg .l <sup>-1</sup>	400 – 440	370 - 440
suspendované látky, mg .l <sup>-1</sup>	20 - 50	13 - 33

Priemerné hodnoty výsledkov čistenia odpadových vôd zo spracovania ropy jednostupňovou aktiváciou uvádza Mjasnikov a kol. [43] - pri dobe zdržania 6 h, koncentracii kalovej sušiny 2,4 g.l<sup>-1</sup> a objemového látkového zaťaženia BSK<sub>5</sub> 1108 g.m<sup>-3</sup>.d<sup>-1</sup> boli zistené nasledujúce hodnoty (tab. 4).

Tab. 4. Čistiace efekty pri čistení odpadových vôd zo spracovania ropy jednostupňovou aktiváciou podľa Mjasnikova [43]

<b>pH a ukazovatele koncentrácií látok</b>	<b>Prítok</b>	<b>odtok</b>
H	7,9	7,4
BSK <sub>5</sub> , mg .l <sup>-1</sup>	286	9
CHSK, mg .l <sup>-1</sup>	566	76
fenol mg.l <sup>-1</sup>	2,5	0,02
N – NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , mg .l <sup>-1</sup>	25	3
N – NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> , mg .l <sup>-1</sup>		0,3
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> , mg .l <sup>-1</sup>	3,2	1,9
Cl <sup>-</sup> , mg .l <sup>-1</sup>	200	

Účinnosť jednostupňového biologického čistenia aktiváciou je možné zvýšiť dávkovaním síranu železnateho, ktorý pôsobí ako katalyzátor oxidácii prítomných sulfidov vzdušným kyslíkom, jednak zaťažuje v dôsledku hydrolyzy vločky aktivovaného kalu [12]. Pre dvojstupňovú aktiváciu sa odporúčajú podmienky uvedené v tab. 5 [44].

Tab. 5. Technologické parametre pri čistení odpadových vôd znečistených ropnými látkami dvojstupňovou aktiváciou [12]

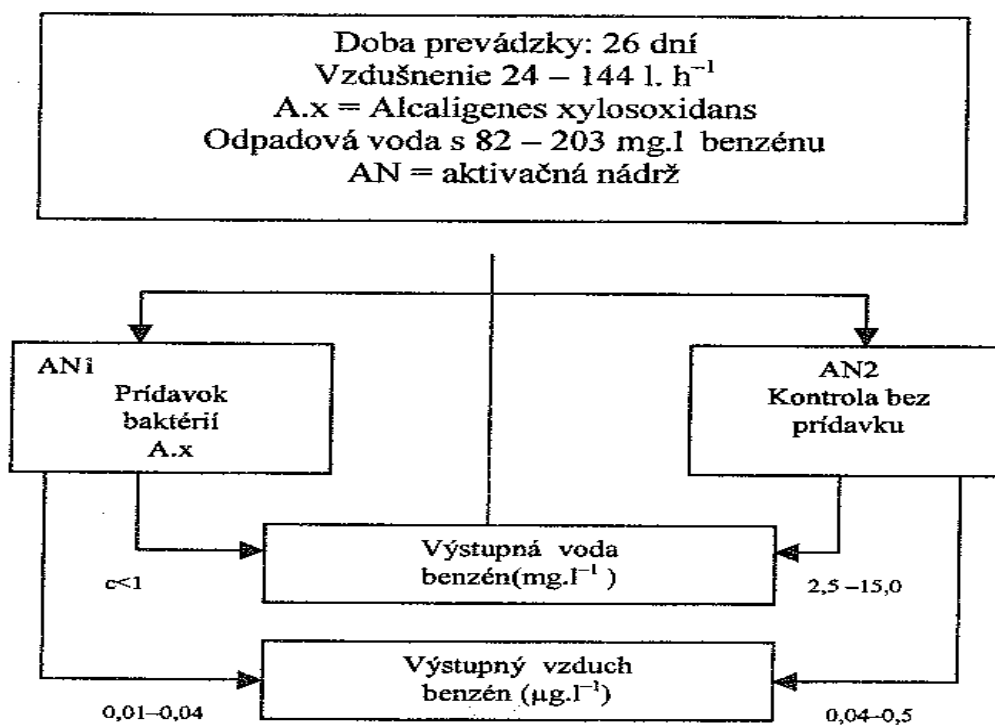
<b>Ukazovateľ</b>	<b>1. stupeň</b>	<b>2. stupeň</b>
doba zdržania, h	3 - 4	6 - 8
obsah sušiny aktivovaného kalu, g.l <sup>-1</sup>	3,0 – 4,5	0,5 – 1,0
množstvo vzduchu, m <sup>3</sup> .m <sup>-3</sup>	30 – 40	13 – 20
obsah celkového dusíku, mg.l <sup>-1</sup>	10 - 15	
obsah celkového fosforu, mg.l <sup>-1</sup>	2 - 3	
doba zdržania v dosadzovanej nádrži, h	1,5	3

Za týchto podmienok je možné vo vyčistenej vode očakávať zvyškovú BSK<sub>5</sub> v rozmedzí 10 – 20 mg.l<sup>-1</sup> a obsah extrahovaných látok etherom 10 – 15 mg.l<sup>-1</sup>.

Účinnosť dvojstupňového čistenia dosahuje u BSK<sub>5</sub> hodnotu 93 – 98 %, u ropných látok 77 – 86 % a u fenolu 99 – 100 %.

Čistenie odpadových vôd aktiváciou je spojené so značnou produkciou prebytočného aktivovaného kalu. Na čistiarne denne odpadá v priemere z 1. stupňa 470 m<sup>3</sup> a z 2. stupňa 260 m<sup>3</sup> kalu. V súčasnej dobe je čistenie odpadových vôd zo spracovania ropy aktivovaným kalom najčastejšie používaným biologickým spôsobom.

Vývoj tohto čistenia bude zrejme smerovať k využívaniu hlbokých nádrží, kde pri hĺbke 30 m je možné dosiahnuť 70 – 75 % využitie rozpusteného kyslíku [12]. Pokusy ukázali, že touto náhradou je možné skrátiť dobu zdržania v aktivácii 8 – 12 h na 2 – 3 h [44].



Obr. 21 Biologické čistenie aktiváciou

#### 5.4.2 Čistenie biologickými filtrami

Biologické filtre našli široké uplatnenie. Sú menej citlivé na nárazy toxických látok, preto sa väčšinou používajú v kombinácii s aktiváciou ako prvý stupeň biologického čistenia. Kvalita vyčistenej vody býva však spravidla horšia než u aktivácii. Náplne filtrov sú rôzne, napr. štrk, plasty atď. Širšie uplatnenie získavajú v poslednej dobe biologické filtre s náplňou z plastov. Výhodou tejto náplne je nízka

hustota ( $40 - 75 \text{ kg.m}^{-3}$ ) a možnosť preťažovania biologického filtra bez nebezpečenstva jeho upchania. Výsledky ukazujú, že biologické filtre s náplňou z plastov, sú veľmi efektívne a nájdu i v budúcnosti uplatnenie v kombinácii s aktiváciou [12].

#### 5.4.3 Čistenie v stabilizačných nádržiach

Doba zdržania vody v nádržiach závisí na druhu a koncentrácii organického znečistenia a trvá od 7 do 60 dní [44]. Pre zvýšenie účinnosti a zintenzívnenia čistenia je nutné voliť malú hĺbku nádrže – okolo 1 m. Tu sa dosahujú optimálne pomery ohrievania, aerácii, presvetlenia vody a jej osídlenia vodnými organizmami. V dôsledku nízkeho stupňa aerácii, je doba potrebná k rozloženiu niektorých organických látok, príliš dlhá. V závislosti na ročnej dobe účinnosť biologického čistenia v stabilizačných nádržiach značne kolíše. Rýchlo klesá hlavne v chladnom období. Častejšie sa používajú stabilizačné nádrže s umelou aeráciou. Vyznačujú sa s menším objemom a podstatne nižšou dobou zdržania (1 – 3 týždne) ako nádrže s prirodzenou aeráciou. Aerátory môžu byť mechanické alebo pneumatické. Požívajú sa trojstupňové stabilizačné nádrže. Prvý stupeň slúži ako usadzovacia nádrž, v druhom stupni prebieha biologické čistenie a v treťom stupni sa ukončujú čistiace procesy [12].

Účinnosť biologického čistenia odpadových vôd zo spracovania ropy vo stabilizačných nádržiach s umelou aeráciou sa uvádza takto [45]:

BSK <sub>5</sub>	40 – 80 %
CHSK	20 – 50 %
Obsah ropných látok	40 – 70 %
Obsah fenolu	65 – 99 %
Obsah sulfidu	70 – 90 %
Obsah amoniaku	20 – 90 %
Obsah kyanidu	65 – 99 %

Stabilizačné nádrže majú rad nedostatkov, ktoré obmedzujú ich použitie. Vyžadujú totiž značnú plochu, ťažko sa čistia, ich účinnosť kolíše v závislosti na ročnom období [12].

#### 5.4.4 Čistenia v chladiacich vežiach

Jedná sa o zvláštny spôsob biologického čistenia odpadových vôd, pri ktorom je čistená voda súčasne chladiacim médiom. Mikroorganizmy sú osadené na stenách chladiacich vežiach a na ich drevenej výplni [12].

Davies, Biehl a Smith [46] referujú o účinnosti odpadových vôd zo spracovania ropy v chladiacej veži o objeme 42,5 m<sup>3</sup>. Prietok veži bol 21,41 s<sup>-1</sup>. Bol zistený pokles CHSK v priemere z 250 mg.l<sup>-1</sup> na 125 mg.l<sup>-1</sup>, obsahu sulfidu zo 78 na 20 mg.l<sup>-1</sup>, amoniaku zo 71 na 61 mg.l<sup>-1</sup> a fenolu z 11 na 0,5 mg.l<sup>-1</sup>. Priemerné zníženie BSK<sub>5</sub> bolo 52 %. Chladiace veže môžu byť použité jedine k dočisteniu už biologicky vyčistených vôd. Hlavným problémom je nadmerné zarastanie teplozmenných plôch mikroorganizmami. Biologický nárast zhoršuje prechod tepla a zvyšuje koróziu [12].



## 6 Diskusia a návrh na využitie

Vo svojej bakalárskej práci som sa zamerlal na metódy zneškodňovania ropných látok a odpadov. Svoju pozornosť som venoval charakteristike vybraným spôsobom zneškodňovania ropných odpadov.

Pri tvorbe vlastnej práce som vychádzal z koncepcie odpadového hospodárstva Slovenskej Republiky a hlavne z odbornej literatúry.

Popisoval som chemické, fyzikálne, termické, mechanické a biologické procesy pri čistení odpadových vôd s obsahom ropných látok.

Chemické metódy prevažne využívajú čistiarne, pretože sú pomerne jednoduché. Skladajú sa z chemického reaktoru a zo zariadenia umožňujúceho separáciu kalu (gravitačného filtru, pásového filtru). Takéto čistiarenské zariadenia sú navrhnuté tak, aby dosahovali dobré čistiace efekty.

U fyzikálnych metód sa najčastejšie používa adsorpcia tuhými adsorbentmi, ktorých hlavná výhoda je v jednoduchosti a účinnosti pri zneškodňovaní podzemných vôd znečistenými ropnými látkami. Avšak nevýhodou je, že adsorpčné filtre sa ukázali málo účinné pri odstraňovaní ropných látok z vody, preto by som navrhoval, aby sa ako adsorpčný filter používalo aktívne uhlie. Aktívne uhlie sa môže po využití viacnásobne regenerovať a z ekonomického hľadiska, škody vyvolané ropnou haváriou, sú podstatne vyššie ako cena aktívneho uhlia.

Medzi najvýznamnejšie mechanické čistiarenské procesy sa používajú procesy, ktoré využívajú metódy membrán. Používajú sa po oddelení ropných látok, bez predbežnej i po predbežnej úprave. Membrány musia byť tak účinné, aby nedochádzalo k ich možnému nevratnému upchaniu. Ropné látky, ktoré prechádzajú membránami, sa podieľajú na filtračnom procese nepriamo. Výhodou mechanických procesov je, že sa membránou zachytávajú nielen olejové emulzie, ale i mnohé nepolárne zlúčeniny, mechanické nečistoty atď. Za hlavnú nevýhodu tejto metódy sa považuje, že za príliš vysokého tlaku sa membrána nevratne zhustí a filtračná kapacita zariadenia sa podstatne zníži. Je veľmi náročné teoreticky vyjadriť všetky vplyvy pre komplikovanosť membrán.

Ďalšou významnou metódou na zneškodňovanie ropných látok je biologické čistenie, ktoré sú založené na schopnosti mikroorganizmov rozkladať organické látky prítomné vo vodách znečistenými týmito látkami. Hlavnými výhodami biologického

procesu je to, že prebieha pri bežných teplotách (10 - 40 °C), atmosférického tlaku a dovoľuje účinne odstrániť látky prítomné vo veľmi nízkych koncentráciách. Cena biologického procesu býva v porovnaní s fyzikálnymi a chemickými procesmi podstatne nižšia. Nevýhodou je, že látky musia byť čiastočne rozpustné vo vode a musia byť biologicky degradovateľné.

Domnievam sa, že u vyššie uvedených metód sa dá považovať za ich hlavnú nevýhodu, ich obmedzenosť na určitý druh ropného odpadu. Vo väčšine prípadov tieto metódy zneškodňujú tekuté alebo plynné ropné odpady.

Na základe vlastného posudku som dospel k záveru, že najvhodnejšie pre zneškodňovanie ropných odpadov sa hodia termické metódy - hlavne spaľovanie, ktoré je vhodné pre svoju univerzálnosť na všetky druhy ropných odpadov (tuhé, tekuté, plynné) a pre svoju vysokú účinnosť.

Pri termických metódach sa často navrhuje likvidovať odpadové emulzie spálením, buď už po čiastočnom odvodnení, alebo bez akejkoľvek predbežnej úpravy. Použitie spaľovní pre nakladanie s ropnými odpadmi je kontroverzné. Zahŕňajú celý rad otázok, pri ktorých musíme zohľadniť ekonomickosť danej metódy a problémy environmentálnych rizík.

Spaľovanie má veľký prínos pre zaobchádzanie s určitými druhmi odpadu, v našom prípade ide o nebezpečné odpady, kde toxíny môžu byť zničené vysokými teplotami. Spaľovanie je vlastne tepelný rozklad, pri ktorom vzniká teplo, energia a množstvo spalín. Výhodou spaľovania je energia, ktorá sa dá získať pri procese, je použiteľná k ďalšiemu spracovaniu a teplo vyrobené spaľovňou, ktoré môže byť použité na výrobu pary, ktorá potom napr. poháňa turbínu za účelom výroby elektrickej energie. Spaľovaním ropných odpadov nehrozí šírenie rôznych škodlivín alebo chorôb, ktoré sú v nich obsiahnuté a nedostávajú sa do pôdy alebo vody, a tým pádom neohrozujú život človeka cez potravinový reťazec. Nevýhodný je únik spalín do ovzdušia a negatívny vplyv na životné prostredie, a preto sa používajú pre zamedzenie úniku spalín rôzne filtre. Moderné spaľovacie zariadenia zmierňujú znečistenie ovzdušia, a to hlavne kvôli čisteniu spalín. Ako najvhodnejšia metóda pri čistení spalín, je podľa môjho názoru, použitie biofiltrov. Tie môžu byť konštruované ako betónové nádrže zapustené do zeme, do ktorých sa ku dnu privádza znečistený vzduch alebo ako uzavreté nádoby s dvojitým dierovaným dnom. Biofilter je vyplnený zrnitým materiálom, na ktorom je zachytená mikrobiálna populácia degradujúca jednotlivé polutanty. Ako náplň filtrov sa veľmi často používa hlina, kompostová hmota, rašelina,

kôra atď. Biofilter pracuje na princípe biofilmu, ktorý pokrýva častice materiálu použitého ako náplň zariadenia. Prchavé polutanty, ako aj kyslík sa rozpúšťajú vo vlhčenom biofilme a sú metabolizované mikroorganizmami za aeróbných podmienok. Ako každá metóda, tak aj biofiltre majú svoje nevýhody, za ktoré sa dá považovať nedostatok vlhkosti nosiča, pri ktorej dochádza k vysychaniu materiálu filtračnej vrstvy, v dôsledku čoho sa tvoria trhliny narušujúce prechod plynu filtračnou vrstvou, a tým sa stráca aktivita mikroorganizmov. Na základe zoštudovanej literatúry si myslím, že dosiahnuté výsledky vytvárajú reálny predpoklad k realizácii biofiltrov pre čistenie spalín zo spaľovacích zariadení na zneškodňovanie ropných látok.

Všeobecne platí, že najvhodnejšie je spaľovanie ropných odpadov v centrálnych účelových spaľovniach, ktoré umožňujú pomerne čistú likvidáciu ropných odpadov, s minimálnymi vedľajšími škodlivými účinkami. Avšak nevýhodou spaľovacích zariadení je, že sú to pomerne drahé zariadenia a okrem toho treba zabezpečiť aj zber, manipuláciu a prepravu ropných odpadov, čo je tiež pomerne nákladné. Na druhej strane ich výhodou je účinné odstránenie ropných odpadov, pretože pri spaľovaní za vysokých teplôt býva okrem pevných zvyškov jediným odpadom z nich vodná para.

Som presvedčený, že som uviedol postačujúce dôvody, prečo zneškodňovať odpady s obsahom ropných látok práve spaľovaním, aj keď táto technológia bude mať vždy svojich odporcov.

Záverom chcem nutne zdôrazniť, že všetky vyššie popísané postupy a technológie je potrebné vo väčšine prípadov nutne vzájomne kombinovať, a že neexistuje jednoduchá a lacná metóda, ktorú je možno použiť v každom prípade a pritom dosiahnuť potrebných účinností. V prípade, že niektoré firmy ponúkajú lacné a všemocné metódy, je potrebná náležitá opatrnosť a požiadavka na referencie.

Túto prácu môžete použiť ako pomoc pri zneškodňovaní ropných odpadov.

## **Záver**

Spracovaním tejto témy som chcel dosiahnuť priblíženie problému ropných odpadov a odpadového hospodárstva, aby sa tento problém začal brať vážnejšie a naozaj uvažovať o jeho riešení.

Na začiatku mojej práce som sa definoval pojem ropa, opísal som jej zložky, ktoré ju tvoria, rovnako som sa venoval aj nebezpečným látkam, ktoré sa v nej nachádzajú, aby som zdôraznil nebezpečenstvo, ktoré môže ropný odpad predstavovať. Ďalej som opísal metódy likvidácie ropného odpadu ako sú termické, chemicko-fyzikálne a biologické. Uviedol som, ktoré metódy sa používajú na jednotlivý druh ropného odpadu. Poukázal som na problémy odpadového hospodárstva, ktoré pôsobia na životné prostredie.

Myslím si, že svoje ciele som splnil, ponúkol som hodnotné informácie, ktoré môžu byť ďalej používané pri kampaniach a šírení myšlienky čistého životného prostredia. Spracovaním témy ropných odpadov som sa sám dozvedel veľa nových a potrebných informácií. Hlavné posolstvo však zostáva stále rovnaké: Treba si uvedomiť nebezpečenstvo, ktoré predstavujú ropné odpady a postaviť sa zodpovedne k riešeniu tohto problému.

## Zoznam použitej literatúry

1. *Odpadové hospodárstvo*. 2010. Dostupné na:  
<http://portal.gov.sk/Portal/sk/Default.aspx?CatID=17&etype=1&eventid=410>
2. *Odpady*. 2010. Dostupné na:  
<http://www.fpv.umb.sk/~vzdchem/KEGA/TUR/ODPADY/Odpady04.htm>
3. BIENIK, J. 1982. *Ropa, zemný plyn s životné prostredie*. Bratislava: Vydavateľstvo technickej a ekonomickej literatúry, 1982. 240 s.
4. LADOMERSKÝ, J. - SAMEŠOVÁ, D. 2001. *Environmentálne impakty a analýzy ropných látok*. VŠ 12/2000/A. I. vyd. Zvolen: TU, ISBN 80-228-1081-9.
5. VESELÝ, V. 1963. *Chémia a technológia ropy*. 1. diel. Bratislava: Slovenské vydavateľstvo technickej literatúry, 1963.
6. *Ropa*. 2010. Dostupné na:  
<http://referaty.atlas.sk/prirodnevedy/chemia/4304/?print=1>
7. GALOVÁ, S. – KRNO, V. – SLIMÁK, J. 1987. *Technologie ropy*. SNTL, 1987. 269 s.
8. KUDLIČKA, E. – DVORSKÁ, S. - BRHLÍK, O. 1966. *Technológia ropy*. Bratislava: Slovenské vydavateľstvo technickej literatúry, 1966.
9. *Motorová nafta*. 2010. Dostupné na:  
[http://sk.wikipedia.org/wiki/Motorov%C3%A1\\_nafta](http://sk.wikipedia.org/wiki/Motorov%C3%A1_nafta)
10. *Odpady. Čo je to odpad?* 2010. Dostupné na:  
<http://www.infovek.sk/predmety/enviro/index.php?k=41>
11. TÖLGEŠY, J. – PIATRIK, M. 1991. *Odpad problém súčasnosti, surovina budúcnosti*. Bratislava: Obzor, 1991.
12. DVOŘÁK, J. – ERLEBACH, J. – PTÁČEK, M. a kol. 1982. *Čištění odpadních vod s obsahem ropných látek*. Praha : SNTL, 1982.
13. DVOŘÁK, J. 1969. *Najdůležitější průmyslové emulze ropy a ropných produktů, jejich vznik, charakteristika a likvidace*. Zpráva. Praha: Výskumný ústav vodohospodářský, 1969.
14. CLAYTON, W. 1954. *The Theory of Emulsions and their Technical Treatment*. J. A. Churchill, New York, USA 1954.
15. HARTINGER, L. a kol. 1977. *Taschenbuch der Abwasserbehandlung, für Metallverarbeitende Industrie*. Carl Hanser Verlag, München 1977.

16. SCHMITZ, W. 1973. *Chem. Ind.* 25, 499 ( 1973 ).
17. BALLNUS, W. 1965. *Wasser, Luft und Betrieb* 9, 518 ( 1965 ).
18. Arbeitskreis „Wasser und Mineralöl“, *Beurteilung von Mineralölaufällen auf dem Lande im Hinblick auf Gewässerschutz*. Min. vnitřní, Bonn 1969.
19. WOODS, D. R. – SLEZAK, M. W. 1973. *JWPCF* 45, 2136 ( 1973 ).
20. SONTHEIMER, H. 1975. *Verfahrenstechnische Grundlagen von Adsorption und Ionenaustausch*, seš. 8, Veröffentlichungen des Bereichs und des Lehrstuhls für Wasserchemie, Engler–Bunte-Institut der Universität Karlsruhe 1975.
21. Schönberger, G. 1967. *Gas – u. Wasserfach* 108, 380 ( 1967 ).
22. KURZ, G. 1968. *Verfahrenstechnik* 2, 374 ( 1968 ).
23. Firemní literatura firmy Cristofforetti T. A., *Tecniche Antinquinamento* s. p. a., Milano, Itálie
24. PILAŘ a kol. 1964. *Chemické Inženýrství II*. Praha: SNTL, 1964.
25. VOGEL, W. 1966. *Verfahrenstechnische Grundlagen der Verbrennung von Industrieabfällen*. IWL Forum 65. Sbornik. Institut für gewerbliche Wasserwirtschaft und Luftreinhaltung E. V., Köln 1966.
26. Incineration. 2010. Dostupné na:  
<http://en.wikipedia.org/wiki/Incineration>
27. ČERNÝ V. a kol. 1975. *Parní kotle a spalovací zařízení*. Praha: SNTL, 1975.
28. KOOI van der I.: *VGB*, 1971 (1), 26
29. NOWAK, F.: *VGB*, 1971 (2), 131.
30. HERMES, P.: *VGB*, 1971 (1), 33.
31. Slovník. *Spalovna kalov*. 2007.
32. LOEB, S. – SOURIRAJAN, S. 1960. *Sea Water Demineralization by Means of a Semipermeable Membrane*. UCLA Water Resources Center Rep. WRCC-34, 1960.
33. Mc DERMOTT, J. 1972. *Industrial Membranes, Dosing and Applications*, Noyes Data Corp., Noyes Building, New Jersey 1972.
34. PRIEST, W. 1978. *Water Waste Treatm.* 21, 42. 1978.
35. MIR, L. – EYKAMP, W. – GOLDSCHMIDT, R. L. 1977. *Ind. Water Eng.* 1977.

36. Firemní literatura firmy Walter Lüem, Lenzburg, Švýcarsko.
37. MURKES, J. 1967. *Gas Oil Power* 1967, 115.
38. WILKE, H. v knize. 1977. *Taschenbuch der Abwasserbehandlung* (HARTINGER, L.). Carl Hanser Verlag, München, Wien 1977.
39. CHIEN, J. N. – EARNEST, F. G. – SCHECHTER, R. S. 1975. Proc. 30th Industrial Waste Conf., Purdue University, Lafayette, Indiana 1975.
40. LANGDON, W. M. – WASAN, D. T. 1971. *Experimental Evaluation of Fibrous Bed Coalescers for Separating Oil Water Emulsions*. Industrial Pollution Control Section, Grant. No. 12 050 DRC, Illinois Inst. of Technolgy, Department of Chemical Eng. Chicago, Illinois 1971.
41. KESTNER, A. S. 1962. *Disertační práce. Chem. Abstr.* 22,3350. 1962.
42. TUČEK, F. – CHUDOBA, J. – KONÍČEK, Z. 1977. *Základní procesy a výpočty v technologii vody*. Praha: SNTL, 1977.
43. MJASNIKOV, H. a kol. 1974. *Bjul. vod. choz.*, No 13, CEB, Moskva 1974.
44. PROSKURJAKOV, V. A. – ŠMIDT, L. J. 1977. *Očistka stočných vod v chemičeskoj promyšlennosti*. Chimija Leningrad 1977.
45. MARCINOWSKI, H. J. 1970. *H<sub>2</sub>O* 3, 22. 1970.
46. DAVIES, R. W. – BIEHL, J. A. – SMITH, R. M. 1964. Proc. 19th Ind. Waste Conf. Purdue Univ. Ext. Ser. 117, 126 Lafayette, USA 1964.
47. KURAŠ, M. 1991. *Technologie zpracování odpadů*. Praha: ES VŠCHT, 1991.
48. JANOŠKO, I. – PIATRIK, M. – GIBA, M. 1988. *Ekologické aspekty komunálnej techniky*. Technika zneškodňovania odpadov I. Nitra: LSDV pri SPU, 1988.