

NAKLADANIE S ODPADMI



Príručka pre okresné úrady v oblasti ochrany ovzdušia

Názov: Nakladanie s odpadmi
Príručka pre okresné úrady v oblasti ochrany ovzdušia

Autor: Ing. Elena Bodíková, PhD.

Jazykové korektúry: Denisa Dovičovičová

Grafická úprava: Mgr. Richard Watzka

Vydavateľ: © Slovenská agentúra životného prostredia
Tajovského 28, 975 90 Banská Bystrica

Rok vydania: 2023

Počet strán: 76

Elektronická verzia

ISBN: 978-80-8213-096-9

OBSAH

POUŽÍVANÉ SKRATKY	4
1. SPALOVANIE A SPOLUSPALOVANIE ODPADOV	5
1.1. Techniky využívané na spaľovanie odpadov	5
1.2. Zariadenia na spoluspaľovanie odpadov	9
2. TECHNOLÓGIE TEPELNÉHO SPRACOVANIA ODPADOV	14
2.1. Používané techniky	15
2.2. Vstupy a výstupy	18
2.3. Techniky na zníženie emisií do ovzdušia	21
2.4. Problémové body a možnosti riešenia	21
2.5. Opis techník, ktoré sú považované za BAT	22
2.6. Povoľovací proces	22
3. TECHNOLÓGIE A TECHNIKY NA SPRACOVANIE ODPADU	24
3.1. Používané techniky	25
3.2. Vstupy a výstupy	38
3.3. Techniky na zníženie emisií do ovzdušia	39
3.4. Problémové body a možnosti riešenia	39
3.5. Opis techník, ktoré sú považované za BAT	40
3.6. Povoľovací proces	41
4. ZARIADENIA NA SPRACOVANIE A SPALOVANIE VEDĽAJŠÍCH ŽIVOČÍŠNYCH PRODUKTOV.	43
4.1. Používané techniky	43
4.2. Vstupy a výstupy	46
4.3. Techniky na zníženie emisií do ovzdušia	47
4.4. Problémové body a možnosti riešenia	47
4.5. Opis techník, ktoré sú považované za BAT	47
4.6. Povoľovací proces	47
5. KOMPOSTÁRNE	48
5.1. Opis procesov kompostovania	48
5.2. Používané techniky	49
5.3. Vstupy a výstupy	53
5.4. Techniky na zníženie emisií do ovzdušia	53
5.5. Problémové body a možnosti riešenia	54
5.6. Opis techník, ktoré sú považované za BAT	54
5.7. Povoľovací proces	54
6. ČISTIARNE ODPADOVÝCH VÔD	55
6.1. Používané techniky	55
6.2. Vstupy a výstupy	65
6.3. Techniky na zníženie emisií do ovzdušia	66
6.4. Problémové body a možnosti riešenia	69
6.5. Opis techník, ktoré sú považované za BAT	69
6.6. Povoľovací proces	69
7. ZOZNAM LITERATÚRY	71
7.1. Legislatívne predpisy	71
7.2. Referenčné dokumenty BREF	72
7.3. Technické normy pre skládkovanie	72
7.4. Technické normy a špecifikácie pre spracovanie elektroodpadov	73
7.5. Technické normy pre meranie zápachu z čistenia odpadových vôd	73
7.6. Iné zdroje	73

POUŽÍVANÉ SKRATKY

AMS	automatizovaný monitorovací systém
BAT	najlepšie dostupné techniky
BSK ₅	biologická spotreba kyslíka za 5 dní
CLM	referenčný dokument BREF Výroba cementu, vápna a oxidu horečnatého
C _{org}	organický uhlík
ČOV	čistiareň odpadových vôd
EO	ekvivalentný obyvateľ
IPKZ	integrovaná prevencia a kontrola znečisťovania životného prostredia
LCP	referenčný dokument BREF Veľké spaľovacie zariadenia
MBÚ	mechanicko-biochemická úprava odpadu
MŽP SR	Ministerstvo životného prostredia Slovenskej republiky
N _{cel}	celkový dusík
NFM	referenčný dokument BREF Výroba a spracovanie neželezných kovov
NL	nerozpustené látky
PCB	polychlórované bifenyly
P _{cel}	celkový fosfor
RDF	refused derived fuel (tuhé alternatívne palivo)
TZL	tuhé znečisťujúce látky
WI	referenčný dokument BREF Spaľovanie odpadov
WT	referenčný dokument BREF Spracovanie odpadov

1. SPAĽOVANIE A SPOLUSPAĽOVANIE ODPADOV

Cieľom spaľovania odpadov je ich zneškodnenie alebo zmenšenie ich objemu s možnosťou využitia vzniknutého tepla buď na priamy ohrev, alebo na výrobu elektrickej energie. Spaľovanie s cieľom zneškodnenia odpadov sa využíva hlavne pre nebezpečné odpady (nebezpečné odpady sú odpady, ktoré majú aspoň jednu nebezpečnú vlastnosť uvedenú v osobitnom predpise¹). Spaľovanie odpadov spojené s využitím vzniknutého tepla sa využíva v zariadeniach na energetické zhodnocovanie odpadov², ktoré nie sú nebezpečné (najčastejšie zmesové komunálne odpady).

Na zariadenia na spaľovanie nebezpečných odpadov sú kladené vysoké nároky na použitú technológiu a výstupy zo zariadenia. Na spaľovne odpadov, ktoré nie sú nebezpečné, sú kladené odlišné legislatívne požiadavky, čo má vplyv aj na používané techniky a technológie.

§ 18 zákona o odpadoch ustanovuje podmienky, za ktorých sa môže spaľovacie zariadenie považovať za zariadenie na energetické zhodnocovanie odpadov, a vyhláška MŽP SR č. 371/2015 Z. z., ktorou sa vykonávajú niektoré ustanovenia zákona o odpadoch (v znení neskorších predpisov), v prílohe č. 9 uvádza vzorec na výpočet energetickej účinnosti zariadenia. Rozhodnutie, či zariadenie je spaľovňa odpadov alebo zariadenie na energetické zhodnocovanie odpadov, však nemá žiadny vplyv na požiadavky na emisné limity alebo kvalitu vypúšťaných odpadových plynov, či monitorovanie znečistenín. Preto v nasledujúcich kapitolách budú obidva tieto pojmy používané ako ekvivalenty, resp. rovnocenné možnosti.

1.1. Techniky využívané na spaľovanie odpadov

Spaľovanie odpadov je tepelný proces, pri ktorom sa spáliteľné látky rozkladajú za prístupu kyslíka (vzduchu) pri vysokých teplotách na jednoduchšie látky. Výsledkom procesu sú plynné zlúčeniny, hlavne CO₂, H₂O, NO_x, SO_x a ďalšie plyny v závislosti od zloženia odpadu a procesu spaľovania, a tuhé zvyšky (škvara, popol a popolček).

Zariadenie na spaľovanie (vrátane energetického zhodnocovania³) odpadov pozostáva z viacerých technologických prvkov, pričom samotné spaľovanie odpadov je iba jednou časťou procesu spracovania odpadov (obr. 1).

Zariadenie na spaľovanie odpadov zahŕňa nasledujúce činnosti:

- a) príjem odpadov,
- b) skladovanie odpadov pred spracovaním,
- c) predúprava odpadov (triedenie, magnetická separácia kovov, drvenie, ak je potrebné),
- d) navážka odpadov do zariadenia,
- e) termické spracovanie (zneškodnenie, zhodnotenie),
- f) rekuperácia energie (bojler),

1 § 2 odsek 9 zákona o odpadoch.

2 Činnosť R1 podľa prílohy č. 1 k zákonu o odpadoch.

3 Energetické zhodnocovanie odpadov je definované v § 18 ods. 2 zákona o odpadoch nasledovne:

Spaľovanie iného ako komunálneho odpadu v spaľovniach odpadov sa považuje za energetické zhodnocovanie odpadov činnosťou R1 podľa prílohy č. 1, ak sú splnené uvedené podmienky:

a) *ide o činnosť uvedenú v § 3 ods. 13 (zhodnocovanie odpadu),*

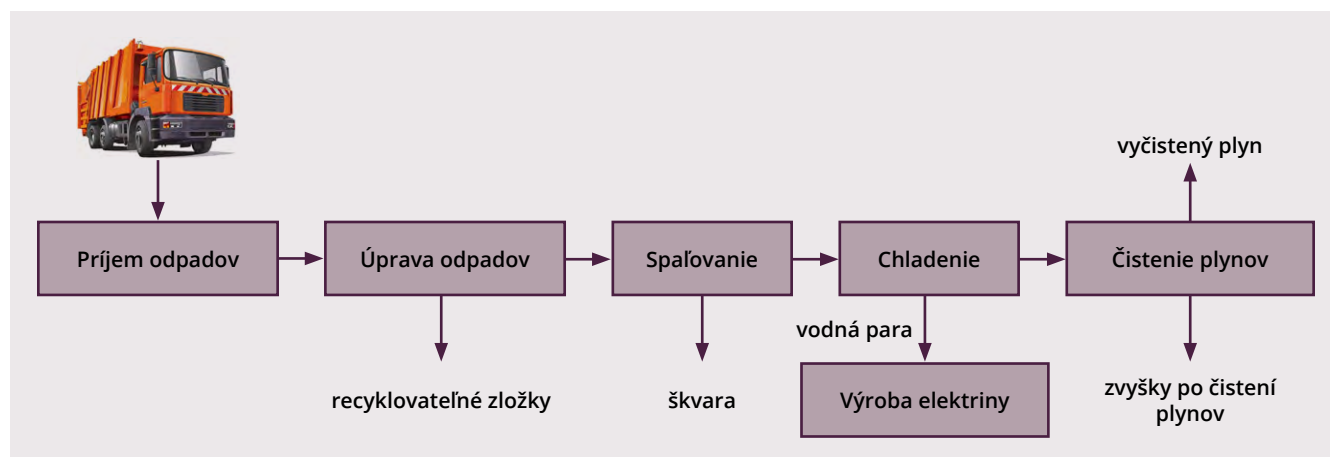
b) *účelom spaľovania odpadu je výroba energie,*

c) *energia získaná týmto spaľovaním odpadu je väčšia ako energia spotrebovaná počas procesu jeho spaľovania,*

d) *podľa spaľovania odpadu sa musí spotrebovať väčšia časť odpadu a*

e) *väčšia časť energie získanej počas spaľovania odpadu sa musí zhodnotiť a skutočne využiť, pričom uvedené využitie je buď okamžité v podobe tepla získaného spaľovaním, alebo po spracovaní v podobe elektrickej energie.*

- g) čistenie odpadových plynov,
- h) nakladanie s odpadmi z čistenia odpadových plynov,
- i) vypúšťanie plynov,
- j) monitoring a kontrola emisií (AMS),
- k) čistenie odpadových vôd,
- l) nakladanie so škvarou a popolom,
- m) zhodnotenie/zneškodnenie tuhých odpadov.



Obrázok 1: Hrubá schéma zariadenia na spaľovanie odpadov

Procesy prijímania odpadov do zariadenia, ich skladovanie, predúprava a skládkovanie vzniknutých odpadov sú opísané v kapitole 3 tohto materiálu. Nasledujúca kapitola sa bude venovať výlučne procesu spaľovania odpadov.

1.1.1. Používané techniky

Vlastný spaľovací proces prebieha v plynnej fáze v zlomkoch sekúnd a súčasne uvoľňuje energiu tam, kde je dostatočná výhrevnosť odpadu a prívod kyslíka; to môže viesť k tepelnej reťazovej reakcii a samonosnému spaľovaniu, t. j. nie je potrebné pridávať ďalšie palivá.

Spaľovanie odpadov sa uskutočňuje v nasledujúcich stupňoch:

1. sušenie a odplynenie, počas ktorého sa uvoľňujú prchavé látky (uhlíkovodíky a voda) pri teplotách medzi 100 – 300 °C, pričom pre tento proces nie je potrebné oxidačné činidlo (vzduch);
2. pyrolýza a splynovanie – pri teplotách 250 – 700 °C prebieha rozklad organických látok bez prítomnosti oxidačného činidla (pyrolýza) a následné splynovanie pri teplotách 500 – 1 000 °C je reakciou vzniknutých plynov s vodnou parou a CO₂ v prítomnosti vodnej pary a vzduchu;
3. oxidácia – v prítomnosti vzduchu dochádza k oxidačným reakciám medzi plynmi vzniknutými v predchádzajúcich stupňoch rozkladu a kyslíka za vzniku jednoduchých plynov; tieto reakcie sa zvyčajne uskutočňujú pri teplotách medzi 800 – 1 450 °C.

Na úspešné spálenie je potrebný dostatočný prísun kyslíka, väčšinou sa pracuje s nadbytkom vzduchu v rozmedzí 1,2- až 2,5-násobku oproti stechiometrickému množstvu kyslíka.

Spaľovanie sa uskutočňuje v rôznych typoch reaktorov a v rôznych technologických usporiadaniach. V princípe sa využívajú tri typy reaktorov:

1. roštový,
2. fluidný (s fluidným lôžkom),
3. rotačný.

Na spaľovanie komunálnych odpadov a odpadov, ktoré nie sú nebezpečné, sa najčastejšie využívajú roštové reaktory (kotly). Fluidné a rotačné reaktory sú vhodné na spaľovanie nebezpečných odpadov.

Najčastejšie používané typy reaktorov sú detailne opísané v BREF Spaľovanie odpadov (WI) v kapitolách 2.3.1 – 2.3.3. (dostupné na: <https://bat.enviroportal.sk/Public/DatabazaBREF.aspx>).

1.1.2. Vstupy a výstupy

1.1.2.1. Vstupy

Základným vstupným materiálom pre zariadenia na spaľovanie/energetické zhodnocovanie odpadov sú odpady. Pre úspešnosť procesu spaľovania a zabezpečenie potrebnej kvality spalín je dôležité, aké odpady sa do zariadenia prijímajú. Už pri schvaľovaní prevádzky je dôležité, aby bol dôsledne skontrolovaný zoznam schvaľovaných druhov odpadov, ako aj prevádzkový poriadok, v ktorom musia byť detailne opísané procesy kontroly odpadov pri ich prijímaní do zariadenia. Pri následných kontrolách je potrebné zamerať pozornosť na dodržiavanie týchto procesov zo strany zamestnancov zariadenia a na kontrolné mechanizmy zavedené v zariadení. Zoznam schválených druhov odpadov závisí od technológie zariadenia a teploty v spaľovacej komore.

Na skladovanie odpadov pred ich spracovaním sú kladené požiadavky uvedené vo vykonávacej vyhláške o ovzduší (príloha č. 5, II. časť, bod 2), ako aj vo vyhláške č. 371/2015 Z. z.⁴ Bližšie sa skladovaniu odpadov venuje kapitola 3.1.6.

Ostatné vstupy sú detailne opísané v dokumente BREF Spaľovanie odpadov (WI) v kapitole 3.

1.1.2.2. Výstupy

Pri spaľovaní odpadov sú hlavnými zložkami spalín vodná para, dusík, oxid uhličitý a kyslík. V závislosti od zloženia spaľovaného materiálu a od prevádzkových podmienok vznikajú menšie množstvá CO, HCl, HF, HBr, HI, NO_x, NH₃, SO₂, VOC, PCDD/F, PCB a zlúčenín ťažkých kovov. V závislosti od teplôt spaľovania počas hlavných fáz spaľovania sa prchavé ťažké kovy a anorganické zlúčeniny (napr. soli) úplne alebo čiastočne odparia. Tieto látky sa prenášajú zo vstupného odpadu tak do spalín, ako aj do popolčeka. Pri spaľovaní vznikajú dva tuhé odpady: minerálny zvyškový popolček (prach ako tuhá znečisťujúca látka TZL) a ťažší pevný popol (troska). V spaľovniach komunálneho odpadu troska tvorí približne 10 % objemových a približne 20 – 30 % hmotnostných vstupného tuhého odpadu. Množstvo popolčeka je oveľa nižšie, vo všeobecnosti len niekoľko percent vstupného materiálu. Podiely pevných zvyškov sa značne líšia v závislosti od typu odpadu a podrobného technologického procesu.

Detailný opis výstupov z procesu spaľovania odpadov je uvedený v dokumente BREF Spaľovanie odpadov (WI) v kapitole 3.

1.1.3. Techniky na zníženie emisií do ovzdušia

Používané techniky na zníženie emisií do ovzdušia sú opísané v dokumente BREF Spaľovanie odpadov v kapitole 2.5. V závislosti od navrhovanej technologickej linky sa môžu využiť niektoré z uvedených techník a technológií tak, aby sa dosiahli požadované limitné koncentrácie/množstvá emisií uvedené v prílohe č. 5 k vykonávacej vyhláške o ovzduší.

⁴ Vyhláška MŽP SR č. 371/2015 Z. z., ktorou sa vykonávajú niektoré ustanovenia zákona o odpadoch v znení neskorších predpisov.

1.1.4. Problémové body a možnosti riešenia

Pri schvaľovaní zariadenia na spaľovanie/energetické zhodnocovanie odpadov je potrebné vychádzať zo záverečného stanoviska podľa zákona o posudzovaní vplyvov na životné prostredie. Z pohľadu ochrany ovzdušia je nutné vyžadovať kvalitnú rozptylovú štúdiu, aplikáciu najlepších dostupných techník podľa vykonávacieho rozhodnutia Komisie (EÚ) 2019/2010⁵, ako aj detailný opis navrhovanej technológie.

Podľa § 14 ods. 1 zákona o ovzduší všetky nové zariadenia stacionárnych zdrojov a jestvujúce zariadenia stacionárnych zdrojov, na ktorých sa vykoná podstatná zmena, musia zodpovedať najlepšej dostupnej technike.

V prípade, ak záverečné stanovisko podľa zákona o posudzovaní vplyvov na životné prostredie bude kladné a spaľovacie zariadenie bude možné postaviť a prevádzkovať, najdôležitejšie bude zamerať pozornosť okrem požiadaviek uvedených v zákone o vzduší, resp. vykonávacej vyhláške o ovzduší (zákon o IPKZ) na vypracovanie detailných postupov pri prijímaní odpadov do zariadenia a kontrolné mechanizmy na zamedzenie spaľovania odpadov, ktoré nie sú schválené v rozhodnutí príslušného povoloacieho orgánu.

1.1.5. Opis techník, ktoré sú považované za BAT

Najlepšie dostupné techniky, ktoré sa vzťahujú na zariadenia s kapacitou podľa prílohy č. 1 k zákonu o IPKZ, sú opísané v rozhodnutí 2019/2010⁵.

Zákon o vzduší v § 14 ods. 1 uvádza:

„Nové zariadenia stacionárnych zdrojov a jestvujúce zariadenia stacionárnych zdrojov, na ktorých sa vykoná podstatná zmena, musia zodpovedať najlepšej dostupnej technike⁵) a všetky zariadenia stacionárnych zdrojov musia spĺňať ustanovené požiadavky na rozptyl emisií znečisťujúcich látok.“

Odkaz pod čiarou ⁵) v tomto ustanovení odkazuje na zákon o IPKZ. Teda aj na zariadenia, ktoré kapacitne nespĺňajú požiadavku prílohy č. 1 k zákonu o IPKZ a ktoré sú nové alebo na ktorých sa vykonala podstatná zmena, sa vzťahujú najlepšie dostupné techniky podľa legislatívy integrovaného povolenia.

1.1.6. Povoľovací proces

Príloha č. 1 k zákonu o IPKZ uvádza nasledujúce hranice pre požiadavku na integrované povolenie:

5.2. Zneškodňovanie alebo zhodnocovanie odpadov v spaľovniach odpadov a zariadeniach na spolumspaľovanie odpadov, ak ide o

- a) odpad, ktorý nie je nebezpečný, s kapacitou väčšou ako 3 t za hodinu;
- b) nebezpečný odpad s kapacitou väčšou ako 10 t za deň.

Keďže spaľovňa odpadov s nižšou kapacitou nedáva ekonomický zmysel (literatúra uvádza limitnú kapacitu pre spaľovňu komunálnych odpadov ako ekonomicky udržateľnú na úrovni 100 000 ton odpadov ročne), potom spaľovne odpadov (alebo zariadenia na energetické zhodnocovanie odpadov) **podliehajú integrovanému povoleniu.**

Zákon o posudzovaní vplyvov na životné prostredie stanovuje **povinné hodnotenie pre všetky spaľovne odpadov** (nebezpečných aj nie nebezpečných) **bez limitu.**

⁵ Vykonávacie rozhodnutie Komisie (EÚ) 2019/2010 z 12. novembra 2019, ktorým sa podľa smernice Európskeho parlamentu a Rady 2010/75/EÚ stanovujú závery o najlepších dostupných technikách (BAT) pre spaľovanie odpadu.

Vykonávacia vyhláška o ovzduší v prílohe č. 5 ustanovuje špeciálne požiadavky na spaľovanie odpadov, ktoré je nutné zahrnúť do rozhodnutí.

Podľa zákona o odpadoch okresný úrad v sídle kraja dáva vyjadrenie k zriadeniu spaľovne odpadov alebo zariadenia na spoluspaľovanie odpadov a k ich zmenám ako podklad na udelenie súhlasu podľa zákona o ovzduší alebo zákona o IPKZ.

1.2. Zariadenia na spoluspaľovanie odpadov

Spoluspaľovanie odpadov je proces, pri ktorom sa časť primárneho paliva (plyn, kvapalné palivá, koks) nahrádza odpadmi. Základným účelom zariadenia na spoluspaľovanie odpadov nie je zneškodnenie/zhodnotenie odpadov, ale výroba produktu.

Spoluspaľovanie odpadov sa uplatňuje pri výrobe:

- a) cementu,
- b) vápna,
- c) tepla, prípadne elektrickej energie.

Odpady využívané ako palivo musia byť upravené v závislosti od požiadaviek danej technológie. Najčastejšie sa odpady upravujú v externom zariadení, kde sa triedia, zmiešavajú, drvia, prípadne melú alebo aj peletujú na požadované rozmery. Takto upravené odpady spĺňajú požiadavky daného zariadenia na spoluspaľovanie odpadov a často sú poskytované zariadeniu ako vstupný produkt („alternatívne palivo“, „odpadové palivo“, „refused derived fuel RDF“). Takýto produkt však je naďalej považovaný za odpad s katalógovým číslom 19 12 10⁷. Kvalitu tohto paliva úzkostlivo kontrolujú samotné zariadenia na spoluspaľovanie odpadov vzhľadom na požiadavky na kvalitu produktu (napríklad odpady s obsahom chlóru zhoršujú kvalitu cementu a pôsobia korozívne na zariadenie), ako aj na legislatívne požiadavky na splnenie limitov pre emisie vypúšťané zo zariadenia.

Pred ich použitím je potrebné odpady vysušiť a predhriať, na čo je prispôbená základná technológia výroby produktu s využitím odpadového tepla vznikajúceho pri výrobe produktu.

1.2.1. Používané techniky

1.2.1.1. Výroba cementu

Základné výhody spoluspaľovania odpadov v cementárenských peciach sa dajú zhrnúť do nasledujúcich bodov⁸:

- maximálne teploty cca 2 000 °C (hlavný spaľovací systém, teplota plameňa) v rotačných peciach;
- zdržné doby plynu približne 8 sekúnd pri teplotách nad 1 200 °C v rotačných peciach;
- teploty materiálu okolo 1 450 °C v zóne spekania rotačnej pece;
- oxidačná plynná atmosféra v rotačnej peci;
- zdržná doba plynu v sekundárnom spaľovacom systéme viac ako 2 sekundy pri teplotách nad 850 °C; v predkalcinátore sú retenčné časy primerane dlhšie a teploty vyššie;
- teploty pevných látok 850 °C v sekundárnom vypalovacom systéme a/alebo kalcinátore;

6 Termín podľa § 2 písm. u) vyhlášky MŽP SR č. 228/2014 Z. z., ktorou sa ustanovujú požiadavky na kvalitu palív a vedenie prevádzkovej evidencie o palivách v znení neskorších predpisov.

7 Podľa prílohy č. 1 k vyhláške MŽP SR č. 365/2015 Z. z., ktorou sa ustanovuje Katalóg odpadov, v znení neskorších predpisov.

8 Referenčný dokument BREF Výroba cementu, vápna a oxidu horečnatého (CLM).

- rovnomerné podmienky vyhorenia pre kolísanie zaťaženia v dôsledku vysokých teplôt pri dostatočne dlhých zdržných dobách;
- rozklad organických znečisťujúcich látok v dôsledku vysokých teplôt pri dostatočne dlhých zdržných dobách;
- sorpcia plyných zložiek ako HF, HCl, SO₂ na alkalické reaktanty;
- vysoká retenčná kapacita pre naviazanie ťažkých kovov na častice materiálu;
- krátke zdržné doby odpadových plynov v teplotnom rozsahu, o ktorom je známe, že vedie k „denovo syntéze“ PCDD/F;
- úplné využitie palivového popola ako zložky slinku, a tým súčasná materiálová recyklácia (napr. aj ako súčasť suroviny) a energetické zhodnocovanie;
- nevznikajú odpady špecifické pre produkt v dôsledku úplného využitia materiálu do matrice slinku;
- chemicko-mineralogické začlenenie neprchavých ťažkých kovov do matrice slinku.

Upravené odpady (úprava odpadov pre potreby cementárskeho priemyslu je opísaná v kapitole 3) sa dávajú do rotačnej pece najčastejšie na tom istom mieste ako primárne palivo alebo spolu s primárnym palivom, ale niektoré technológie môžu mať samostatné miesta pre vstup odpadov (napríklad pre celé pneumatiky alebo samostatné potrubie pre práškové odpady). Dôležité je, aby odpady vstupovali do rotačnej pece na takom mieste, ktoré zabezpečí dostatočné prehorenie odpadu (dostatočnú teplotu a dostatočnú zdržnú dobu).

Opis používaných technológií a techník pri výrobe cementu je uvedený v referenčnom dokumente BREF Výroba cementu, vápna a oxidu horečnatého (CLM) v kapitole 1 (dostupné na: <https://bat.enviroportal.sk/Public/DatabazaBREF.aspx>).

1.2.1.2. Výroba vápna

Podobne ako pri výrobe cementu, aj pri výrobe vápna je prvoradým cieľom používania odpadov zníženie nákladov na primárne palivá. Pri výrobe vápna sa však kladú vyššie požiadavky na vstupné odpady, ktoré by mohli negatívne ovplyvniť kvalitu výstupného produktu. Preto sa aj využívajú iba niektoré druhy odpadov, a nie taká široká škála, ako je to v prípade výroby cementu. Pri využití odpadov ako paliva sa montujú špeciálne horáky. Detailný opis technológie výroby vápna, ako aj požiadavky na technológiu, ak využíva odpady ako palivo, sú uvedené **v referenčnom dokumente BREF Výroba cementu, vápna a oxidu horečnatého (CLM) v kapitole 2**. Procesy úpravy odpadu sú uvedené v kapitole 3.

1.2.1.3. Výroba tepla alebo elektrickej energie

Niektoré odpady majú vysokú kalorickú hodnotu a sú vhodné na výrobu tepla a/alebo elektrickej energie. V takomto prípade je potrebné upraviť technológiu (rošty/horáky), ako aj nainštalovať zariadenia na čistenie odpadových plynov a AMS. **Používané technológie sú detailne opísané v referenčnom dokumente BREF Veľké spaľovacie zariadenia (LCP) v kapitole 9**.

Podobne ako v predchádzajúcich prípadoch, aj v prípade výroby tepla/energie z odpadov je dôležitý výber odpadov, ich úprava a vstup do zariadenia. Najčastejšie sa odpadové palivá dávajú spolu s primárnym palivom (v prípade tuhých primárnych palív) alebo samostatným vstupom (kvapalné alebo práškové odpady). Zvyčajne sa tiež používajú iné rošty ako v prípade používania výlučne primárnych tuhých palív. Odpady je možné využiť aj vo fluidných kotloch.

Pri použití odpadov ako paliva je povinnosťou zabezpečiť všetky požiadavky kladené na zariadenia na spoluspaľovanie odpadov v zmysle legislatívnych požiadaviek.

1.2.2. Vstupy a výstupy

1.2.2.1. Vstupy

Na kvalitu ovzdušia majú zásadný vplyv odpady, ktoré do zariadenia na spoluspalovanie odpadov vstupujú ako náhrada paliva, prípadne aj surovín (pri výrobe cementu sa do produktu zakomponujú všetky neprchavé produkty spálenia odpadov, čo umožní využiť obsah kovov alebo aj iných materiálov prítomných v odpadoch na úsporu primárnych surovín). V závislosti od produktu výroby, ako aj použitej technológie je možné do spalovacích zariadení dávkovať rôzne druhy odpadov.

Najväčší rozsah využívaných odpadov je možný pri výrobe cementu. Okrem odpadov, ktoré majú vysokú kalorickú hodnotu (papier, kartón, plasty, drevo, textil), je možné využívať aj niektoré nebezpečné odpady (infekčné odpady, odpadové minerálne oleje) a vhodnou náhradou primárneho paliva a zároveň aj primárnych surovín sú odpadové pneumatiky. Zoznam odpadov, ktoré sú súčasťou rozhodnutia o prevádzke cementárne ako zariadenia na spoluspalovanie odpadov, môže byť rozsiahly bez rizika, že by to negatívne ovplyvnilo kvalitu ovzdušia. Tento zoznam závisí predovšetkým od možností používanej technológie v konkrétnom zariadení.

Pri výrobe vápna sa najčastejšie ako alternatívne palivo využíva biomasa a odpady z dreva, odpadové pneumatiky, plastové odpady, niektoré kvapalné odpady či mäsokostná múčka.

Pri výrobe tepla/elektrickej energie je možné využívať širokú škálu odpadov. To, aké odpady je možné spaľovať, závisí výlučne od možností technologického zariadenia (typ kotla, typ roštov, typy a účinnosti čistiacich zariadení pre odpadové plyny). V súčasnosti sa najviac využíva biomasa, odpady z dreva, prípadne upravené energeticky hodnotné odpady (odpadové palivá).

1.2.2.2. Výstupy

Výstupy z pohľadu ochrany ovzdušia zo zariadení na spoluspalovanie odpadov obsahujú širokú škálu plyných a tuhých znečisťujúcich látok, ktoré sú však zachytávané v technológiách na čistenie odpadových plynov. Zloženie odpadových plynov závisí od samotnej technológie, pričom je preukázané, že predovšetkým v prípade cementárni sa väčšina produktov tepelného rozkladu odpadov viaže priamo v slinku. V prípade výroby energie a/alebo tepla však znečisťujúce látky vznikajúce pri spaľovaní odpadov nie sú zakomponované do žiadneho produktu a zariadenie musí byť vybavené rovnakými koncovými technológiami ako spaľovňa odpadov.

1.2.3. Techniky na zníženie emisií do ovzdušia

Všetky používané, ako aj navrhované techniky a technológie na zníženie emisií do ovzdušia sú detailne opísané v príslušných referenčných dokumentoch BREF (LCP, CLM) (dostupné na <https://bat.enviroportal.sk/Public/DatabazaBREF.aspx>).

1.2.4. Problémové body a možnosti riešenia

Pri schvaľovaní zariadení na spoluspalovanie odpadov z pohľadu schvaľovania vstupných odpadov do zariadenia zvyčajne nenastávajú problémy, pretože samotné zariadenia majú ekonomický záujem na tom, aby do zariadenia vstupovali iba také odpady, ktoré sú vhodné a ktoré nezhoršia kvalitu produktu, prípadne kvalitu vypúšťaných odpadových plynov.

Najčastejší problém, s ktorým je možné sa stretnúť, je ten, že zariadenie pri jeho povoľovaní deklaruje, že bude využívať biomasu ako náhradu primárneho paliva. Z pohľadu legislatívy v oblasti od-

padov⁹ sa biomasa nepovažuje za odpad, teda zariadenie, ktoré využíva iba biomasu, nie je z pohľadu zákona o ovzduší ani zákona o odpadoch zariadením na spoluspalovanie odpadov, a teda sa na takéto zariadenie neuplatňujú emisné limity podľa prílohy č. 5 k vykonávacej vyhláške o ovzduší. Ak však toto zariadenie začne spaľovať aj iné drevené materiály, ktoré sa však zaraďujú medzi odpady (napr. rozbité drevené palety), potom je nutné, aby zariadenie malo povolenie na prevádzku ako zariadenie na spoluspalovanie odpadov (aj v prípade, ak využíva drevené odpady, ktoré nevykazujú nebezpečné vlastnosti) a požadovalo sa plnenie požiadaviek podľa prílohy č. 5 k vykonávacej vyhláške o ovzduší.

1.2.5. Opis techník, ktoré sú považované za BAT

Techniky považované za najlepšie dostupné techniky BAT sú detailne opísané v referenčných dokumentoch BREF CLM a LCP, ako aj vo vykonávacích rozhodnutiach Komisie:

- 2013/163/EÚ, ktorým sa stanovujú závery o najlepších dostupných technikách (BAT) podľa smernice Európskeho parlamentu a Rady 2010/75/EÚ o priemyselných emisiách na výrobu cementu, vápna a oxidu horečnatého, a
- 2021/2326/EÚ, ktorým sa stanovujú závery o najlepších dostupných technikách (BAT) podľa smernice Európskeho parlamentu a Rady 2010/75/EÚ o priemyselných emisiách pre veľké spaľovacie zariadenia.

Zákon o vzduší v § 14 ods. 1 uvádza:

„Nové zariadenia stacionárnych zdrojov a jestvujúce zariadenia stacionárnych zdrojov, na ktorých sa vykoná podstatná zmena, musia zodpovedať najlepšej dostupnej technike⁵⁾ a všetky zariadenia stacionárnych zdrojov musia spĺňať ustanovené požiadavky na rozptyl emisií znečisťujúcich látok.“

Odkaz pod čiarou ⁵⁾ v tomto ustanovení odkazuje na zákon o IPKZ. Teda aj na zariadenia, ktoré kapacitne nespĺňajú požiadavku prílohy č. 1 k zákonu o IPKZ a ktoré sú nové alebo na ktorých sa vykonala podstatná zmena, sa vzťahujú najlepšie dostupné techniky podľa legislatívy integrovaného povoľovania.

1.2.6. Povoľovací proces

Podľa prílohy č. 1 k zákonu o IPKZ **integrované povolenie sa požaduje** od prevádzky na:

- výrobu cementového slinku v rotačných peciach s výrobnou kapacitou väčšou ako 500 t za deň alebo iných peciach s výrobnou kapacitou väčšou ako 50 t za deň,
- výrobu vápna v peciach s výrobnou kapacitou väčšou ako 50 t za deň,
- spaľovanie palív v prevádzkach s celkovým menovitým tepelným príkonom rovným alebo väčším ako 50 MW.

Podľa prílohy č. 8 k zákonu o posudzovaní vplyvov na životné prostredie **sa vyžaduje povinné hodnotenie alebo zisťovacie konanie pre nasledujúce činnosti** (tab. 1).

9 Zákon o odpadoch, vyhláška MŽP SR č. 365/2015 Z. z., ktorou sa ustanovuje Katalóg odpadov, v znení neskorších predpisov.

Tabuľka 1: Prahové hodnoty pre posudzovanie vplyvov na životné prostredie pre zariadenia na spoluspaľovanie odpadov

Kap.	Pol.	Činnosť	Povinné hodnotenie od prahovej hodnoty	Zisťovacie konanie pre prahové hodnoty
2	1	Tepelné elektrárne a ostatné zariadenia na spaľovanie s tepelným výkonom	od 300 MW	od 50 MW do 300 MW
2	13	Ostatné priemyselné zariadenia na výrobu elektriny, pary a teplej vody, ak nie sú zaradené v položkách č. 1 – 4 a 12	od 50 MW	od 5 MW do 50 MW
6	1	Cementárne, vápenky (s rotačnými alebo inými pecami) s kapacitou – cementového slinku a/alebo cementu – vápna	– od 500 t/deň – od 50 t/deň	– do 500 t/deň

Príloha č. 5 k vykonávacej vyhláške o ovzduší uvádza emisné limity pre zariadenia na spoluspaľovanie odpadov pre cementárne vrátane ďalších požiadaviek na prevádzkovanie zariadenia, pre spaľovacie zariadenia a ostatné priemyselné odvetvia.

Vzhľadom na ekonomickú efektívnosť zariadení na spoluspaľovanie odpadov z pohľadu celkovej efektívnej kapacity zariadenia a vysoké náklady na čistenie odpadových plynov a prevádzku AMS je vysoko pravdepodobné, že povolované zariadenia budú spadať pod integrované povolovanie a pracovníci odborov starostlivosti o životné prostredie okresných úradov sa budú vyjadrovať k návrhu zariadenia predovšetkým v rámci procesu posudzovania vplyvov na životné prostredie.

2. TECHNOLOGIE TEPELNÉHO SPRACOVANIA ODPADOV

Technológie tepelného spracovania odpadov využívajú tepelnú energiu na rozklad látok za vzniku jednoduchších molekúl. Tepelné spracovanie odpadov sa podľa podmienok, za ktorých sa vykonáva, delí na štyri základné procesy:

1. spaľovanie je rozkladom pri zvýšených teplotách za prítomnosti kyslíka (vzduchu) ako oxidačného činidla,
2. pyrolýza je rozklad látok pri zvýšených teplotách bez prístupu kyslíka (vzduchu),
3. splynovanie je rozklad látok pri zvýšenej teplote a zvýšenom tlaku bez prístupu alebo s obmedzeným prístupom kyslíka a
4. plazmový rozklad je rozkladom látok v podmienkach plazmy pri veľmi vysokých teplotách.

Pri týchto procesoch sa používajú aj rozdielne teploty. Kým počas spaľovania odpadov sa využívajú teploty v rozsahu od 800 °C do 1 100 – 1 500 °C, pri pyrolytických procesoch sa teploty pohybujú zvyčajne v rozmedzí 250 – 700 °C, pri splynovaní 500 – 1 600 °C a v plazme sa dosahujú teploty až do 30 000 °C v jadre. Porovnanie jednotlivých procesov je uvedené v tabuľke 2.

Tabuľka 2: Porovnanie spaľovania, pyrolýzy, splynovania a plazmového rozkladu
(zdroj: BREF WI; Heberlein, J.; Imriš, I.)

	Spaľovanie	Pyrolýza	Splynovanie	Plazmový rozklad
Reakčná teplota [°C]	800 – 1 450	250 – 700	500 – 1 600	1 800 – 30 000
Tlak [bar]	1	1	1 – 45	1
Reagenty (prostredie)	vzduch	inert/dusík	splynovacie činidlá: kyslík, voda	argón, dusík, vzduch
Stechiometrický pomer	>1	0	<1	–
Produkty rozkladu				
- plynné	CO ₂ , H ₂ O, O ₂ , N ₂	H ₂ , CO, uhľovodíky, H ₂ O, N ₂	H ₂ , CO, CO ₂ , CH ₄ , H ₂ O, N ₂	CO, H ₂ , N ₂ , H ₂ O, SO ₂ , HCl
- tuhé	popol, troska	popol, koks	troska, popol	kovová zliatina, troska
- kvapalné	–	pyrolytický olej, voda	–	–

Spaľovacím procesom sa venuje predchádzajúca kapitola, táto kapitola sa bude venovať procesom pyrolytickým, splynovacím a plazmovým. Spoločnou črtou procesov pyrolýzy, splynovania a plazmového rozkladu je vznik produktov, ktoré sa využívajú ako vstup do ďalšej výroby, hlavne materiálového zhodnotenia v chemickom alebo petrochemickom priemysle alebo ako palivo.

Z pohľadu potrieb pracovníkov povolovacích orgánov je dôležitá legislatívna definícia týchto procesov. Smernica 2010/75/EÚ o priemyselných emisiách (integrovaná prevencia a kontrola znečisťovania životného prostredia) v článku 3 uvádza, že „*spaľovňa odpadov je akákoľvek stacionárna alebo mobilná technická jednotka a zariadenie určené pre tepelné spracovanie odpadov so zužitkovaním vznikajúceho spaľovacieho tepla alebo bez neho, prostredníctvom spaľovania oxidáciou odpadov, ako aj ostatných procesov tepelného spracovania, ako sú pyrolytické, splynovacie alebo plazmové procesy, pokiaľ sa látky vznikajúce pri spracovaní následne spaľujú*“.

Z tejto definície je zrejmé, že akékoľvek zariadenie na tepelné spracovanie odpadov sa považuje za spaľovňu odpadov a na jeho povolenie a prevádzku sa vzťahujú všetky požiadavky ako na spaľovňu odpadov (vrátane prílohy č. 5 k vykonávacej vyhláške o ovzduší), ak plyny získané takýmto tepelným spracovaním odpadu nie sú vyčistené do takej miery, že pred spaľovaním už nie sú odpadom a zodpovedajú požiadavkám na kvalitu palív podľa § 14 ods. 3 zákona o ovzduší, a pri spaľovaní nemôžu spôsobovať vyššie a iné emisie, ako sú ustanovené emisné limity a technické požiadavky na spaľovanie zemného plynu.

2.1. Používané techniky

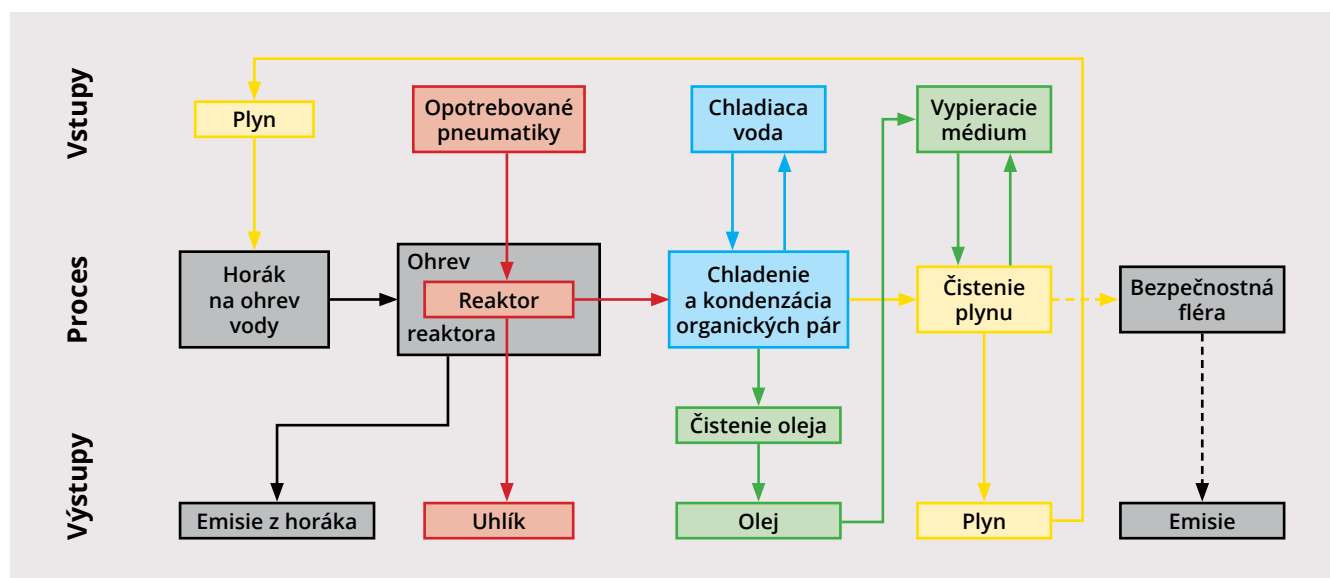
2.1.1. Pyrolytické procesy

Pyrolýza sa najčastejšie využíva na spracovanie odpadových pneumatík, plastových odpadov, infekčných odpadov, čistiarenských kalov alebo zmesového komunálneho odpadu. Prevádzkovatelia týchto zariadení často používajú pojem „termická/chemická depolymerizácia“, ktorý vyjadruje chemický rozklad polymérov (gumy, plastov) pri zvýšených teplotách na jednoduchšie molekuly, prípadne až na jednoduché uhľovodíky. Preto aj kvapalný produkt pyrolýzy nazývajú „umelá ropa“, čo je však veľmi nepresný pojem; na druhej strane tento pojem vyjadruje možnosť produkty pyrolýzy využiť v chemickom alebo petrochemickom priemysle.

Zariadenia na pyrolýzu odpadu sa skladajú zvyčajne z nasledujúcich častí:

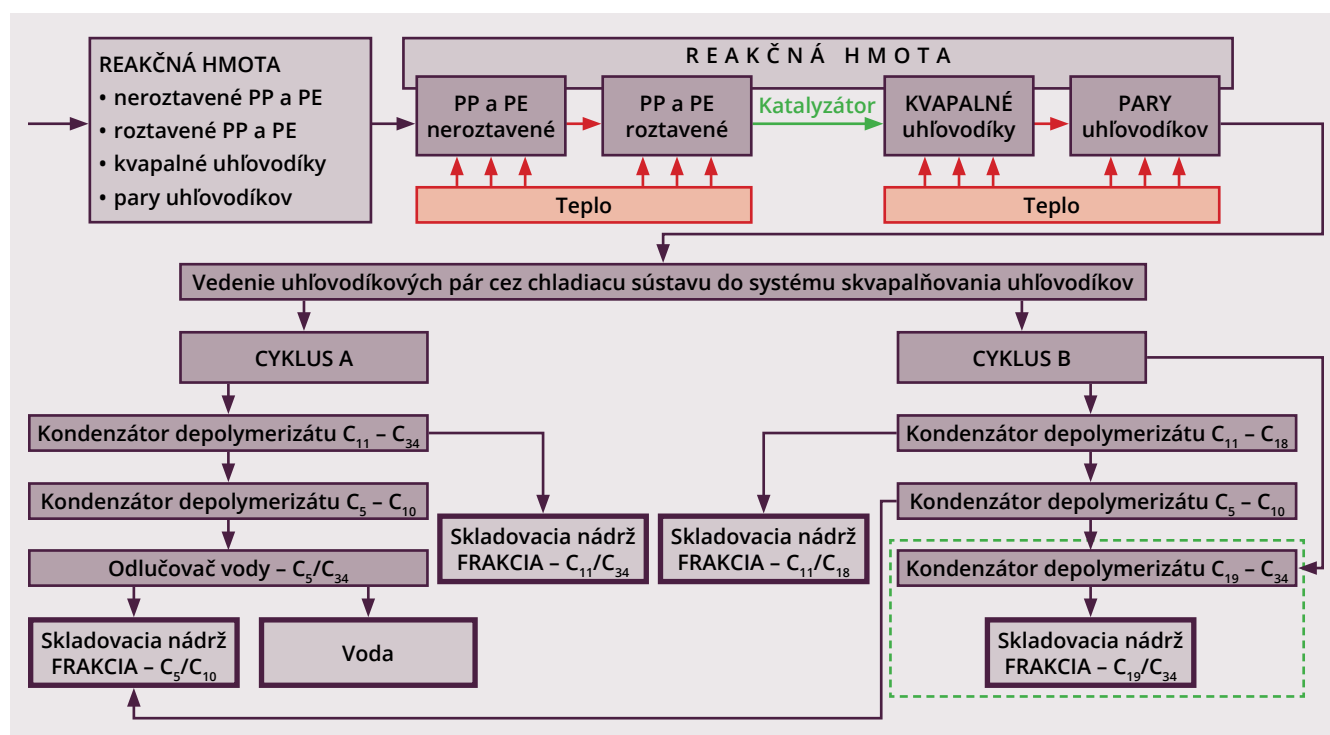
1. príjem odpadov,
2. úprava odpadov (sekanie, mletie, miešanie),
3. sušenie (iba v prípade potenciálne mokrých odpadov, napr. zmesového komunálneho odpadu),
4. pyrolýza v reaktore,
5. čistenie produktov pyrolytického rozkladu.

Väčšina pyrolytických jednotiek používa vzniknutý pyrolýzny (syntézny) plyn ako palivo na ohrev reaktora, prípadne v kogeneračnej jednotke na výrobu elektrickej energie a tepla, ktorým sa ohrieva reaktor. Ako palivo na ohrev reaktora je možné použiť aj kvapalný produkt.

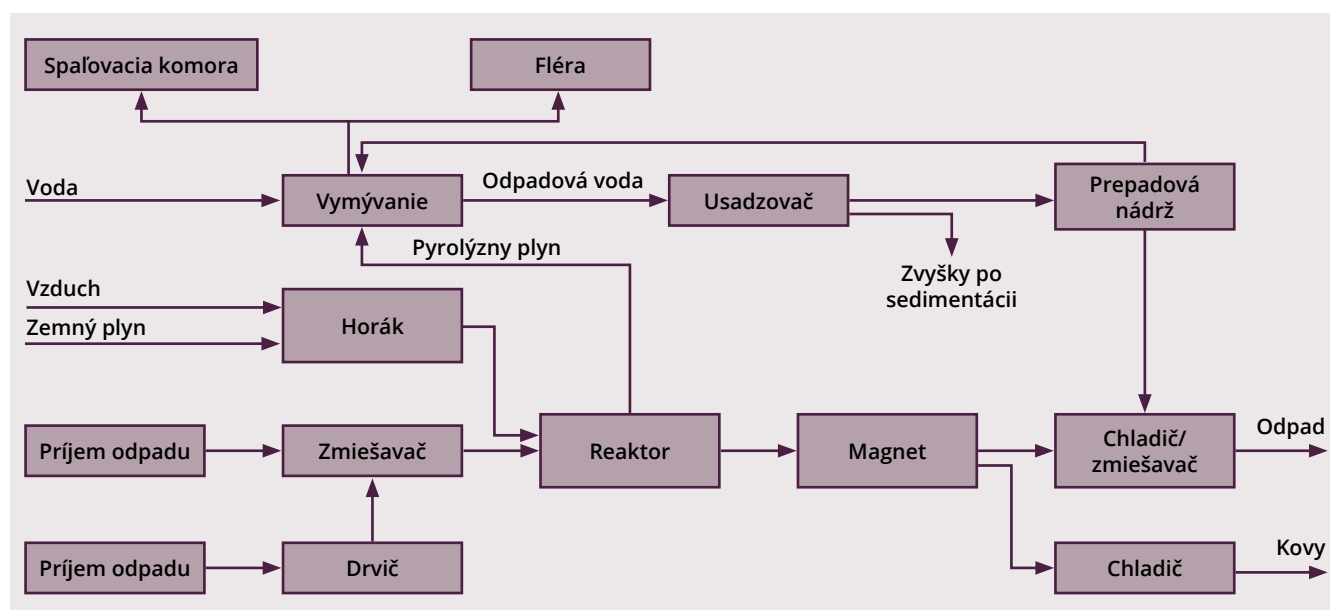


Obrázok 2: Blokovaná schéma pyrolýzy odpadových pneumatík (zdroj: Hutira)

Pyrolytické procesy a technológie sú opísané v referenčnom dokumente **BREF Spalovanie odpadov (WI) v kapitole 2.3.4.3**. Zloženie produktov pyrolytického rozkladu závisí od viacerých faktorov, predovšetkým od teploty a pomeru vzduchu k materiálu. Technológiu je možné upraviť tak, aby vznikali uprednostňované produkty, ktoré je možné uplatniť na trhu.



Obrázok 3: Bloková schéma pyrolýzy odpadových plastov (zdroj: http://www.pwr.sk/wp-content/uploads/2016/05/blokova_schema.png)



Obrázok 4: Bloková schéma pyrolýzy zmesového komunálneho odpadu (zdroj: BREF WI)

V závislosti od vstupných odpadov sa líši zloženie jednotlivých produktov. Pri použití odpadových pneumatík vznikajú produkty s vysokým obsahom síry, preto je potrebné ich odsíriť. Technológia čistenia plynov teda závisí od používaných vstupných surovín (odpadov). **Najčastejšie používané**

techniky a technológie na čistenie pyrolýznych plynov sú uvedené v referenčnom dokumente BREF Spalovanie odpadov (WI) v kapitole 2.5.

2.1.2. Splynovacie procesy

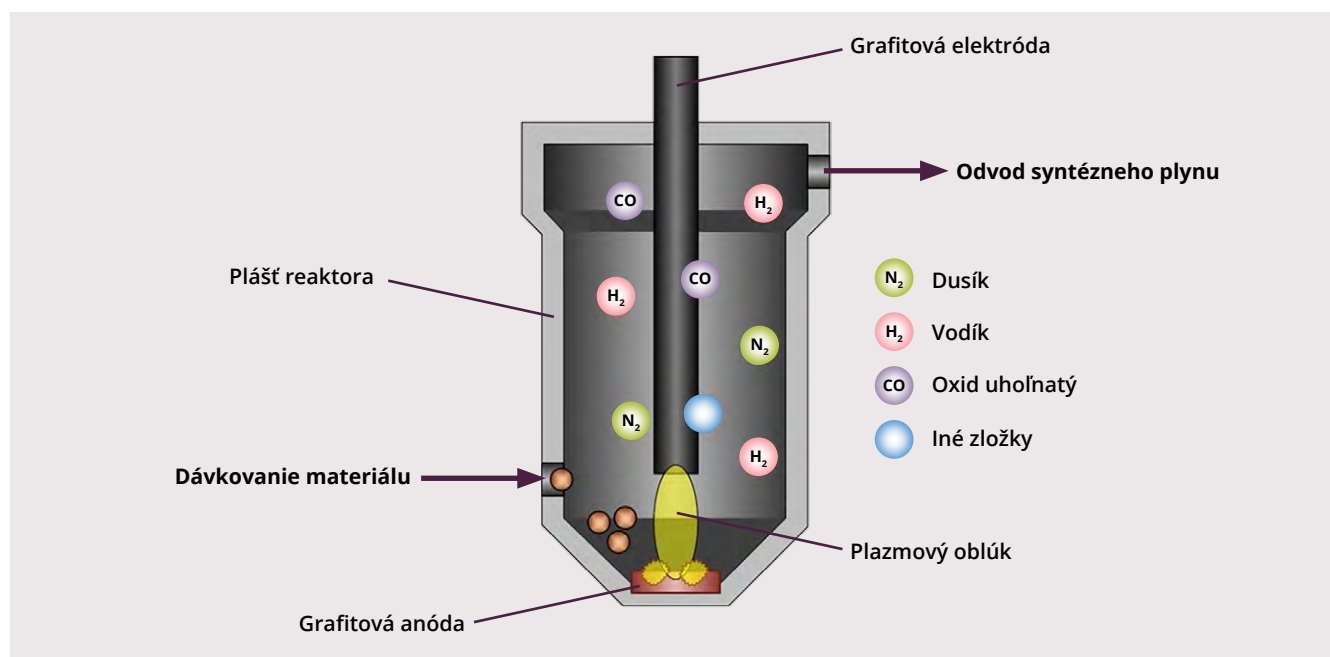
Splynovanie je možné využiť pri spracovaní zmesového komunálneho odpadu, čistiarenských kalov alebo niektorých špeciálnych odpadov. Splynovanie využíva zvýšený tlak na dosiahnutie lepšej účinnosti rozkladu odpadov. Najčastejšie sa používajú nasledujúce typy reaktorov:

- reaktor s fluidným lôžkom,
- prúdový prietokový reaktor,
- cyklónový reaktor,
- reaktor s pevným lôžkom.

Detailnejšie sú technológie splynovania uvedené v referenčnom dokumente BREF Spalovanie odpadov (WI) v kapitole 2.3.4.2.

2.1.3. Plazmové procesy

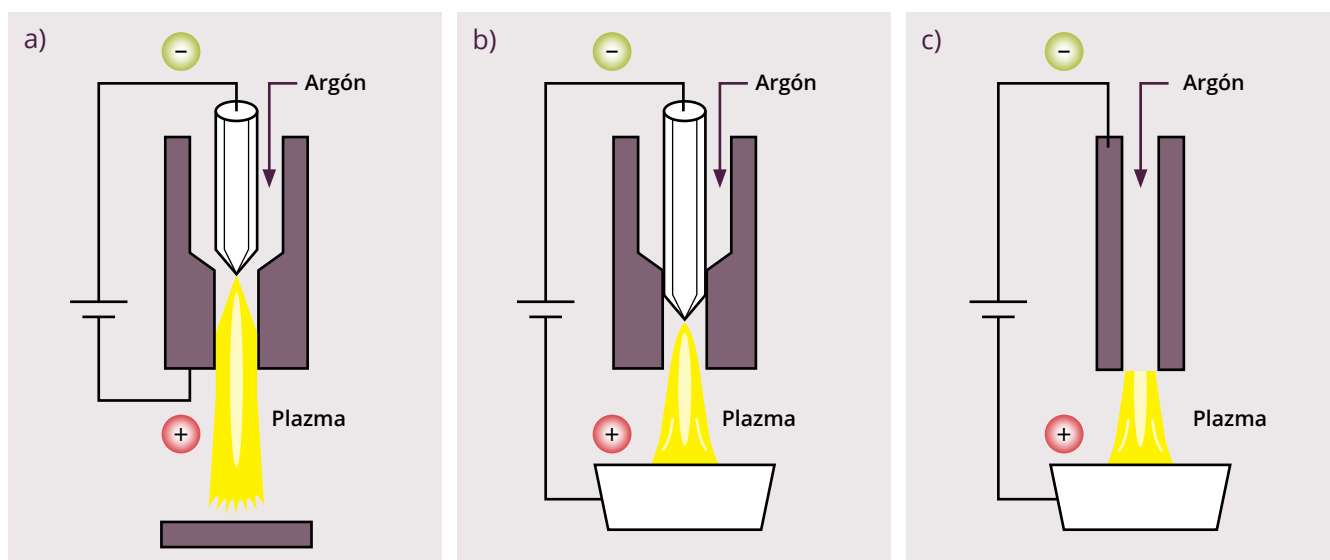
Plazmové technológie pracujú pri veľmi vysokých teplotách, čím sa zabezpečí úplný rozklad odpadov až na najjednoduchšie molekuly. Základom plazmového tavenia a splynovania odpadu je plazmový oblúk, v ktorom sa plazmový plyn (argón, dusík, vzduch a pod.) prechádzajúci horákom v elektrickom poli vysokej intenzity transformuje na plazmu s teplotou niekoľko tisíc stupňov Celzia. Pri takýchto teplotách nezávisle od parciálneho tlaku kyslíka dochádza k rozkladu organického a časti anorganického odpadu na jednoduché plynné a kvapalné zlúčeniny.



Obrázok 5: Schéma splynovania v plazmovom reaktore (zdroj: JAVAKO)

Nesplynené inertné zložky odpadu sa roztavia a vytvoria na dne plazmového reaktora dve nemiešateľné kvapalné fázy – kovovú zliatinu a trosku, ktoré sa dajú využiť v metalurgickom priemysle alebo stavebníctve (zdroj: Imriš, I.).

Na splynovanie odpadov sa používajú viaceré typy plazmových reaktorov (obr. 6).



Obrázok 6: Schémy plazmových systémov: **a)** systém nepreneseného oblúka, **b)** prenesený oblúkový systém s elektródou, **c)** systém preneseného oblúka s horúcou dutou grafitovou elektródou (zdroj: Imriš, I.)

Opis používaných plazmových technológií je uvedený v kapitole 2.3.5.5. referenčného dokumentu BREF Spalovanie odpadov (WI).

Syntézny plyn sa využíva v kogeneračnej jednotke na výrobu elektrickej energie a tepla, prípadne v plynovom kotli na výrobu pary. Takto vyrobená energia slúži na zabezpečenie činnosti zariadenia. Pri povolovaní zariadenia je teda jediným zdrojom znečisťovania ovzdušia spaľovacie zariadenie (kogeneračná jednotka, plynový kotol), avšak nie samotný plazmový reaktor, keďže všetok vzniknutý syntézny plyn bude v uzavretom systéme vedený do kogeneračnej jednotky.

2.2. Vstupy a výstupy

2.2.1. Pyrolýzne procesy

Najdôležitejším vstupom do procesu sú odpady ako materiál, z ktorého sa vyrábajú produkty pyrolýzy. Pri povolovaní prevádzky je dôležité definovať, aké odpady budú surovinou do procesu. V prípade, že to budú odpadové pneumatiky, potom výstupy budú zaťažené oveľa vyššími koncentraciami zlúčenín síry ako pri použití plastových odpadov. Veľmi dôležité je dodržiavanie podmienok prijímania odpadov do zariadenia v zmysle schválených prevádzkových dokumentov (predovšetkým prevádzkového poriadku).

Zloženie pyrolýzneho plynu závisí okrem zloženia vstupujúcich odpadov aj od technologických podmienok, teploty, prístupu kyslíka do reaktora a i. Príklad zloženia pyrolýzneho plynu pri použití technológie českého výrobcu (zdroj: <https://biom.cz/cz/odborne-clanky/vakuova-pyrolyza-a-jej-realizace-v-cr>) je uvedený v tab. 3.

Tabuľka 3: Zloženie pyrolýzneho plynu v zariadení na spracovanie odpadových pneumatík

Zložka	Obsah [mol. %]	Zložka	Obsah [mol. %]
Vodík	19,873	Propán	1,812
Oxid uhličitý	5,244	Propylén	5,344
Etylén	9,690	Izobután	0,661
Etán	8,608	Bután	0,232
Kyslík	0,713	Izobutylén	4,255
Dusík	3,649	Trans-butén-2	0,403
Metán	35,700	Cis-butén-2	0,287
Oxid uhoľnatý	3,270	Cis-butadién	0,330

Pyrolýzny plyn sa využíva ako palivo na výrobu tepla potrebného pre samotné pyrolytické zariadenie. Plyn je spaľovaný v spaľovacom zariadení (najčastejšie kogeneračná jednotka, prípadne kotol na výrobu pary), takže výstupom zo zariadenia na komíne sú spaliny vzniknuté pri výrobe tepla.

Príklad zloženia oleja podľa deklarácie výrobcu (zdroj: <https://biom.cz/cz/odborne-clanky/vakuova-pyrolyza-a-jeji-realizace-v-cr>) je uvedený v tab. 4.

Tabuľka 4: Zloženie pyrolýzneho oleja v zariadení na spracovanie odpadových pneumatík

Zložka	wt [%]	Bp [°C]	Kg hustota [g/cc]
C ₅ H ₁₂ (n-Pentane)	1,75	36,60	0,630
C ₆ H ₁₄ (n-Hexane)	3,25	69,00	0,659
C ₇ H ₁₆ (n-Heptane)	7,25	98,40	0,684
C ₆ H ₆ (Benzene)	9,50	90,10	0,879
C ₇ H ₈ (Toluene)	9,50	110,80	0,866
C ₈ H ₁₀ (Ethyl Benzene)	7,50	136,20	0,867
C ₈ H ₁₀ (Xylene)	8,00	144,00	0,881
C ₈ H ₈ (Styrene)	10,50	145,00	0,903
C ₉ H ₂₀ (Nonane)	2,00	150,50	0,718
C ₁₀ H ₂₂ (Decane)	2,75	174,00	0,730
C ₁₀ H ₁₈ (Limonene)	13,3	177,00	0,742
C ₁₁ H ₂₄ (Undecane)	4,00	194,60	0,741
C ₁₀ H ₈ (Naphthalene)	1,00	217,80	1,145
C ₁₁ H ₁₀ (Methyl Napht.)	3,00	244,60	1,025
C ₁₂ H ₂₆ (Dodecane)	3,00	214,50	0,751
C ₁₃ H ₂₈ (Tridecane)	4,00	234,00	0,757
C ₁₄ H ₁₀ (Anthracene)	2,70	342,00	1,250
Vosk ako C ₁₉	7,00	330,00	0,770
Spolu	100,00		

V prípade, že pyrolýzny olej slúži ako palivo, jeho zloženie je potrebné zohľadniť pri stanovení emisných limitov v zariadení.

Okrem uvedených výstupov je potrebné spomenúť aj prašné emisie, predovšetkým zo zariadení na pyrolytické spracovanie odpadových pneumatík, pretože tieto je pred samotným tepelným rozkladom potrebné posekať na menšie kusy. V zariadení sa takisto manipuluje so vzniknutým pyrolytickým koksom, čo je tiež zdrojom prašnosti.

2.2.2. Splynovacie procesy

Údaje o vstupoch a výstupoch pre splynovacie zariadenia nie sú publikované v žiadnom referenčnom dokumente BREF, ale vzhľadom na charakter a chemickú a technologickú podstatu procesu sú porovnateľné so vstupmi a výstupmi pri pyrolytických zariadeniach.

Pri povoľovaní prevádzky je potrebné vykonať skúšky priamo na danom zariadení s cieľom zistiť zloženie plynných emisií a následne emisných limitov.

2.2.3. Plazmové procesy

Plynným produktom je syntézny plyn obsahujúci hlavne vodík a oxid uhoľnatý s malým obsahom oxidu siričitého, chlorovodíka a vodnej pary. Vysoko horľavý plyn, bez dioxínov, furánov a oxidov dusíka, ktorý sa svojím zložením podobá reformovanému plynu, v minulosti vyrábaného v plynárňach, je možné využiť ako palivo v kogeneračných jednotkách na výrobu elektrickej energie a tepla.

V relatívne malom objeme syntézneho plynu sa môžu nachádzať pary kovov s nízkym bodom varu ako napr. Hg, Cd, Zn a Pb, ktoré sa dajú efektívne zachytiť spolu s oxidom siričitým a chlorovodíkom s vysokou účinnosťou v neutralizačnom a filtračnom zariadení (zdroj: Imriš, I.).

Ako príklad môže slúžiť analýza syntézneho plynu z plazmového reaktora slovenskej výroby (zdroj: JAVAKO).

Tabuľka 5: Zloženie syntézneho plynu z plazmového reaktora

Zložka	Koncentrácia (obj. %)			
	Protokol 1	Protokol 2	Protokol 3	Protokol 4
H ₂	37,80	37,80	47,20	34,10
CO	31,90	29,00	30,20	30,20
CH ₄	0,21	0,19	0,42	0,10
CO ₂	1,12	2,20	1,95	1,99
N ₂	28,90	30,70	19,80	33,30
C ₂ - C ₆	1,19	0,11	0,43	0,31
Výhrevnosť	8,192	7,807	9,071	7,534

Syntézny plyn je vstupom do zariadenia na výrobu energie, takže je spálený v spaľovacom zariadení kogeneračnej jednotky. Výstupom na komíny sú spaliny z kogeneračnej jednotky. Príklad zloženia spalín z navrhovaného plazmového zariadenia slovenského výrobcu je uvedený v tab. 6 (zdroj: JAVAKO).

Tabuľka 6: Zloženie spalín z kogeneračnej jednotky zaradenej za plazmovým reaktorom na spracovanie elektroodpadov

Znečisťujúca látka	Emisný limit [mg.m ⁻³]	Hmotnostný tok ZL [g.h ⁻¹]	Očakávané ročné množstvá emisií ZL [t]
TZL	10	21	0,174
SO ₂	50	103	0,869
NO _x	200	414	3,474
CO	100	207	1,737
TOC	10	21	0,174
HCl	10	21	0,174
HF	1	2	0,017
Tl + Cd	0,05	0,103	0,001
Hg	0,05	0,103	0,001
Sb + As + Pb + Cr + Co + Cu + Mn + Ni + V	0,5	1	0,009
Dioxíny a furány	0,0001	206,8 · 10 ⁻⁹	1,737 · 10 ⁻¹⁸

2.3. Techniky na zníženie emisií do ovzdušia

Na zníženie znečisťovania ovzdušia sa používajú viaceré techniky, ktoré zachytávajú plynné znečisteniny z odpadových plynov. Ich aplikácia je závislá od zloženia odpadových plynov, na ktoré má vplyv zloženie odpadov, ktoré do zariadenia vstupujú ako surovina. Nedá sa preto vo všeobecnosti definovať, ktoré z možných techník sa majú použiť, vždy sa musí brať ohľad na špecifikum daného zariadenia, na kapacitu zariadenia, na skúsenosti z prevádzky podobných zariadení, ako aj na výsledky reálnych skúšok.

Techniky používané na čistenie odpadových plynov v technológiách založených na termickom rozklade odpadov sú detailne opísané v referenčnom dokumente **BREF Spalovanie odpadov (WI) v kapitole 2.5** (dostupné na <https://bat.enviroportal.sk/Public/DatabazaBREF.aspx>).

2.4. Problémové body a možnosti riešenia

Tepelný rozklad odpadov založený na reakciách bez prístupu vzduchu, prípadne na vysokých teplotách v plazme spôsobuje vznik plynných produktov (pyrolýzny plyn, syntézny plyn), ktorých zloženie umožňuje ich priame použitie na výrobu energie a/alebo tepla, ktoré sa spotrebúva v danej technológii. Výstupom zo zariadenia tak nie sú tieto plynné produkty, ale spaliny, ktoré vznikajú spálením pyrolýzneho/syntézneho plynu v zariadení na výrobu energie/tepla (kogeneračná jednotka, kotol). Tie majú, samozrejme, výrazne odlišné zloženie ako primárny plynný produkt. Na pyrolýzny/syntézny plyn sa teda pri povoľovaní pozerá ako na palivo vstupujúce do spalovne odpadov a na spaliny z kogeneračnej jednotky/kotla sa pozerá ako na odpadové plyny zo spalovne odpadov, aj keď reálny obsah znečisťujúcich látok v spalinách je výrazne nižší ako v odpadových plynov z spalovne odpadov.

V prípade pyrolýzy vzniká aj kvapalný a tuhý produkt, pričom obidva môžu slúžiť ako palivo. Môžu sa používať ako palivo priamo v pyrolýznom zariadení, ktoré je však už z definície v smernici

2010/75/EÚ definované ako spaľovňa odpadov, ak spaľuje produkty tepelného rozkladu. Môžu sa však používať aj v iných zariadeniach, vtedy je potrebné, aby spĺňali požiadavky vyhlášky MŽP SR č. 228/2014 Z. z. o kvalite palív¹⁰.

Vzhľadom na odpor verejnosti voči zariadeniam na tepelné spracovanie odpadov je dôležité zabrániť šíreniu prachu z týchto zariadení. Týka sa to predovšetkým zariadení na pyrolýzu pneumatík, pretože už samotné pneumatiky obsahujú určitý podiel uhlíka (sadzí) a pri rozklade vzniká práškový koks. Preto je potrebné zabezpečiť, aby sa s ním manipulovalo tak, aby sa prach nešíril do okolia ani po areáli prevádzky. Ideálne je zabezpečiť manipuláciu s koksom v uzatvorenom priestore, areál prevádzky často umývať, koks skladovať v uzatvorených nádobách, podľa možnosti v priestoroch chránených pred vetrom.

V prípade, ak sa ako surovina používa zmesový komunálny odpad, je potrebné zabezpečiť ochranu pred šírením zápachu. Techniky na to používané sú opísané v referenčnom dokumente BREF Spaľovanie odpadov (WI).

2.5. Opis techník, ktoré sú považované za BAT

Techniky považované za najlepšie dostupné techniky BAT sú detailne opísané v referenčných dokumentoch BREF Spaľovanie odpadov (WI) (dostupné na: <https://bat.enviroportal.sk/Public/DatabazaBREF.aspx>) a vo vykonávacom rozhodnutí Komisie 2019/2010⁵.

2.6. Povoľovací proces

Vzhľadom na definíciu spaľovne odpadov v smernici 2010/75/EÚ je každé zariadenie na termický rozklad odpadov, pokiaľ sa látky vznikajúce pri spracovaní následne spaľujú, **považované za spaľovňu odpadov**; pri povoľovaní takéhoto zariadenia sa postupuje rovnako ako pri povoľovaní spaľovne odpadov.

V prípade, ak na ohrev reaktora povolené zariadenie používa primárny zdroj (zemný plyn, elektrická energia zo siete), potom sa na takéto zariadenie nepozera ako na spaľovňu odpadov, ale ako na zariadenie na zhodnocovanie odpadov. Avšak tento prípad je nepravdepodobný vzhľadom na ekonomickú neefektívnosť takéhoto zariadenia.

Príloha č. 1 k zákonu o IPKZ uvádza nasledujúce hranice pre požiadavku na integrované povolenie:

5.2. Zneškodňovanie alebo zhodnocovanie odpadov v spaľovniach odpadov a zariadeniach na spoluspaľovanie odpadov, ak ide o

- a) odpad, ktorý nie je nebezpečný, s kapacitou väčšou ako 3 t za hodinu;
- b) nebezpečný odpad s kapacitou väčšou ako 10 t za deň.

Zákon o posudzovaní vplyvov na životné prostredie stanovuje **povinné hodnotenie pre všetky spaľovne odpadov** (nebezpečných aj nie nebezpečných) **bez limitu**.

Podľa zákona o odpadoch okresný úrad v sídle kraja dáva vyjadrenie k zriadeniu spaľovne odpadov alebo zariadenia na spoluspaľovanie odpadov a k ich zmenám ako podklad na udelenie súhlasu podľa zákona o ovzduší alebo zákona o IPKZ.

¹⁰ Vyhláška MŽP SR č. 228/2014 Z. z., ktorou sa ustanovujú požiadavky na kvalitu palív a vedenie prevádzkovej evidencie o palivách v znení neskorších predpisov.

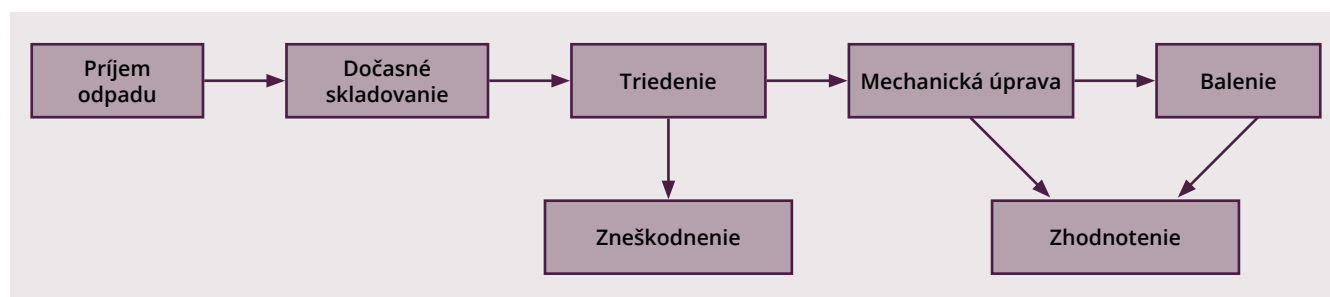
Ak je zariadenie s kapacitou menšou ako limit pre integrované povoľovanie podľa zákona o IPKZ, potom povolenie na činnosť vydáva okresný úrad. Emisné limity sa určujú na základe prílohy č. 5 k vykonávacej vyhláške o ovzduší, pričom sa odporúča vychádzať z výsledkov pokusných meraní počas skúšobnej prevádzky.

3. TECHNOLOGIE A TECHNIKY NA SPRACOVANIE ODPADU

Spracovanie (zhodnotenie a zneškodnenie) odpadov zahŕňa veľké množstvo procesov a technológií vrátane recyklačných technológií. Technológie na spracovanie odpadu zahŕňajú aj výrobu papiera z odpadového papiera, výrobu železa a ocele zo železných šrotov, výrobu hliníka, medi, zinku z hliníkových, medených či zinkových šrotov, výrobu skla zo sklenených črepov a iné technológie, ktoré odpady využívajú ako suroviny bez potreby akejkoľvek úpravy.

Pri povoľovaní takýchto výrob odpadov ako druhotné suroviny nezohrávajú žiadnu úlohu pri stanovení emisných limitov alebo podmienok z pohľadu ochrany ovzdušia. Preto v tejto kapitole nebudú zahrnuté.

Technológie spracovania odpadov však majú niektoré postupy spoločné (schéma na obr. 7).



Obrázok 7: Schematické znázornenie postupov pri spracovaní odpadov

Triedenie a balenie nemajú vplyv na znečisťovanie ovzdušia, pretože sa nepoužívajú postupy, ktoré by emitovali tuhé alebo plynné znečistenie ovzdušia, takže sa im táto kapitola nebude venovať.

Opísané budú nasledujúce techniky a technológie, ktoré môžu vykazovať emisie tuhých alebo plyných znečisťujúcich látok a používajú sa pri spracovaní odpadov:

- drvenie kovových odpadov,
- mletie a drvenie tuhých odpadov,
- biologické úpravy odpadov,
- mechanicko-biochemická úprava odpadov,
- skládkovanie odpadov,
- skladovanie odpadov.

Ďalej budú opísané technológie spracovania dvoch špecifických prúdov odpadov:

- použitých batérií a akumulátorov (vzhľadom na rozdielny spôsob zhodnotenia) a
- elektroodpadov vrátane odpadových chladiacích a mraziacich zariadení (vzhľadom na špecifické používaných postupov a technológií).

3.1. Používané techniky

3.1.1. Drvenie kovových odpadov

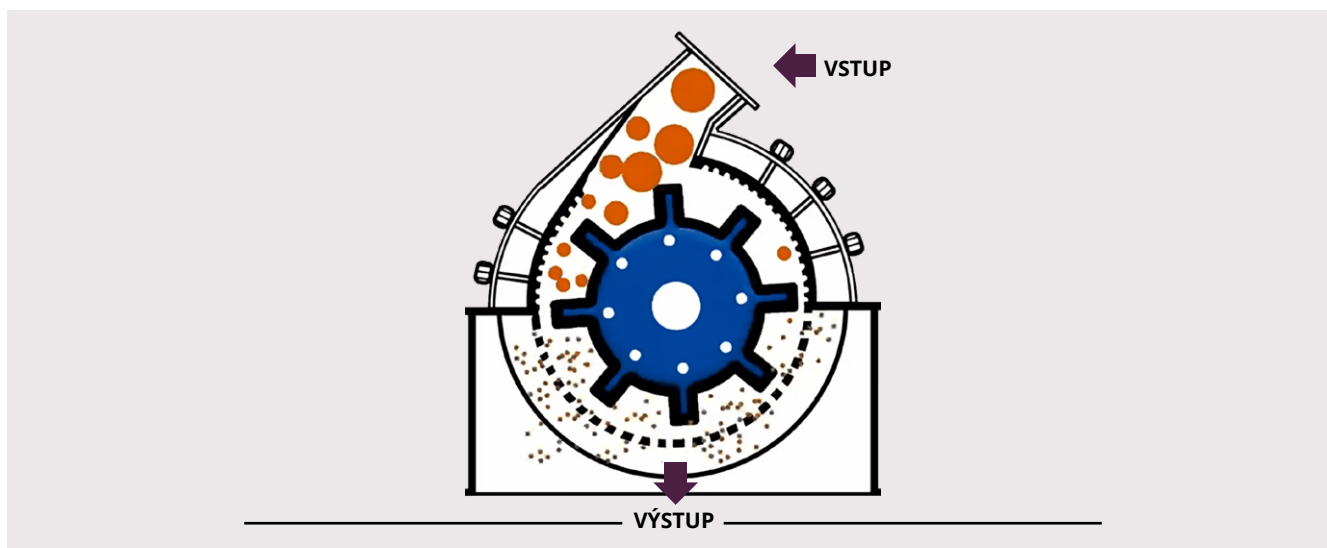
Kovové odpady, ktoré sa dostávajú zo zariadení na zber alebo spracovanie odpadov, majú rôzne veľkosti a tvary. Pre ďalšie spracovanie a pre zefektívnenie prepravy sa takéto odpady upravujú v drvičoch kovových odpadov, ktoré sa tiež nazývajú šrédre. Tieto môžu byť jednoduché zariadenia s malou kapacitou alebo aj veľké inštalácie so sústavou viacerých drvičov zaradených za sebou.

Drvič najčastejšie funguje na princípe kladivového mlyna, teda vysokou rýchlosťou (od 2 500 do 60 000 otáčok/min) rotujúcich kovových nožov (kladív), ktoré podrvia vstupujúci materiál (obr. 8).



Obrázok 8: Drvič výrobcu Ing. Častulík, s. r. o. (zdroj: http://www.castulik.sk/download/DR160_varianty.pdf)

Princíp činnosti kladivového drviča je znázornený na obr. 9.



Obrázok 9: Princíp činnosti kladivového drviča (zdroj: <http://m.sk.trustarpack.com/info/the-working-principle-of-hammer-mills-step-by-37599986.html>)

Drviče majú rôzne konštrukcie, môžu byť konštruované ako jednorotorové, dvojrotorové, štvorrotorové, nože sa môžu pohybovať rovnakým alebo opačným smerom, môžu mať pripojené dopravníky, násypné koše, ovládacie skrinky, môžu byť priamo napojené na zariadenie na zachytávanie TZL. Niekedy sa používajú semimokrú drviče, v ktorých elektronicky riadené vstrekovanie vody

potláča vznik prachu počas procesu drvenia. Voda sa odoberá zo zásobnej nádrže a vstrekuje sa do komory rotora na niekoľkých miestach prostredníctvom čerpadla. Malý priemer kvapiek vodnej hmlы uľahčuje elimináciu prachu. Pridávanie vody tiež pomáha minimalizovať neúmyselné vznietenie a ochladzuje rotor a kusy šrotu. Vzniknutá para/hmla uniká cez otvory v drviči, t. j. okolo plniaceho žlabu a vibračného odsávacieho dopravníka. Väčšina tejto pary je zachytená zvukotesným krytom drviča.

Mokrú drviču pracujú s vopred navlhčeným drvičom. Z tohto dôvodu je separácia materiálu odlišná od separácie iných drvičov. Skutočnosť, že vsádzka do drviča je vlhká, znižuje podiel materiálov s nízkou hustotou v porovnaní so suchými procesmi, ktoré sa neskôr hromadia ako zvyšky po drvení. Pri čistení kontaminovanej odpadovej vody sa však hromadí značné množstvo kalu, ktorý je potrebné zneškodniť. Kvalita šrotu zodpovedá kvalite bežného šrotu z drviča.

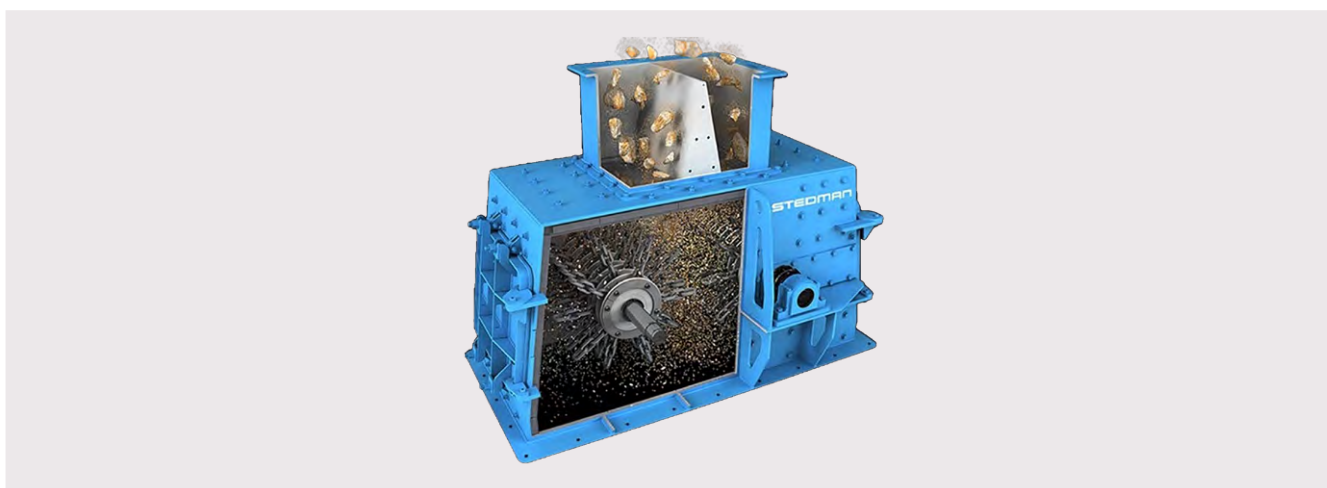
Drviče kovov sa najčastejšie používajú v zariadeniach na spracovanie starých vozidiel (autovra-kov). Zariadenia na spracovanie starých vozidiel sú povinné najprv odstrániť prevádzkové kvapaliny (benzín, oleje, ostrekovacie kvapaliny, chladiace médiá...) a následne staré vozidlo rozobrať na jednotlivé materiály, ktoré je možné umiestniť na trhu. Tieto zariadenia pracujú v princípe v dvoch režimoch:

- a) manuálne rozoberanie, pri ktorom pracovníci po odstránení prevádzkových kvapalín postupne ručne rozoberajú staré vozidlo a triedia materiály na kovy (železo, oceľ, hliník, meď), sklo, plasty, textil;
- b) mechanické, pri ktorom po odstránení prevádzkových kvapalín staré vozidlo v celku ide do drviča, kde sa podrúvi a potom prejde cez rôzne separátory (magnetické separátory, vibračné sítá a pod.), v ktorých sa oddelia jednotlivé materiály, ktoré je možné odovzdať na recykláciu.

3.1.2. Mletie a drvenie tuhých odpadov

V procese úpravy odpadov je potrebné zmenšenie častíc odpadu, čo sa vykonáva mletím a drvením. Melie a drví sa veľká škála tuhých odpadov (od papiera, textilu, dreva, odpadového paliva, plastov, biologického odpadu až po stavebné odpady ako betón či tehly). Na mletie a drvenie odpadov sa používajú rôzne typy mlynov/drvičov – nožové, kladivové, reťazové.

Nožový mlyn funguje na rovnakom princípe ako domáce mixéry, princíp kladivového mlyna je uvedený v predchádzajúcej kapitole. Reťazový mlyn využíva silu rotujúcej reťaze na drvenie alebo mletie tuhých odpadov. Princíp reťazového mlyna je zrejmý z obr. 10 (zdroj: <https://www.stedman-machine.com/chain-mill-crusher-primer.html>).



Obrázok 10: Reťazový mlyn spoločnosti Stedman

Na drvenie stavebných a demolačných odpadov sa používajú mobilné drviče, ktoré je možné preväzť medzi jednotlivými staveniskami. Zvyčajne fungujú na princípe kladivového drviča (mlyna). Na trhu sú dostupné v rôznych veľkostiach s rôznymi kapacitami a výkonmi.

3.1.3. Biologické úpravy odpadov

Biologická úprava odpadov sa používa na zhodnotenie/zneškodnenie odpadov, ktoré sú biologicky rozložiteľné. V závislosti od podmienok sa delia na:

- a) aeróbne procesy, ktoré potrebujú prístup vzduchu/kyslíka;
- b) anaeróbne procesy, ktoré pracujú v podmienkach bez prístupu kyslíka.

Medzi aeróbne procesy sa radia kompostovanie a biologická sanácia kontaminovaných zemín. Medzi anaeróbne procesy sa radí hlavne výroba bioplynu a skládkovanie.

Kompostovaniu a skládkovaniu sú venované samostatné kapitoly tejto príručky a bioplynu samostatná príručka.

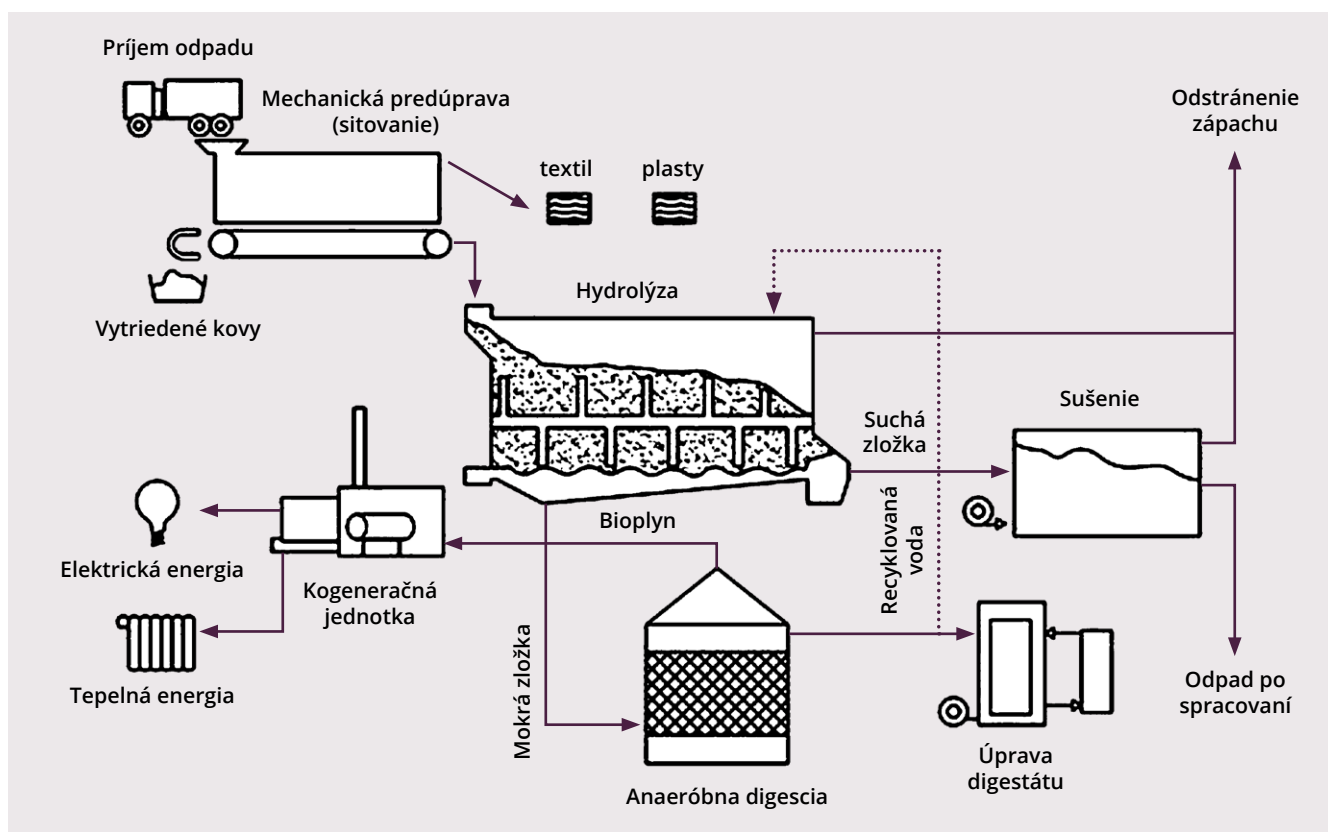
Biologická sanácia kontaminovaných zemín (najčastejšie ropnými látkami) sa vykonáva in-situ (na mieste) alebo ex-situ (v zariadení) v závislosti od množstva zeminy, typu znečisťujúcej látky či požiadaviek sanačnej technológie. Biologická sanácia využíva vhodné špeciálne enzýmy, ktoré sa injekčne dávajú do kontaminovanej zeminy a rozkladajú znečisťujúce látky, čím dekontaminujú zeminu. Na sanáciu kontaminovaných zemín sa využívajú aj iné ako biologické procesy (chemické, fyzikálne, tepelné, kombinované).

3.1.4. Mechanicko-biochemická úprava odpadov

Mechanicko-biochemická úprava odpadov (MBÚ) sa využíva na zníženie obsahu organických látok v zmesovom komunálnom odpade. Pozostáva z viacerých krokov, počas ktorých sa zo zmesového komunálneho odpadu vytriedia zložky, ktoré je možné recyklovať (papier, plasty, kovy, sklo), zložky, ktoré je možné kompostovať, a zložky s energetickou hodnotou na výrobu odpadových palív (RDF). Na začiatku procesu je separačná linka, ktorá pozostáva zo sita, na ktorom sa nahrubo pretriedia suché a mokré zložky, magnetické separátory na vytriedenie železných a neželezných kovov a ručné triedenie na separáciu recyklovateľných zložiek. Suché zložky po úprave slúžia na výrobu odpadových palív, mokré zložky na výrobu bioplynu alebo na kompostovanie. Treba však podotknúť, že takto vyrobený kompost nie je zvyčajne vhodný na použitie ako hnojivo pre svoju nízku kvalitu, a preto sa čoraz častejšie uprednostňuje výroba bioplynu.

Zariadenia na MBÚ bývajú komplexné a prevádzkujú aj kompostovanie odpadov, výrobu bioplynu, výrobu energie a výrobu odpadových palív.

Schéma zariadenia na MBÚ je znázornená na obr. 11.



Obrázok 11: Schéma zariadenia na mechanicko-biochemickú úpravu zmesového komunálneho odpadu (zdroj: https://www.researchgate.net/figure/Schematic-of-mechanical-biological-treatment-MBT-of-municipal-solid-waste-MSW_fig1_345245888)

Z pohľadu ochrany ovzdušia sa v zariadení na MBÚ nachádza viacero zdrojov znečisťovania ovzdušia – bioplynová stanica, kogeneračná jednotka, kompostáreň.

3.1.5. Skládkovanie odpadov

Skládkovanie odpadov je činnosť, pri ktorej sa odpady trvalo ukládajú na povrchu zeme alebo do zeme. Skládky odpadov sú zariadenia na zneškodňovanie odpadov, na ktoré sa vzťahujú požiadavky zákona o odpadoch a samostatnej vyhlášky¹¹. Pre skládkovanie odpadov sú v Slovenskej republike platné technické normy triedy 83 81.

Skládka odpadov sa skladá z viacerých objektov:

- prístupová komunikácia,
- brána,
- váha,
- objekt pre príjem odpadu (administratívna budova),
- jednotlivé kazety skládky,
- nádrž na priesakovú vodu,
- čerpacia stanica na čerpanie priesakových vôd,
- zariadenie na čistenie priesakových vôd (napr. obrátená osmóza),
- kogeneračná jednotka na výrobu energie zo skládkového plynu.

11 Vyhláška MŽP SR č. 382/2018 Z. z. o skládkovaní odpadov a uskladnení odpadovej ortuti v znení neskorších predpisov.

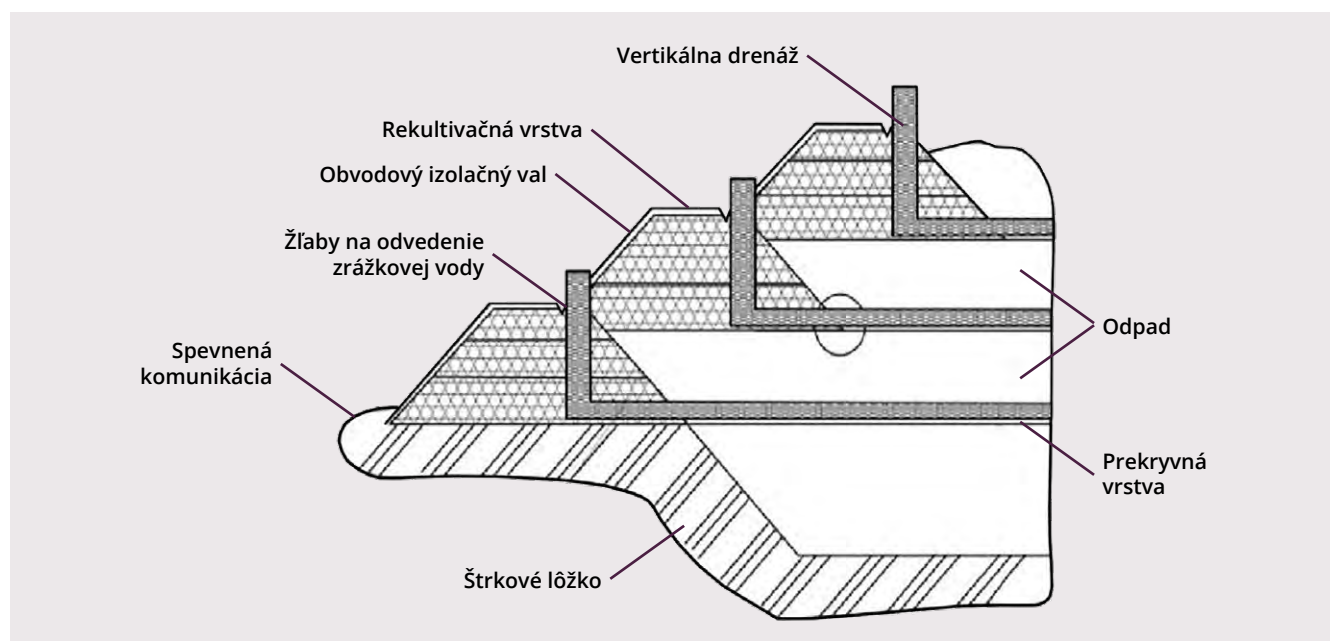
Nie všetky skládky odpadov čistia vo svojom areáli priesakovú vodu, väčšina skládok na Slovensku vozí tieto vysoko znečistené vody na zmluvnú ČOV. Takisto nie všetky skládky odpadov majú kogeneračné jednotky na spálenie skládkového plynu.

Kazeta skládky je samostatné zariadenie na zneškodňovanie odpadov, ktoré sa aj samostatne po-
voľuje. Skládky odpadov má zvyčajne niekoľko kaziet, na ktoré sa odpady ukladajú alebo ukladali, pričom môže byť aj prípad, keď sa v jednom areáli nachádzajú zároveň prevádzkované viaceré kazety pre rôzne druhy odpadov. V závislosti od odpadov, ktoré budú na danú kazetu ukladané, sa tieto delia na:

- skládky odpadov na inertný odpad,
- skládky odpadov na odpad, ktorý nie je nebezpečný,
- skládky odpadov na nebezpečný odpad.

Pre každý typ skládky sú legislatívne určené limitné koncentrácie pre niektoré zložky nachádzajúce sa v prijímaných odpadoch a stanovená povinná výbava (izolácia) skládky (kazety)¹¹.

Schéma skládky (aj s vyznačením rekultivácie) je znázornená na obr. 12 (zdroj: http://www.bpa-ostrava.cz/images/Dokumenty/Projekty/Ukazka_EVVO.pdf).



Obrázok 12: Schéma skládky odpadov na odpad, ktorý nie je nebezpečný (zmesový komunálny odpad) s vyznačením potrubí na odvádzanie skládkového plynu

Odpady sa na skládku ukladajú vo vrstvách, pričom vrstva odpadov je zhutňovaná ťažkými mecha-
nizmami (kompaktormi) s cieľom znížiť množstvo vzduchu vo vrstve. Zhutnená vrstva odpadov má maximálne hrúbku 2 metre. Vrstva odpadov sa prekryva vrstvou inertného materiálu, ktorý má zabrániť prístupu vzduchu do odpadovej vrstvy. Tak sa vytvoria anaeróbne podmienky, v ktorých prebiehajú biochemické anaeróbne rozkladné reakcie. Pre účinný rozklad odpadov je dôležité udržiavať vhodnú vlhkosť v telese skládky, pričom sa na zvlhčovanie môže používať aj priesaková voda.



Obrázok 13: Zhutňovanie odpadov na skládke kompaktorom (foto: A. Jančárik)

Pri takýchto podmienkach sa odpad, ktorý je schopný biochemického anaeróbného rozkladu, rozkladá za vzniku jednoduchších molekúl a skládkového plynu. Tento je tvorený prevažne metánom a svojím zložením je podobný bioplynu. Prevádzkovatelia všetkých skládok odpadov s výnimkou skládok na inertný odpad sú povinní vznikajúci skládkový plyn zachytávať, ale vyhláška¹¹ nestanovuje spôsob, akým sa má skládkový plyn upravovať a využívať (§ 5 ods. 9: „Zachytávanie, úprava a využitie skládkového plynu sa musí uskutočniť spôsobom, ktorý minimalizuje alebo nemá negatívny vplyv na životné prostredie a zdravie ľudí.“).

V zahraničí sa používajú najčastejšie systémy odvodu plynu do kogeneračnej jednotky, ak množstvo vznikajúceho plynu je dostatočné vzhľadom na nákladovosť jej prevádzky, alebo na poľný horák (fléru), kde sa spaľuje za vzniku oxidov uhlíka a dusíka, ktoré sú priamo emitované do ovzdušia. Skládky na Slovensku však iba v niektorých prípadoch majú dostatočné kapacity na to, aby bolo efektívne vyrábať elektrickú energiu zo skládkového plynu, preto väčšina skládok vedie skládkový plyn cez tzv. biologický filter, čo je vrstva vhodného materiálu, ktorý zachytí vzniknutý metán. Skládkový plyn sa tvorí aj po uzatvorení skládky, pričom najväčšie množstvo plynu vzniká počas prvých 7 rokov po uzatvorení skládky a procesy anaeróbného rozkladu sa končia zhruba po 30 rokoch od uzatvorenia skládky.

Podrobnejšie informácie o vzniku, zložení a zachytávaní skládkového plynu je možné nájsť v príručke Výroba bioplynu.

3.1.6. Skladovanie odpadov

Odpady sa dočasne skladujú v zariadeniach na nakladanie s odpadmi pred ich spracovaním, pričom skladovanie odpadov často súvisí aj s ich zmiešavaním s cieľom dosiahnuť potrebné parametre pre ďalšie spracovanie. Aj po spracovaní (triedení) vznikajú odpady, ktoré sú skladované za účelom ich neskoršej prepravy do príslušného iného zariadenia (napríklad skládky odpadov).

Pri skladovaní odpadov je dôležité zabrániť znečisťovaniu ovzdušia. Preto sa pomleté, podrvené či práškové odpady skladujú v uzatvorených systémoch, napríklad v kontajneroch, big bagových vrečiach a pod. Pri odpadoch, ktoré môžu emitovať prchavé organické látky (odpadové rozpúšťadlá),

sa používa skladovanie v miestnostiach s kontrolovaným odvodom prchavých látok (výduchy, riadené vetranie a pod.).

Pri väčšine odpadov nie je potrebné skladovanie v uzatvorených priestoroch, pokiaľ legislatíva v oblasti odpadov (zákon o odpadoch, vykonávacia vyhláška k zákonu o odpadoch⁴) nepožaduje skladovanie v uzatvorených priestoroch (napr. pri elektroodpadoch). Odpady sú skôr hrozbou pre znečisťovanie vôd (podzemných, povrchových aj odpadových vedených na komunálnu ČOV) ako pre znečisťovanie ovzdušia pri svojom skladovaní.

3.1.7. Spracovanie použitých batérií a akumulátorov

Batéria alebo akumulátor je zdroj elektrickej energie vyrobenej priamou premenou chemickej energie, pozostávajúci z jedného alebo viacerých primárnych nedobíjateľných článkov alebo z jedného alebo viacerých sekundárnych dobíjateľných článkov¹².

Batérie a akumulátory sú tvorené aktívnym materiálom, ktorým je niektorý kov (olovo, kadmium, nikel, lítium), a elektrolytom. Spracovanie použitých batérií a akumulátorov pozostáva z rozobratia použitej batérie alebo akumulátora na jednotlivé materiály a ich recyklácie. Recyklácia kovov sa vykonáva metalurgicky alebo hydrometalurgicky.

3.1.7.1. Spracovanie olovených batérií a akumulátorov

Cieľom spracovania odpadovej olovenej batérie je získanie olova, prípadne ďalších surovín využiteľných v priemysle. Olovo sa dá využiť na výrobu nových batérií, ale nachádza aj iné využitie (ochrana pred rádioaktívnym žiarením, výroba streliva, výroba olovených súčiastok a pod.).

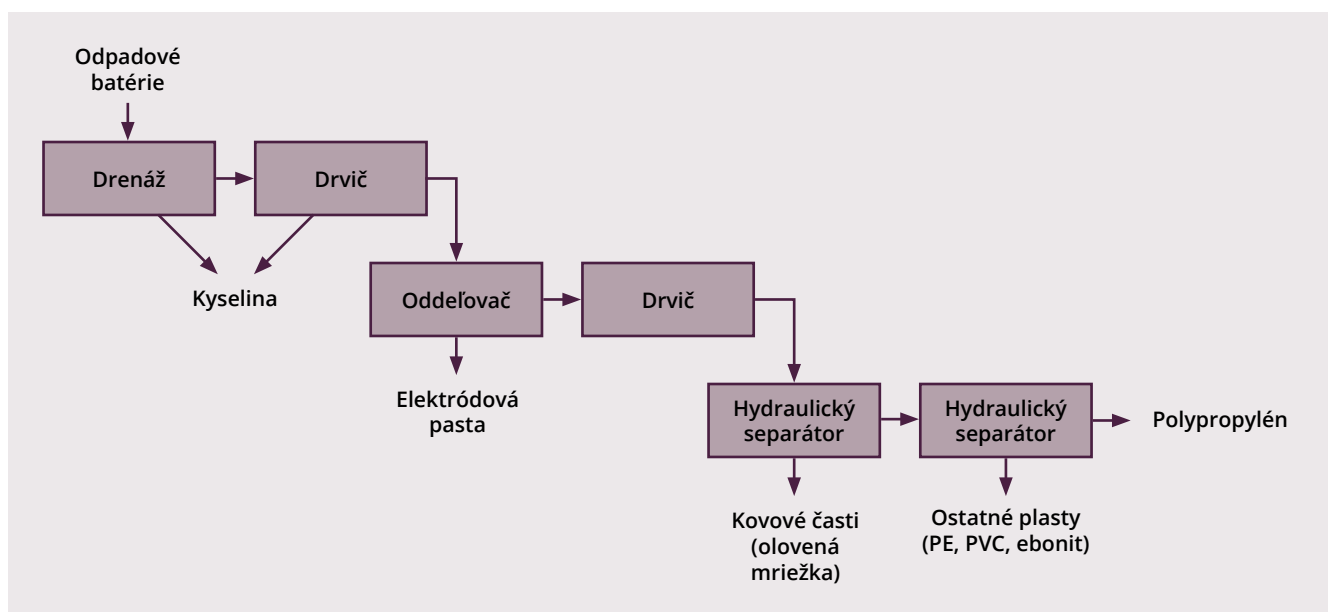
Obsah bežnej olovenej automobilovej batérie je uvedený v tab. 7 (zdroj: BCRC).

Tabuľka 7: Obsah bežnej olovenej automobilovej batérie

Zložka	Hm. %
Olovená (zliatinová) zložka (mriežka, stĺpiky...)	25 – 30
Elektrolytická pasta (jemné častice oxidu olovnateho a síranu olovnateho)	35 – 45
Kyselina sírová (10 – 20 % H ₂ SO ₄)	10 – 15
Polypropylén	4 – 8
Ďalšie plasty (PVC, PE, etc.)	2 – 7
Ebonit	1 – 3
Iné materiály (sklo, papier...)	< 0,5

Spracovanie odpadovej olovenej batérie spočíva v oddelení elektrolytu (kyseliny sírovej) od ostatných častí batérie, následného drvenia, oddelenia olova a olovenej pasty, hydraulického separácie a nasleduje metalurgické spracovanie redukciou na kovové olovo a rafinácia olova.

¹² § 42 ods. 3 zákona o odpadoch.



Obrázok 14: Schéma spracovania odpadových olovených batérií (zdroj: BREF NFM)

Technológie na spracovanie olovených batérií sú detailne opísané v referenčnom dokumente **BREF Výroba a spracovanie neželezných kovov (NFM) v kapitole 5.1.3.**, kde sú opísané aj jednotlivé typy metalurgických pecí a postupov.

3.1.7.2. Spracovanie niklových batérií a akumulátorov

Nikel sa používa v širokom spektre batérií a akumulátorov, najčastejšie v nikel-kadmiových trakčných batériách či metal-hydridových (NiMH) akumulátoroch. Nikel sa používa aj v akumulátoroch pre elektrické vozidlá vo forme nikel-kobalt-hliníkového (NCA) a nikel-horčík-kobaltového (NMC) akumulátora. Odhaduje sa, že v roku 2025 bude až 58 % automobilových akumulátorov obsahovať nikel¹³.

Nikel z batérií a akumulátorov sa recykluje metalurgickými procesmi. Proces spracovania niklových odpadov zahŕňa prípravu surovín, tavenie (vrátane odpichu a odlievania), odlievanie ingotov, recykláciu šrotu a „rafináciu elektrotrosky“.

Tavenie prebieha v indukčnej peci, pričom plynné produkty zachytáva jeden z dvoch odsávacích systémov vybavených tkaninovými filtrami. Časť kovu sa ďalej rafinuje vo vákuových rafinačných peciach. Vákuové indukčné tavenie sa uskutočňuje v indukčnej peci. Odlievanie sa vykonáva buď vo vákuu, alebo v prítomnosti argónu. Vákuová oblúková rafinácia sa vykonáva za vzniku pevných ingotov vo vákuu. Vákuum zabezpečujú parné ejektory a plyny z ejektorov sa ochladzujú pomocou rozprašovacích kondenzátorov. Troska sa rafinuje v elektrickej peci.

Problematike spracovania niklových odpadov sa venuje referenčný dokument **BREF Výroba a spracovanie neželezných kovov (NFM) v kapitole 9.1.1.4.** (dostupné na <https://bat.enviroportal.sk/Public/DatabazaBREF.aspx>).

3.1.7.3. Spracovanie lítiových batérií a akumulátorov

Batérie a akumulátory obsahujúce lítium zaznamenávajú veľký rozmach hlavne v súvislosti s rozvojom elektromobility. Rozdeľujeme ich na primárne články – batérie, ktoré sú tvorené kovovým lítium a neobsahujú toxické kovy, a na sekundárne články – akumulátory, ktoré neobsahujú kovové

13 <https://nickelinstitute.org/en/about-nickel-and-its-applications/nickel-in-batteries/>

lítium, ale obsahujú ťažké kovy (ako súčasť kladnej elektródy). Záporná elektróda je zvyčajne tvorená grafitom. Elektrolyt je tvorený organickou kvapalinou s rozpustenými nebezpečnými látkami (LiClO_4 , LiBF_4 , LiPF_6). Zloženie lítiového akumulátora je 5 – 20 % Co, 5 – 10 % Ni, 5 – 7 % Li, 15 % organických látok, 7 % plastov, pričom toto zloženie sa líši podľa jednotlivých výrobcov (zdroj: Petrániková a kol.).

Z pohľadu chemického zloženia sa na trhu objavujú rôzne druhy lítiových batérií a akumulátorov, ktoré obsahujú:

- lítium-oxid kobaltnatý (LiCoO_2), používané v mobilných telefónoch, notebookoch a digitálnych fotoaparátach;
- lítium-oxid manganičitý (LiMn_2O_4), používané pre elektrické náradie, lekárske nástroje rovnako ako hybridné a elektrické vozidlá;
- lítium-fosforečnan železitý (LiFePO_4), používané v solárnych inštaláciách (fotovoltických systémoch);
- lítium-nikel-mangán-oxid kobaltnatý (LiNiMnCoO_2), používané pre náradie a elektromobilitu;
- lítium-nikel-kobalt-oxid hlinitý (LiNiCoAlO_2), používa sa v bežných elektrozaariadeniach (aj vo forme tužkových batérií);
- lítium-titán ($\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$), Li-Ti nahrádza grafit v anóde v typickej lítium-iónovej batérii, čím sa však zvyšuje cena a zhoršuje umiestnenie na trhu.

Spracovanie odpadových lítiových batérií a akumulátorov v súčasnosti nie je také bežné ako spracovanie iných typov batérií a akumulátorov, ale vývoj v tejto oblasti napreduje a očakávajú sa viaceré efektívne technológie na znovuzískanie lítia. Problémom pri spracovaní odpadov s obsahom lítia je, že kovové lítium pri styku s vodou alebo vodnou parou exploduje, pretože prebehne prudká reakcia rozkladu vody na vodík a kyslík.

Recyklácia lítiových batérií a akumulátorov sa uskutočňuje hydrometalurgickými procesmi, pričom sa najčastejšie využíva kryogénne drvenie, gravitačná sedimentácia, oxidácia kovového lítia v zmesi chemických reagentov, následná separácia lítia a ostatných kovov. Je možné využiť aj kombináciu tepelného a hydrometalurgického spracovania. Spracovanie lítiových batérií nie je zahrnuté v žiadnom referenčnom dokumente BREF, preto v nasledujúcej časti budú opísané používané technológie podľa zdroja Petrániková a kol.

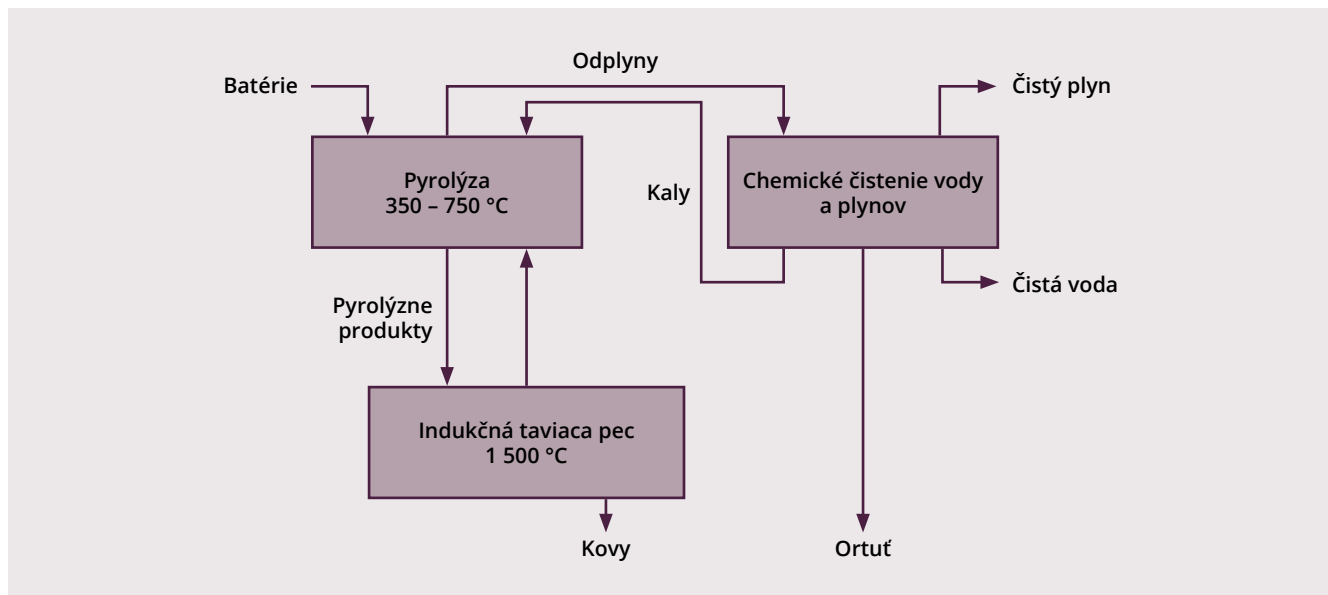
Technológia Toxco inc.

Prichádzajúce odpady z lítiových článkov sa uskladňujú v zásobníkoch (bunkroch). Pred uskladnením sa odstraňuje zvyšková elektrická energia na zamedzenie samovoľného výbuchu. Zvyšková energia sa eliminuje kryogénnym drvením pri teplote $-162\text{ }^\circ\text{C}$. Recyklačný proces pozostáva z nasledujúcich operácií:

- a) príjem na skladovanie lítiových batérií (predbežné triedenie, kontrola neporušenosti, odstránenie obalu, predbežné chladenie);
- b) bezpečnostná kryogénna úprava (plnenie reakčnej nádrže roztokom NaOH ako prevencia vzniku kyslých plynov a vodíka, hrubé drvenie pri teplote $-196\text{ }^\circ\text{C}$, odstraňovanie vodíka a udržiavanie jeho koncentrácie pod medzou výbušnosti špeciálnym ventilačným zariadením, zachytávanie kyslých plynov a ich neutralizácia v práčke plynov, jemné drvenie v kladivovom mlyne);
- c) zušľachtovanie (separácia na jemnú a hrubú vrstvu, feromagnetická separácia hrubej frakcie, filtrácia jemnej frakcie, zrážanie Li_2CO_3).

Technológia Batrec Industrie AG

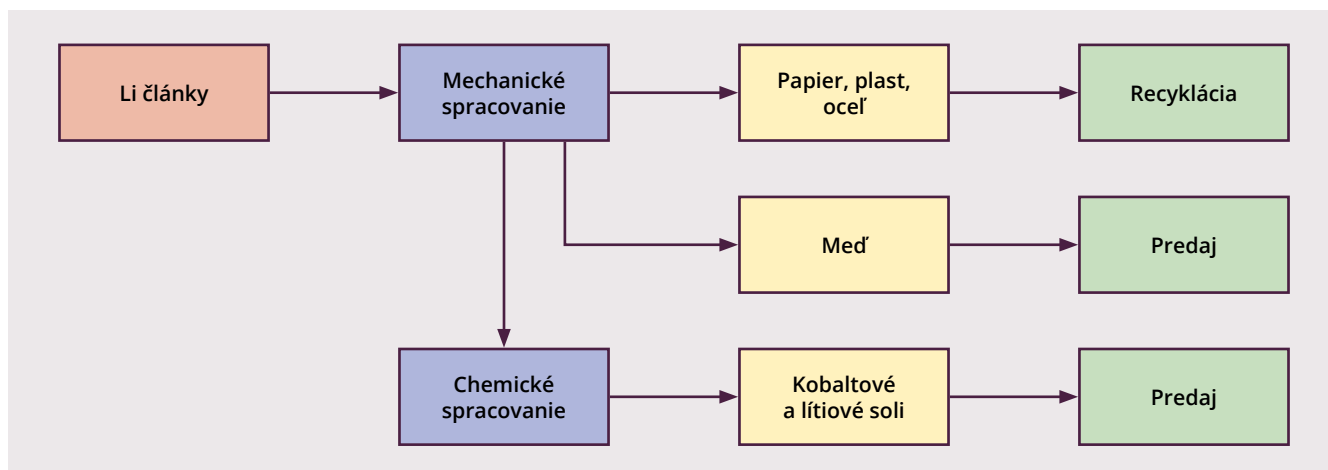
Princíp tejto technológie spočíva v drvení a neutralizácii vytriedených lítiových článkov v ochranej atmosfére, pričom dochádza k uvoľňovaniu SO_2 . Lítium sa získava pyrolýzou a následným tavením v indukčnej peci. Schéma procesu je znázornená na obr. 15.



Obrázok 15: Schéma recyklačného procesu BATREC

Technológia Recupyl

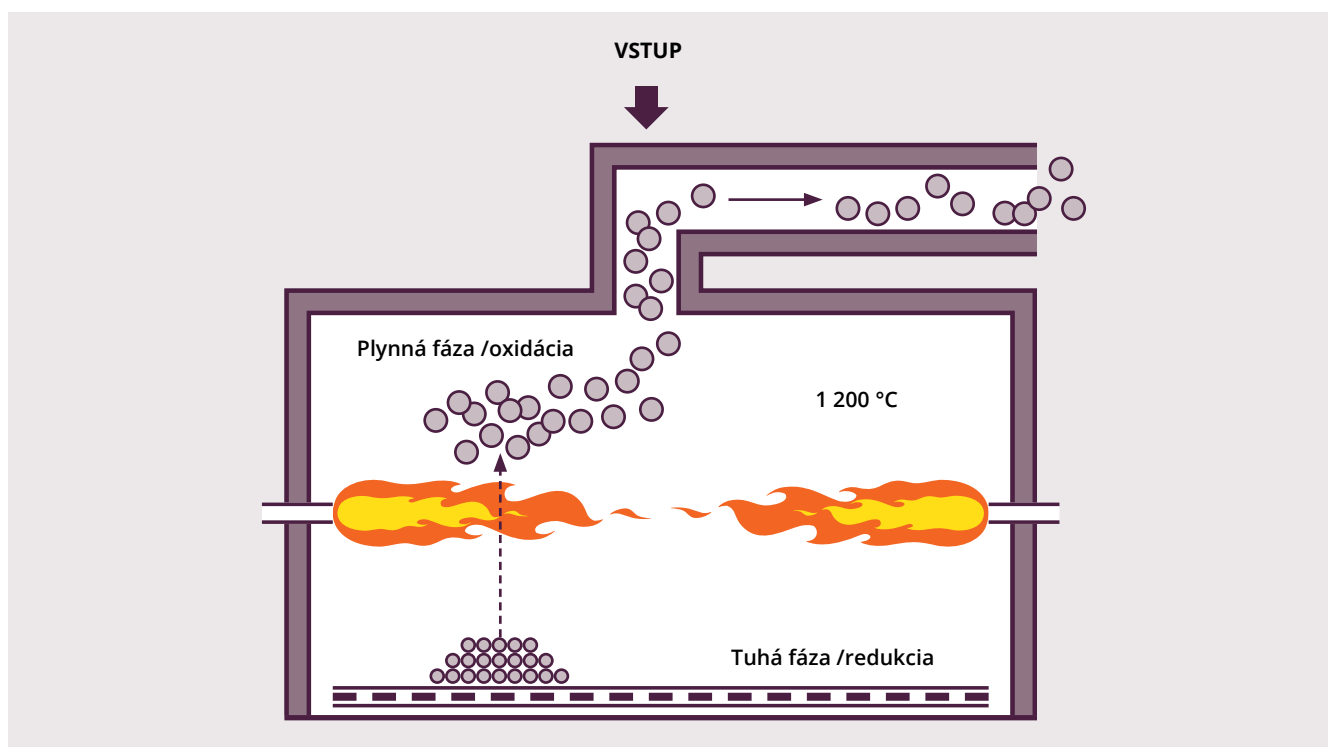
Proces pracuje pri teplote okolia a nevyžaduje vysoké teploty ani kryogenické kroky. Výhodou sú nízke emisie do ovzdušia a vôd. Ide o hydrometalurgický proces predspracovaním v inertnej atmosfére. Procesom sa získavajú všetky zložky lítiových článkov, obsahujúce kovové obaly, elektródy, oxidy kovov a lítiové soli. Schéma procesu je uvedená na obr. 16.



Obrázok 16: Bloková schéma procesu Recupyl

Technológia Citron

Táto technológia používa na recykláciu pyrometalurgické postupy, pomocou ktorých sa získavajú kovy a organické zložky využiteľné ako palivo alebo redukčné činidlo. Kovy s nízkou teplotou vyparovania (zinok, kadmium, olovo) sa získavajú v kroku čistenia plynovo. Na získanie ortuti sa používajú špeciálne technológie.



Obrázok 17: Proces Oxureducer™ spoločnosti Citron

Technológia Umicore

Technológia pracuje v uzavretom cykle, v ktorom sa odpadové batérie vsádzajú priamo bez akejkoľvek úpravy do pece. Plasty prítomné v batériách plnia funkciu redukčného činidla a zároveň zdroja energie. Kovy sa roztavia do zliatiny.

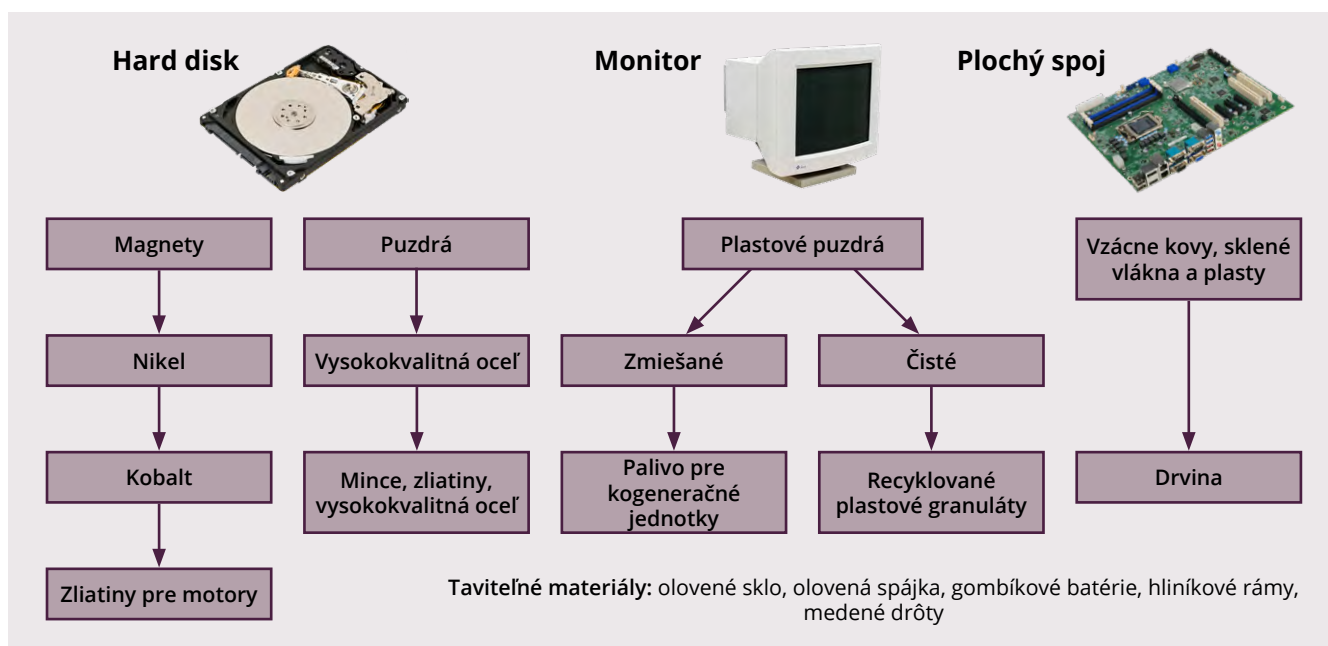
3.1.8. Spracovanie elektroodpadov

Elektrozariadenia sú zariadenia, ktoré na svoju riadnu činnosť potrebujú elektrický prúd alebo elektromagnetické pole a zariadenia na výrobu, prenos a meranie takého prúdu a poľa, ktoré sú navrhnuté na použitie pri hodnote napätia do 1 000 V pre striedavý prúd a do 1 500 V pre jednosmerný prúd.¹⁴ Po skončení životnosti sa stávajú elektroodpadom a nakladá sa s nimi v špecializovaných zariadeniach na spracovanie elektroodpadov.

Elektroodpady sú zdrojom mnohých materiálov, ktoré sa po recyklácii dajú opätovne využiť vo výrobe:

- železné kovy,
- neželezné kovy, hlavne meď a hliník,
- vzácne kovy (Ag, Au, Pt, Eu...),
- kovy vzácnych zemín (lantanoidy),
- sklo,
- niektoré plasty (PUR, PP, PVC),
- energetické zdroje (nerecyklovateľné plasty s výnimkou plastov, ktoré obsahujú tzv. spomaľovače horenia – najčastejšie látky na báze brómovaných organických zlúčenín).

¹⁴ § 32 odsek 5 zákona o odpadoch.



Obrázok 18: Príklad obsahu recyklovateľných materiálov v niektorých elektroodpadoch

Technológia spracovania elektroodpadov je pomerne jednoduchá a spočíva v rozobratí (separácii) elektroodpadov na jednotlivé materiály. Spracovanie elektroodpadov môže byť ručné alebo mechanické, prípadne zmiešané.

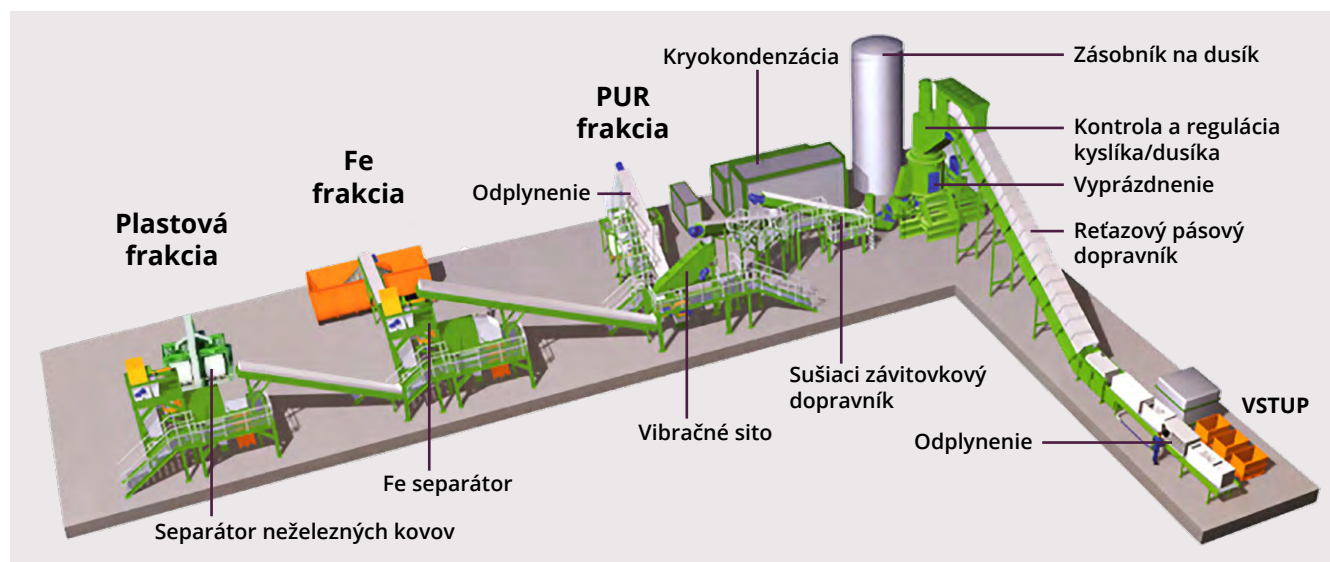
Pri ručnom spracovaní elektroodpadov pracovníci rozoberajú elektroodpady na jednotlivé materiály (železo, meď, hliník, plasty, dosky plošných spojov, káble, batérie, zobrazovacie jednotky...), v podstate ide o opačný postup ako pri výrobe elektrozariadení. Takto získané materiály sa predávajú iným subjektom na ďalšie spracovanie. Pri tejto technológii sa nedajú spracovať chladiace a mraziace zariadenia. Ručné rozoberanie elektroodpadov nespôsobuje žiadne emisie znečisťujúcich látok do ovzdušia.

Mechanické spracovanie elektroodpadov spočíva v triedení prijatých elektroodpadov do skupín podľa spôsobu spracovania (chladiace a mraziace zariadenia, zobrazovacie zariadenia, svetelné zdroje, ostatné elektroodpady). Najprv sa ručne odstránia niektoré súčasti (vonkajšie káble, obrazovky, batérie a akumulátory, dosky plošných spojov, súčiastky s potenciálnym obsahom nebezpečných látok, napríklad PCB alebo ortuť, tonery z tlačiarň a i.). Takto pripravený elektroodpad sa drví v drviacom zariadení (šréder, mlyn). Podrvený materiál sa vedie cez viaceré separátory, ktoré môžu byť magnetické, vzdušné, vibračné, vodné, elektrostatické, čím sa vytriedia jednotlivé materiály, ktoré je možné ďalej spracovať recykláciou (metalurgicky, hydrometalurgicky, elektrolyticky...).

Najčastejšie sa na Slovensku využíva kombinácia ručného a mechanického spracovania, teda najprv sa ručne odseparujú materiály, ktoré sú ľahko umiestniteľné na trhu a vyžadujú vysoký stupeň čistoty (kovy, dosky plošných spojov, niektoré sklá). Ostatné časti, predovšetkým plastové, sa drví a následne sa z nich ešte odseparujú kovy. Plasty z elektroodpadov sú problematický materiál, pretože obsahujú zhášacie horenia a nie sú vhodné ani na recykláciu, ani na energetické zhodnocovanie. Niektoré zhášacie horenia, ktoré sa v minulosti používali, sú dnes na zozname zakázaných látok podľa Štokholmského dohovoru a nesmú sa recyklovať ani spaľovať, pretože spaľením sa produkujú dioxíny.

Špeciálne postupy sa používajú na spracovanie obrazoviek, pretože je potrebné odseparovať luminiscenčnú vrstvu, ktorá je vo forme prášku nanosená na spodnú časť obrazovkového skla a ktorá obsahuje toxický sulfid kademnatý. Táto luminiscenčná vrstva sa dá použiť na získavanie kovov vzácnych zemín.

Samostatné linky sa musia použiť na spracovanie chladiacich a mraziacich zariadení. Z týchto je potrebné bezpečne odsáť chladiace médium. Keďže sa spracovávajú staré spotrebiče, ešte stále sa môžu nájsť u spracovateľov chladničky s čpavkom alebo freónmi ako chladiacim médiom. Takisto sa musí odseparovať chladiace médium z izolačných materiálov v stenách a dverách zariadení. Príklad kryokondenzačnej technológie na spracovanie chladiacich a mraziacich zariadení je uvedený na obr. 19 (zdroj: Elektro Recycling, s. r. o.).



Obrázok 19: Schéma spracovania odpadových chladiacich a mraziacich zariadení v spoločnosti Elektro Recycling, s. r. o., Slovenská Ľupča

Technológia pozostáva z nasledujúcich krokov:

1. Odstránenie chladiča. Chladiaci okruh sa prepichne špeciálnymi kliešťami s odsávaním chladiaceho média, kompresory sa zbavia oleja a chladiaceho média.
2. Drvenie zariadenia v reťazovom mlyne, kde sa uvoľnia chladiace plyny a viažu sa s dusíkom; v drviacom zariadení sa uskutočňujú tieto procesy: separácia spojených materiálov, mletie PUR peny na prach, mletie polystyrénu, mletie a stlačenie kovových kusov do granúl, uvoľnenie chladiaceho média vnútri peny.
3. Tepelné spracovanie v závitkových dopravníkoch, kde sa dokončí odplynovanie PUR peny, chladiace médium sa absorbuje do dusíka.
4. Triedenie výstupných materiálov (separácia železa, neželezných kovov, plastov).
5. Kryokondenzácia, počas ktorej sa dusík s absorbovanými chladiacimi plynmi schladí na nízke teploty, pary sa kondenzujú, čím sa chladiace médium skvapalní a oddelí od dusíka, dusík sa vracia späť do technológie, skondenzované chladiace médium sa odovzdáva do ďalšieho zariadenia na spracovanie (zneškodnenie).

Dosky plošných spojov sú veľmi vzácnym materiálom, pretože obsahujú rôzne kovy vrátane vzácných kovov (Au, Ag, Pt a i.). Tieto sa spracovávajú metalurgickými postupmi alebo v plazmovom reaktore, zvyčajne v inom zariadení ako zariadenie na spracovanie elektroodpadov (v hute).

Svetelné zdroje (žiarivky, LED...) sa spracovávajú samostatne v špeciálnych zariadeniach. Svetelné zdroje s obsahom ortuti sa spracovávajú v uzatvorenom zariadení s destiláciou ortuti, produktom je kovová ortuť a čisté sklo.

Na spracovanie elektroodpadov sú v EÚ vydané technické normy a technické špecifikácie. Spracovanie elektroodpadov je tiež zahrnuté do **referenčného dokumentu BREF Spracovanie odpadov (WT) v kapitole 3.1. a 3.2** (dostupné na <https://bat.enviroportal.sk/Public/DatabazaBREF.aspx>).

3.2. Vstupy a výstupy

3.2.1. Drvenie kovových odpadov

Pri drvení kovových odpadov sú ako vstupné materiály vhodné všetky druhy kovov, ale najčastejšie sa drvenie odpadov využíva pri spracovaní starých vozidiel a elektroodpadov, ako aj v zariadeniach na zber a úpravu kovových odpadov.

Výstupom sú okrem podrveného materiálu aj TZL s obsahom kovov. Ich koncentrácia v okolitom ovzduší závisí od veľkosti zariadenia, jeho výkonu, použitej technológie (suché/mokrú drvenie). Príklady emisií TZL z drviacich zariadení sú uvedené v **kapitole 3.1.2. referenčného dokumentu BREF Spracovanie odpadov (WT)** (dostupné na <https://bat.enviroportal.sk/Public/Databaza-BREF.aspx>).

3.2.2. Mletie a drvenie tuhých odpadov

Podobne ako pri drvení kovových odpadov, aj pri drvení alebo mletí ostatných odpadov vznikajú TZL, ktorých zloženie závisí od drveného materiálu. Emisie TZL závisia od množstva drveného materiálu, kapacity zariadenia a použitej technológie a je problematické zovšeobecniť tieto údaje. Preto je dôležité, aby navrhovateľ/žiadateľ uviedol údaje udávané výrobcom daného zariadenia vzťahované na predpokladanú využívanú kapacitu zariadenia.

3.2.3. Biologické úpravy odpadov

Vplyv sanačných technológií na znečisťovanie ovzdušia je vo forme zápachu, ktorý sa dá eliminovať vhodným umiestnením zariadenia, ak sa pracuje ex-situ. Sanácia in-situ je možná iba za presne zadefinovaných podmienok s ohľadom na umiestnenie sanovaného územia.

3.2.4. Mechanicko-biochemická úprava odpadov

Pri technológiách MBÚ vznikajú emisie do ovzdušia pri príjme odpadu a sitovaní (zápach), pri kompostovaní, pri výrobe bioplynu a v kogeneračnej jednotke.

3.2.5. Skládkovanie odpadov

Emisiám skládkového plynu sa detailne venuje príručka Výroba bioplynu.

3.2.6. Skladovanie odpadov

Pri skladovaní odpadov môžu vznikajú emisie TZL, ak odpady sú voľne ložené. Takisto môžu vznikajú emisie prchavých látok, ak tieto odpady obsahujú. Ich koncentrácie závisia od zloženia jednotlivého odpadu a musia sa posudzovať individuálne.

3.2.7. Spracovanie použitých batérií a akumulátorov

Pri spracovaní použitých batérií a akumulátorov vznikajú rôzne znečisťujúce látky, ktoré sú opísané v referenčnom dokumente **BREF Výroba a spracovanie neželezných kovov (NFM) v kapitole 5.2 a 9.2** (dostupné na <https://bat.enviroportal.sk/Public/DatabazaBREF.aspx>).

3.2.8. Spracovanie elektroodpadov

Pri spracovaní elektroodpadov môžu vznikajúť emisie TZL pri použití drvičov alebo mlynov. Pri spracovaní chladiacich a mraziacich zariadení môžu vznikajúť emisie chladiacich médií (vrátane freónov) do ovzdušia výlučne pri nedodržaní správnych technologických postupov.

3.3. Techniky na zníženie emisií do ovzdušia

Na všetky uvedené technológie (s výnimkou skládkovania odpadov) sa môžu aplikovať technicky a technológie uvedené v referenčnom dokumente **BREF Spracovanie odpadov (WT) a pre spracovanie použitých batérií a akumulátorov BREF Výroba a spracovanie neželezných kovov (NFM)** (dostupné na <https://bat.enviroportal.sk/Public/DatabazaBREF.aspx>).

3.4. Problémové body a možnosti riešenia

Pri mechanickom spracovaní odpadov (drvenie, mletie) sú problémom emisie TZL, preto je potrebné sa zamerať na dodržiavanie najlepších dostupných techník. Mnohé zo zariadení sú iba malými zdrojmi znečisťovania ovzdušia, niektoré sú strednými zdrojmi znečisťovania ovzdušia, v závislosti od veľkosti zariadenia a jeho využívanej kapacity.

Pri biologickom spracovaní odpadov sa do ovzdušia môžu dostať plynne znečisteniny, ktoré vznikajú pri aeróbných alebo anaeróbných procesoch. Problémové môžu byť skládkové plyny vznikajúce na skládkach odpadov, pretože mnohé skládky na území SR nie sú kapacitou dostatočné na to, aby sa skládkový plyn zachytával na výrobu energie. Skládkový plyn obsahuje v prevažnej miere metán, ktorý patrí medzi skleníkové plyny, a preto je potrebné ho spáliť za vzniku oxidu uhličitého alebo adsorbovať na vhodnom materiáli.

Samostatnou kapitolou je spracovanie použitých batérií a akumulátorov, pretože po mechanickej úprave sa tieto spracovávajú metalurgicky alebo hydrometalurgicky, čo je spojené s tvorbou plyných znečistenín ovzdušia. Všetky relevantné postupy a techniky na zachytávanie znečistenia a jeho znižovanie sú detailne opísané v referenčnom dokumente BREF Výroba a spracovanie neželezných kovov (NFM). V tomto referenčnom dokumente však nie sú uvedené techniky na spracovanie lítiových batérií, pretože je to novo sa rozvíjajúce odvetvie s malým počtom viac-menej úspešných inštalácií nielen v Európe, ale aj vo svete. Je preto málo referenčných podkladov a pri povoľovaní takejto prevádzky bude potrebné stanoviť emisné limity až po skúšobnej prevádzke, keď sa budú dať namerať emitujúce látky a ich koncentrácie.

Pokiaľ súčasťou skládky odpadov nie je využitie vznikajúceho skládkového plynu v KGJ, tak ide o malé zdroje, ktoré sú v kompetencii obcí.

3.5. Opis techník, ktoré sú považované za BAT

Vykonávacie rozhodnutie Komisie 2018/1147¹⁵ obsahuje najlepšie dostupné techniky:

1. Všeobecné závery o BAT

1.3 Emisie do ovzdušia (BAT 12 – BAT 16)

15 Vykonávacie rozhodnutie Komisie (EÚ) 2018/1147 z 10. augusta 2018, ktorým sa podľa smernice Európskeho parlamentu a Rady 2010/75/EÚ stanovujú závery o najlepších dostupných technikách (BAT) pri spracovaní odpadu.

2. Závery o BAT týkajúce sa mechanického spracovania odpadu

2.1 Všeobecné závery o BAT týkajúce sa mechanickej úpravy odpadu

- Emisie do ovzdušia (BAT 25)

2.2 Závery o BAT týkajúce sa mechanického spracovania v drvičoch kovového odpadu

- Celkové environmentálne vlastnosti (BAT 26)
- Deflagrácia (BAT 27)

2.3 Závery o BAT týkajúce sa spracovania OEEZ obsahujúceho VFC a/alebo VHC

- Emisie do ovzdušia (BAT 29)
- Výbuchy (BAT 30)

2.4 Závery o BAT týkajúce sa mechanického spracovania odpadu s energetickou hodnotou

- Emisie do ovzdušia (BAT 31)

2.5 Závery o BAT týkajúce sa mechanického spracovania OEEZ obsahujúceho ortuť

- Emisie do ovzdušia (BAT 32)

3. Závery o BAT týkajúce sa biologickej úpravy odpadu

3.1 Všeobecné závery BAT týkajúce sa biologickej úpravy odpadu

- Emisie do ovzdušia (BAT 34)

3.2 Závery o BAT týkajúce sa aeróbnej úpravy odpadu

- Celkové environmentálne vlastnosti (BAT 36)
- Emisie zápachu a difúzne emisie do ovzdušia (BAT 37)

3.3 Závery o BAT týkajúce sa anaeróbnej úpravy odpadu

- Emisie do ovzdušia (BAT 38)

3.4 Závery o BAT týkajúce sa mechanickej biologickej úpravy odpadu

- Emisie do ovzdušia (BAT 339)

Najlepšie dostupné techniky pre spracovanie použitých batérií a akumulátorov sú uvedené vo **vykonávacom rozhodnutí Komisie 2016/1032**¹⁶.

¹⁶ Vykonávacie rozhodnutie Komisie (EÚ) 2016/1032 z 13. júna 2016, ktorým sa podľa smernice Európskeho parlamentu a Rady 2010/75/EÚ stanovujú závery o najlepšíh dostupných technikách (BAT) pre odvetvie výroby neželezných kovov.

3.6. Povoľovací proces

Zákon o posudzovaní vplyvov na životné prostredie v prílohe č. 8 určuje limitné hodnoty pre povinné hodnotenie a zisťovacie konanie takto:

Tabuľka 8: Prahové hodnoty pre posudzovanie vplyvov na životné prostredie pre zariadenia na spracovanie odpadov

Kap.	Pol.	Činnosť	Povinné hodnotenie od prahovej hodnoty	Zisťovacie konanie pre prahové hodnoty
9	2	Skládky odpadov na nebezpečný odpad	bez limitu	
9	3	Skládky odpadov na odpad, ktorý nie je nebezpečný s kapacitou	od 250 000 m ³	do 250 000 m ³
9	4	Skládky odpadov na inertný odpad s kapacitou		nad 250 000 m ³
9	6	Zhodnocovanie ostatných odpadov okrem zhodnocovania odpadov uvedeného v položkách 5 a 11, zariadenia na úpravu a spracovanie ostatných odpadov		od 5 000 t/rok
9	11	Zariadenie na zhodnocovanie ostatného stavebného odpadu	od 100 000 t/rok	od 50 000 t/rok do 100 000 t/rok
9	12	Zneškodňovanie odpadov (nezahrnuté v položkách 1 až 5 a 7)		bez limitu
3	5	Prevádzky na výrobu surových neželezných kovov z rúd, koncentrátov alebo druhotných surovín metalurgickými, chemickými alebo elektrolytickými procesmi	bez limitu	
3	6	Prevádzky na tavenie vrátane zlievania zliatin (legovania) neželezných kovov okrem vzácnych kovov vrátane pretavovania recyklovaných výrobkov (rafinácia, výroba odliatkov a pod.) s kapacitou tavenia	od 100 000 t/rok	od 10 000 t/rok do 100 000 t/rok

Zákon o IPKZ v prílohe č. 1 stanovuje nasledujúce limitné kapacity pre povinnosť integrovaného povolenia:

2.5. Spracovanie neželezných kovov:

- výroba surových neželezných kovov z rúd, koncentrátov alebo druhotných surovín metalurgickými, chemickými alebo elektrolytickými postupmi;
- tavenie vrátane zlievania neželezných kovov vrátane zhodnotených produktov a prevádzkova-
nie zliarne neželezných kovov, s kapacitou tavenia väčšou ako 4 t za deň pre olovo a kadmium
alebo 20 t za deň pre ostatné kovy.

5.1. Zneškodňovanie alebo zhodnocovanie nebezpečných odpadov s kapacitou väčšou ako 10 t za deň, ktorého súčasťou je jedna alebo viacero z týchto činností:

- biologická úprava;
- fyzikálno-chemická úprava;
- zmiešavanie alebo miešanie pred začatím ktorejkoľvek z ostatných činností uvedených v bo-
doch 5.1 a 5.2;
- opätovné balenie pred začatím ktorejkoľvek z ostatných činností uvedených v bodoch 5.1 a 5.2;
- spätné získavanie alebo regenerácia rozpúšťadiel;
- recyklácia alebo spracovanie anorganických materiálov iných ako kovy alebo zlúčeniny kovov;

- g) regenerácia kyselín alebo zásad;
- h) spätné získavanie komponentov používaných pri odstraňovaní znečistenia;
- i) spätné získavanie komponentov z katalyzátorov;
- j) prečistenie oleja alebo jeho iné opätovné použitie;
- k) ukladanie na povrchu.

5.3.

- a) Zneškodňovanie odpadu, ktorý nie je nebezpečný, s kapacitou väčšou ako 50 t za deň, ktorého súčasťou je jedna alebo viacero z týchto činností okrem činností, na ktoré sa vzťahujú osobitné predpisy:
 1. biologická úprava;
 2. fyzikálno-chemická úprava;
 3. predúprava odpadov na spaľovanie alebo spoluspaľovanie;
 4. spracovanie trosky a popola;
 5. spracovanie kovového odpadu v drvičoch vrátane odpadu z elektrických a elektronických zariadení a vozidiel po dobe životnosti a ich súčiastok;
- b) zhodnocovanie alebo kombinácia zhodnocovania a zneškodňovania odpadu, ktorý nie je nebezpečný, s kapacitou väčšou ako 75 t za deň, ktoré zahŕňa jednu alebo viacero z nasledujúcich činností, ale nezahŕňa činnosti, na ktoré sa vzťahujú osobitné predpisy:
 1. biologická úprava;
 2. predúprava odpadov na spaľovanie alebo spoluspaľovanie;
 3. spracovanie trosky a popola;
 4. spracovanie kovového odpadu v drvičoch vrátane odpadu z elektrických a elektronických zariadení a vozidiel po dobe životnosti a ich súčiastok.

Ak je jedinou činnosťou v rámci spracovania odpadu anaeróbna digescia, prahovou kapacitou tejto činnosti je 100 t za deň.

5.4. Skládky odpadov, ako sú vymedzené v osobitnom predpise, ktoré prijímajú viac ako 10 t odpadu za deň alebo majú celkovú kapacitu presahujúcu 25 000 t, okrem skládok inertných odpadov.

Zákon o odpadoch ukladá povinnosť zvoliť pri výstavbe alebo modernizácii zariadení na spracovanie elektroodpadu (§ 41 písm. f), použitých batérií a akumulátorov (§ 51 písm. b) a starých vozidiel (§ 65 písm. c) najlepšie dostupné techniky s prihliadnutím na primeranosť výdavkov na ich obstaranie a prevádzku.

V prípade, ak zariadenia na spracovanie odpadu svojou kapacitou nespĺňajú limitné hodnoty pre integrované povolenie podľa zákona o IPKZ alebo nie sú vymenované v zákone o odpadoch ako tie, pre ktoré je povinnosť aplikovať príslušné BAT, potom je potrebné zohľadniť množstvo vznikajúcich emisií a zdroj znečistenia ovzdušia zaradiť medzi malé, stredné alebo veľké zdroje znečisťovania podľa vykonávacej vyhlášky o ovzduší a aplikovať emisné limity dané touto vyhláškou, ak sú relevantné. Keďže činnosti spracovania odpadu sú veľmi rôznorodé (čo napokon vidno aj z množstva referenčných dokumentov BREF, ktoré obsahujú tieto technológie), nie je možné všeobecne odporúčať presné a jednotlivé emisné limity pre všetky prevádzky. Schvaľovanie takýchto zdrojov znečistenia ovzdušia bude musieť byť konkrétne pre každú schvaľovanú prevádzku.

4. ZARIADENIA NA SPRACOVANIE A SPAĽOVANIE VEDĽAJŠÍCH ŽIVOČÍŠNYCH PRODUKTOV

V zmysle nariadenia o vedľajších živočíšnych produktoch¹⁷ vedľajšie živočíšne produkty sú celé telá zvierat alebo ich časti, produkty živočíšneho pôvodu alebo iné produkty získané zo zvierat, ktoré nie sú určené na ľudskú spotrebu vrátane oocytov, embryí a spermy. Medzi vedľajšie živočíšne produkty sa zaraďujú aj kuchynské odpady.

Na vedľajšie živočíšne produkty sa predovšetkým vzťahujú veterinárne predpisy:

- nariadenie o vedľajších živočíšnych produktoch¹⁷,
- nariadenie Komisie (EÚ) č. 142/2011¹⁸,
- zákon č. 39/2007 Z. z. o veterinárnej starostlivosti v znení neskorších predpisov,
- **vyhláška** Ministerstva pôdohospodárstva a rozvoja vidieka Slovenskej republiky č. 148/2012 Z. z., ktorou sa ustanovujú podrobnosti o výnimkách pri zbere, preprave a odstraňovaní vedľajších živočíšnych produktov a o použití vedľajších živočíšnych produktov na osobitné kŕmne účely.

Tieto predpisy určujú, ako sa nakladá s vedľajšími živočíšnymi produktmi, a zároveň obsahujú kompetencie v oblasti povoľovania takýchto prevádzok.

Podľa nariadenia o vedľajších živočíšnych produktoch sa tieto rozdeľujú do 3 kategórií (články 8 – 10) a pre každú kategóriu sa presne definuje spôsob nakladania (kapitola II, oddiel 2, články 12 – 14).

Nariadenie Komisie (EÚ) č. 142/2011 v kapitole II ustanovuje požiadavky na odstraňovanie a používanie vedľajších živočíšnych produktov a odvodených produktov. Detailné požiadavky sú uvedené v prílohách k nariadeniu.

4.1. Používané techniky

Technológie na spracovanie vedľajších živočíšnych produktov sú podrobne opísané v referenčnom dokumente BREF Bitúnky a priemysel spracovania ich odpadových živočíšnych produktov (SA). Opísané sú tieto techniky a technológie:

- spracovanie tukov,
- kafilérie,
- spracovanie mŕtvych zvierat a živočíšnych odpadov,
- spracovanie peria a chlpuv.

4.1.1. Spracovanie tukov

Spracovanie tukov pozostáva z oddelenia tukov, vody a tuhých frakcií. Používajú sa tri metódy:

a) vsádzkové mokré spracovanie,

¹⁷ Nariadenie Európskeho parlamentu a Rady (ES) č. 1069/2009 z 21. októbra 2009, ktorým sa ustanovujú zdravotné predpisy týkajúce sa vedľajších živočíšnych produktov a odvodených produktov neurčených na ľudskú spotrebu a ktorým sa zrušuje nariadenie (ES) č. 1774/2002 (nariadenie o vedľajších živočíšnych produktoch) v konsolidovanom znení.

¹⁸ Nariadenie Komisie (EÚ) č. 142/2011 z 25. februára 2011, ktorým sa vykonáva nariadenie Európskeho parlamentu a Rady (ES) č. 1069/2009, ktorým sa ustanovujú zdravotné predpisy týkajúce sa vedľajších živočíšnych produktov a odvodených produktov neurčených na ľudskú spotrebu a ktorým sa vykonáva smernica Rady 97/78/ES, pokiaľ ide o určité vzorky a predmety vyňaté spod povinnosti veterinárnych kontrol na hraniciach podľa danej smernice v konsolidovanom znení.

- b) vsádzkové suché spracovanie,
- c) kontinuálne mokré spracovanie.

Jednotlivé technológie sú opísané v referenčnom dokumente BREF Bitúnky a priemysel spracovania ich odpadových živočíšnych produktov (SA) v kapitole 2.2.1. (dostupné na <https://bat.enviroportal.sk/Public/DatabazaBREF.aspx>).

4.1.2. Kafilérie

Kafilérie spracovávajú vedľajšie živočíšne produkty z výroby mäsa. Technológia pozostáva z viacerých krokov, pričom je potrebné dodržiavať požiadavky nariadenia o vedľajších živočíšnych produktoch. Základnou postupnosťou krokov pri spracovaní vedľajších živočíšnych produktov je drvenie, uvarenie, lisovanie s cieľom získania tuku, sušenie a preosiatie. Výsledkom je mäsokostná múčka a živočíšny tuk. Obidva produkty sa môžu využiť ako palivo v zariadeniach na spoluspalovanie odpadov (v cementárňach). Kvalitný tuk slúži ako prísada do biopalív.

4.1.3. Spracovanie mŕtvych zvierat a živočíšnych odpadov

Technologický postup pozostáva z nasledujúcich krokov:

- predúprava a zmenšenie veľkosti,
- sterilizácia,
- spracovanie niektorou z používaných metód (suché systémy s topením tuku, kontinuálne sušenie v recyklovanom tuku, lisovanie za mokra s následnou separáciou, evaporáciou a sušením v prírodnom tuku, varenie a sušenie, lisovanie za mokra a sušenie bez tuku).

Opis jednotlivých krokov je uvedený v referenčnom dokumente BREF Bitúnky a priemysel spracovania ich odpadových živočíšnych produktov (SA) v kapitole 2.2.2.1. (dostupné na <https://bat.enviroportal.sk/Public/DatabazaBREF.aspx>).

4.1.4. Spracovanie peria a chlupov

Spracovanie peria a chlupov je založené na princípe hydrolýzy za uvoľňovania keratínu. Hydrolyzovaný proteín sa suší, čím sa získa proteínová zložka do krmiva. Hydrolýza sa vykonáva pri zvýšenej teplote (135 – 145 °C) a zvýšenom tlaku počas 30 – 60 minút.

4.1.5. Špecifické požiadavky na zariadenia na spaľovanie alebo spoluspalovanie vedľajších živočíšnych produktov

Požiadavky na spaľovanie alebo spoluspalovanie vedľajších živočíšnych produktov sú uverejnené v prílohe č. III nariadenia Komisie č. 142/2011¹⁸. Z nich sú z pohľadu povolenia prevádzky s cieľom vysokej ochrany ovzdušia relevantné nasledovné požiadavky:

- a) Všeobecné požiadavky pre spaľovne a spoluspalovanie
 - Spaľovne alebo spoluspaľovne sú navrhnuté, vybavené, postavené a prevádzkované tak, aby sa plyn vznikajúci v procese zvyšoval kontrolovane a rovnomerne aj za najnepriaznivejších podmienok počas aspoň dvoch sekúnd až na teplotu 850 °C alebo počas 0,2 sekundy na teplotu 1 100 °C alebo v inom reprezentatívnom bode komory, v ktorej sa vykonáva spaľovanie alebo spoluspalovanie, ako je povolené zo strany príslušného orgánu.
 - Preprava a dočasné skladovanie suchých rezíduí vrátane prachu musia byť vykonané tak, aby sa zabránilo ich rozptylu v prostredí, napr. v uzatvorených nádobách/kontajneroch.

- Monitorovanie parametrov a podmienok týkajúcich sa procesu spaľovania alebo spoluspaľovania sa uskutočňuje technicky.
- Požiadavky na meranie teploty sú stanovené v povolení vydanom príslušným orgánom alebo v podmienkach, ktoré sa k nemu viažu.
- Fungovanie každého automatického monitorovacieho zariadenia je predmetom kontroly a každoročného odskúšania pod dohľadom.
- Výsledky meraní teploty sú zaznamenávané a prezentované vhodným spôsobom, aby umožnili príslušnému orgánu overiť splnenie povolených prevádzkových podmienok stanovených v tomto nariadení v súlade s postupmi, o ktorých rozhodne uvedený orgán.
- V prípade poruchy alebo abnormálnych prevádzkových podmienok spaľovne alebo spoluspaľovne prevádzkovateľ obmedzuje alebo ukončuje činnosti hneď, ako je to možné, až do okamihu, keď bude možné pokračovať v normálnej prevádzke.

b) Vysokokapacitné spaľovne a spoluspaľovne

Spaľovne a spoluspaľovne spracúvajúce len vedľajšie živočíšne produkty a odvodené produkty s kapacitou viac ako 50 kg za hodinu (vysokokapacitné zariadenia), od ktorých sa nevyžaduje, aby mali povolenie na prevádzku v súlade so smernicou 2010/75/ES, spĺňajú tieto podmienky:

- Zariadenia musia byť vybavené aspoň jedným pomocným horákom na každú linku. Tento horák sa automaticky zapína, keď teplota dymových plynov (splodín) po poslednom vstreknutí spaľovacieho vzduchu klesne pod 850 °C, resp. 1 100 °C. Musí sa používať aj počas operácií spúšťania a odstavovania zariadenia, aby sa zabezpečilo zachovanie teploty 850 °C, resp. 1 100 °C počas trvania týchto operácií a pokým sa v komore, v ktorej sa vykonáva spaľovanie alebo spoluspaľovanie, nachádza nespálený materiál.
- Keď sa do komory, v ktorej sa nepretržite vykonáva spaľovanie alebo spoluspaľovanie, dávajú vedľajšie živočíšne produkty alebo odvodené produkty, prevádzka musí prejsť na automatický režim s cieľom zabrániť pridaniu vedľajších živočíšnych produktov alebo odvodených produktov počas spúšťania, kým sa nedosiahne teplota 850 °C, resp. 1 100 °C, a kedykoľvek nie je teplota zachovaná.
- Prevádzkovateľ musí prevádzkovať spaľovňu takým spôsobom, aby bola dosiahnutá úroveň spálenia, pri ktorej je celkové množstvo organického uhlíka (TOC) v troske a spodnom popole z pece nižšie než 3 % alebo strata žíhaním je menšia než 5 % suchej hmotnosti materiálu. Ak je to potrebné, používajú sa vhodné techniky predbežnej úpravy.

c) Nízkokapacitné spaľovne a spoluspaľovne

Spaľovne a spoluspaľovne spracúvajúce len vedľajšie živočíšne produkty, odvodené produkty s maximálnou kapacitou nižšou ako 50 kg vedľajších živočíšnych produktov za hodinu alebo na dávku (nízkokapacitné zariadenia), od ktorých sa nevyžaduje, aby mali povolenie na prevádzku v súlade so smernicou 2010/75/EÚ,

- sa využívajú len na odstraňovanie:
 - mŕtvych spoločenských zvierat uvedených v článku 8 písm. a) bode iii) nariadenia (ES) č. 1069/2009;
 - materiálov kategórie 1 uvedených v článku 8 písm. b), e) a f), materiálov kategórie 2 uvedených v článku 9 alebo materiálov kategórie 3 uvedených v článku 10 uvedeného nariadenia a
 - mŕtvych jednotlivito identifikovaných koňovitých z chovov, na ktoré sa nevzťahujú zdravotné obmedzenia v súlade s článkom 4 ods. 5 ani článkom 5 smernice 2009/156/ES, ak sú povolené v členskom štáte;
- v prípade, že sa do nízkokapacitného závodu dodajú materiály kategórie 1 uvedené v článku 8 písm. b) nariadenia (ES) č. 1069/2009, sú vybavené pomocným horákom; c) fungujú tak, že vedľajšie živočíšne produkty sa úplne spália na popol.

- d) Požiadavky na používanie vedľajších živočíšnych produktov a odvodených produktov ako paliva
- Spalovacie zariadenia musia byť navrhnuté, postavené, vybavené a prevádzkované tak, aby vedľajšie živočíšne produkty a odvodené produkty boli aj za najnepriaznivejších podmienok vystavené aspoň počas dvoch sekúnd teplote 850 °C alebo aspoň 0,2 sekundy teplote 1 100 °C.
 - Plyn vznikajúci v tomto procese sa kontrolovane a rovnomerne počas dvoch sekúnd zvyšuje na teplotu 850 °C alebo počas 0,2 sekundy na teplotu 1 100 °C. Teplota sa musí merať v blízkosti vnútornej steny alebo v inom reprezentatívnom bode spalovacej komory, ako je povolené zo strany príslušného orgánu.
 - Na sledovanie parametrov a podmienok významných pre proces spalovania sa použijú automatizované metódy.
 - Výsledky meraní teploty sa zaznamenávajú automaticky a prezentujú vhodným spôsobom, ktorý príslušnému orgánu umožní kontrolovať dodržiavanie povolených prevádzkových podmienok uvedených v bode 1 a 2 v súlade s postupmi, o ktorých rozhodne príslušný orgán.
 - Prevádzkovateľ spalovacieho zariadenia zabezpečí spalovanie paliva takým spôsobom, aby celkové množstvo organického uhlíka v troske a spodnom popole z pece bolo nižšie než 3 % alebo strata žíhaním bola menšia než 5 % suchej hmotnosti materiálu.
 - Spalovacie zariadenie je vybavené zariadeniami, ktoré automaticky zastavia prevádzku v prípade poruchy alebo abnormálnych prevádzkových podmienok až do okamihu, keď bude možné pokračovať v normálnej prevádzke.
- e) Druhy zariadení a palív, ktoré sa môžu používať na spalovanie a osobitné požiadavky na konkrétne druhy zariadení.

V kapitole V prílohy č. III k nariadeniu¹⁷ sú uvedené požiadavky na:

- A. stacionárne motory s vnútorným spaľovaním,
- B. poľnohospodárske spalovacie zariadenia používajúce hnoj hydiny ako palivo,
- C. spalovacie zariadenia, v ktorých sa ako palivo na spalovanie používa hnoj chovných zvierat iný ako hnoj hydiny uvedený v oddiele B,
- D. spalovacie zariadenia, v ktorých sa ako palivo na spalovanie používa mäsokostná múčka.

Ďalšie požiadavky na spalovanie alebo spoluspalovanie vedľajších živočíšnych produktov sú tiež uvedené vo vykonávacej vyhláške o ovzduší.

4.2. Vstupy a výstupy

Pri zariadeniach na spracovanie alebo spaľovanie/spoluspalovanie vedľajších živočíšnych produktov je okrem všeobecných a špecifických požiadaviek na podobné zariadenia potrebné dodržiavať prísne požiadavky z hľadiska hygieny a zabránenia prenosu nákazy. Preto sú kladené prísne požiadavky na prísun, skladovanie a spracovanie suroviny (od živých zvierat cez jednotlivé produkty spracovania zvierat až po odpady). Zariadenia potrebujú okrem povolenia od orgánov štátnej správy ochrany ovzdušia, štátnej správy odpadového hospodárstva, štátnej vodnej správy aj povolenie štátnej veterinárnej správy, ktorá kontroluje súlad s vyššie uvedenými predpismi (predovšetkým nariadeniami).

Z pohľadu emisií tuhých alebo plyných znečistenín do ovzdušia sa aplikujú požiadavky vykonávacej vyhlášky o ovzduší, ako aj nariadenia 142/2011¹⁸, prílohy č. 7, kapitoly E, časti 1 Zariadenia na spaľovanie vedľajších živočíšnych produktov.

4.3. Techniky na zníženie emisií do ovzdušia

Pri týchto zariadeniach sa používajú techniky aplikovateľné pri spaľovniach odpadov alebo zariadeniach na spoluspaľovanie odpadov, ak sú vedľajšie živočíšne produkty spracovávané termickým spôsobom. Okrem týchto techník sa aplikujú aj techniky na zníženie emisií do ovzdušia, ktoré sú opísané v BREF Bitúnky a priemysel spracovania ich odpadových živočíšnych produktov (SA) v kapitole 4.3.8. a v kapitole 5.3.7. (dostupné na <https://bat.enviroportal.sk/Public/DatabazaBREF.aspx>).

4.4. Problémové body a možnosti riešenia

Veľkým problémom pri zariadeniach na spracovanie vedľajších živočíšnych produktov je zápach. Preto je dôležité už pri návrhu zariadenia klásť dôraz na vhodné umiestnenie objektov, v ktorých môže zápach vznikáť. Takisto je potrebné prijať všetky technické a organizačné opatrenia na zamedzenie šírenia zápachu.

4.5. Opis techník, ktoré sú považované za BAT

Najlepšie dostupné techniky sú uvedené v kapitole 4 referenčného dokumentu BREF Bitúnky a priemysel spracovania ich odpadových živočíšnych produktov (SA) (dostupné na <https://bat.enviroportal.sk/Public/DatabazaBREF.aspx>). Tento dokument v súčasnosti podlieha revízii, preto k nemu nebolo vydané vykonávacie rozhodnutie Komisie.

4.6. Povoľovací proces

Podľa **zákona o posudzovaní vplyvov na životné prostredie** sú prahové hodnoty pre zisťovacie konanie a povinné hodnotenie nasledovné (tab. 9).

Tabuľka 9: Prahové hodnoty pre posudzovanie vplyvov na životné prostredie pre zariadenia na spracovanie a spaľovanie vedľajších živočíšnych produktov

Kap.	Pol.	Činnosť	Povinné hodnotenie od prahovej hodnoty	Zisťovacie konanie pre prahové hodnoty
9	5	Zneškodňovanie alebo zhodnocovanie ostatných odpadov v spaľovniach a zariadeniach na spoluspaľovanie odpadov	bez limitu	
11	5	Kafilérie a veterinárne asanačné ústavy	od 10 t/deň	do 10 t/deň

Podľa **zákona o IPKZ** integrované povolenie sa vyžaduje pre prevádzku na odstraňovanie alebo recykláciu mŕtvych tel zvierat alebo živočíšneho odpadu s kapacitou spracovania väčšou ako 10 t za deň.

Pri povoľovaní prevádzky zariadenia na spaľovanie vedľajších živočíšnych produktov sa prihlíada na požiadavky **nariadenia 142/2011**¹⁸, prílohy č. 7, kapitoly E, časti 1, ako aj požiadavky prílohy č. 7, kap. E k **vykonávacej vyhláške o ovzduší**.

5. KOMPOSTÁRNE

5.1. Opis procesov kompostovania

Kompostovanie je biochemický proces, pri ktorom vplyvom vonkajších podmienok (vlhkosť, teplota, prístup kyslíka) a mikroorganizmov dochádza k rozkladu organických látok na základné látky. Rozklad uskutočňujú dva druhy mikroorganizmov – aeróbne, teda také, ktoré pre svoj život potrebujú kyslík, a anaeróbne, ktoré žijú v bezkyslíkatom prostredí. Na získanie kvalitného kompostu je potrebné na začiatku procesu zabezpečiť aeróbne podmienky a pri dozrievaní kompostu striedanie aeróbných a anaeróbných fáz.

Počas rozkladu dochádza k zvyšovaniu teploty až na 65 – 70 °C, pri ktorej dochádza k hygienizácii kompostu. Na dosiahnutie rovnakého stupňa rozkladu je potrebné, aby teplota v celom objeme materiálu bola približne rovnaká, takisto ako aj prístup kyslíka, preto je nutné materiál premiešavať.

V priebehu rozkladu dochádza k zmenšovaniu objemu kompostu a k strate hmotnosti. Strata závisí od používaného substrátu a dosahuje 20 % až 60 % z pôvodného objemu¹⁹.

Počas kompostovania prebiehajú nasledujúce fázy rozkladu:

1. Fáza odbúrania (hygienizácia)
Prvá fáza trvá počas prvých troch týždňov procesu. Počas nej stúpa teplota až na 70 °C, jednoduché molekuly sa rozkladajú na plyny, ktoré z materiálu unikajú.
2. Fáza prestavby
Druhá fáza trvá počas 3. až 7. týždňa. V tejto fáze sa rozkladajú ťažšie rozložiteľné zlúčeniny ako kryštalická celulóza a lignín, uvoľňuje sa amoniak a tvoria sa dusičnany. Teplota sa pohybuje medzi 30 – 45 °C.
3. Fáza výstavby
Tretia fáza sa uskutočňuje v 8. až 12. týždni, počas ktorej nastupuje tvorba humusových látok a rozmnožovanie malých organizmov (roztoče, chvostoskoky, nematódy, dážďovky).
4. Fáza sterilizácie a dozrievania
Prechod do poslednej fázy je plynulý. Tvorba humusu a mineralizácia sa končia. Kompostovacie dážďovky opúšťajú kompostovaciú kopu. Vzniknutý zrelý kompost obsahuje dlhodobo viazané živiny a prispieva k vylepšeniu pôdy. Humusové látky mu dávajú tmavohnedú farbu. Kompost má ľahkú a hrudkovitú štruktúru.

V aeróbných podmienkach sa v prítomnosti kyslíka premieňajú organické látky až na voľný oxid uhličité. V anaeróbných podmienkach sa rozkladajú bielkoviny, aminokyseliny, mastné kyseliny a uhľohydráty za vzniku tepla a jednoduchších látok, pričom sa uvoľňuje dusík.

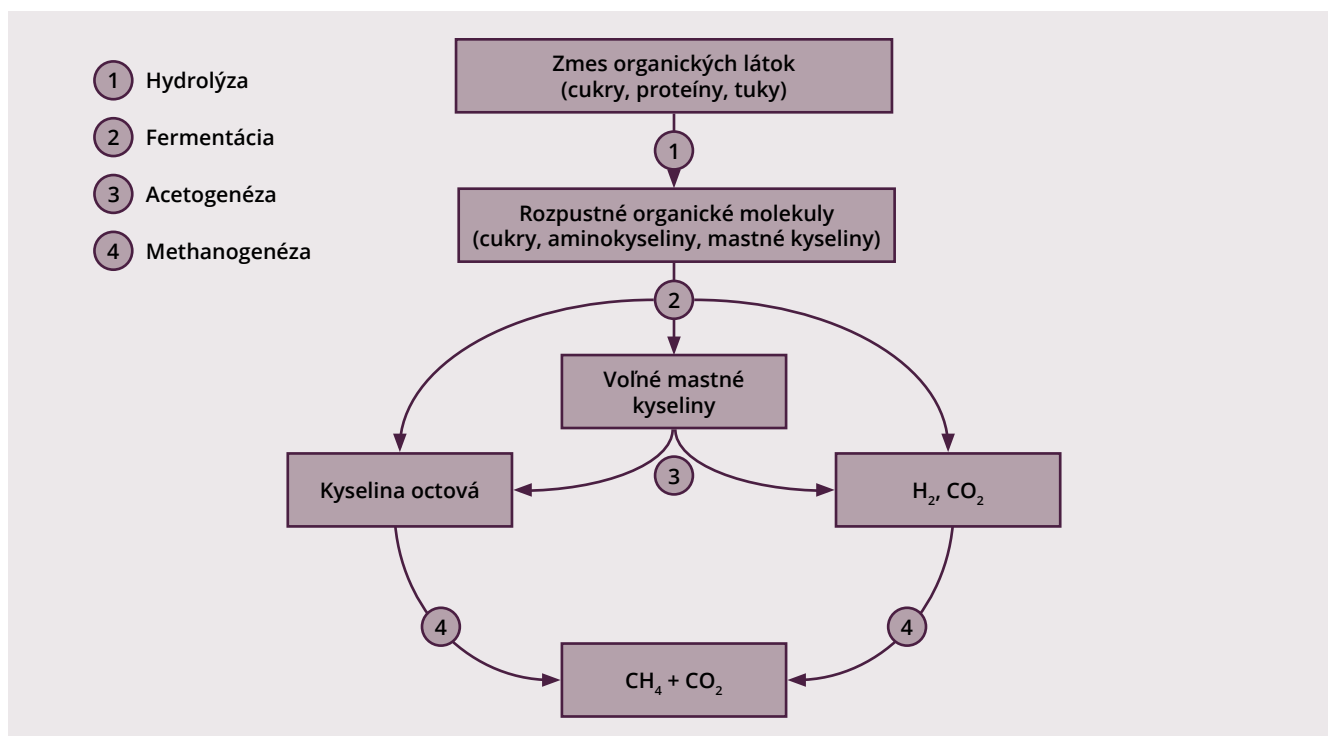
Proces anaeróbného rozkladu pozostáva z nasledujúcich dejov:

1. krok: hydrolýza, počas ktorej sa prítomné vysokomolekulárne látky ako cukry, proteíny, tuky rozkladajú na jednoduchšie látky (aminokyseliny, cukry, mastné kyseliny); v tomto kroku vzniká určité množstvo plynného vodíka;
2. krok: acidogéza (fermentácia), počas ktorej acidogénne mikroorganizmy rozkladajú mastné kyseliny (napr. kyselinu octovú, propiónovú alebo maslovú) na oxid uhličité a vodík, v malých množstvách tiež vznikajú kyselina mliečna a alkoholy;

19 Zdroj: <http://crzp.uniag.sk/Prace/2010/C/F1021095E6C241FB95D6FD8F172DA129.pdf>

3. krok: acetogenéza, počas ktorej acetogénne baktérie premieňajú vzniknuté medziprodukty na kyselinu octovú, vodík a oxid uhličitý;

4. krok: methanogenéza, počas ktorej prítomné archeóny tvoria metán a oxid uhličitý.



Obrázok 20: Anaeróbne procesy počas kompostovania

Na dosiahnutie dobrej kvality výsledného kompostu je potrebné dodržať niekoľko podmienok:

- vhodný pomer uhlíka a dusíka v substráte, optimálne C : N 25 – 35 : 1,
- dostatočná vlhkosť substrátu počas celej doby kompostovania, optimálna vlhkosť je 45 – 60 %,
- pH v oblasti 5,5 – 9,
- substrát vhodnej zrnitosti,
- dostatočná aerácia v aeróbných fázach procesu.

Pred uložením materiálu (odpadov) na kompostovacu kopy je často potrebné materiál podrviť alebo štiepkovať, pričom sa používajú rôzne bežne dostupné mechanizmy.

5.2. Používané techniky

Pri kompostovaní sa využívajú viaceré technológie a technologické postupy. Najčastejšie sa využívajú tieto postupy:

a) kompostovanie na hromadách

- mechanicky prekopávané
- prevzdušňované tlakovou/podtlakovou aeráciou
- kombinácia mechanického prekopávania a nútenej aerácie
- prikryté kompostovacou textíliou
- neprikryté

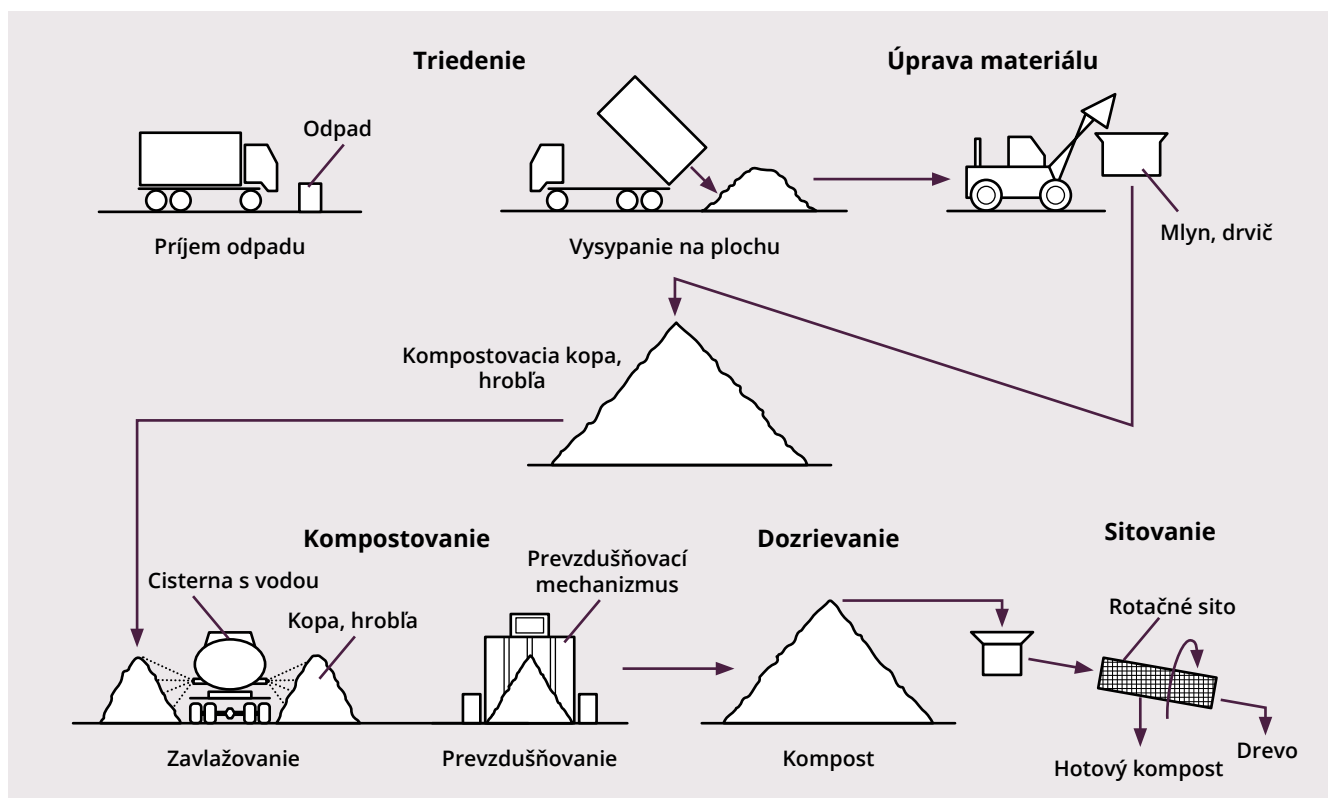
b) kompostovanie vo vakoch

c) kompostovanie v boxoch

- otvorené
- uzavreté
- kontinuálne
- diskontinuálne
- vertikálne
- horizontálne

d) vermikompostovanie

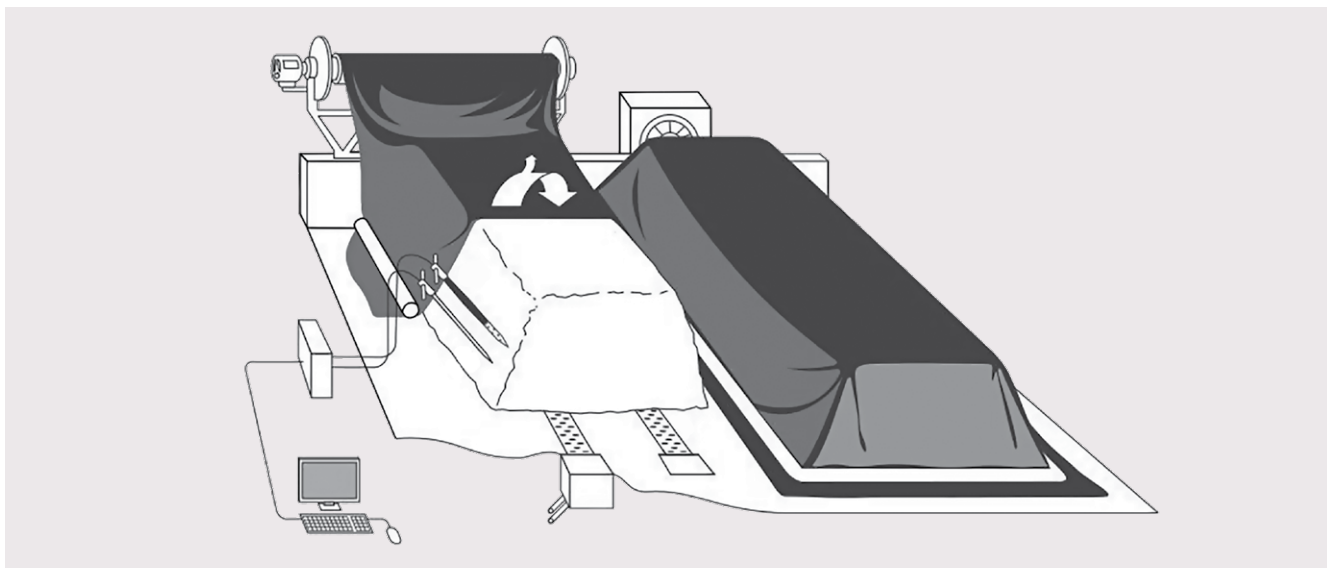
Najčastejšie využívaným spôsobom kompostovania je **kompostovanie na voľnej ploche**. Najstarším spôsobom kompostovania je kompostovanie na hromadách. Kompost sa zakladá do výšky 0,5 metra a je možné ho prekopávať ručne.



Obrázok 21: Schéma kompostovania na voľnej ploche (zdroj: https://theses.cz/id/cf1y65/zaverecna_prace.pdf)

Podobnou možnosťou je **kompostovanie v pásových hromadách**. Vhodným tvarom ukladania materiálu je lichobežník (odporúčaná šírka 3 – 6 metrov, výška 2,5 metra). Takáto kopa môže byť prekopávaná ručne alebo strojovo, ale aj nútenou aeráciou.

Je možné využiť špeciálnu **polopriepustnú textíliu** (napr. z materiálu Gore®), pod ktorou sa urýchľuje proces rozkladu až o polovicu.



Obrázok 22: Princíp kompostovania pod polopriepustnou textíliou GORE® (zdroj: *inecs.sk*)

Pri **kompostovaní vo vakoch** sa materiál po namiešaní uloží do vaku, v ktorom sa prevzdušňuje prostredníctvom perforovanej hadice, ktorá je do vaku vložená pri jeho plnení. Po 8 týždňoch sa z vaku vyberie a nechá sa ešte 4 týždne voľne dozrieť. Výhodou tejto technológie je, že kompost je chránený pred vplyvom počasia, nemusí sa zavlažovať a nezapácha.



Obrázok 23: Kompostovanie vo vaku, technológia spoločnosti Euro bagging, s. r. o. (zdroj: <https://www.eurobagging.com/cs/kompostovaci-technologie>)

Kompostovanie v boxoch je výhodné hlavne z hľadiska jednoduchého riadenia procesu rozkladu substrátu. Najčastejšie sa používajú kontajnery s objemom 30 – 100 m³. Boxy môžu byť uzatvorené, polootevorené, otvorené, ďalej stacionárne alebo rotačné, proces môže byť kontinuálny alebo diskontinuálny. Súčasťou každého systému sú zavlažovacie zariadenie a prevzdušňovacie ventilátory na dne boxov. Doba kompostovania je 2 – 4 mesiace. V prípade toho typu technológie je možné

organizované odvádzanie vznikajúcich plynov, pri ostatných typoch technológií to nie je z ekonomického hľadiska vhodné vyžadovať.



Obrázok 24: Kompostovanie v boxoch technológiou spoločnosti KCS Engineering
(zdroj: <http://www.kcsengineering.com/rotating-composters-industrial-composting.html>)



Obrázok 25: Kompostovanie v boxoch technológiou spoločnosti Compost Systems GmbH
(zdroj: <https://www.compost-systems.com/sk/solutions/kompostovanie-v-boxoch>)

Vermikompostovanie je kompostovanie pomocou dážďoviek a je vhodné skôr pre malé množstvá kompostu, určené hlavne pre domácnosti.

5.3. Vstupy a výstupy

Vstupy do procesu:

- biologicky rozložiteľné odpady zbavené nežiaducich prímiesí (predovšetkým obalových materiálov z plastov alebo kovov),
- voda (čiastočne dažďová, v prípade suchého počasia aj úžitková),
- pohonné hmoty pre prekopávacie mechanizmy,
- v prípade použitia technológie kompostovania v boxoch elektrická energia na zabezpečenie podmienok kompostovania.

Výstupy:

- kompost požadovanej kvality,
- látky znečisťujúce ovzdušie (bežne sa množstvá vzniknutých plynov nemerajú, pretože ide o difúzne emisie, k dispozícii sú však vedecké články, ktoré sa venujú tejto problematike a zvyčajne obsahujú množstvá vznikajúcich plynov vypočítané pomocou rôznych modelov; výsledky jedného z nich sú zhrnuté v tabuľke 10).

Tabuľka 10: Odhad množstva vzniknutých plynov znečisťujúcich ovzdušie pri otvorenom kompostovaní (zdroj: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.est.0c00364>)

Zložka	Množstvo [kg/t mokrého odpadu]
CH ₄	2,09 · 10 ⁻³
CO ₂	4,46 · 10 ⁻³
N ₂ O	8,70 · 10 ⁻⁵
CO	5,22 · 10 ⁻⁵
NH ₃	1,76 · 10 ⁻³

Pri kompostovaní môžu vznikať aj zápachajúce látky, ak proces kompostovania nie je správne riadený, hlavne v prípade, ak nie je zabezpečený dostatočný prívod vzduchu k substrátu a nastávajú anaeróbne rozkladné procesy sprevádzané vznikom metánu a čpavku. Pri správne riadenom procese zápach nevzniká.

V prípade, ak sa v zariadení vykonáva aj mechanická úprava odpadu pred kompostovaním (štiepokovanie), môže vznikať aj znečistenie prachovými časticami v závislosti od použitého mechanizmu (problematika uvedená v kapitole 3).

5.4. Techniky na zníženie emisií do ovzdušia

Vzhľadom na charakter procesov a chemických reakcií prebiehajúcich pri kompostovaní nie je možné znížiť množstvo vznikajúcich plyných zlúčenín. Dá sa však eliminovať vznik zápachajúcich látok, a to niektorými z nasledujúcich techník:

- dôsledná kontrola prijímaných odpadov (zamedzenie živočíšnych zvyškov a živočíšnych kuchynských odpadov bez predchádzajúcej úpravy, vhodný pomer uhlíka a dusíka),
- použitie polopriepustnej membrány,
- vhodné umiestnenie kompostovacej plochy (nie v smere prevládajúcich vetrov, nezakladať kopy počas silného vetra a podobne).

5.5. Problémové body a možnosti riešenia

Najväčším potenciálnym problémom zariadení na kompostovanie odpadov je vznik zápachu v prípade nedodržania technologických postupov.

Pri schvaľovaní zariadenia na kompostovanie biologicky rozložiteľných odpadov je potrebné zamerať pozornosť najmä na:

1. dôslednú kontrolu kvality preberaných odpadov do zariadenia na preventívnu elimináciu vzniku zápachu,
2. vhodné umiestnenie zariadenia (vzdialenosť od obydľí, prevládajúce smery vetrov),
3. použitú technológiu (v prípade otvoreného kompostovania zamerať pozornosť na dostatočné prekopávanie/aeráciu substrátu),
4. pri použití štiepkovača na úpravu odpadov pred kompostovaním zohľadniť jeho kapacitu a potenciál vytvárať emisie prachu.

5.6. Opis techník, ktoré sú považované za BAT

Kompostovanie je uvedené v referenčnom dokumente o najlepších dostupných technikách **BREF Spracovanie odpadov (WT)** (dostupné na <https://bat.enviroportal.sk/Public/DatabazaBREF.aspx>) a techniky považované za BAT sú uvedené vo **vykonávacom rozhodnutí Komisie (EÚ) 2018/1147¹⁸**. Relevantné sú BAT uvedené v **kapitole 3 Závěry o BAT týkajúce sa biologickej úpravy odpadu**, podkapitole 3.1. Všeobecné závery o BAT týkajúce sa biologickej úpravy odpadu a podkapitole 3.2. Závěry o BAT týkajúce sa aeróbnej úpravy odpadu. Tieto techniky sa môžu požadovať aj pre kompostárne, ktoré nespádajú pod integrované povolenie.

5.7. Povoľovací proces

Podľa vykonávacej vyhlášky o ovzduší sa kompostárne v zmysle prílohy č. 1, položky 5.4. Zariadenia na výrobu kompostu s projektovaným výkonom spracovaného odpadu **viac ako 0,75 t/h zaraďujú medzi stredné zdroje znečisťovania ovzdušia**. Kompostárne s nižším výkonom sa zaraďujú medzi malé zdroje znečisťovania ovzdušia. Špecifické požiadavky pre kompostárne sú uvedené v prílohe č. 7, kapitole E Nakladanie s odpadmi, spaľovanie vedľajších živočíšnych produktov a krematóriá, bode 3 Zariadenia na výrobu kompostu.

Ak má kompostáreň kapacitu **vyššiu alebo rovnú ako 75 t/deň**, potom zariadenie podlieha integrovanému povoleniu podľa zákona o IPKZ (príloha č. 1 kategória 5.4. b), položka 1.).

Ak kompostáreň **prekračuje kapacitu 5 000 t/rok**, potom je potrebné vykonať **posudzovanie vplyvov na životné prostredie** podľa zákona o posudzovaní vplyvov na životné prostredie, konkrétne podľa prílohy č. 8, časti 9 Infraštruktúra, položky 6 (zistovacie konanie). V takom prípade sa techniky na zníženie vplyvov kompostárne na životné prostredie (ovzdušie) uvedú aj v zámere alebo v správe o hodnotení vplyvov navrhovanej činnosti na životné prostredie.

6. ČISTIARNE ODPADOVÝCH VÔD

Čistiarnou odpadových vôd (ČOV) je súbor objektov a zariadení na čistenie odpadových vôd a osobitných vôd pred ich vypúšťaním do povrchových vôd alebo do podzemných vôd alebo pred ich iným použitím. Odpadovou vodou je voda použitá v obytných, výrobných, poľnohospodárskych, zdravotníckych a iných stavbách a zariadeniach alebo v dopravných prostriedkoch, pokiaľ má po použití zmenenú kvalitu (zloženie alebo teplotu), ako aj priesaková voda zo skládok odpadov a odkalísk; odpadová voda môže byť splašková, priemyselná a komunálna; za použitú vodu sa nepovažuje voda vypúšťaná z rybochovných zariadení, rybníkov a vodných nádrží osobitne vhodných na chov rýb.

Pod pojmom splašková odpadová voda rozumieme použitú vodu z obydli a služieb, predovšetkým z ľudského metabolizmu a činností v domácnostiach, z kúpeľní, stravovacích zariadení a z iných podobných zariadení a nie je hromadená v žumpách. Priemyselná odpadová voda je voda z výrobných činností, priemyslu, služieb a živností, ktorá je iného charakteru ako splašková odpadová voda a voda z povrchového odtoku. Komunálnou odpadovou vodou je voda zo sídelných útvarov obsahujúca prevažne splaškovú odpadovú vodu; môže obsahovať priemyselnú odpadovú vodu, infiltrovanú vodu a v prípade jednotnej stokovej siete alebo polodelenej stokovej siete aj vodu z povrchového odtoku.

6.1. Používané techniky

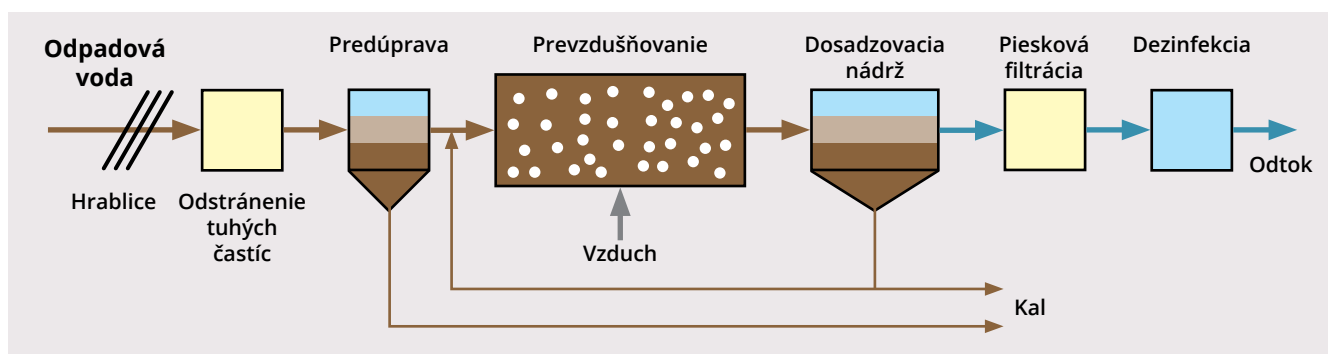
V závislosti od požiadaviek na úroveň čistenia odpadových vôd definujeme tri stupne (úrovne) čistenia odpadových vôd:

- primárnym čistením je spôsob čistenia odpadových vôd a osobitných vôd fyzikálnym procesom alebo chemickým procesom, ktorý zahŕňa sedimentáciu alebo iné procesy s účinnosťou zníženia znečistenia komunálnych odpadových vôd aspoň o 20 % v ukazovateli päťdenná biochemická spotreba kyslíka a o 50 % v ukazovateli nerozpustené látky;
- sekundárnym čistením je čistenie odpadových vôd a osobitných vôd biologickými procesmi s gravitačnou separáciou kalu od vyčistených odpadových vôd alebo iný spôsob čistenia odpadových vôd, ktorými sa zabezpečia požadované limitné hodnoty ukazovateľov znečistenia vo vypúšťaných odpadových vodách;
- terciárnym čistením dosahujeme odstraňovanie napr. aj dusíka a fosforu, a to implementáciou špecifických čistiarenských procesov, ako napr. nitrifikácia, denitrifikácia, chemické alebo zvýšené biologické odstraňovanie fosforu a pod.

Rozdielne postupy sa využívajú pri čistení komunálnych odpadových vôd a priemyselných odpadových vôd, pretože znečistenie týchto vôd je rozličné a vyžaduje rôzne technologické postupy na jeho odstránenie.

6.1.1. Techniky používané pri čistení komunálnych odpadových vôd

Pri čistení komunálnych odpadových vôd sa využívajú zvyčajne technologické celky, ktoré obsahujú mechanické predčistenie, biologický stupeň, v ktorom sa odstráni predovšetkým organické znečistenie a dočistenie v usadzovacej nádrži, prípadne sa zaradiť aj terciárny stupeň, v ktorom sa vyčistená voda ešte dočistí vo vhodnom filtračnom materiáli. Schéma bežnej ČOV je znázornená na obr. 26.



Obrázok 26: Schéma čistiarene komunálnych odpadových vôd (zdroj: <https://voda.tzb-info.cz/>)

6.1.1.1. Mechanický stupeň

V prvej fáze čistenia, ktorá sa nazýva aj **mechanické predčistenie**, sa surová (vstupná, nevyčistená) odpadová voda zbavuje hrubých nečistôt. Ide o hrubé nerozpustené predmety a látky, ktorých prítomnosť v ďalších procesoch čistenia, t. j. v biologickom stupni a kalovom hospodárstve, je nežiaduca. Predčistenie obvykle zahŕňa lapač štrku, hrablice a lapač piesku.

Lapače štrku sú nádrže, v ktorých sa zachytia hrubé a ťažké predmety, ktoré donesie odpadová voda zo stokovej siete až na prítok do ČOV. Bežné rýchlosti odpadovej vody v stokovej sieti sú v jednotkách m/s, takže výskyt takýchto predmetov na prítoku do ČOV s jednotnou stokovou sieťou je reálny a ich separácia nevyhnutná.

Hrablice slúžia ako ochrana strojného zariadenia ČOV, najmä čerpadiel. Zachytávajú sa na nich väčšie predmety unášané odpadovou vodou alebo plávajúce po hladine (papier, kuchynské odpady, zvyšky obalov, plasty, textil atď.). Hrablice sú vo väčšine prípadov v dvoch stupňoch za sebou. Hrubé hrablice majú medzery 5 až 10 cm, jemné do 2 cm a veľmi jemné majú obvyklé medzery od 3 do 6 mm. Hrubé a jemné hrablice sa zvyknú realizovať ako ručne alebo strojne stierané (strojne stierané najmä na väčších ČOV), veľmi jemné hrablice majú strojné stieranie vždy. Veľmi jemné hrablice sú v súčasnosti už bežnou súčasťou technologickej linky. V prípade, že na ČOV nie je primárne usadzovanie (napr. na menších ČOV s aktiváciou s aeróbnou stabilizáciou kalu) a v aktivácii je jemnobublinná pneumtická aerácia, sú podľa STN nutnosťou. Na malých ČOV s aktiváciou a s delenou stokovou sieťou je možné hrablice vynechať a na odstránenie prevažnej časti veľmi hrubých nečistôt sa použijú melniace čerpadlá. Dezintegrované, biologicky rozložiteľné nerozpustené látky sa potom v nízkozatažovanej aktivácii s vysokým vekom kalu odstránia, nerozložené látky sa odoberú spolu s prebytočným kalom. Produktom predčistenia na hrabliciach sú zhrabky. Na väčších ČOV sa zvyknú lisovať kvôli zmenšeniu ich objemu. Najčastejšie sa spracovávajú skládkovaním, prípadne kompostovaním. Vzhľadom na riziko hygienickej závadnosti je potrebné venovať nakladaniu so zhrabkami zvýšenú pozornosť. Hrablice sa navrhujú na základe priemerných a maximálnych prietokov. Namiesto veľmi jemných hrablic sa zvyknú na ČOV využívať aj sitá (pričom otvory sú obdobné ako pri hrabliciach).



Obrázok 27: Rôzne druhy hrablíc (hore hrubé, dole jemné, vľavo ručne stierané, vpravo strojne stierané, foto: I. Bodík)

Lapače piesku majú zabezpečiť oddelené odstránenie piesku od ostatných nerozpustených látok, ktoré tvoria prevažne biologicky rozložiteľný primárny kal a ktorého množstvo je možné v ďalších stupňoch ČOV biologicky podstatne zredukovať. Prítomnosť piesku v ďalších stupňoch ČOV by spôsobovala problémy v čerpadlách, pneumatických aeračných systémoch a najmä v kalovom hospodárstve. Po prípadnom zvýšenom vnose do stabilizačných nádrží sa piesok z tohto obmedzene miešaného reaktora nevyplavuje, usadzuje sa pri dne a postupne znižuje účinný stabilizačný objem. Na väčších ČOV sa v našich podmienkach osvedčili najmä prevzdušňované lapače s priečnou cirkuláciou, ktoré okrem zachytenia piesku umožňujú aj čiastočné zachytenie plávajúcich látok. Množstvo zachyteného piesku výrazne závisí od typu stokovej siete, jej dĺžky a charakteru napojeného územia.



Obrázok 28: Prezdušňovaný lapač piesku (foto: I. Bodík)

Usadzovacie nádrže zabezpečujú sedimentáciu časti primárneho kalu a jeho oddelenie z prúdu odpadovej vody do kalového hospodárstva. Bežne je pred usadzovacia nádrž napojený aj prúd prebytočného kalu, takže usadzovacia nádrž separuje primárny a prebytočný kal spoločne. Bežne dosiahnuteľná sušina kalu prečerpávaného z kalovej nádrže usadzovacej nádrže do kalového hospodárstva je cca 1,7 – 2,5 %. Zároveň sa z hladiny zachytávajú a odoberajú plávajúce látky (flotujúci kal, tuky a oleje). Z tohto dôvodu majú usadzovacie nádrže pred odtokovými žlabmi norné steny a spoločné zhrabovanie usadeného aj plávajúceho kalu. Podľa spôsobu pretekania vody rozdelujeme usadzovacie nádrže na:

- pravouhlé nádrže s horizontálnym prietokom,
- kruhové nádrže s horizontálnym prietokom,
- nádrže s vertikálnym prietokom.



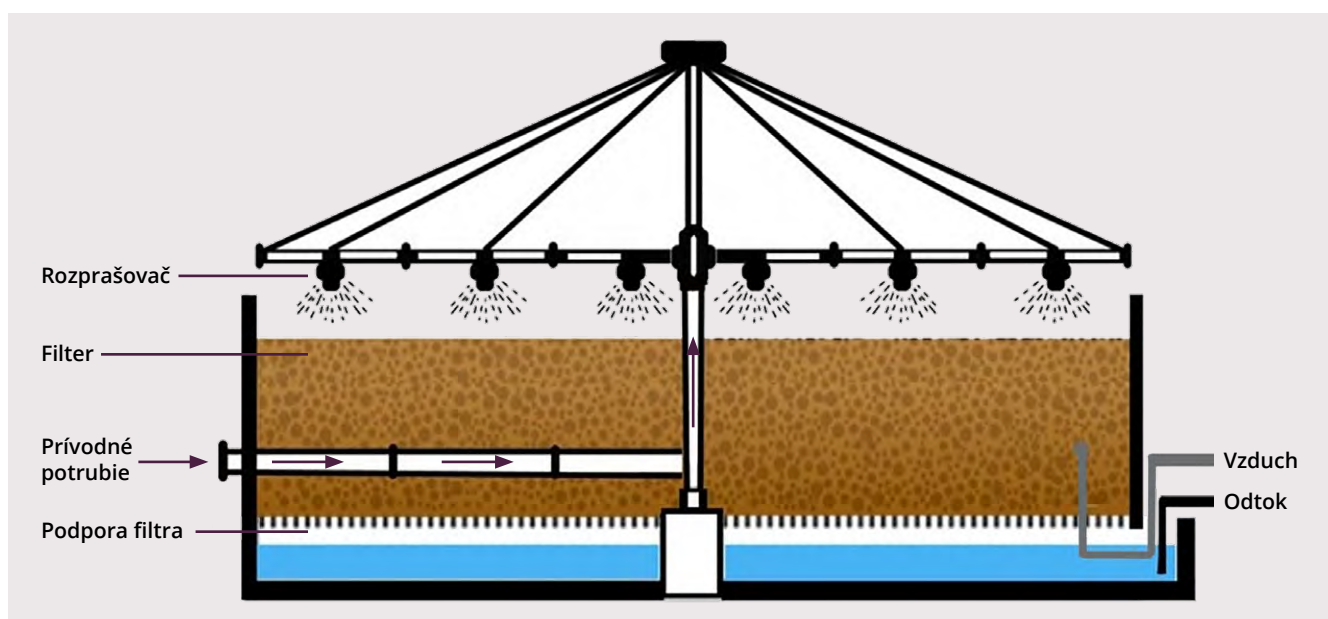
Obrázok 29: Kruhová usadzovacia nádrž (foto: I. Bodík)

6.1.1.2. Biologický stupeň

Odpadová voda po mechanickom predčistení a primárnom usadzovaní zbavená časti nerozpustných látok priteká do biologického stupňa, kde sa odstráni zvyšok nerozpustených látok a prevažná časť rozpusteného znečistenia. Aj keď aj v tomto stupni prebiehajú viaceré fyzikálno-chemické procesy (napr. stripovanie, sorpcia, chemická oxidácia, sedimentácia), k účinnosti procesu prispievajú hlavne biologické procesy. V dnešnej praxi čistenia komunálnych odpadových vôd celosvetovo dominujú aeróbne procesy. V aeróbných podmienkach prebieha proces biochemickej oxidácie – činnosťou mikroorganizmov sa látky prítomné v odpadovej vode oxidujú za súčasnej tvorby (syntézy) novej biomasy – kalu. Biologické čistenie sa realizuje v dvoch základných typoch reaktorov: v aktivácii a biofilmových reaktoroch.

Najrozšírenejším spôsobom aeróbného čistenia odpadových vôd je **aktivačný proces (zjednodušené aktivácia)**. Základnou časťou technologickej linky aktivácie je samotná aktivačná nádrž (príp. nádrže), kde v aeróbných podmienkach prebieha súbor procesov, vedúcich k vyčisteniu odpadových vôd na požadovanú úroveň. Ďalšou úlohou v tomto procese je separácia vzniknutej biomasy (aktivovaného kalu) a vyčistenej vody. Druhou hlavnou časťou technologickej linky aktivácie je na tento účel určená sedimentačná (dosadzovacia) nádrž, kde sa aktivovaný kal od vyčistenej vody oddeľuje gravitačne. Časť odseparovaného kalu (vratný kal) sa vracia späť do procesu aktivácie, čím sa zvyšuje koncentrácia kalu, teda aj celková kalová zásoba, ktorá sa podieľa na ďalšom čistení odpadových vôd. Druhá časť kalu sa odťahuje ako prebytočný kal na ďalšiu manipuláciu s ním (stabilizáciu, odvodnenie a pod.).

Ďalším, u nás menej rozšíreným spôsobom aeróbného čistenia odpadových vôd sú **biofilmové reaktory**, kde je biomasa v nárastovej forme. Tu sa využívajú adhézne schopnosti kalu viazať sa na povrch nosiča, a tým zabezpečiť jeho zotrvanie v procese čistenia počas doby „životnosti“ tohto kalu. Technicky a prevádzkovo menej náročné sú tzv. prírodné (koreňové) ČOV, kde baktérie sú osídlené vo forme biofilmu na povrchu štrkopieskového filtračného poľa. Dodávka kyslíka je formou prestupu zo vzduchu alebo respiráciou rastlín, keď sa kyslík dostáva k baktériám. Koreňové čistiarne môžu byť prevádzkované za minimálnych energetických požiadaviek (aj bez elektrickej energie) a pri správnom naprojektovaní a prevádzke môžu dosahovať odtokové parametre porovnateľné s klasickým aktiváciami. V našich podmienkach sa však odporúča koreňová ČOV iba pre menšie vidiecke lokality (do 500 – 1 000 ekvivalentných obyvateľov EO).



Obrázok 30: Schéma biofilmového reaktora (zdroj: Bodík, Hlavačka, Mackulák)

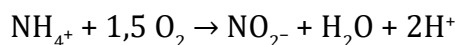
V rámci oboch uvedených základných procesov čistenia je v praxi často žiaduce vytvorenie podmienok pre nadštandardné procesy čistenia s cieľom odstraňovania nutričov – dusíka a fosforu. V zmysle nariadenia vlády č.269/2010 Z. z.²⁰ sa odstraňovanie dusíka vyžaduje pri ČOV s kapacitou nad 2 000 EO a fosforu nad 10 000 EO.

Odstraňovanie dusíka sa realizuje procesmi nitrifikácie a denitrifikácie, fosfor sa odstraňuje buď chemickým zrážaním fosforečnanov (použitím solí železa alebo hliníka), alebo technologicky pomerne náročným procesom „luxury uptake“ – zvýšeným biologickým odstraňovaním fosforu, keď sa vytvoria technologické podmienky pre rast špecifických baktérií schopných akumulovať vo svojich bunkách nadmerné množstvá fosforu.

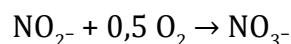
Biologická nitrifikácia je dvojestupňový biochemický proces, pri ktorom sa amoniakálny dusík kyslíkom z dodávaného vzduchu oxiduje najprv na dusitany (N-NO_2^-) a následne až na dusičnany (N-NO_3^-). Pre rast nitrifikačných baktérií je potrebné zabezpečiť predovšetkým vysoký vek kalu, lebo ide o pomaly rastúce baktérie.

Proces nitrifikácie sa môže opísať nasledujúcimi rovnicami (zdroj: Chudoba):

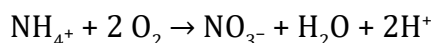
- a) nitritácia – proces zabezpečujú špecifické skupiny baktérií (typ Nitrosomonas, Nitrococcus, Nitrospira a i.), ktoré biochemickou cestou oxidujú amoniakálny dusík na dusitany podľa rovnice



- b) nitratácia – proces zabezpečujú špecifické skupiny baktérií (typ Nitrobacter, Nitrococcus, Nitrospira a i.), ktoré ďalej biochemicky oxidujú produkt nitritácie – dusitany – na dusičnany podľa rovnice

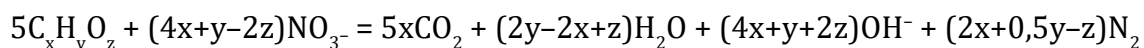


Celková rovnica nitrifikácie sa potom obvykle zapisuje sumárne v tvare:

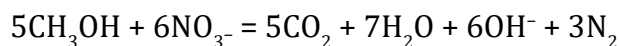


Samotná nitrifikácia nie je procesom odstraňovania dusíka z vôd, iba mení formu dusíka z amoniakálnej na dusičnanovú, čo je však mimoriadne dôležité vzhľadom na vysokú toxicitu amoniaku vo vodách. Druhým, finálnym stupňom odstraňovania dusíka je **denitrifikácia**. Na rozdiel od nitrifikácie, keď nastáva iba zmena redukovanej amoniakálnej formy dusíka na oxidovanú formu – dusičnany, pri denitrifikácii k odstraňovaniu dusíka z vôd reálne dochádza, pretože vznikajúci plynný dusík odchádza do ovzdušia.

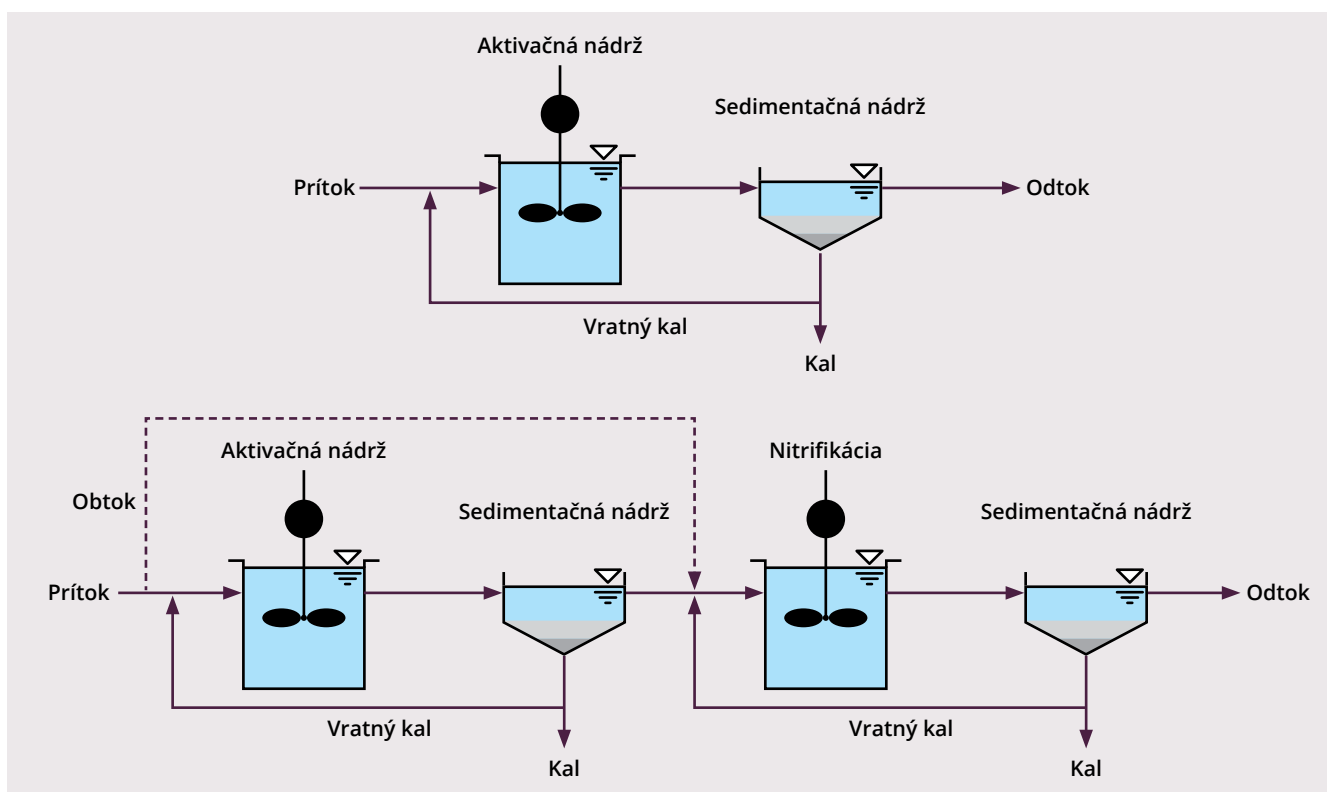
Všeobecnú rovnicu denitrifikácie možno napísať v tvare (zdroj: Drtil):



V prípade použitia napr. metanolu ako externého zdroja uhlíka bude mať rovnica tvar:

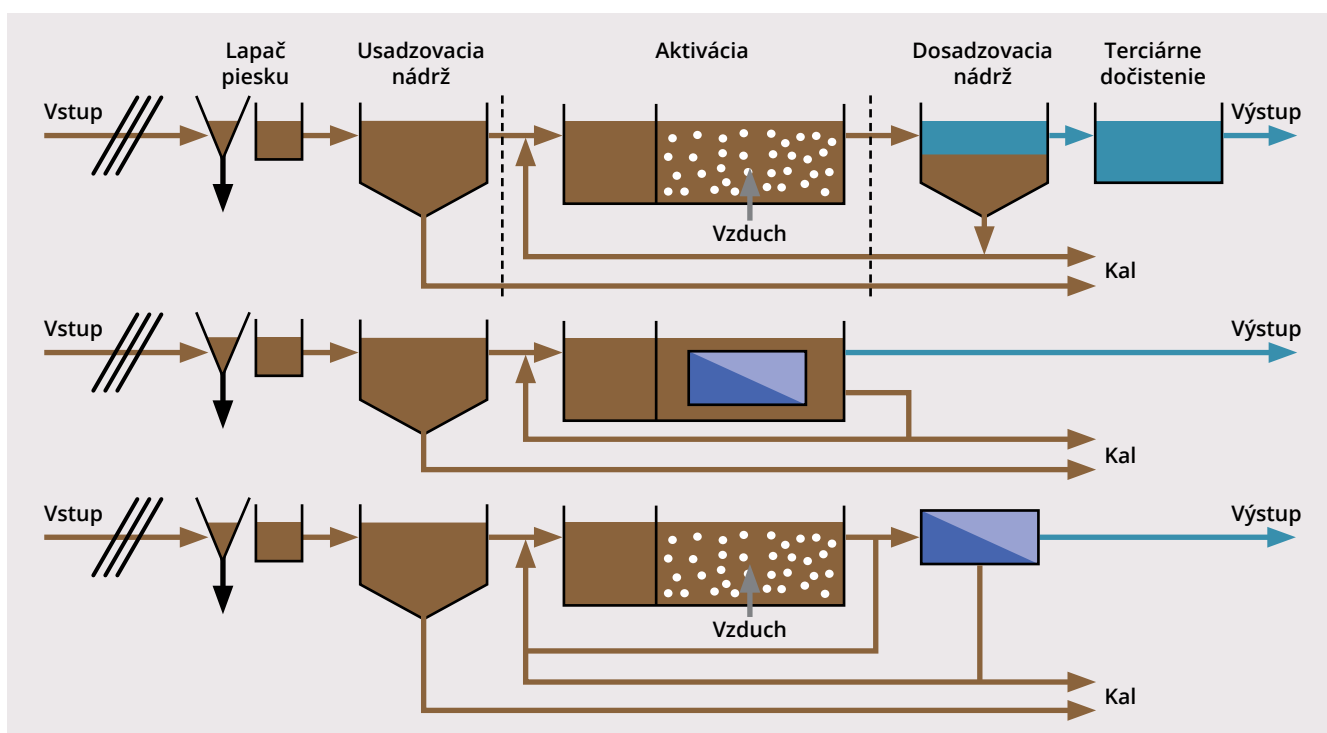


²⁰ Nariadenie vlády Slovenskej republiky č. 269/2010 Z. z., ktorým sa ustanovujú požiadavky na dosiahnutie dobrého stavu vôd v znení neskorších predpisov.



Obrázok 31: Schéma aktivácie (zdroj: Drtil)

Základom všetkých biologických procesov čistenia odpadových vôd je činnosť mikroorganizmov, rôzne technologické modifikácie sú len „dizajnovým“ usporiadaním procesov. Tak vznikli technologické usporiadania, ako napr. SBR, predradená denitrifikácia, A₂O proces a mnohé iné. V poslednej dobe sa aj u nás presadzujú na trhu membránové reaktory, kde namiesto dosadzovacej nádrže je separácia kalu realizovaná cez jemné filtre – membrány.



Obrázok 32: Rôzne membránové technológie (zdroj: Bodík, Hlavačka, Mackuľák)

Znečistenie prítomné v odpadovej vode ako organický uhlík (CHSK) sa v procese čistenia rozkladá na oxid uhličitý a novú biomasu – kal. Produktom čistenia odpadových vôd je teda aj čistiarenský kal. Ten v rámci kalového hospodárstva podlieha ešte technologickým procesom, ktorých cieľom je minimalizovať hmotnosť/objem kalu, eliminovať jeho hygienické nedostatky (zápach, obsah patogénnych organizmov a pod.), prípadne využiť jeho energetický obsah transformáciou na bioplyn. Problematikou spracovania kalov na bioplyn, resp. otázkami zápachu sa venuje príručka Produkcia bioplynu.

6.1.2. Techniky používané pri čistení priemyselných odpadových vôd

Základný rozdiel medzi komunálnymi a priemyselnými odpadovými vodami je v ich kvalite a produkcii. Kým kvalitatívne zloženie komunálnych odpadových vôd je viac-menej podobné (v parametroch ako CHSK, BSK, NL, N_{cel} , P_{cel} , pH, teplota, rozpustené soli a pod.) vo väčšine štandardných komunálnych ČOV, priemyselné odpadové vody sa v kvalite významne líšia nielen v sledovaných priemyselných odvetviach (priemysel chemický, papierenský, potravinársky, automobilový a i.), výrazné rozdiely v kvalite vôd nachádzame aj v rámci jedného priemyselného odvetvia (napr. v mliekarenskom priemysle sú rozdiely podľa výrobných artiklov, iné odpadové vody vznikajú pri výrobe syrov, iné pri jogurtoch, iné pri kyslomliečnych produktoch atď.).

Podobné odlišnosti môžeme pozorovať aj pri množstvách produkovaných odpadových vôd, presnejšie pri variabilite prietokových množstiev počas dňa, týždňa, sezónnych období, kampaní a pod. Pri komunálnych odpadových vodách je variabilita nízka, v priemyselných vodách je mimoriadne vysoká. Preto je potrebné pri charakterizovaní množstva a kvality priemyselných odpadových vôd dôsledne dbať na správne štatistické spracovanie údajov (nielen aritmetický priemer, ale aj minimum, maximum, odchýlky).

Základné princípy mechanického spôsobu čistenia odpadových vôd sú identické pre komunálne aj pre priemyselné odpadové vody. Technologické jednotky ako lapače piesku, štrku, hrablice, sedimentačné nádrže sú takmer identické pre oba druhy vôd. Pri ich dimenzovaní je však potrebné poznať parametre charakterizujúce množstvo a kvalitu vôd.

Aj biologické spôsoby čistenia priemyselných odpadových vôd sú takmer identické s komunálnymi vodami. Baktérie (aktivovaný kal) nerozlišujú, či spracovávajú odpadovú vodu od obyvateľstva alebo z priemyslu, dôležitá je biologická rozložiteľnosť znečistenia vo vode, a teda či sú baktérie schopné využiť energiu na svoje aktivity a uhlík na tvorbu nových buniek. V prípade dobre biologicky rozložiteľnej odpadovej vody je technologický postup čistenia pri oboch typoch vôd takmer rovnaký. Problém nastáva, ak priemyselná odpadová voda nie je vhodná na biologické čistenie, obsahuje rôzne toxické látky, inhibítory procesov či biologicky nerozložiteľné látky vo vodách. Vtedy sa využívajú špeciálne technologické postupy, charakteristické hlavne pre priemyselné odpadové vody, ktoré odstránia alebo aspoň výrazne znížia nevhodné parametre vody tak, aby po ich úprave bola odpadová voda odvádzaná na finálny stupeň čistenia – obvykle biologický stupeň.

Tieto postupy všeobecne definujeme ako **chemické a fyzikálno-chemické postupy** čistenia priemyselných odpadových vôd. Za určitých okolností však tieto postupy môžu byť aplikované aj na komunálnych ČOV. Medzi najčastejšie používané technologické postupy pre priemyselné odpadové vody patria neutralizácia, chemické zrážanie, koagulácia, filtrácia a flotácia.

Neutralizácia predstavuje súhrn chemicko-technologických procesov v čistení odpadových vôd, ktorých cieľom je úprava hodnoty pH odpadových vôd na takú hodnotu, ktorá je požadovaná pre následné procesy ich čistenia, alebo je v súlade s legislatívnymi požiadavkami na vypúšťanie vyčistených odpadových vôd do recipientu, do verejnej kanalizácie alebo na iné určené miesto. Rozsah hodnôt pH v surových odpadových vodách je veľmi široký a pohybuje sa v celej škále pH (2 – 12). Je teda zrejmé, že hlavne veľmi kyslé a veľmi zásadité odpadové vody musia byť podrobené proce-

su neutralizácie, lebo ich agresivita na životné prostredie, ale aj na technické prvky ako potrubia, nádrže, strojné zariadenia by spôsobovala výrazné škody. Neutralizácia je teda dôležitá z hľadiska ochrany procesných zariadení v prevádzke, avšak veľmi dôležitá je aj z hľadiska ochrany životného prostredia, najmä vodných tokov na výstupe z priemyselných zariadení. Vo všeobecnosti rozoznávame dva základné druhy neutralizačných činidiel – zásadité a kyslé. Zásadité činidlá sa používajú na neutralizáciu kyslých odpadových vôd. V praxi je ich pomerne veľké množstvo a ich výber závisí predovšetkým od typu a kvality neutralizovanej odpadovej vody. Patrí sem napr. vápno, hydroxid sodný, hydrogenuhličitan sodný a ďalšie. Na neutralizáciu zásaditých odpadových vôd sa najčastejšie používajú kyslé neutralizačné činidlá, ako kyselina sírová, kyselina chlorovodíková, oxid uhličitý a ďalšie. Produktom neutralizácie je chemický kal, ktorý vzniká reakciami kyseliny alebo zásady so zložkami odpadovej vody. Tvorba chemických kalov je na jednej strane negatívom procesu (je potrebné kal separovať, príp. aj odvodňovať, zneškodňovať skládkovaním, často aj na skládkach nebezpečných odpadov), na druhej strane sa však v chemickom kale akumulujú a skoncentrujú niektoré nežiaduce zložky, čím sa voda môže stať vhodnejšou pre jej ďalšie použitie, čistenie a vypustenie do recipientu. Najčastejšími zložkami chemického kalu sú slabo rozpustné zlúčeniny vápnika (napr. pri použití vápna ako neutralizačného činidla) a hydroxidy kovov (pri použití hydroxidov).

Chemické zrážanie. Ide o chemicko-technologický proces, ktorý za pomoci vhodných chemických reakcií vytvára vo vode podmienky na tvorbu zrazenín, ktoré sa následne odstraňujú z vody rôznymi separačnými metódami. Chemické zrážanie je dlhodobou používaným postupom odstraňovania predovšetkým kationov ťažkých kovov, avšak princíp zrážania sa používa aj pri odstraňovaní vápnika, horčíka, železa, aniónov (napr. kyanidov, fosforečnanov, sulfidov...). Chemické zrážanie sa v technologickej linke procesu čistenia priemyselných odpadových vôd používa veľmi často. Obvykle ide o stupeň predčistenia, ktorým sa z odpadovej vody odstraňujú najmä špecifické formy znečistenia (ťažké kovy). Často ide o toxické alebo inhibičné zložky, ktoré môžu byť problematické pre následné stupne čistenia vôd, hlavne pre biologický stupeň. V mnohých prípadoch priemyselných odpadových vôd postačuje na vyzrážanie zmena pH vody, teda zrážadlom je samotné neutralizačné činidlo (niekedy sa proces označuje ako neutralizačné zrážanie). V reálnej praxi ide prevažne o zásadité činidlá (najmä lúhy na zrážanie kovov), menej časté býva zrážanie znečisťujúcich látok kyselinami (napr. vody s obsahom kaučuku, latexu). Najčastejším príkladom zrážania je odstraňovanie fosforu z odpadových vôd soľami železa alebo hliníka. Výsledkom zrážania je chemický kal, ktorý je potrebné separovať z vody sedimentáciou, flotáciou alebo filtráciou.

Koagulácia (čírenie). Pod pojmom koagulácia sa rozumie súbor chemicko-fyzikálnych procesov, pri ktorých sa z odpadových vôd odstraňujú koloidné a/alebo jemné suspendované častice, ktoré spôsobujú ich znečistenie. Podstatou procesu je vytvoriť podmienky na destabilizáciu koloidných častíc (koagulácia) v odpadovej vode, následne na ich zhlukovanie do väčších vločiek (flokulácia), ktoré už budú vhodné na separáciu. Na separáciu sa využíva gravitácia (sedimentácia, flotácia a pod.), odstredivá sila (odstredovanie, filtrácia) alebo iná hnacia sila, najčastejšie tlakový gradient (filtrácia).

Prostriedkom k účinnému priebehu procesu čírenia je teda prídavok zlúčenín – koagulačných činidiel (koagulantov). Primárny koagulant predstavuje látku, ktorá sa do odpadovej vody pridáva s cieľom koloidný systém destabilizovať a vytvoriť častice (vločky), ktoré sú priamo alebo po úprave separovateľné od vody. Na túto úpravu sa do už destabilizovanej sústavy pridávajú flokulanty. Sú to látky (obvykle polymérne), ktoré vyvolávajú flokuláciu – tvorbu vločiek (vločkovanie), resp. urýchľujú ich agregáciu do väčších a ľahšie separovateľných celkov. Koagulačné a flokulačné činidlá je možno rozdeliť na anorganické (väčšina koagulantov) a organické (prevažne polymérne flokulanty).

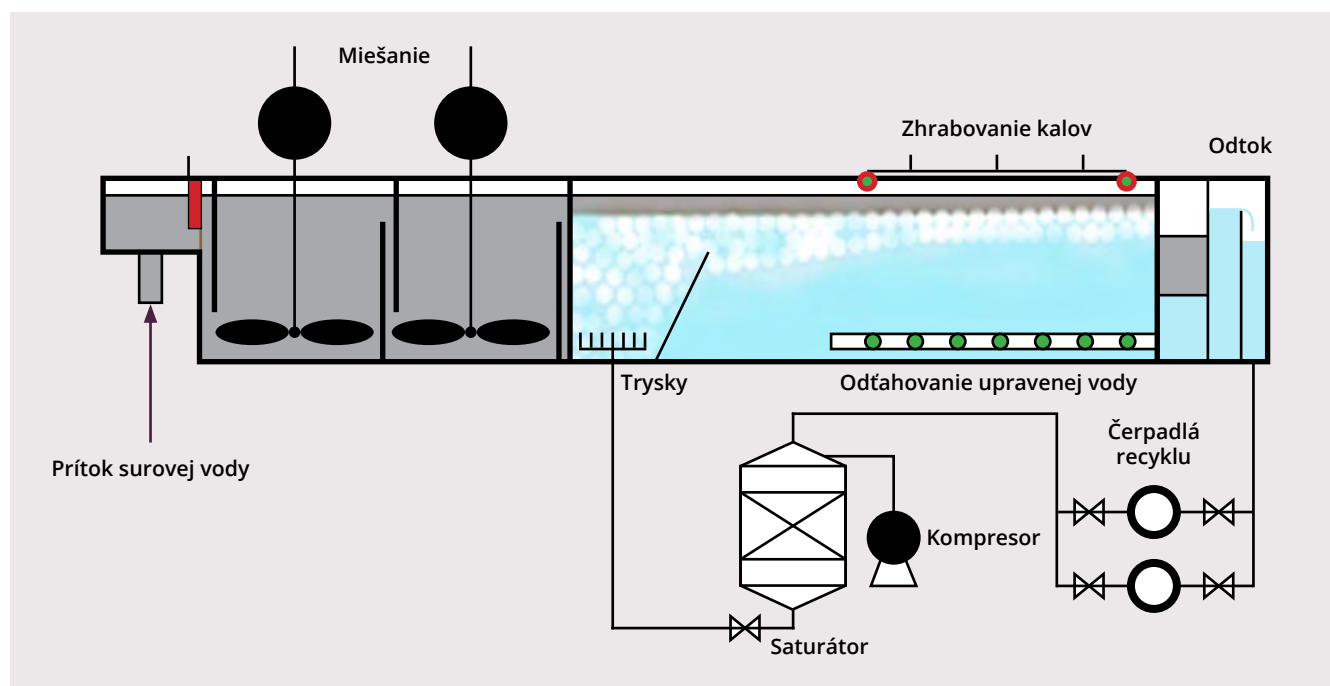
Filtrácia je fyzikálny proces, pri ktorom sa na prepážke, resp. na vrstve zrnitého materiálu zachytávajú suspendované častice (a časť emulgovaných častíc), čo sa označuje v odbornej terminológii ako partikulárna filtrácia (filtrácia častíc). Základnou podmienkou funkčnosti procesu je, aby fil-

tračné zariadenie dokázalo zachytávať častice a aby nosná kvapalina (odpadová voda) pretekala cez filter. Pri filtrácii obvykle nedochádza k chemickým reakciám, ale určité fyzikálno-chemické interakcie medzi nosnou kvapalinou, filtračným materiálom alebo filtrovanými časticami môžu prebiehať. Prefiltrovaná kvapalina, ktorá prejde filtračnou vrstvou, sa nazýva filtrát a filtrom zachytené častice sa nazývajú filtračný koláč.

Filtrácia je jedným z najdôležitejších procesov v úpravniach vody pri úprave surovej vody na pitnú, pričom býva obvykle zaradená ako technologická poistka aj v prípade surovej vody, ktorá nerozpustené látky neobsahuje (ale môže obsahovať). Filtrácia sa však často uplatňuje aj pri čistení priemyselných odpadových vôd, ale najmä pri spracovaní kalov. Obvykle býva posledným stupňom v komplexnom fyzikálno-chemickom postupe čistenia odpadových vôd, kde sa v prvých stupňoch (neutralizáciou, koaguláciou/zrážaním, flokuláciou) vytvoria vločky zrazeniny (jemný kal), ktoré je potrebné vhodným fyzikálnym procesom odseparovať od čistenej vody.

Flotácia je fyzikálny separačný proces, pri ktorom sa suspendované pevné častice vo vode viažu s bublinkami flotačného plynu (obvykle vzduchu), čím vzniká flotačný komplex ľahší ako voda, takže je vynášaný na hladinu nádrže. Separované častice majú obvykle pevné skupenstvo, teda tvoria suspenzie (kaly). Separované častice môžu mať aj vyššiu mernú hmotnosť ako voda, dôležité však je, aby výsledný flotačný komplex (flotát) mal nižšiu mernú hmotnosť ako voda, čo umožňuje jeho vynášanie na hladinu vody v zariadení.

Emulgované, resp. dispergované jemné tuhé častice v odpadovej vode obvykle nie sú v takom fyzikálno-chemickom stave, aby bez problémov flotovali, teda vo forme komplexu s flotačným plynom stúpali smerom na hladinu. Pred proces flotácie sa preto obvykle zaraďuje koagulácia a flokulácia, čím sa tieto zložky fyzikálno-chemicky destabilizujú, vyzrážajú sa a zhluknú do väčších častíc. Tie sú potom mikrobublinkami flotačného plynu vynášané na hladinu. V moderných flotačných zariadeniach sa tento flotát („flotačná pena“) z hladiny vhodným spôsobom kontinuálne odstraňuje. Ťažšie častice sedimentujú ku dnu flotátora, odkiaľ sa taktiež vhodným spôsobom odstraňujú. V celom procese teda ide o sústavu fyzikálnych a chemických javov deemulgácie, koagulácie, zrážania, sedimentácie, filtrácie kalovým mrakom atď.



Obrázok 33: Technologická schéma flotácie s predradenou koaguláciou (zdroj: Bodík, Hlavačka, Mackulák)

6.2. Vstupy a výstupy

6.2.1. Vstupy do čistiare odpadových vôd

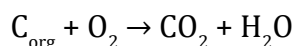
Z pohľadu ochrany ovzdušia najdôležitejším vstupom do procesu čistenia odpadových vôd je odpadová voda, resp. znečistenie v nej obsiahnuté. Časť znečistenia sa prostredníctvom fyzikálnych, chemických a biochemických procesov transformuje na plynné emisie, ktoré sa dostávajú do ovzdušia (oxid uhličitý, metán, oxid dusný, amoniak a pod.). Nepriamym zdrojom znečistenia je aj elektrická energia, ktorá je potrebná na prevádzku strojných zariadení v systémoch stokovej siete a čistiare odpadových vôd. Elektrická energia na prevádzku čistiare môže byť čerpaná z verejnej siete alebo vyrobená z bioplynu priamo v priestoroch ČOV. Výroba bioplynu je podrobne opísaná v metodologickej príručke Výroba bioplynu.

6.2.2. Výstupy z čistiare odpadových vôd

Z pohľadu ochrany ovzdušia budú uvedené iba plynné emisie. Najčastejšie produkovanými plynmi v procesoch čistenia odpadových vôd sú: oxid uhličitý, amoniak, metán, dusík, oxidy dusíka a v malých množstvách aj iné plyny.

6.2.2.1. Oxid uhličitý – CO₂

Samotný proces čistenia odpadových vôd je prírodný proces, ktorý existuje nezávisle od prítomnosti človeka už milióny rokov. Pri tomto procese dochádza vplyvom kyslíka a mikroorganizmov prítomných v aktivačnom stupni k biochemickej oxidácii časti organických látok až na CO₂ a H₂O podľa nasledujúcej rovnice:



Je teda zrejmé, že ak poznáme množstvo organického znečistenia prichádzajúceho na ČOV v odpadovej vode, je možné podľa tejto rovnice vypočítať množstvo oxidu uhličitého opúšťajúce čistiaci proces.

Možno teda konštatovať, že oxid uhličitý je hlavným a konečným produktom transformácie organického znečistenia prítomného v odpadových vodách. Oxid uhličitý patrí síce k skleníkovým plynom a je celosvetovo sledovaný, jeho produkcia na ČOV však nie je sledovaná ani limitovaná. Je to z toho dôvodu, že dominantný podiel (90 – 95 %) organického znečistenia prichádzajúceho na komunálnu ČOV je prírodného (biogénneho) charakteru, ako napr. potraviny, ktoré vznikli transformáciou (fotosyntézou) anorganického uhlíka (CO₂) na organický uhlík viazaný v proteínoch, cukroch, tukoch a pod. Iba malá časť organického znečistenia pritekajúca na ČOV nie je prírodného charakteru (liečivá, pesticídy, saponáty a pod.), ktoré boli vyrobené z neobnoviteľných fosílnych palív (ropa, uhlie, zemný plyn a pod.).

Oxid uhličitý vzniká však aj na iných miestach čistiaceho procesu:

- hydrolýzou organických látok,
- anaeróbnym rozkladom organických látok (kalu),
- spaľovaním bioplynu.

Aj tu však platí, že väčšina organických látok na vstupe do systému (znečistenie vo vode, kal a pod.) je prírodného, obnoviteľného charakteru. Všeobecne možno konštatovať, že oxid uhličitý vznikajúci v procesoch distribúcie odpadových vôd (kanalizačné systémy), čistenia odpadových vôd, spracovania kalov sa nepovažuje za skleníkový plyn, lebo vznikol z látok, ktoré majú svoj pôvod vo fotosyntéznych (biogénnych) procesoch.

6.2.2.2. Metán – CH₄

Metán vzniká najčastejšie ako produkt metanizačných baktérií pri anaeróbnom vyhnívaní (metanizačnom kvasení). Konečnými produktmi tohto procesu sú CH₄, CO₂, H₂, NH₃. Pre anaeróbné vyhnívanie kalu sa v praxi často používa termín anaeróbná stabilizácia kalu. Metanizačné baktérie môžu produkovať metán iba z malého počtu jednoduchých zlúčenín (alifatické kyseliny a alkoholy C₁ až C₄). Z anorganických zlúčenín sa pri vzniku metánu môžu uplatniť CO₂ a CO.

Ako už bolo konštatované v predchádzajúcom texte, resp. v samostatnej kapitole o bioplyne, bioplyn, a hlavne jeho hlavná zložka metán, vzniká anaeróbnym rozkladom organických zložiek vo vode, resp. rozkladom kalov. Metán však vzniká rozkladom biogénnych zložiek, ktorých pôvod je vo fotosyntéznych procesoch, ktoré sú uhlíkovo neutrálne, lebo vznikali prevažne z oxidu uhličitého z ovzdušia. Ak je teda bioplyn spaľovaný v energetických procesoch (kotel, kogeneračná jednotka), vznikajúci oxid uhličitého považujeme za uhlíkovo neutrálny.

Časť metánu však vzniká a uniká do atmosféry aj pri akumulácii odpadových vôd v žumpách a septikoch, odvádzaní odpadových vôd stokovou sieťou, na prečerpávacích staniciach, na mechanickom stupni čistiarene a pod. Emisie metánu z procesov odvádzania a čistenia odpadových vôd však tvoria zanedbateľnú časť (0,1 – 0,5 %) z celkovej tvorby metánu v priemyselných odvetviach.

6.2.2.3. Dusíkaté plyny

Amoniak sa v odpadových vodách uvoľňuje v procese amonifikácie. Význam amonifikácie vo vodách je z čistiarenskeho hľadiska nenahraditeľný. Je to dôležitý medzistupeň medzi organickými a anorganickými formami dusíka. Amonifikácia prebieha už v kanalizačnej sieti, čím sa urýchľuje proces odstraňovania dusíka v čistiarnach odpadových vôd. Biologickou nitrifikáciou sa amoniakálny dusík transformuje na menej toxický dusičnanový dusík, ktorý v moderných technológiách čistenia odpadových vôd prechádza biologickou denitrifikáciou, teda redukciou dusičnanov na oxid dusný, resp. plynný dusík.

Oxid dusný (N₂O) a dusík (N₂) sú výsledkom procesu denitrifikácie. Biologická denitrifikácia je konečným stupňom odstraňovania dusíka z odpadových vôd. Oba plyny sa tvoria v procese denitrifikácie, čo možno často indikovať aj vizuálne (bublinkovanie kalovej zmesi). Do ovzdušia sa dostávajú spontánne alebo sú vypudzované vzduchom v aktivačnej nádrži.

Za posledné desaťročie vzrástli obavy v súvislosti s priamymi emisiami N₂O vyprodukovanými v ČOV, pretože sú nezáväzným zdrojom, ktorý prispieva k približne 3 % emisií N₂O a predstavuje významného producenta N₂O z celosvetového pohľadu. Emisný faktor N₂O (množstvo emisií N₂O-N v pomere k množstvu dusíka na vstupe do ČOV) sa pohyboval od takmer zanedbateľných emisií až po 25 %.

6.3. Techniky na zníženie emisií do ovzdušia

Zníženie plynných emisií z odpadových vôd do ovzdušia sa v ostatných rokoch stáva pomerne diskutovanou témou. Rozširovanie obytných plôch do blízkostí komunálnych ČOV je častou dilemou pre prevádzku ČOV aj pre obyvateľov žijúcich v blízkosti ČOV. Problémom nie sú emisie oxidu uhličitého, bioplynu či metánu, ale rôznych zápachových zložiek, ktoré unikajú z odpadovej vody hlavne stripovaním pri čerpaní, prevzdušňovaní a miešaní odpadovej vody.

Olfaktometria – je objektívna metóda založená na subjektívnom pozorovaní posudzovateľov pachov. Vonkajšie vplyvy sú potom pri tejto metóde eliminované štatistickými nástrojmi. Táto metóda je definovaná STN EN 13725 Kvalita ovzdušia. Princíp spočíva v tom, že sa vzorka riedi a zisťuje sa, pri akom riedení sa dosiahol čuchový prah.

Tabuľka 11: Obvyklé zložky zápachu na ČOV

Názov zložky	Chemický vzorec	Prah zápachu [ppm]	Opis zápachu
Sírovodík	H ₂ S	0,5	pokazené vajcia
Dimetylsulfid	(CH ₃) ₂ S	0,12 – 0,4	nahnitá kapusta
Etyl merkaptan	C ₂ H ₅ SH	0,02	nahnitá kapusta
Metyl merkaptan	CH ₃ SH	0,0014	nahnitá kapusta
Indol	C ₆ H ₄ (CH) ₂ NH	1,4	fekálne
Skatol	C ₉ H ₉ N	0,002	fekálne
Amoniak	NH ₃	130 – 15 300	dráždivý

Na kontrolu pachov a odvetrávania je k dispozícii EN 12255-9. Tato európska norma stanovuje zásady navrhovania a požiadavky na prevádzku kontroly pachov a s tým spojeného odvetrávania ČOV. Norma je určená prednostne pre navrhovanie čistiarní pre viac než 50 ekvivalentných obyvateľov. Možnosť vzniku zápachu by sa mala zvažovať už na samom začiatku navrhovania čistiarne. Pravdepodobnosť vzniku pachových emisií, ich účinky a jednoduché spôsoby ich odstraňovania (čistenia) sa majú zvažovať vo všetkých fázach návrhu, predovšetkým:

- a) obmedzovanie zahŕňajúce surových odpadových vôd použitím zodpovedajúceho systému stok a kanalizačných prípojk;
- b) vhodná voľba procesu čistenia – napr. pokiaľ sa očakávajú nahnité odpadové vody, možno okrem iných použiť tieto spôsoby znižovania zápachu:
 - skracovanie doby zdržania kalu v primárnej usadzovacej nádrži,
 - vynechanie prvého stupňa čistenia (primárneho čistenia) (a teda odstránenie významného zdroja zápachu) a použitie aktivácie s predĺženou aeráciou,
 - voľba zakrytých zariadení pre čistiace procesy;
- c) umiestňovanie hlavného zdroja zápachu pokiaľ možno čo najďalej od územia v okolí čistiarne zvlášť citlivých na zápach; pri navrhovaní treba zvažovať prevládajúci smer a rýchlosť vetrov v mieste čistiarne;
- d) pri vzájomnom umiestňovaní jednotlivých čistiacich stupňov bližšie k sebe môže postačiť použitie jediného procesu znižujúceho pachové emisie na čistenie znečisteného vzduchu z viacerých zdrojov zápachu alebo na odvádzanie silne zapáchajúceho vzduchu z jedného čistiaceho stupňa ako technologického alebo spaľovacieho vzduchu do susedného stupňa. Akékoľvek rozhodnutie čistiť vzduch znečistený intenzívnym zápachom vyžaduje zakrytie objektu a odvetranie príslušného čistiaceho stupňa, ako aj vyvážanie znečisteného vzduchu na čistenie. Zakrytie objektu, odvetrávanie a čistenie znečisteného vzduchu by malo byť navrhované ako jeden integrovaný celok.

Pokiaľ nie sú čistiarne zakryté alebo umiestnené v objekte a vplyv zápachu je možné pred uvedením do prevádzky len ťažko odhadovať, mal by návrh umožňovať neskoršie zakrytie a/alebo odvetrávanie. Súčasná prax na komunálnych ČOV je, že zakrytie (zakapotovanie) zariadenia sa realizuje napr. na vstupných čerpacích staniciach, objektoch hrubého predčistenia (hrablice), resp. ich umiestnenie do budovy. Vo svete sú príklady aj kompletného umiestnenia celej technologickej linky ČOV pod zemou (nová linka ÚČOV Praha), ale to je skôr výnimka ako pravidlo.

Tabuľka 12: Porovnanie vhodnosti použitia jednotlivých typov zariadení na zachytávanie zápachu z ČOV

Typ zariadenia	Princíp	Výhody	Nevýhody
Mokrú práčku (scrubber)	proces absorpcie, resp. chemickej reakcie na odstránenie plynov zo znečistených prúdov plynov	<ul style="list-style-type: none"> vysoké kapacity prietokov plynov univerzálnosť pre rôzne plyny 	<ul style="list-style-type: none"> náročná údržba potreba vápenného roztoku znečistenie povrchov
Biofilter	proces biologického rozkladu a odstránenie zápachajúcich plynov	<ul style="list-style-type: none"> nízke prevádzkové náklady aplikovateľné na vysoké koncentrácie H₂S 	<ul style="list-style-type: none"> náročná údržba vysoká požiadavka na plochu pracujú aj s vysokými koncentraciami H₂S
Suchá práčka	znečisťujúci plyn je odstraňovaný adsorpciou na adsorbente	<ul style="list-style-type: none"> minimálna údržba vysoká efektivita 	<ul style="list-style-type: none"> vysoká spotreba adsorbenta nízka regenerovateľnosť adsorbenta
Katalytická suchá práčka	znečisťujúci plyn je odstraňovaný adsorpciou na adsorbente, doplnený katalytickou konverziou	<ul style="list-style-type: none"> minimálna údržba vysoká efektivita vysoká adsorpčná kapacita aj pre H₂S regenerovateľnosť 	<ul style="list-style-type: none"> nemožnosť použitia pre vysoké koncentrácie H₂S
Fotokatalytická oxidácia	krátkovlnné UV svetlo iniciuje chemickú reakciu, molekuly zápachu sa rozkladajú alebo reagujú na povrchu katalyzátora	<ul style="list-style-type: none"> vysoká účinnosť minimálna údržba bez chemikálií 	<ul style="list-style-type: none"> investične náročné

Metódy znižovania zápachu na ČOV obvykle zahŕňajú:

- návrh čistiaceho procesu a dispozičné usporiadanie,
- prevádzka ČOV,
- limity a kontroly priemyselných odpadových vôd,
- pridávanie chemikálií na zamedzenie vzniku zahŕňania, oslabenie jeho účinku,
- zakrytie zdrojov zápachu, zariadenia na odvetrávanie a čistenie znečisteného vzduchu,
- použitie vzduchových trysiek ako bariéry alebo pridávanie chemických protizápachových činidiel či modifikátorov.

Je zrejmé, že zápach bude aj v budúcnosti jednou z častých príčin občianskej nespokojnosti. Porastú tak nároky na kvalitu čistenia vzduchu, ako aj na technológie. Pre exponované miesta (priemysel a pracovné prostredie) budú biofiltre pravdepodobne nahradené účinnejšími a kompromisnejšími zariadeniami na báze fyzikálno-chemických procesov. So stúpajúcou náročnosťou občanov na prostredie je možné počítať aj s nárastom riešenia problémov so zápachom priamo na kanalizačných sieťach alebo prečerpávacích objektoch v zastavanej časti miest a obcí.

6.4. Problémové body a možnosti riešenia

Pri schvaľovaní čistiarne odpadových vôd je z pohľadu ochrany ovzdušia najdôležitejšie riešenie zápachu, ktoré je opísané v predchádzajúcom texte, a riešenie kalového hospodárstva, ktorým sa zaoberá metodická príručka Výroba bioplynu.

V prípade, ak ČOV kapacitne predstavuje stredný zdroj znečistenia ovzdušia, zvyčajne nie sú potrebné špecifické opatrenia, ktoré by sa museli prijímať za účelom ochrany ovzdušia. Ani vykonávací vyhláška o ovzduší neobsahuje žiadne špecifické požiadavky pre čistiarne odpadových vôd s výnimkou spracovania čistiarenských kalov, ktoré je opísané v metodickej príručke Výroba bioplynu.

6.5. Opis techník, ktoré sú považované za BAT

Čisteniu odpadových vôd sa venuje referenčný dokument BREF Nakladanie s odpadovými vodami a odpadovými plynmi v chemickom priemysle (CWW), ktorý je však jednostranne zameraný na špecifické odpadové vody z chemického priemyslu. K tomuto dokumentu bolo vydané aj vykonávacie rozhodnutie Komisie (EÚ) 2016/902 z 30. mája 2016, ktorým sa v súlade so smernicou Európskeho parlamentu a Rady 2010/75/EÚ stanovujú závery o najlepších dostupných techníkach (BAT) pre systémy bežného čistenia odpadových vôd/odpadových plynov a nakladania s nimi v sektore chemického priemyslu.

Vo všetkých referenčných dokumentoch BREF sa nachádzajú kapitoly zaoberajúce sa najlepšimi dostupnými technikami čistenia odpadových vôd vznikajúcich v danom odvetví, ale s najväčšou pravdepodobnosťou sa už ďalej nezaoberajú možnosťami zníženia zápachu alebo plyných exhalátov vznikajúcich pri čistení odpadových vôd z daného odvetvia.

Z toho dôvodu je možné za najlepšie dostupné techniky považovať všetky opatrenia uvedené v predchádzajúcej podkapitole.

6.6. Povoľovací proces

Podľa **zákona o posudzovaní vplyvov na životné prostredie** sa čistiarne odpadových vôd zaraďujú do časti 10 Vodné hospodárstvo, položky 6 Čistiarne odpadových vôd a kanalizačné siete. Prahovou hodnotou pre povinné hodnotenie je kapacita ČOV od 100 000 EO, pre zisťovacie konanie sú limity stanovené od 2 000 EO do 100 000 EO.

Podľa **zákona o IPKZ** sa integrované povolenie vyžaduje výlučne na samostatne prevádzkované čistiarne odpadových vôd, na ktoré sa nevzťahujú osobitné predpisy²¹ a ktoré sa vypúšťajú z prevádzky, na ktoré sa vzťahuje tento zákon.

Povoľovacím orgánom pre ČOV je štátna vodná správa, v prípade, ak ČOV prekročí stanovenú hranicu podľa prílohy č. 1 k vykonávacej vyhláške o ovzduší, stáva sa stredným zdrojom znečisťovania ovzdušia, ktorý povoľuje príslušný okresný úrad. Hranica pre zaradenie ČOV ako stredného zdroja znečisťovania ovzdušia je podľa položky 5.4 tejto prílohy určená nasledovne (tab. 13).

21 § 36 zákona č. 364/2004 Z. z., ktorý sa týka ČOV pre komunálne odpadové vody.

Tabuľka 13: Prahové hodnoty pre stredné zdroje znečisťovania ovzdušia pre ČOV podľa vykonávacej vyhlášky o ovzduší

Čistiarne odpadových vôd s projektovanou kapacitou čistenia podľa počtu ekvivalentných obyvateľov	Prahová kapacita stredný zdroj
a) čistiarne komunálnych odpadových vôd	≥ 5 000
b) centrálné čistiarne odpadových vôd priemyselných podnikov	≥ 2 000

7. ZOZNAM LITERATÚRY

7.1. Legislatívne predpisy

7.1.1. Národné legislatívne predpisy

(dostupné na www.slov-lex.sk)

Zákon č. 39/2013 Z. z. o integrovanej prevencii a kontrole znečisťovania životného prostredia a o zmene a doplnení niektorých zákonov v znení neskorších predpisov

Zákon č. 79/2015 Z. z. o odpadoch a o zmene a doplnení niektorých zákonov v znení neskorších predpisov

Zákon č. 24/2006 Z. z. o posudzovaní vplyvov na životné prostredie a o zmene a doplnení niektorých zákonov v znení neskorších predpisov

Zákon č. 137/2010 Z. z. o ovzduší v znení neskorších predpisov

Vyhláška Ministerstva životného prostredia Slovenskej republiky č. 410/2012 Z. z., ktorou sa vykonávajú niektoré ustanovenia zákona o ovzduší v znení neskorších predpisov

Vyhláška MŽP SR č. 365/2015 Z. z., ktorou sa ustanovuje Katalóg odpadov, v znení neskorších predpisov

Vyhláška MŽP SR č. 228/2014 Z. z., ktorou sa ustanovujú požiadavky na kvalitu palív a vedenie prevádzkovej evidencie o palivách v znení neskorších predpisov

Vyhláška MŽP SR č. 371/2015 Z. z., ktorou sa vykonávajú niektoré ustanovenia zákona o odpadoch v znení neskorších predpisov

Vyhláška MŽP SR č. 382/2018 Z. z. o skládkovaní odpadov a uskladnení odpadovej ortuti v znení neskorších predpisov

Nariadenie vlády Slovenskej republiky č. 269/2010 Z. z., ktorým sa ustanovujú požiadavky na dosiahnutie dobrého stavu vôd v znení neskorších predpisov

7.1.2. Legislatívne predpisy EÚ

(dostupné na www.eur-lex.europa.eu)

Smernica Európskeho parlamentu a Rady 2010/75/EÚ z 24. novembra 2010 o priemyselných emisiách (integrovaná prevencia a kontrola znečisťovania životného prostredia) v konsolidovanom znení

Vykonávacie rozhodnutie Komisie 2013/163/EÚ, ktorým sa stanovujú závery o najlepších dostupných technikách (BAT) podľa smernice Európskeho parlamentu a Rady 2010/75/EÚ o priemyselných emisiách na výrobu cementu, vápna a oxidu horečnatého

Vykonávacie rozhodnutie Komisie 2021/2326/EÚ, ktorým sa stanovujú závery o najlepších dostupných technikách (BAT) podľa smernice Európskeho parlamentu a Rady 2010/75/EÚ o priemyselných emisiách pre veľké spaľovacie zariadenia

Vykonávacie rozhodnutie Komisie (EÚ) 2019/2010 z 12. novembra 2019, ktorým sa podľa smernice Európskeho parlamentu a Rady 2010/75/EÚ stanovujú závery o najlepších dostupných technikách (BAT) pre spaľovanie odpadu

Vykonávacie rozhodnutie Komisie (EÚ) 2018/1147 z 10. augusta 2018, ktorým sa podľa smernice Európskeho parlamentu a Rady 2010/75/EÚ stanovujú závery o najlepších dostupných technikách (BAT) pri spracovaní odpadu

Vykonávacie rozhodnutie Komisie (EÚ) 2016/1032 z 13. júna 2016, ktorým sa podľa smernice Európskeho parlamentu a Rady 2010/75/EÚ stanovujú závery o najlepších dostupných technikách (BAT) pre odvetvie výroby neželezných kovov

Nariadenie Európskeho parlamentu a Rady (ES) č. 1069/2009 z 21. októbra 2009, ktorým sa ustanovujú zdravotné predpisy týkajúce sa vedľajších živočíšnych produktov a odvodených produktov určených na ľudskú spotrebu a ktorým sa zrušuje nariadenie (ES) č. 1774/2002 (nariadenie o vedľajších živočíšnych produktoch)

Nariadenie Komisie (EÚ) č. 142/2011 z 25. februára 2011, ktorým sa vykonáva nariadenie Európskeho parlamentu a Rady (ES) č. 1069/2009, ktorým sa ustanovujú zdravotné predpisy týkajúce sa vedľajších živočíšnych produktov a odvodených produktov určených na ľudskú spotrebu, a ktorým sa vykonáva smernica Rady 97/78/ES, pokiaľ ide o určité vzorky a predmety vyňaté spod povinnosti veterinárnych kontrol na hraniciach podľa danej smernice v konsolidovanom znení

Vykonávacie rozhodnutie Komisie (EÚ) 2016/902 z 30. mája 2016, ktorým sa v súlade so smernicou Európskeho parlamentu a Rady 2010/75/EÚ stanovujú závery o najlepších dostupných technikách (BAT) pre systémy bežného čistenia odpadových vôd/odpadových plynov a nakladania s nimi v sektore chemického priemyslu

7.2. Referenčné dokumenty BREF

(dostupné na <https://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference>, tiež na <https://bat.enviroportal.sk/Public/DatabazaBREF.aspx>)

Spaľovanie odpadov (WI)

Výroba cementu, vápna a oxidu horečnatého (CLM)

Veľké spaľovacie zariadenia (LCP)

Spracovanie odpadov (WT)

Výroba a spracovanie neželezných kovov (NFM)

Nakladanie s odpadovými vodami a odpadovými plynmi v chemickom priemysle (CWW)

Bitúnky a priemysel spracovania ich odpadových živočíšnych produktov (SA)

7.3. Technické normy pre skládkovanie

STN 83 8101 Skládkovanie odpadov. Všeobecné ustanovenia

STN 83 8102 Skládkovanie odpadov. Navrhovanie skládok odpadov

STN 83 8103 Skládkovanie odpadov. Prevádzka a monitoring skládok

STN 83 8104 Skládkovanie odpadov. Uzavretie a rekultivácia skládok odpadov

STN 83 8105 Skládkovanie odpadov. Inžinierskogeologický prieskum na skládky odpadov

STN 83 8106 Skládkovanie odpadov. Tesnenie skládok odpadov. Navrhovanie, zhotovovanie, kontrola a technické požiadavky

STN 83 8107 Skládkovanie odpadov. Nakladanie s priesakovými kvapalinami zo skládok odpadov

STN 83 8108 Skládkovanie odpadov. Skládkový plyn

7.4. Technické normy a špecifikácie pre spracovanie elektroodpadov

TS 50625 – Collection and Logistics

EN 50614 Preparation for re-use

EN 50625-1, TS 50625-3-1 General treatment and depollution requirements

EN 50625-2-1; TS 50625-3-2 Lamps

EN 50625-2-2; TS 50625-3-3 Displays (CRT FPD)

EN 50625-2-3; TS 50625-3-4 Temperature exchange equipment

EN 50625-2-4; TS 50625-3-5 Photovoltaic panels

TS 50625-5 Final treatment

7.5. Technické normy pre meranie zápachu z čistenia odpadových vôd

STN EN 13725 (83 4763) Ochrana ovzdušia. Stacionárne zdroje emisií. Stanovenie koncentrácie pachu a intenzity emisií pachu zo stacionárnych zdrojov dynamickou olfaktometriou

STN EN 12255-9 (75 6410) Čistiarne odpadových vôd. Časť 9: Kontrola zápachu a vetranie

7.6. Iné zdroje

Heyder, P.: Dosahovanie emisných limitov pri spaľovaní ZP v moderných spaľovacích zariadeniach. Zborník prednášok z konferencie Priemyselné emisie 2018. Aspek, Bratislava, 2018.

Zborníky konferencií TOP Technika ochrany prostredia. Strojnícka fakulta STU v Bratislave 2005 – 2013.

Zborníky konferencie Kaly a odpady. FCHPT STU v Bratislave 2008 – 2018.

Herberlein, J., Murphy, A. B.: Thermal plasma waste treatment. Journal of Physics D: Applied Physics. 41 (2008) 053001, 20 str.

Imriš, I.: Plazmový reaktor na spracovanie odpadov. Technická univerzita v Košiciach, Strojnícka fakulta. 7 str. Dostupné na http://www.silvergask.sk/pdf/silvergask-plazmovy_reaktor_na_spracovanie_odpadov.pdf

Hutira Slovakia, s. r. o.: Zhodnocovanie odpadového materiálu tepelnými postupmi. Správa o hodnotení podľa zákona č. 24/2006 Z. z. o posudzovaní vplyvov na životné prostredie. Banská Bystrica, 2015. Dostupné na <https://www.enviroportal.sk/sk/eia/detail/zhodnocovanie-odpadoveho-materialu-teplnymi-postupmi-handlova>

JAVAKO, s. r. o. (pre Plasma Energy, s. r. o.): Technologický celok na plazmové spracovanie odpadov, prevažne z elektrických a elektronických zariadení. Zámer podľa § 22 zákona č. 24/2006 Z. z. o posudzovaní vplyvov na životné prostredie. Vranov nad Topľou, 2014. Dostupné na https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwi27-upiLz5AhUo-MuwKHSUpDtwQFnoECAwQAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.enviroportal.sk%2Feia%2Fdokument%2F221838&usg=AOvVaw10yVpw_DQs8eEVTGLehIjo

Jelemenský, L.: Pyrolýzne a splynovacie stanice. Zborník odborného seminára Produkcia bioplynu, pyrolýza a splynovanie – efektívny spôsob zhodnotenia biomasy ako obnoviteľného zdroja energie. Bratislava 21. 1. 2010, str. 66 – 79

<http://www.pwr.sk>

<https://biom.cz/cz/odborne-clanky/vakuova-pyrolyza-a-jeji-realizace-v-cr>

http://www.castulik.sk/download/DR160_varianty.pdf

<http://m.sk.trustarpack.com/info/the-working-principle-of-hammer-mills-step-by-37599986.html>

<https://www.stedman-machine.com/chain-mill-crusher-primer.html>

https://www.researchgate.net/figure/Schematic-of-mechanical-biological-treatment-MBT-of-municipal-solid-waste-MSW_fig1_345245888

http://www.bpa-ostrava.cz/images/Dokumenty/Projekty/Ukazka_EVVO.pdf

BCRC (Basel Convention Regional Centre in Bratislava): Guidelines for environmentally sound management of used lead batteries. Projekt UNEP/SSFA/2013/DEPI/FMEB-MAP/076, 2013.

<https://nickelinstitute.org/en/about-nickel-and-its-applications/nickel-in-batteries/>

<https://teslabike.sk/litiove-akumulatory-podla-chemickeho-zlozenia-licoo2limn2o4lifepo4n-mncali4ti5o12/>

Petrániková, M., Miškuřová, A., Havlík, T., Oráč, D.: Recyklácia lítiových batérií a akumulátorov. Odpady, vydavateľstvo Epos, ročník 9, číslo 6, 2009, str. 8 – 13

Horáčková, K.: Návrh způsobu odloučení dřeva z nadsítné frakce kompostáren. Diplomová práca Mendelova universita v Brně, Agronomická fakulta. Brno, 215. 72 str. Dostupné na https://theses.cz/id/cf1y65/zaverecna_prace.pdf

www.inecs.sk

<https://www.eurobagging.com/cs/kompostovaci-technologie>

<http://www.kcsengineering.com/rotating-composters-industrial-composting.html>

<https://www.compost-systems.com/sk/solutions/kompostovanie-v-boxoch>

Nordahl, S. L. et col.: Life_Cycle Greenhouse Gas Emissions and Human Health Trade-Offs of Organic Waste Management Strategies. Environ. Sci. Technol., 2020, 54, 15, 9200-9209. Dostupné na <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.est.0c00364>

Csefo, L.: Niektoré aspekty kompostovania. Diplomová práca. Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre. Technická fakulta. Nitra, 2010.

<https://voda.tzb-info.cz/>

Drtil, M., Hutňan, M.: Technologický projekt, vydavateľstvo SCHK 2013, ISBN 978-80-89597-11-6.

Bodík, I., Hlavačka, V., Mackuľak, T.: Procesy a technológie čistenia priemyselných odpadových vôd. Bratislava: FCHPT STU v Bratislave, 2013, 265 s., ISBN 978-80-89597-13-0.

Bodík, I., Derco, J., Drtil, M., Hutňan, M., Mackuľak, T., Prousek, J., Pijaková, I., Fáberová, M., Hrdlička, L., Ivanová, L., Imreová, Z., Kecskés, J., Luptáková, A., Valíčková, M.: Laboratórium odboru II – environmentálne technológie, Bratislava FCHPT STU v Bratislave, 2016, 272 s., ISBN 978-80-89597-47-5.

Chudoba, J., Dohanyos, M., Wanner, J.: Biologické čistenie odpadných vod. SNTL Praha 1991.

Malý, J., Hlavínek, P.: Čistenie priemyselných odpadných vod. NOEL 2000, 1996.

ISBN: 978-80-8213-096-9



Aktivita je realizovaná v rámci národního projektu

Zlepšovanie informovanosti a poskytovanie poradenstva v oblasti zlepšovania kvality životného prostredia na Slovensku.
Projekt je spolufinancovaný z Kohézneho fondu v rámci Operačného programu Kvalita životného prostredia.