

C6890 Technologie ochrany prostředí 9. Technologie odpadového hospodářství

Ivan Holoubek
Zdeněk Horský

RECETOX, Masaryk University, Brno, CR

holoubek@recetox.muni.cz; <http://recetox.muni.cz>



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost



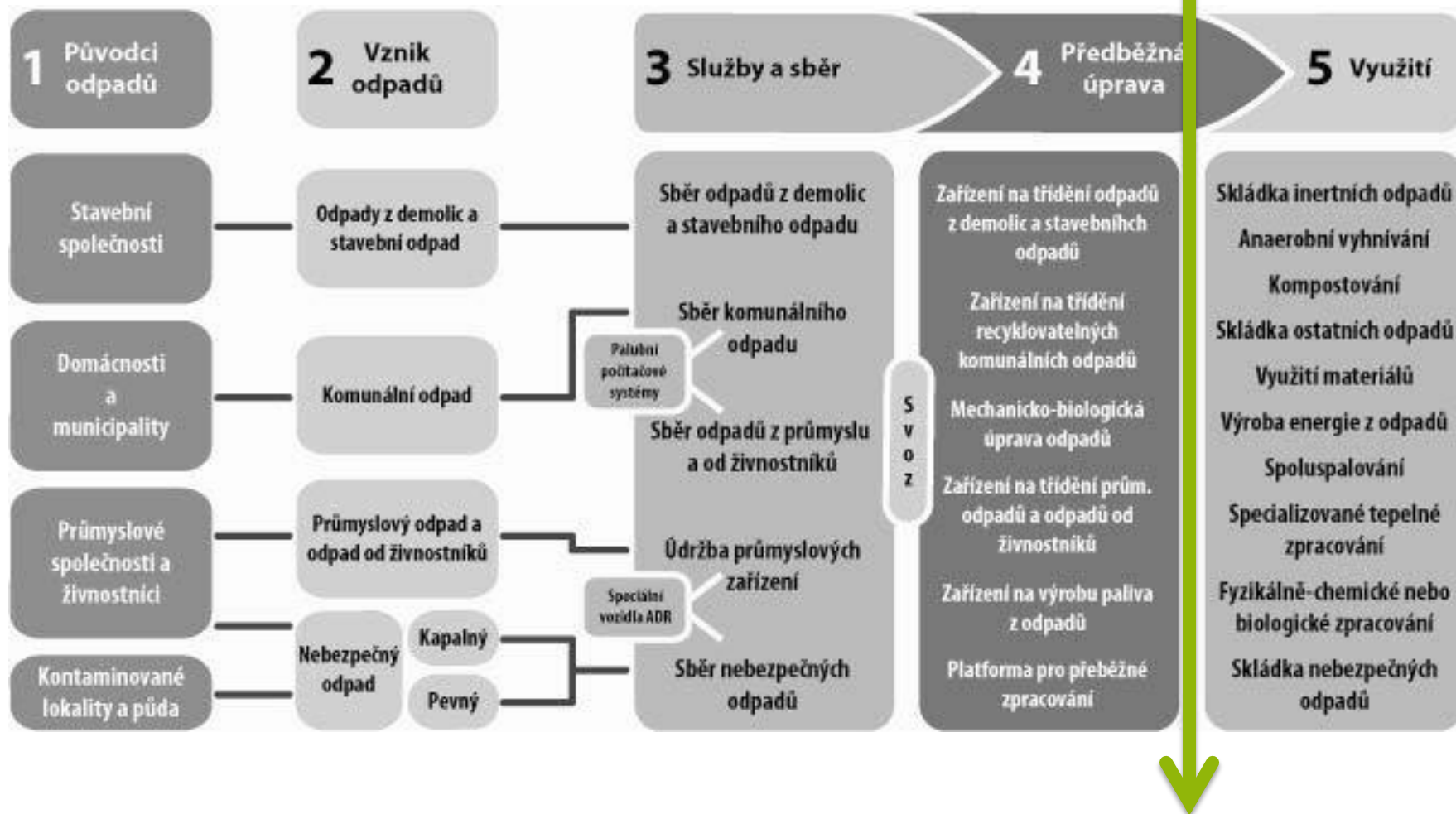
INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Inovace tohoto předmětu je spolufinancována Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky

Přehled základních technologií

1. Skládky odpadů
2. Spalování odpadů
3. Stabilizační linky
4. Technologie pro biologicko rozložitelné odpady (BRO)
5. Fyzikálně-chemické-biologické zpracování odpadů
6. Využití odpadů

Tok odpadů



1. Skládky odpadů

Co to je skládka?

Obecně:

Skládka je stavební objekt technologicky vybavený tak, aby odpady v něm přijaté a trvale uložené nemohly negativně ovlivňovat podzemní ani povrchovou vodu, půdu, horninové prostředí a aby byly minimalizovány vlivy na ovzduší jak po dobu jeho životnosti, tak i po jeho uzavření.

Podle právních předpisů a norem:

Skládka je zařízení zřízené v souladu se zvláštním právním předpisem (stavební zákon) a provozované ve třech na sebe bezprostředně navazujících fázích provozu, včetně zařízení provozovaného původcem odpadů za účelem odstraňování vlastních odpadů a zařízení určeného pro skladování odpadů k odstranění s délkou více než 1 rok.

1. Skládky odpadů

Dělení skládek podle technického zabezpečení na skupiny

Skládky inertního odpadu - S-IO (bez fóliového těsnícího prvku)

Skládky ostatního odpadu S-OO (fóliový těsnící prvek HDPE 1,5 mm)

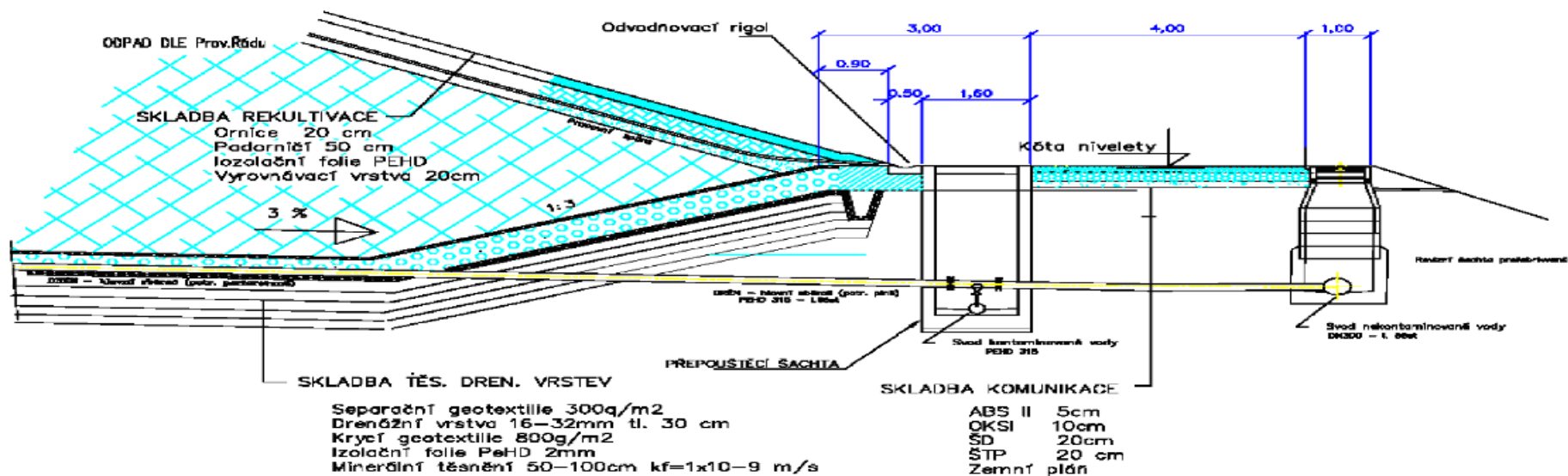
Skládky nebezpečného odpadu - S-NO (fóliový těsnící prvek HDPE 2 mm)

1. Skládky odpadů

Těsnící vrstvy (dno skládky)

- Minerální těsnění (jíl) o tl. 0,5 m s $k_f \leq 1 \cdot 10^{-9} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$
- Fóliové těsnění HDPE o tl. 2 mm
- Ochranná netkaná geotextilie gramáže 800 g/m².

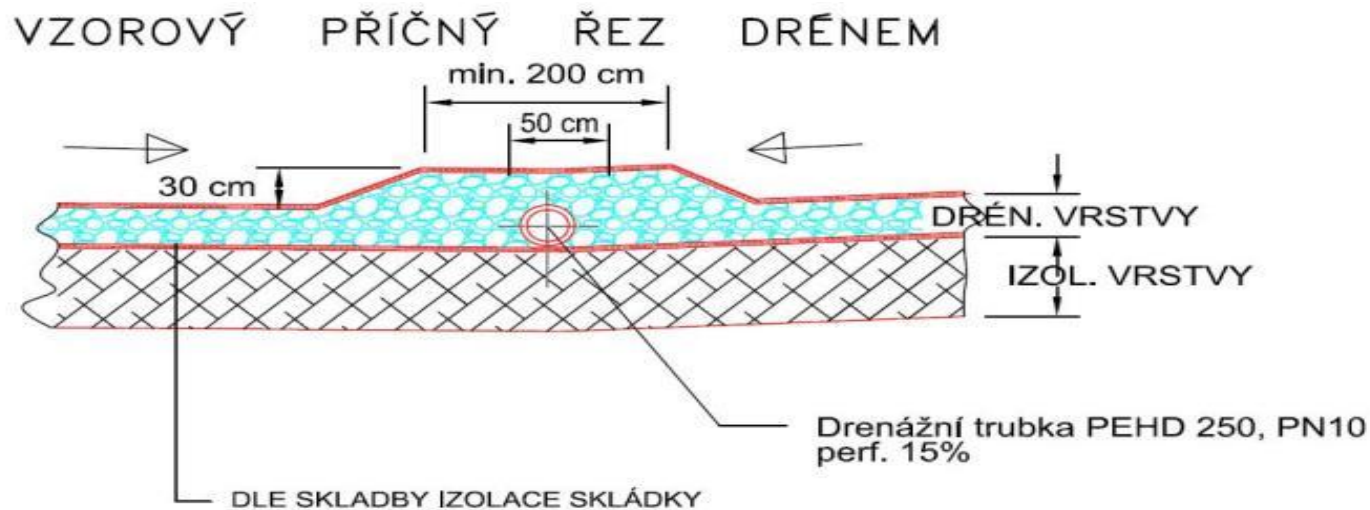
Vzorový příčný řez



1. Skládky odpadů

Odvod průsakových vod

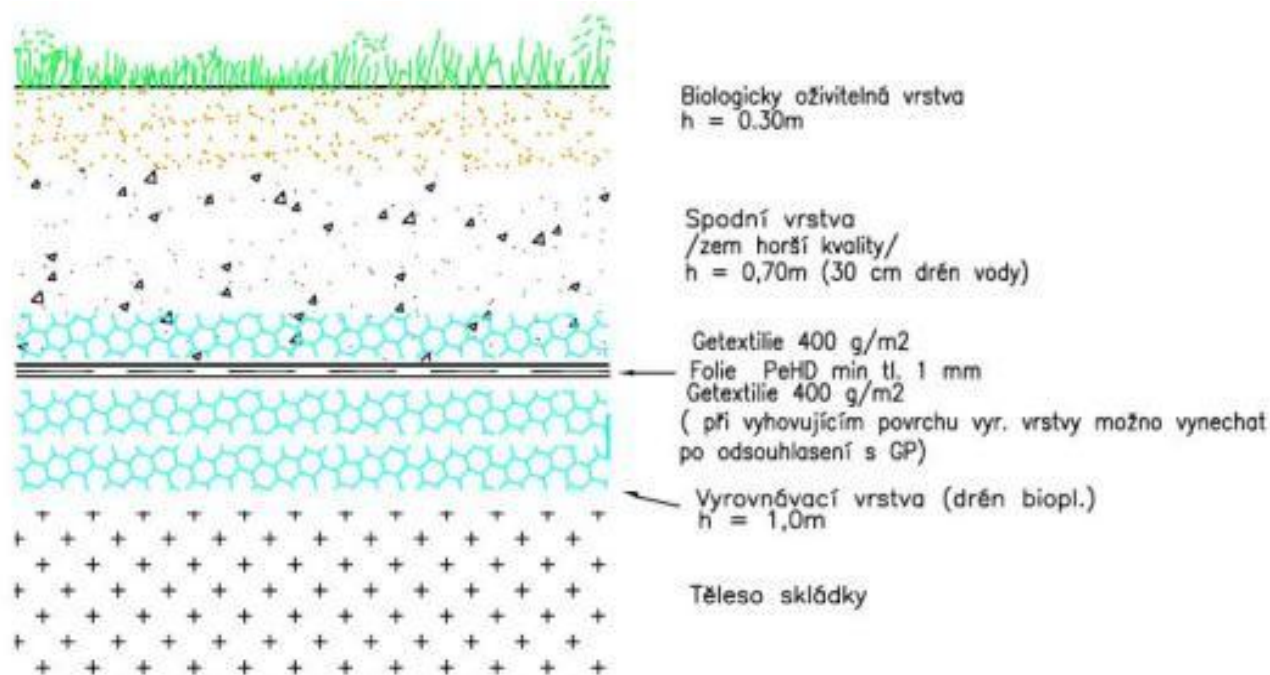
- Plošný drén ze štěrku zrnitosti 16 - 32 mm s $k_f \geq 1 \cdot 10^{-4} \text{ m.s}^{-1}$
- Perforovaný trubní drén v každém poli skládky
- Hlavní sběrač → nepropustná jímka → externí ČOV



1. Skládky odpadů

Rekultivace skládek ostatního odpadu

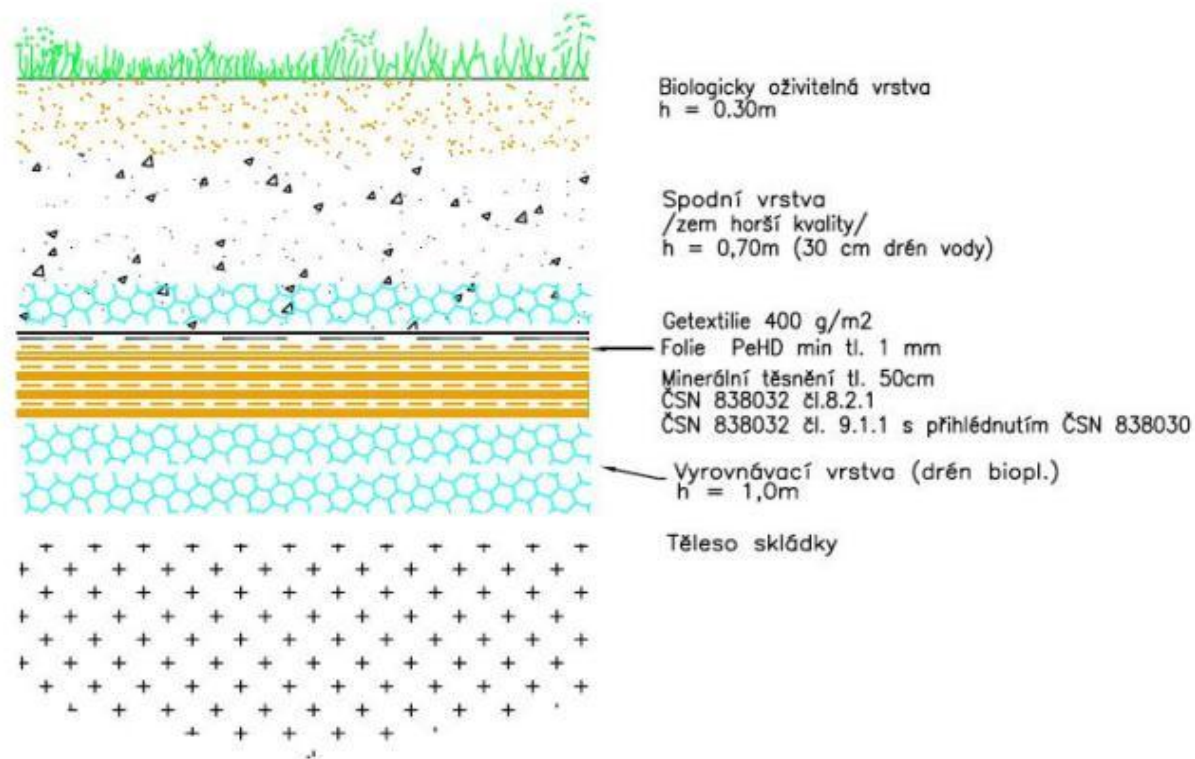
SEKTOR S-00



1. Skládky odpadů

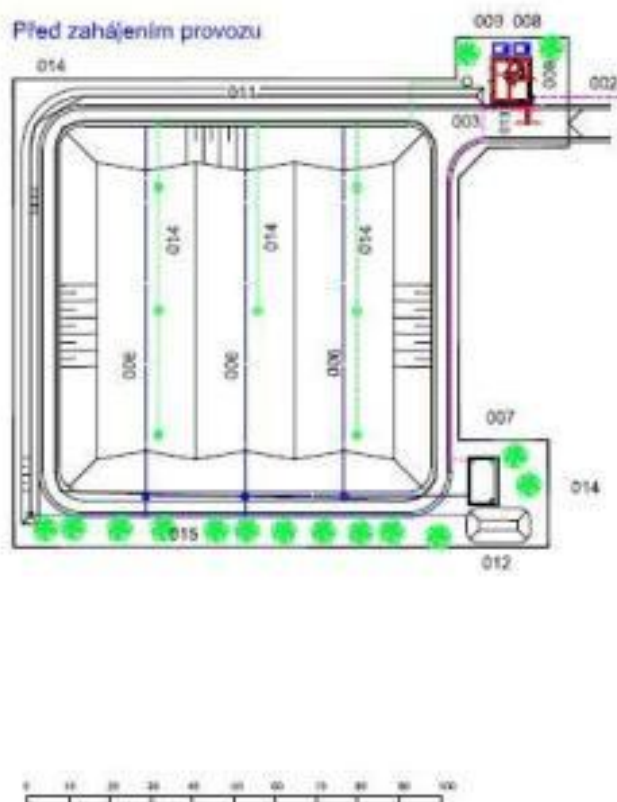
Rekultivace skládek nebezpečného odpadu

SEKTOR S-NO



1. Skládky odpadů

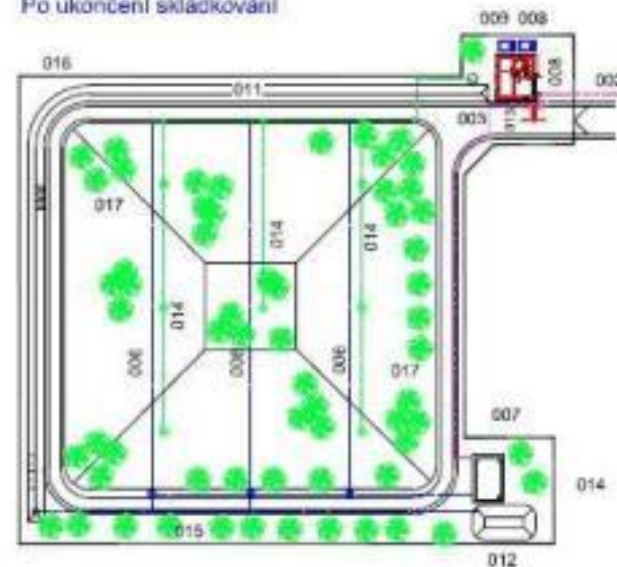
SITUAČNÍ SCHEMA ŘÍZENÉ SKLÁDKY



OBJEKTOVÁ SOUSTAVA

- 001 Příprava území
- 002 Přípojka NN
- 003 Stavební rozvody
- 004 Těleso skládky
- 005 Komunikace
- 006 Hlavní sběrač
- 007 Akumulační jámka
- 008 Provozní budova
- 009 Kanalizační jámka
- 010 Zásobník vody
- 011 Záchytný příkop
- 012 Jámka povrchové vody
- 013 Váha
- 014 Odplynění skládky
- 015 KTU
- 016 Oplocení
- 017 Postupná rekulivace

Po ukončení skládkování



1. Skládky odpadů

Monitoring skládek

Monitoring podzemních vod: 3/rok

3 monitorovací vrty (1 vrt na přítoku podzemních vod do areálu, 2 vrty na odtoku podzemních vod z areálu)

Monitoring průsakových vod: 3/rok

Jímka průsakových vod (důležité pro odvoz vod na externí ČOV)

Monitoring povrchových vod: 2/rok

Nádrž povrchových vod (před vypuštěním vod do recipientu)

Monitoring skládkového plynu: 2/rok

Odplyňovací studny/kogenerační jednotka

Monitoring sedání skládkového tělesa: 1/rok

Podrobné geodetické zaměření

1. Skládky odpadů

Typy skládek odpadů

- a) skupina **S-inertní odpad** - určená pro inertní odpady podle § 2 písm. a). Pro účely evidence a ohlašování odpadů a zařízení se skládky této skupiny označují S-IO,
- b) skupina **S-ostatní odpad** - určená pro odpady kategorie ostatní odpad. Pro účely evidence a ohlašování odpadů a zařízení se tyto skládky označují S-OO. Tato skupina se dále dělí na podskupiny:
 - S-001** - skládky nebo sektory skládek určené pro ukládání odpadů kategorie ostatní odpad s nízkým obsahem organických biologicky rozložitelných látek a odpadů z azbestu
 - S-002** - skládky nebo sektory skládek určené pro ukládání odpadů kategorie ostatní odpad s nízkým obsahem organických biologicky rozložitelných látek, nereaktivních nebezpečných odpadů a odpadů z azbestu - od 1. 4. 2012 se považují za skládky podskupiny S-001
 - S-003** - skládky nebo sektory skládek určené pro ukládání odpadů kategorie ostatní odpad včetně odpadů s podstatným obsahem organických biologicky rozložitelných látek, odpadů, které nelze hodnotit na základě jejich vodného výluhu, a odpadů z azbestu. Na tyto skládky nebo sektory nesmějí být ukládány odpady na bázi sádry,
- c) skupina **S-nebezpečný odpad** - určená pro nebezpečné odpady. Pro účely evidence a ohlašování odpadů a zařízení se skládky této skupiny označují S-NO.

1. Skládky odpadů

Ukazatel	I.třída S-IO vyluhovatelności (mg/l)	IIa.třída S-003 vyluhovatelności (mg/l)	IIb.třída S-002 vyluhovatelności (mg/l)	III.třída S-NO vyluhovatelności (mg/l)
DOC (rozpuštěný organický uhlík)	50	80	80	100
Fenolový index	0,1			
Chloridy	80	1500	1500	2500
Fluoridy	1	30	15	50
Sírany	100	3000	2000	5000
As	0,05	2,5	0,2	2,5
Ba	2	30	10	30
Cd	0,004	0,5	0,1	0,5
Cr celkový	0,05	7	1	7
Cu	0,2	10	5	10
Hg	0,001	0,2	0,02	0,2
Ni	0,04	4	1	4
Pb	0,05	5	1	5
Sb	0,006	0,5	0,07	0,5
Se	0,01	0,7	0,05	0,7
Zn	0,4	20	5	20
Mo	0,05	3	1	3
RL (rozpuštěné látky)	400	8 000	6 000	10 000
pH		větší nebo rovno 6	větší nebo rovno 6	

1. Skládky odpadů

Trendy v oblasti skládkování

Směrnici č. 1999/31/ES je uložena povinnost omezení ukládání BRO na skládky komunálního odpadu a to do roku 2010 na 75% hmotnosti tohoto druhu odpadu vzniklého v roce 1995, do roku 2013 na 50% hmotnosti a nejpozději do roku 2020 na 35%.

Předpokládaný významný nárůst poplatků za skládkování od roku 2014 („O“ i „N“) - u TKO z 500 Kč v roce 2012 na 1 300 Kč v roce 2020

Pravděpodobné zrušení nezaplatněných režimů ukládání odpadů pro technické zabezpečení od roku 2014

1. Sklárky odpadů



1. Sklárky odpadů



2. Spalování odpadů

Hlavní technologické postupy

- spalování
- spalování s využitím energie
- spoluspalování
- specializované tepelné zpracování

Cílem je termické zneškodnění odpadů tak, aby došlo k minimální produkci emisí, odpadních vod a objem výstupů ve formě pevné frakce byl co nejmenší. Zároveň aby došlo k maximálnímu energetickému využití odpadů.

2. Spalování odpadů

Tento způsob odstraňování odpadů je vhodný prakticky pro všechny druhy odpadů (všech skupenství) mimo odpadů výbušnin a odpadů radioaktivních. Především se hodí pro odstraňování odpadů s určitým energetickým potenciálem - toto však není podmínkou.

Pro efektivitu procesu je výhodné připravit tzv. spalovací menu, které zajistí rovnoměrné chemické zatížení spalovacího procesu a konstantní výhřevnost - drcení a míšení odpadů.

Jedná se o velice bezpečný způsob odstraňování odpadů, jehož proces je prakticky nepřetržitě monitorován především z hlediska vlivu na ovzduší, proces při kterém dochází k redukci množství odpadů v průměru o cca. 80 - 90% .

2. Spalování odpadů

Spalovna odpadů

je technická jednotka určená k tepelnému zpracování odpadů - spalováním s využitím nebo bez využití vzniklého tepla.

Proces spalování odpadů probíhá buď:

- přímým oxidačním spalováním
- pyrolýzním zplyňováním s dopálením vzniklých plyných látek
- plazmovým hořákem (teploty vyšší než 4000 °C)

Spalovaný odpad nebo z něj vzniklé spaliny prochází při vlastním spalovacím procesu teplotou minimálně 850 °C případně 1100 °C (v odpadu je více než 1% chloru).

Podmínka - doba zdržení spalin na těchto teplotách min. 2 s za posledním přívodem kyslíku.

Zařízení musí být vybavena kontinuální systém měření emisí.

2. Spalování odpadů

Spalovny odpadů (zvláště velké nebo velké zdroje znečišťování ovzduší)

- a) dle určení:
 - na komunální odpad
 - na nebezpečný odpad
 - jiného než nebezpečného a komunálního odpadu (např. krematoria, vojenský materiál, laboratorní, kaly)

- b) dle provedení spal. pece:
 - komorové (pevný / pohyblivý rošt)
 - rotační
 - fluidní

- c) dle provozu :
 - s kontinuálním provozem
 - s diskontinuálním provozem

- d) dle kapacity zařízení:
 - do 3 a nad 3 t/hod (ZVZ-KO)
 - do 10 a nad 10 t/den (ZVZ-NO) *podmínka IPPC*
 - nad 50 t/den (ZVZ - jiné)

2. Spalování odpadů

Komorové spalovací pece



2. Spalování odpadů

Rotační spalovací pec



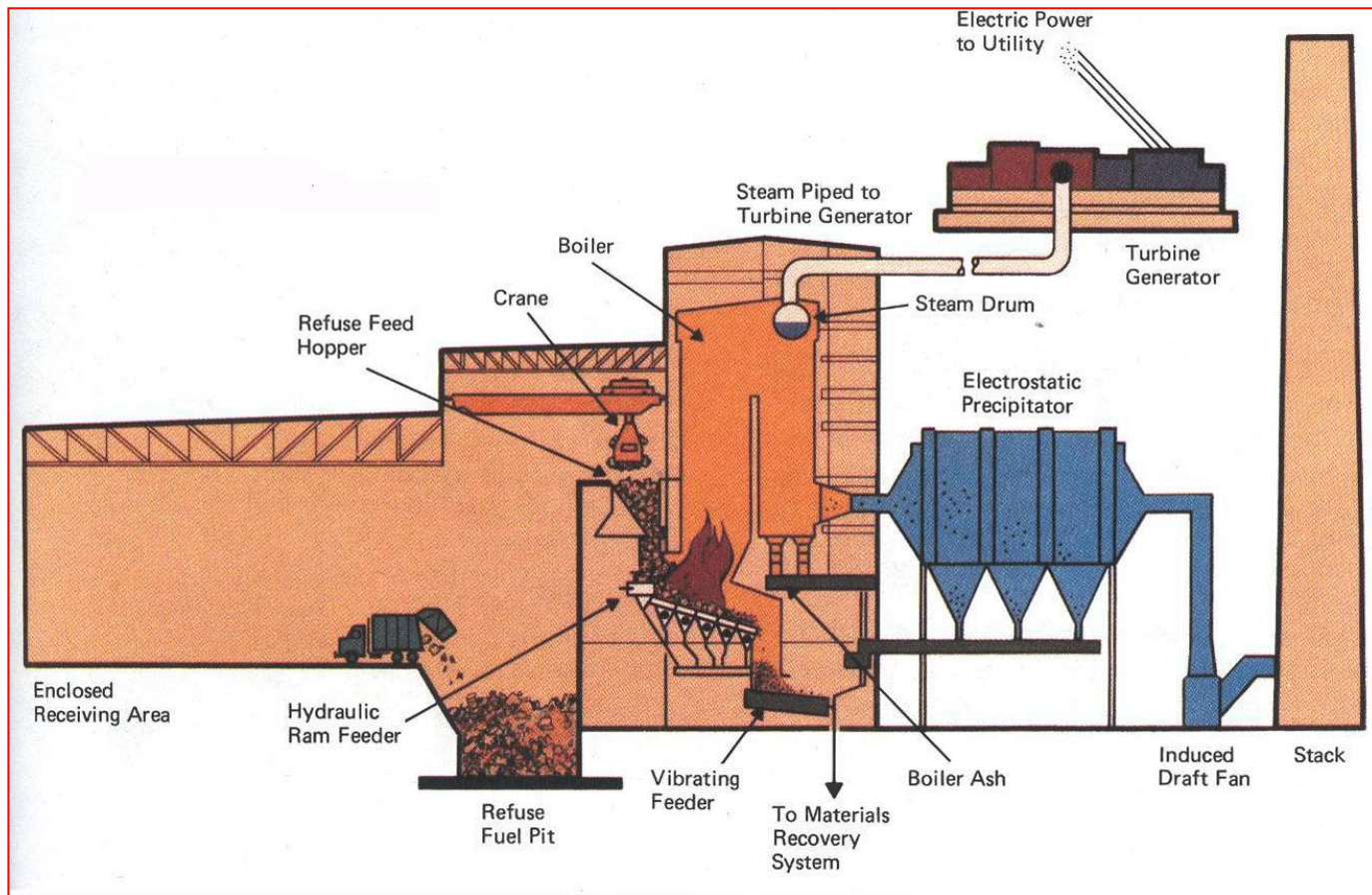
2. Spalování odpadů

Fluidní spalovací pec



2. Spalování odpadů

Komorová spalovna z roštem pro TKO



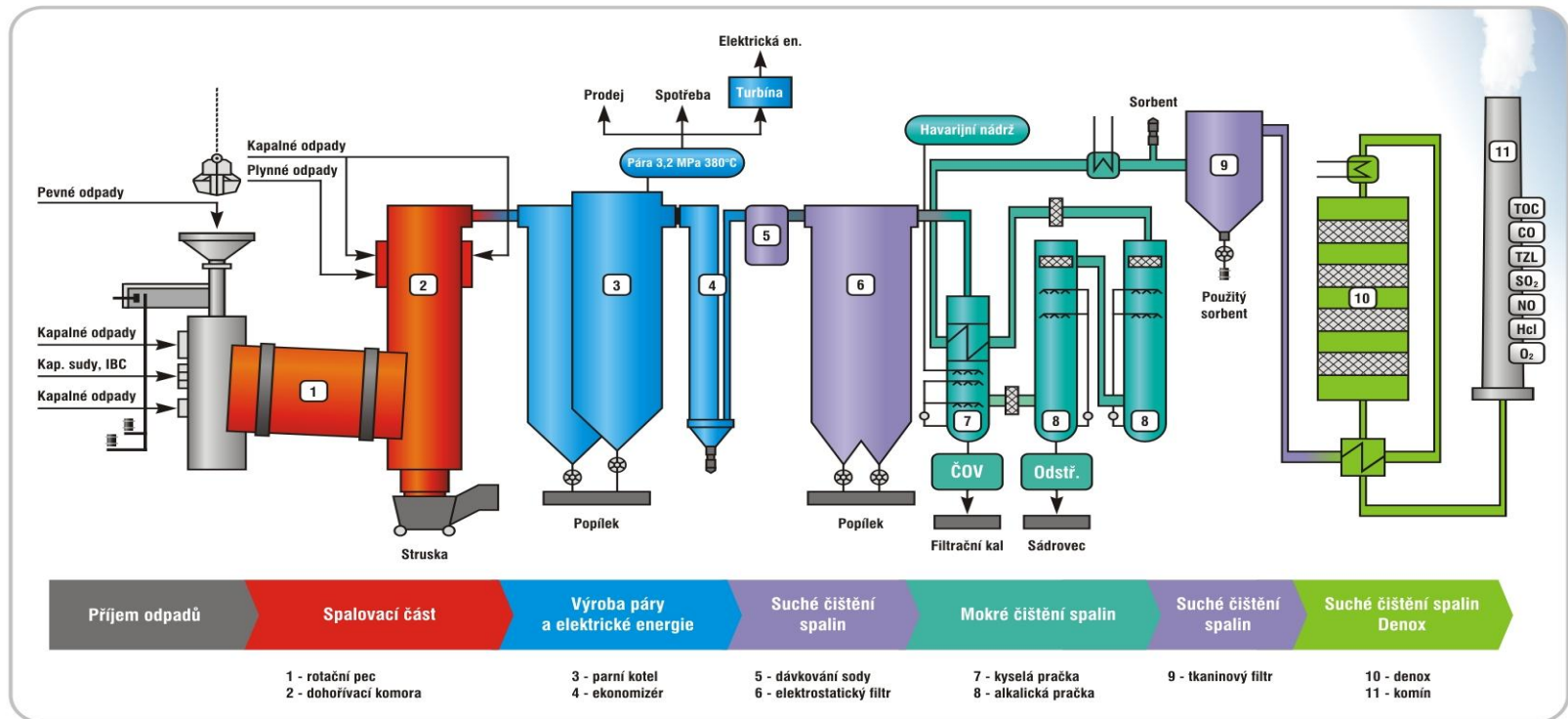
2. Spalování odpadů

Hlavní technologické části zařízení spalovny

- příprava odpadu (optimální homogení směs - menu)
- spalovací pec (komorová, rotační,fluidní , odstředivá , jiná)-primární technologie vlastního termického procesu,
- dospalovací komora spalinových plynů-sekundární technologie vlastního termického procesu,
- technologie čištění spalin,
- technologie pro kontinuální měření emisí
- energetické centrum pro využití tepla

2. Spalování odpadů

Přehledné schéma technologie spalovny



2. Spalování odpadů

Zjišťování emisí -
emisní limity

- kontinuální měření:

CO, NO_x, TZL, TOC a
referenční údaje - na
některých spalovnách
SO₂, HCl, výjimečně
HF

- jednorázové měření
zjišťuje hodnoty
které nejsou měřeny
kontinuálně (TK,
PCDD/DF, HCl, HF,
SO₂ akreditovanou
laboratoří

Emise	Denní limit	Půlhodinový limit	
		100 %	97%
TZL	10 mg/m ³	30 mg/m ³	10 mg/m ³
TOC	10 mg/m ³	20 mg/m ³	10 mg/m ³
HCl	10 mg/m ³	60 mg/m ³	10 mg/m ³
HF	1 mg/m ³	4 mg/m ³	2 mg/m ³
SO ₂	50 mg/m ³	200 mg/m ³	50 mg/m ³
NO ₂	400 mg/m ³	-	-

Emise	Denní limit	Půlhodinový limit
	97 %	100 %
CO	50 mg/m ³	100 mg/m ³

Emise	Limit
Cd, Tl	0,05 mg/m ³
Hg	0,05 mg/m ³
Sb, As, Pb, Cr, Co, Cu, Mn, Ni, V	0,5 mg/m ³
Dioxiny a furany	0,1 ngTE/m ³

2. Spalování odpadů

Spalovna TKO v Kodani



C6890 Technologie ochrany prostředí
9. Technologie odpadového hospodářství

2. Spalování odpadů

Spalovna TKO ve Vídni



C6890 Technologie ochrany prostředí
9. Technologie odpadového hospodářství

2. Spalování odpadů

Spalovna NO SITA CZ v Ostravě



2. Spalování odpadů

Speciální způsoby spalování

Mobilní a modulární spalovny a zařízení na vypalování kontaminovaných zemín - sanace lagun rafinérských zbytků, malá zařízení ve střediscích sezónních sportů.

„Mokrý“ spalování kyslíkem nebo vzduchem za vysokého tlaku a teploty - technologie používané k oxidaci kalů z ČOV (USA), možné je i použití pro jiné průmyslové a nebezpečné odpady.

Spalování s aditivou - relativně jednoduchý způsob umožňující provozování spalovny účinností zachytu spalin, které již neodpovídá současným předpisům.

Spalování v plazmových zařízeních - může mít význam pro některé speciální případy (likvidace bojových plynů, PCBs, odpadních HCX..).

2. Spalování odpadů

Spoluspalování odpadů v cementárenských pecích

Vysoká účinnost spalování za vysoké teploty a dlouhé doby zdržení

Zachycení popelovin ve slinku a jejich následné vázání v betonu

Protiproudý pohyb suroviny a spalin - malá možnost vzniku PCDDs/Fs rekombinací z radikálů a z volného chlóru v pásmu s teplotou asi 900 °C

Vhodné pro zneškodňování odpadních rozpouštědel, zbytků barev a pigmentů, pneumatik..

Žádná reální možnost zachycení Hg

Únik toxických látek a částečně i Cd (při nedostatečné účinnosti zachycení cementového prachu)

2. Spalování odpadů

Spoluspalování v jiných technologiích (elektrárny, teplárny)

- velmi problematické, zařízení nejsou primárně určena k odstraňování odpadů.
- nutné technické a stavební úpravy technologie (dávkování, čistění emisí)
- nezbytná pečlivá předpříprava alternativního paliva (certifikace paliva na výrobek)
- výhřevnost odpadu musí být vyšší než 20 MJ/kg a obsah chlóru pod 1%hm
- zvýšená nároky na homogenitu a chemickou stálost paliva

3. Stabilizační linky

Hlavním účelem stabilizace/solidifikace je trvalé snížení mobility toxických látek obsažených ve zpracovávaných odpadech.

Stabilizace je založena na změně fyzikálních a/nebo chemických vlastností odpadů v důsledku jejich smíchání s vhodnými přísadami. V závislosti na charakteru odpadů a druhu použitých stabilizačních přísad dochází ve zpracovávaných materiálech ke vzniku různých typů fyzikálně-chemických vazeb (sorpcce, pucolánové a cementační reakce, mikroenkapsulace).

Stabilizovaný odpad může být uložen na skládku, příp. vhodným způsobem využít (např. k rekultivaci) bez rizika sekundární kontaminace životního prostředí

3. Stabilizační linky

Vitrifikace (z lat. *vitrum* sklo) je označení pro uskladnění radioaktivního nebo jiného nebezpečného (obsahujícího těžké kovy, chemikálie, popílky, sklářské kaly) odpadu zatavením do skla

Solidifikace je označení pro stabilizaci vhodnými přísadami nebo vhodnými kombinacemi několika přísad, jejichž volba se odvíjí od charakteru zpracovávaných odpadů (složení, druh kontaminace, pH, zrnitost, stupeň zvodnění) a požadovaných vlastností produktu. Nejčastěji používanými přísadami jsou: hydraulická pojiva na bázi cementu a vápna, popílky a bentonity.

3. Stabilizační linky

Technologické linky pro solidifikaci se budují podobně, jako míchací centra ne betonové směsi



4. Technologie pro BRO

BRO - definice dle zákona č. 185/2001 Sb. o odpadech

- §33a, písm. a) - **biologicky rozložitelný odpad**: jakýkoliv odpad, který podléhá aerobnímu nebo anaerobnímu rozkladu
- §33a, písm. b) - **biologický odpad**: biologicky rozložitelný odpad ze zahrad a veřejné zeleně, potravinářský a kuchyňský odpad z domácností, restaurací, stravovacích nebo maloobchodních zařízení a srovnatelný odpad ze zařízení potravinářského průmyslu

Základní rozdělení biologicky rozložitelného odpadu

(z hlediska původu, možnosti zpracování, požadavků legislativy)

- zelený odpad (BRO rostlinného původu, snadno rozložitelný)
- živočišný odpad (VPŽP - BRO živočišného původu)
- kaly (kaly z primární výroby, kaly z komunálních ČOV)
- dřevní odpad (rostlé dřevo, obalové dřevo, odpad z dřevařské výroby)

4. Technologie pro BRO

Aerobní vyhnívání (kompostování)

Nejstarší technologie, biologické rozkládání odpadů za přítomnosti kyslíku

Zelený odpad, odvodněné kaly z biologických čistíren OV nebo kalů z papírenského, potravinářského průmyslu a biologicky rozložitelný komunální odpad (BRKO)

Cílem je konečné odbourání původních organických substancí a jejich transformace na stabilní humusové látky využitelné v zemědělských a lesních provozech

Typy kompostáren - halová, boxová, krechťová, kontejnerová, tunelová, vaková, žlabová

4. Technologie pro BRO

Technologický postup

Po odstranění nežádoucích příměsí (kamenivo, kovy, plasty, sklo) je pomocí speciálního drtiče vstupní surovina přepracována na homogenizovanou směs. Následně je dávkována směs do boxů, krechtů, nádrží, kontejnerů... podle typu kompostárny. Výstup po dodatečném zrání n volné ploše je upraven na sítu na požadovanou frakci a kvalitu k dalšímu využití.



4. Technologie pro BRO

Anaerobní vyhnívání (digesce, fermentace)

Biochemický proces tvorby bioplynu bez přítomnosti kyslíku

Vhodné pro všechny odpady živočišného nebo rostlinného původu mimo zbytků těl zvířat a tkání

Cílem je maximální využití biodpadu k produkci bioklplynu a jeho následné využití (teplo, elektrická energie)

Typy technologií - suchá (výstupem je digestát), mokrá (výstupem je fugát), výstupy vhodné pro aplikaci na zemědělskou půdu nebo další zpracování v kompostárně

4. Technologie pro BRO

Technologický postup

Po odstranění nežádoucích příměsí (kamenivo, kovy, plasty, sklo) je pomocí speciálního mlýnu vstupní surovina přepracována na homogenizovanou směs bez přidání dodatečné vody (suchá), s přidáním vhodné kapalné odpadní vody (mokrá). Následně je dávkována směs do vyhnívací nádrže. Bioplyn je jímán v plynojemu k dalšímu energetickému využití



4. Technologie pro BRO

Další technologie

Komunitní (domácí) kompostování

Příprava štěrky k energetickým účelům

Vermikompostace za využití kalifornského červa (žížala)

Tlaková hydrolýza (živočišný odpad)

Speciální výroba hnojiv (většinou jednodruhové odpady)

Výroba bioethanolu

5. Fyzikálně-chemické-biologické zpracování odpadů

Dekontaminace biologickou úpravou (biodegradace)

Metoda biodegradace je založena na využití přírodních bakteriálních kmenů pro přirozenou degradaci kontaminantů - snížení koncentrací NEL, BTEX, PAU a dalších organických sloučenin obsažených v odpadu (např. DOC). Metoda využívá schopnosti mikroorganismů (bakterií) štěpit při svém metabolickém procesu složité uhlíkaté řetězce (alifatické a aromatické uhlovodíky) a přeměnit je na minerální produkty jako je voda a oxid uhličitý.

biodegradace samovolná

Metoda využívá schopnosti bakteriálních kultur běžně obsažených v půdním prostředí využívat nežádoucí organické uhlovodíky jako zdroj uhlíku a energie pro svůj růst.

biodegradace podporovaná

Aplikací k tomuto účelu selektovaných a kultivovaných bakteriálních kmenů na kontaminovaný materiál je dosaženo maximálního zvýšení koncentrace mikroorganismů v dekontaminovaném materiálu a znásobení jejich metabolické aktivity.

5. Fyzikálně-chemické-biologické zpracování odpadů

Biodegradační plocha



5. Fyzikálně-chemické-biologické zpracování odpadů

Linky pro kapalné odpady

Kapalný odpad (KO)

Klasifikováno dle zákona o odpadech (zákon č. 185/2001 Sb., vzpp)

§3 (1) Odpad je každá movitá věc, které se osoba zbavuje nebo má úmysl nebo povinnost se jí zbavit a přísluší do některé ze skupin odpadů uvedených v příloze č. 1 k tomuto zákonu

Odpadní voda (OV)

Klasifikováno dle zákona o vodách (zákon č. 254/2001 Sb., vzpp)

§38 (1) Odpadní vody jsou vody použité v obytných, průmyslových, zemědělských, zdravotnických a jiných stavbách, zařízeních nebo dopravních prostředcích, pokud mají po použití změněnou jakost (složení nebo teplotu), jakož i jiné vody z těchto staveb, zařízení nebo dopravních prostředků odtékající, pokud mohou ohrozit jakost povrchových nebo podzemních vod. Odpadní vody jsou i průsakové vody z odkališť, s výjimkou vod, které jsou zpětně využívány pro vlastní potřebu organizace, a vod, které odtékají do vod důlních, a dále jsou odpadními vodami průsakové vody ze skládek odpadu.

5. Fyzikálně-chemické-biologické zpracování odpadů

Základní technologie pro kapalné odpady

- biologická čistírna odpadních vod (BČOV)
- neutralizační stanice (NS)
- deemulgační stanice (DS)
- gravitační separátory (GS)

Drtivá většina kapalných odpadů je vzhledem ke své toxicitě nevhodná k přímému odstranění na BČOV. Je tedy nutná jejich předúprava pomocí NS/DS. Jde zejména o vody s obsahem těžkých kovů (Ni, Zn, Cu, Cr⁶⁺, Cd, Hg) nebo vody znečištěné ropnými látkami a jejich deriváty (C₁₀₋₄₀, tenzidy, PCB, AOX, PAU, ...).

5. Fyzikálně-chemické-biologické zpracování odpadů

Neutralizační stanice (NS)

- kyselé a alkalické vody bez obsahu ropných látek
- kyanidové, zinkovací, niklovací, chromové a fosfátovací oplachy a lázně
- odpadní kyseliny a hydroxidy a jejich roztoky, mořící roztoky
- vody s obsahem těžkých kovů (Ni, Zn, Fe, Cr, Cu, Co, ...)
- ostatní vody s anorganickým znečištěním

Deemulgační stanice (DS)

- zaolejované vody, odpadní oleje, KO a kaly z lapolů, ORL
- odpady z odmašťování, prací vody
- emulze (minerální, řezné, nechlorované)
- ropné kaly, odpady a KO s obsahem ropných látek

Gravitační separace (GS)

- úprava kapalných odpadů a KO s vysokým podílem mechanických nečistot

6. Využití odpadů

Po důkladném roztrídění odpadů na využitelné složky je možno zapracovat odpad do nového výrobku - druhotná surovina



6. Využití odpadů

Hlavní druhotné suroviny pro další výroby

DruSur	Využití
Sklo	Sklárny, sklářský kmen
Guma, odrásané pneu	Gumoasfalt, masivní gumové rohože, pražce, podložky, lavičky
PET láhve	PET láhve (bottle to bottle)
Fólie	Fólie nebo pytle pro průmyslové účely
Kovy a barevné kovy	Hutě, ocelárny
Papír	Papírny
Další tvrdé a měkké plasty	Plastové masivní výrobky pro průmyslové účely
Dřevo, tetrapack	Nábytek, dýhované překližky, pasivní ochrana do automobilů (s plastem)

6. Využití odpadů

Nové trendy ve využití odpadů (zvyšování cen klasických surovin)

- Elektrošrot (bílá a černá technika)
- Počítače a telekomunikační technika
- Jednorázové pleny
- Textil
- Zářivky a výbojky
- Baterie
- Autovraky

Největší boom se očekává u zpětného využití plastů v návaznosti na zdražování cen ropy (nad 60 USD za barel).

6. Využití odpadů

