

Mendelova univerzita v Brně
Agronomická fakulta

TECHNIKA PRO ZPRACOVÁNÍ ODPADŮ I

Ing. Petr Junga, Ph.D.
doc. Ing. Tomáš Vítěz, Ph.D.
Ing. Petr Trávníček, Ph.D.

**Mendelova univerzita v Brně
Agronomická fakulta**

TECHNIKA PRO ZPRACOVÁNÍ ODPADŮ I

**Ing. Petr Junga, Ph.D.
doc. Ing. Tomáš Vítěz, Ph.D.
Ing. Petr Trávníček, Ph.D.**

Brno, 2015



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



Tato publikace je spolufinancována z Evropského sociálního fondu a státního rozpočtu České republiky.

Byla vydána za podpory projektu OP VK CZ.1.07/2.2.00/28.0302 Inovace studijních programů AF a ZF MENDELU směřující k vytvoření mezioborové integrace.

© Ing. Petr Junga, Ph.D., doc. Ing. Tomáš Vítěz, Ph.D., Ing. Petr Trávníček, Ph.D., 2015

ISBN 978-80-7509-207-6

ISBN 978-80-7509-209-0 (soubor)

ISBN 978-80-7509-208-3 (II. díl)

OBSAH

1. ZÁKLADNÍ FYZIKÁLNÍ PRINCIPY VYUŽÍVANÉ V RÁMCI TECHNIKY PRO ZPRACOVÁNÍ ODPADŮ	8
1.1 Ruční třídění	8
1.2 Úprava velikosti částic	8
1.3 Třídění odpadů	10
1.4 Mechanické třídění odpadů	10
1.5 Pneumatické a hydraulické třídění odpadů	12
1.6 Magnetické třídění odpadů	13
1.7 Třídění nemagnetických kovů	13
1.8 Elektrostatické třídění	14
1.9 Optické třídění	14
2. SKLÁDKY ODPADŮ A TECHNOLOGICKÉ LINKY TŘÍDĚNÍ ODPADŮ	15
2.1 Podklady pro návrh skládky	18
2.2 Technické řešení zabezpečené skládky	19
2.3 Těsnicí systém skládek	20
2.4 Odvodňovací systém skládek	22
2.5 Odplyňovací systém skládky	23
2.6 Provozně technická zařízení	24
2.7 Zařízení pro monitoring	26
2.8 Ukládání odpadů do skládkového tělesa a mechanizace na skládce	27
2.9 Uzavírání a rekultivace skládek	28
2.10 Technologické linky třídění odpadů	29
3. STAVEBNÍ A DEMOLIČNÍ ODPAD	30
3.1 Složení stavebního a demoličního odpadu a formy SDO dle původu	33
3.2 Stavební a demoliční odpad dle vyhlášky č. 381/2001 Sb. Ministerstva životního prostředí, kterou se stanoví Katalog odpadů	36
3.3 Produkce stavebních a demoličních odpadů v České republice	38
3.4 Druhy recyklátů, jejich vlastnosti a možnosti využití	40
3.5 Způsoby hodnocení vlastností recyklátů vyrobených z SDO	41
3.6 Zásady organizace bouracích a demoličních prací s ohledem na možnost recyklace stavební sutě	44
3.7 Technologie pro úpravu a recyklaci stavebních a demoličních odpadů	47
3.8 Hlavní pracovní operace a části strojních zařízení pro stavební a demoliční odpad	54
4. ELEKTROODPAD	60
4.1 Související legislativa	60
4.2 Nejdůležitější související pojmy	61

4.3 Skupiny elektrozařízení	62
4.4 Základní povinnosti výrobců elektrozařízení	63
4.5 Technologie zpracování elektroodpadů.....	67
4.6 Technologická linka a procesy při zpracování elektroodpadů	70
5. AUTOVRAKY.....	75
5.1 Nejdůležitější související pojmy	76
5.2 Složení autovraků a zařídění dle Katalogu odpadů	78
5.3 Technické prostředky a zařízení pro nakládání s autovraky	78
5.4 Příklad technického řešení drtící a separační linky PWH 2500	82
5.5 Příklad technického řešení drtící a separační linky HAMMEL	83
5.6 Technologický proces zpracování autovraků	84
6. TECHNIKA PRO ZPRACOVÁNÍ ODPADŮ ŽIVOČIŠNÉHO PŮVODU.....	93
6.1 Identifikace VŽP	95
6.2 Přeprava VŽP	96
6.3 Metody zpracování VŽP	97
6.4 Standardní zpracovatelské metody	97
6.5 Alternativní zpracovatelské metody	100
6.6 Produkty ze zpracování VŽP	100
6.7 Požadavky na odstraňování nebo využívání produktů ze zpracování VŽP	101
6.8 Zpracovatelské technologie	104
6.9 Zpracování konfiskátů a kadaverů ve strojovně	106
6.10 Zpracování peří a štětín	107
7. SPALOVNY ODPADŮ.....	109
7.1 Komunální odpady	109
7.2 Proces spalování	111
7.3 Proces čištění spalin	113
7.4 Zpracování produktů po spalování	116
7.5 Nebezpečné odpady.....	117
8. TECHNIKA ENERGETICKÉHO VYUŽÍVÁNÍ DŘEVNÍCH ODPADŮ	124
8.1 Spalování.....	125
8.2 Fyzikálně-chemické vlastnosti dřevních odpadů	125
8.3 Zařízení pro spalování odpadní biomasy	128
8.4 Zplyňování	131
8.5 Pyrolýza.....	134
8.6 Technologie pro pyrolýzní zpracování.....	138
SEZNAM LITERATURY	140

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Příklady umístění skládek (svahové a násypové)	17
Obrázek 2: Skladba podloží skládky	20
Obrázek 3: Vzorový průřez dnem skládky – těsnící i odvodňovací systém	23
Obrázek 4: Příklad technologické návaznosti typického zařízení pro recyklaci SDO.....	48
Obrázek 5: Schéma technologického procesu linky pro recyklaci SDO	48
Obrázek 6: Příklad uspořádání mobilního drtiče na pásovém podvozku.....	49
Obrázek 7: Příklad uspořádání mobilní recyklační soupravy na kolovém podvozku.....	50
Obrázek 8: Schéma stacionární recyklační soupravy.....	53
Obrázek 9: Schéma příkladu uspořádání stacionární soupravy pro recyklaci SDO.....	54
Obrázek 10: Příklady uspořádání čelistového drtiče	55
Obrázek 11: Příklady uspořádání odrazového drtiče	56
Obrázek 12: Příklad uspořádání kuželového drtiče.....	56
Obrázek 13: Příklad typického uspořádání jednoduché recyklační soupravy pro zpracování SDO.....	59
Obrázek 14: Příklad mobilní pásové recyklační soupravy KOMATSU pro zpracování SDO	60
Obrázek 15: Technologické schéma linky pro zpracování elektroodpadu.....	72
Obrázek 16: Příklad technického řešení zařízení pro odstraňování provozních náplní	86
Obrázek 17: Schéma drtícího zařízení (tzv. šředru).....	88
Obrázek 18: Schéma uspořádání různých způsobů magnetické separace.....	88
Obrázek 19: Roštové spalovací zařízení pro komunální odpad od japonského výrobce Takuma	113
Obrázek 20: Rotační pec	118
Obrázek 21: Etážová pec	120
Obrázek 22: Schéma fluidního kotle s cirkulující fluidní vrstvou	122
Obrázek 23: Spalovací zařízení pro spalování dřevěných pelet a dřevěné štěpky.....	129
Obrázek 24: Spalovací zařízení středního výkonu pro spalování dřevěných pilin a hoblin ..	130
Obrázek 25: Schéma technologického celku určeného pro spalování odpadního dřeva	131
Obrázek 26: Nákres zplyňovacího kotle pro domácí použití	133
Obrázek 27: Schematický nákres fluidního reaktoru	139

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Produkce vybraných skupin SDO v České republice v letech 2007-2011 dle databáze ISOH (CENIA)	39
Tabulka 2: Produkce vybraných skupin SDO v České republice v letech 2007-2011 dle databáze ČSÚ	40
Tabulka 3: Produkce recyklátů z SDO (způsob využití odpadu R5) v České republice v letech 2007-2011 dle databáze ISOH (CENIA)	43
Tabulka 4: Produkce recyklátů z SDO (způsob využití odpadu R1 až R 13) v České republice v letech 2007-2011 dle databáze ČSÚ	44
Tabulka 5: Evidenční údaje pro odpady vzniklé zpracování elektroodpadů.....	66
Tabulka 6: Nebezpečné složky a využitelné díly vybraných elektrozařízení – 1. část	69
Tabulka 7: Nebezpečné složky a využitelné díly vybraných elektrozařízení – 2. část	70
Tabulka 8: Průměrný obsah kovů v plošných spojích s osazenými elektronickými součástkami	73
Tabulka 9: Průměrné hodnoty obsahu látek v moučkách [%].....	109
Tabulka 10: Nakládání s odpady ve vybraných zemích EU za rok 2008 podle Eurostat	110
Tabulka 11: Obsah prchavé hořlaviny	125
Tabulka 12: Charakteristické teploty popela.....	126
Tabulka 13: Výchřevnost dřeva a kůry v závislosti na druhu a vlhkosti dřeva.	127
Tabulka 14: Elementární složení dřeva	127
Tabulka 15: Hlavní složky plynu ze zplyňování dendromasy	132
Tabulka 16: Fyzikální vlastnosti bio-oleje	136
Tabulka 17: Chemicko-fyzikální vlastnosti pevného zbytku (uvedeno v %)	137
Tabulka 18: Chemicko-fyzikální analýza pyrolýzního plynu při 650 °C	137

Předmluva

Skriptum Technika pro zpracování odpadů je dvoudílný studijní materiál pro studenty stejnojmenného předmětu a částečně i pro studium některých příbuzných předmětů. Obsah obou dílů pokrývá širokou náplň předmětu. První díl je věnován problematice základních fyzikálních principů využívaných při zpracování odpadů, technice skládek a skládkování odpadů, technice pro stavební a demoliční odpady, technice zpracování elektroodpadů, technice zpracování autovraků, technice pro zpracování odpadů živočišného původu, technice spalování odpadů a energetického využívání dřevních odpadů. V druhém dílu je pozornost věnována zejména základům biologických principů využívaných v rámci zpracování odpadů, technice pro bioplynové transformace, technice kompostování odpadů, technice pro čištění odpadních vod, technice pro zpracování odpadů z mlýnů, sladoven, cukrovarů, pivovarů a technice sanací půd a vod kontaminovaných ropnými produkty. I přes podrobnost zpracování jednotlivých kapitol jsou si autoři vědomi, že ani oba díly skripta nemohou obsáhnout celou problematiku odpadového hospodářství a příslušné techniky pro zpracování odpadů, nicméně pro účely získání znalostí v tomto předmětu jsou vyhovující.

Autorství a spoluautorství jednotlivých kapitol prvního dílu

Ing. Petr Junga, Ph.D. (kapitoly 1, 2, 3, 4, 5, 6)

doc. Ing. Tomáš Vítěz, Ph.D. (kapitoly 1, 4, 5)

Ing. Petr Trávníček, Ph.D. (kapitoly 7, 8)

Vedoucí autorského kolektivu děkuje svým spoluautorům za spolupráci při přípravě a vydávání tohoto skripta. Autoři děkují všem čtenářům a uživatelům skripta za náměty, které povedou ke zkvalitnění dalších vydání tohoto prvního vydání skripta.

1. ZÁKLADNÍ FYZIKÁLNÍ PRINCIPY VYUŽÍVANÉ V RÁMCI TECHNIKY PRO ZPRACOVÁNÍ ODPADŮ

Odpad je tvořen širokým spektrem různých druhů materiálů, které mají různé fyzikální a chemické vlastnosti. Oddělení jednodruhových materiálů z toku odpadu je základním předpokladem k dalšímu využití těchto jednodruhových materiálů. Tento proces má pozitivní dopad na spotřebu primárních surovin, ale také na množství odstraňovaných odpadů skládkováním nebo spalováním.

Pro oddělení jednodruhových materiálů bývají často využívány fyzikální a chemické vlastnosti materiálů obsažených v odpadu.

1.1 Ruční třídění

Technologie ručního třídění patří mezi nejstarší technologie využívané pro separaci jednodruhových materiálů z toku odpadu. Tuto technologii používáme nejčastěji pro odseparování různých druhů papíru, různých barev skla a plastů, čirých a barevných polyethylenových fólií nebo také k odstranění kontaminujících látek z toku odpadu.

Výhoda ručního třídění spočívá ve snadné, rychlé a levné změně tříděných komodit. Za nevýhodu můžeme u ručního třídění považovat vyšší provozní náklady. Existují však způsoby jak zvýšit účinnost a minimalizovat náklady ručního třídění a to mechanickým tříděním. Jedná se o zařazení technologií (např. magnetické separátory) do toku odpadů při ručním třídění, čímž dojde ke zlepšení kvality výstupního produktu po třídění.

Ruční třídění může rozdělit do dvou skupin, které bývají často označovány jako pozitivní a negativní třídění.

Pozitivní třídění - proces, kdy z toku odpadu odstraňujeme recyklovatelné složky,

Negativní třídění - odstranění nechtěných příměsí z toku odpadu.

Základní rozdíl mezi uvedenými druhy třídění spočívá v množství zpracovaného odpadu a v jeho výstupní kvalitě. Negativním tříděním dosáhneme zpracování většího množství odpadu, výstup po třídění bude vykazovat nižší kvalitu. Výstupem z pozitivního třídění je materiál s vyšší kvalitou, ale v menším množství. Na produktivitu práce při ručním třídění má samozřejmě vliv systém sběru odpadu. Vyšší produktivitu je možno dosáhnout při třídění odpadu odděleně sbíraného, na rozdíl od třídění směsi odpadů.

1.2 Úprava velikosti částic

Tento proces je jednou ze základních technologií používaných pro změnu velikosti částic odpadů. Proces zmenšování velikosti částic odpadu zvyšuje jeho měrný povrch. V závislosti

na dalším zpracování odpadů je nutno zvolit vhodnou technologii pro zmenšování velikosti částic odpadů. Je třeba znát a uvažovat s následujícími vlastnostmi odpadů:

- fyzikální vlastnosti (tvrdost, křehkost),
- budoucí využití odpadu,
- požadované vlastnosti upraveného odpadu.

Na základě těchto bodů je možné vybrat odpovídající technologii pro změnu velikosti částic.

Čelistový drtič

Je obvykle používán pro tvrdé a křehké materiály. Materiál vstupuje do drtiče vstupním obdélníkovým průřezem mezi čelisti. Jedna čelist je pevná a druhá pohyblivá konající přímočarý vratný pohyb. Výstupní spárou mezi čelistmi lze ovlivnit velikost částic konečného produktu, (hrubé drtiče 200 – 400 mm, jemné drtiče 10 - 30 mm). Obvyklé použití čelistový drtičů je při zpracování stavebních a demoličních odpadů.

Kladivové drtiče

Tento typ drtičů se převážně používá pro jemné drcení měkkých a středně tvrdých nelepivých materiálů. Konstrukčně je drtič proveden z ocelové komory, ve které je umístěn rotor, poháněný elektromotorem. Na rotoru je umístěno několik pevně nebo otočně uchycených ramen (kladiv), které při nárazu do drceného materiálu způsobí změnu jeho velikosti. Spodní část komory, v místě odvodu drceného materiálu, je tvořena sítím, kterým je možno regulovat velikost výstupní frakce drceného materiálu. Výsledný produkt obsahuje většinou větší množství jemných frakcí drceného materiálu. Obvyklé použití kladivových drtičů je při zpracování stavebních a demoličních odpadů.

Odrázové drtiče

Tento typ drtičů se převážně používá pro drcení středně tvrdých materiálů a materiálů s příměsí lepidel částic (hlíny, jíly). Konstrukčně je drtič proveden z ocelové komory, jejíž vnitřní část je osazena pancéřovanými, oteruvzdornými odrazovými deskami. Na rotoru, který je poháněn elektromotorem jsou umístěny pevně ramena (kladiva). Drcený materiál vstupující do drtiče je nárazem ramen vržen na odrazové desky, při čemž dojde ke změně jeho velikosti. Obvyklé použití těchto drtičů je při zpracování stavebních a demoličních odpadů.

Kuželové drtiče

Tento typ drtičů se převážně používá pro drcení tvrdých, abrazivních, nelepivých materiálů, bez příměsí lepidel částic. Konstrukčně je drtič proveden z ocelového drtícího pláště a drtícího kužele, který může mít hladký nebo rýhovaný povrch. Drtící kužel vykonává současně pohyb krouživý a kývavý, dochází tedy střídavě k přibližování a vzdalování se od drtícího pláště. Drcení se děje současně po celém obvodu kužele, přičemž nejučinněji probíhá

v místě s nejmenší štěrbinou. Šířka drtící štěrbinou a tím i stupeň drcení se dá měnit snižováním nebo zvedáním drtícího kužele.

Válcové drtiče

Tento druh drtičů je v odpadovém hospodářství využíván k drcení plastů, papíru, gumy, kartonu, obalů, elektroodpadu, kabelů a pneumatik. Válcové drtiče jsou provedeny buď jako jednoválcové nebo jako dvouválcové. Povrch válců u obou typů drtičů může být hladký, rýhovaný, případně opatřen hroty, nálitky nebo jinak profilovaný.

U jednoválcových drtičů je odpad rozduřován v prostoru mezi otáčejícím se válcem a pevným statorovým ostřím. Pod pracovním válcem je obvykle umístěno síto, s volitelnou velikostí ok, pomocí kterého je možno definovat velikost části drceného materiálu (5 – 100 mm).

Dvouválcové drtiče tvoří dva proti sobě se otáčející válce se stejnou nebo rozdílnou úhlovou rychlostí. Do drtící zóny je materiál unášen vlivem třecích sil mezi materiálem a povrchem válců. Velikost částic produktu lze nastavit velikostí mezery mezi povrchem válců. Dvuhřídelové drtiče mohou odpad stříhat a drtit pomocí segmentů na hřídelích, které se pomalu otáčejí proti sobě. Výstupem z drtiče jsou potom pásy nebo kusy odpadu, jejichž velikost je ovlivněna charakterem zpracovávaného odpadu a šíří segmentů. Drtiče jsou poháněny přes převodovky jedním nebo dvěma elektromotory, případně hydromotory. Tento druh drtičů je velmi často využíván pro primární rozduření odpadů v linkách na zpracování odpadu.

1.3 Třídění odpadů

Při procesu třídění využíváme rozdílných fyzikálních i chemických vlastností jednotlivých druhů odpadu. Technologie používané pro třídění odpadů využívají tedy rozdílnou hustotu, elektrickou vodivost, magnetismus, optické vlastnosti jednotlivých druhů odpadů. I přes skutečnost, že dnes existuje celá řada velmi účinných zařízení schopných tříditi odpady s vysokou účinností, jsou zejména díky vysokým investičním nákladům, využívány běžně dostupné a známe technologie pracující s využitím základních fyzikálních principů.

1.4 Mechanické třídění odpadů

Při tomto druhu třídění jsou využívány rošty a síta, které mají různé velikosti mezer a otvorů. Tříděný odpad je rozdělen na nadsítnou a podsítnou frakci.

Roštové třídače

Tyto třídače je možno dělit na třídače s pevným a pohyblivým roštem. třídače s pevným roštem jsou vyrobeny z profilovaných ocelových tyčí připevněných na příčné ocelové tyči s podlouhlými obdélníkovými mezerami, se sklonem až 45°, přičemž materiál se po roštu pohybuje samospádem. Druhým uváděným typem jsou roštového třídače s pohyblivým roštem. Provedení a pohyb roštů může být proveden několika způsoby. Prvním druhem je kotoučový třídač, který je tvořen soustavou rovnoběžných kotoučů, které jsou umístěny na společné hřídeli. Rotačním pohybem hřídelí, které jsou umístěny za sebou dojde k posunu tříděného materiálu přičemž částice menší než je mezera mezi kotouči propadnou mezerou mezi těmito kotouči. Podobně pracuje také válcový třídač, kdy jsou rošty tvořeny válci s definovanou mezerou mezi sebou. Posledním používaným typem může být pásový rošt, který je tvořen nekonečným pásem z ocelových tyčí s různými mezerami.

Vibrační třídače

Vibrační třídače se používají pro třídění zrnitých nelepivých materiálů na 2 a více frakcí. Vibrační třídač je tvořen skříněmi třídače, které kmitají samostatně, vzájemně proti sobě. Tento pohyb způsobuje přerušovaný pohyb materiálu ve směru šikmo uložené třídící plochy. Skříně třídače jsou mezi sebou propojeny pomocí smykových pryžových pružin a kyvných ramen, která jsou otočně uložena na podpěrách. Nosná konstrukce spočívá na pryžových pružinách spojených se základovým rámem. Na vstupu horní skříně je umístěna násypka s plným dnem, která chrání horní třídící plochu, která je tvořena ocelovým sítím pleteným nebo děrovanými plechy před opotřebením od dopadajícího materiálu.

Bubnové třídače

Bubnový třídač je tvořen ocelovým bubnem s horizontální osou rotace. Stěny bubnu jsou tvořeny sítí s jednotnou nebo rozdílnou velikostí ok. Díky tomuto je možno materiál roztřídit podle velikosti na jednu nebo více frakcí. Pohon bubnu je zabezpečen elektromotorem, přičemž osa bubnu má sklon 3-6°, což zaručuje axiální pohyb materiálu bubnem. Pohyb materiálu může být také zabezpečen kuželovým tvarem bubnu. Uvnitř bubnu jsou často instalovány vestavby, které mají umožnit rozprostření odpadu po co největším vnitřním povrchu bubnu a zlepšit tak účinnost třídění.

Balistické třídače

Princip těchto třídačů spočívá ve využití rozdílů v měrných hmotnostech tříděných materiálů. V zásadě existují tři druhy provedení těchto třídačů. První třídač je tzv. odrazový třídač. Tříděný materiál dopadá na odrazovou desku, od které se tříděný materiál odráží na rotující válec, materiál s větší měrnou hmotností má větší setrvačnost a padá na jednu stranu válce.

Naopak materiál s menší měrnou hmotností a menší setrvačností padá na druhou stranu válce. Druhou možností je tzv. překulovač, kdy je tříděný materiál přiváděn na pásový dopravník, který má sklon, v závislosti na tříděném materiálu 30-60°. Materiál s větší měrnou hmotností je odváděn proti směru pohybu k dolnímu konci dopravníku, naopak materiál s menší měrnou hmotností je dopravován k hornímu konci dopravníku. Třetí možností je pak balistický třídič, kdy je materiálu udělováno zrychlení rotorem s lopatkami, ke kterému je tříděný materiál přiváděn. V závislosti na rozdílné měrné hmotnosti je dosahována různá trajektorie pro tříděné materiály.

1.5 Pneumatické a hydraulické třídění odpadů

Pneumatické a hydraulické třídiče jsou určeny k třídění materiálů pomocí proudu tekutiny, tedy vzduchu nebo kapaliny. U tohoto druhu třídění dochází k separaci materiálu v závislosti na tvaru částic a měrné hmotnosti.

Vírové třídiče

Vírové třídiče, nazývané cyklóny patří mezi nejčastěji používané druhy třídičů. Cyklon sestává ze vstupního potrubí, které ústí do válcové části, ta přechází na spodní straně v kužel, který opět na spodní straně končí výpustným otvorem. Poslední částí cyklonu je přepadové potrubí, přes které odchází nosné medium zbavené tuhých částic. Materiál pro zhotovení cyklonu může být velmi rozlišný a to hlavně v závislosti na vlastnostech směsi proudící cyklonem. Cyklony bývají nejčastěji z různých druhů kovů, z kovových slitin, z keramiky, ze skla a také mohou být na výrobu cyklonu použity plasty. Třídění probíhá působením odstředivé síly, která působí na částice odpadu při spirálovém pohybu tekutiny válcovou nebo kuželovou komorou třídiče a vyvolává v radiálním směru relativní rychlost odpadu kolmou ke stěně třídiče. Uvádí tedy plyny do rotačního pohybu, přičemž tříděné odpady se dostávají ke stěně třídiče, na které se odloučí z proudu tekutiny. Ze stěny odloučené částice odpadu padají do výsypky třídiče, z níž jsou následně odváděny. H

Šachtové vzduchové třídiče

Tyto třídiče jsou často používány pro třídění odpadů z domácností. Odpad je přiváděn do horní části šachty, která má po stranách schodovitou vestavbu. Proud vzduchu je přiveden ode dna šachty. Na každém rohu schodových výběžků třídiče odpadu dochází ke zpomalení toku odpadů a změně směru proudění vzduchu, přičemž frakce odpadů s nižší měrnou hmotností je unášena proudem vzduchu k hornímu konci šachty.

1.6 Magnetické třídění odpadů

Separátory magnetických kovů slouží k odstranění magnetických kovů ze směsi odpadů pevných i tekutých. Druh použitého magnetu je nutno správně zvolit s ohledem na výšku vrstvy materiálu a technologickou potřebu třídění. V technické praxi je použita celá řada různých provedení magnetických tříděčů. V této kapitole zmíníme pouze některé z nich.

Magnetické desky nad pásový dopravník

Nad pásový dopravník dopravující odpad s příměsí kovů je umístěn magnetický separátor ve tvaru desky. Díky vytvořenému magnetickému poli jsou z toku odpadů odseparovány magnetické kovy. Z magnetické desky je nutno v pravidelných intervalech odstraňovat zachycené kovové předměty.

Magnetický separátor nad pásový dopravník

Nad pásový dopravník je umístěn magnetický pásový dopravník s integrovaným magnetickým separátorem. Separátor je nad dopravník, na kterém je dopravována směs odpadů s kovovými příměsemi umístěvan s vodorovným pootočením o 90°, případně nad vynášecí válec. Zachycené kovové předměty jsou vynášeny mimo tok odpadu pomocí pásu, který tvoří součást magnetického separátoru.

Magnetické válce

Magnetický válec slouží k separaci kovových částí ze sypkých směsí odpadů. Válec je obvykle vsazen do pásového dopravníku (jako vynášecí válec), po kterém je přepravován odpad k třídění. Kovové částice jsou magnetickým válcem přidrženy a unášeny na spodní stranu pásu za osu válce, kde dojde k přerušení magnetického pole a uvolnění kovových částic.

1.7 Třídění nemagnetických kovů

Tato dnes velmi často využívaná technologie, využívá fyzikálních principů vzniku magnetického pole. Když střídavý proud prochází cívkou je kolem cívky vygenerované magnetické pole. Když se cívka přiblíží k vodivému materiálu, proměnné magnetické pole cívky generuje proud uvnitř materiálu. Indukovaný proud tvoří uzavřené smyčky kolmé k magnetickému toku. Tyto proudy jsou nazývány vířivými proudy. Původní magnetické pole má opačnou orientaci vzhledem k magnetickému poli vytvořenému vířivými proudy, které způsobují odpuzování kovových předmětů, tedy možnost třídít směs různých nemagnetických kovů. Vířivé proudy jsou také ovlivněny elektrickou vodivostí a magnetickou permeabilitou materiálů, které jsou pro každý materiál různé.

1.8 Elektrostatické třídění

Jedná se o zařízení založené na principu elektrostatické separace, což je technologický postup využívaný pro třídění směsí odpadů pomocí elektrických sil působících na nabitě nebo polarizované částice. Nutnou podmínkou pro funkci separátoru je přítomnost nabitých částic. Částice mohou být nabyty několika způsoby, kontaktem s nabitým povrchem, triboelektrickým efektem nebo prostřednictvím ionizující elektrody, resp. iontů plynů. Po udělení náboje částicím dojde k jejich separaci k elektrodám a rozdělení toků jednotlivých druhů odpadů.

1.9 Optické třídění

Optické třídiče třídí materiál určený k dalšímu zpracování podle specifických vlastností tříděného materiálu. Obvykle se jedná o analýzu složení emitovaného spektra světla, barvy, odstínu, průhlednosti nebo tvaru tříděného materiálu, což následně umožňuje mechanické oddělení různých komodit z tříděných materiálů. Optické třídění může dosahovat účinnosti vytřídění minimálně 95 %.

Podmínkou funkce třídiče je rovnoměrné dávkování a rozvrstvení tříděného materiálu na dopravním pásu. Tříděný materiál bývá obvykle rovnoměrně dávkován na pásový dopravník pomocí vibračního podavače. Materiál nejprve prochází optickou sekcí, kde jsou jednotlivé částice odpadu osvětleny zdrojem světla s různou vlnovou délkou (UV/VIS, UV, NIR, X-Ray). Světlo je materiálem částečně absorbováno a částečně je odraženo, přičemž ozařené světlo je detekováno pomocí optických snímačů, které přemění obraz na digitální informaci, která je porovnána se specifickými vlastnostmi, které má každý materiál. Těmito technologiemi je možno třídít materiál podle jeho barvy, podle obsahu prvků v materiálu (například olovnaté sklo), ale také podle různého složení stejných druhů materiálů, (např. PVC, PP, PE, PET, PS).

V případě detekce materiálu o jiném složení, barvě, velikosti zajistí buď mechanické, nebo pneumatické zařízení odloučení těchto částic z toku odpadu. Materiál požadované kvality pokračuje dál ke zpracování.

2. SKLÁDKY ODPADŮ A TECHNOLOGICKÉ LINKY TŘÍDĚNÍ ODPADŮ

Skládkování patří mezi nejstarší způsob odstraňování odpadů (první odpadové jámy se používaly již v době neolitu, tj. asi 10 000 let př. n. l.). Z ekonomických důvodů se v současnosti jedná o nejčastější způsob odstraňování odpadů, a to nejen v České republice, ale i v ostatních vyspělých zemích. Výhodou skládkování je vedle ekonomické výhodnosti (cena za uložení 1 t odpadu se pohybuje v rozmezí od 1000 do 5000 Kč na 1 t) i to, že se jedná o nejznámější a nejbezpečnější vyzkoušenou technologii. Mezi nevýhody patří dlouhá aktivita odpadu po uložení do skládky, nejedná se o konečné nakládání (problém je ponechán dalším generacím), nedochází k využití druhotných surovin obsažených v odpadu, dochází k produkci skleníkových plynů a dochází k záboru krajinného prostoru a snížení hodnoty území. V posledních 25 letech je znatelný sílící tlak na snižování množství odpadu ukládaného na skládky, jelikož se jedná o nejméně příznivý způsob nakládání s odpadem. Na skládkách by v budoucnu měl končit pouze odpad, který se nedá jinak využít (materiálově nebo energeticky). Právními předpisy (Evropskými i národními) jsou stanoveny závazné cíle a cílové hodnoty redukce množství skládkovaných odpadů, kterých musí být v jednotlivých letech dosahováno ve srovnání s rokem 1995. Obecně lze konstatovat, že produkce odpadů je hlavním limitujícím faktorem trvalé ekonomické i environmentální udržitelnosti. Míra produkce odpadů souvisí s hospodářskou vyspělostí dané země (ukazatelem bývá obvykle výše HDP). Množství produkovaných odpadů ve vyspělých zemích světa meziročně vzrůstá o 1 až 2 % (v rozvojových zemích o 4 až 5 %). Skládky slouží pro ukládání jak nebezpečných odpadů (NO), tak i ostatních odpadů (OO). V České republice je v současnosti asi 200 skládek s dobou skládkování cca 30 let. Povolování nových skládek je omezováno a v horizontu 5 až 10 let dojde k ukončení skládkování na cca 60 % skládek. Z hlediska počtu skládek a ukládaného množství odpadů mají největší význam skládky komunálního odpadu (KO). Celková roční produkce odpadů v České republice pohybuje okolo 400 kg na jednoho obyvatele. Celková roční produkce komunálního odpadu v ČR se pohybuje okolo 3 000 000 t. Z tohoto množství je cca 76 % domovního odpadu, 16 % odpadu podobnému komunálnímu a asi 8 % odpadů ostatních kategorií. Dle ČSÚ, například v roce 2007 bylo v ČR vyprodukováno 3 024 781 t komunálního odpadu. Z tohoto množství bylo separovaným sběrem vytríděno 386 489 t (tj. 12,77 %), skládkováno 2 498 000 t (77,35 %) a spalováno 299 000 t (9,88 %) odpadů. Nezanedbatelný podíl komunálního odpadu tvoří biologicky rozložitelný komunální odpad (BRKO), jehož podíl v komunálním odpadu je závislý na ročním období a svozovém území a může dosahovat i 30 až 40 %. V posledním období je snaha o eliminaci biologického odpadu, který se dostává na skládky, a to především díky

separovanému sběru. Obsah biologicky rozložitelného odpadu ve skládkovaném v komunálním odpadu ukládaném na skládky je nežádoucí. Negativní vliv spočívá především v biologických rozkladných procesech, v jejichž důsledku je ve skládkovém tělese uvolňován skládkový plyn (patřící do kategorie skleníkových plynů) a voda (vyluhování nebezpečných složek odpadů) a rovněž dochází ke značným objemovým změnám. Objemové změny vedou následně k mechanickým poruchám skládkového tělesa (sedání), v jehož důsledku může dojít i k porušení těsnících vrstev.

Z hlediska zákona č. 183/2006 Sb. (stavební zákon) ve zn. pozd. předp. je skládka stavbou, která je určena pro odstranění odpadu. Do skládky je možné ukládat příslušné druhy odpadů (dle kategorie skládky), za stanovených technických a provozních podmínek, při zajištění průběžného monitoringu vlivu skládky na životní prostředí. Skládkovat by se měly pouze odpady, které nelze jinak využít, tedy tzv. zbytkový odpad. Velmi důležité je, aby byl v svozové oblasti zaveden systém separovaného sběru odpadů. Technické požadavky na skládky odpadů včetně podmínek pro jejich umístění, technické zabezpečení provozu skládek, těsnění, monitorování a podmínek jejich uzavření a rekultivace jsou stanoveny technickými normami ČSN 83 8030 Skládání odpadů - Základní podmínky pro navrhování a výstavbu skládek, ČSN 83 8032 Skládání odpadů - Těsnění skládek, ČSN 83 8033 Skládání odpadů - Nakládání s průsakovými vodami ze skládek, ČSN 83 8034 Skládání odpadů - odplynění skládek, ČSN 83 8035 Skládání odpadů - Uzavírání a rekultivace skládek a ČSN 83 8036 Skládání odpadů - Monitorování skládek. Skládky odpadů rozlišujeme z hlediska *zabezpečení a provozování* na:

- Zabezpečené (řízené),
- nezabezpečené (neřízené, nelegální, často reliktní).

Podle *umístění skládky vzhledem k terénu* rozlišujeme skládky:

- Podúrovňové,
- nadúrovňové,
- podzemní,
- svahové,
- násypové,
- kombinované.

Z hlediska *zajištění ochrany před srážkami* rozlišujeme skládky:

- Otevřené,
- zastřešené.

Z hlediska *způsobu uložení odpadů* ve skládce rozlišujeme:

- Skládky jednodruhové,
- skládky vícedruhové,
- skládky sdružené (např. ve skládce pro komunální odpady jsou kazety pro ukládání průmyslových odpadů).

Z *časového* hlediska rozlišujeme:

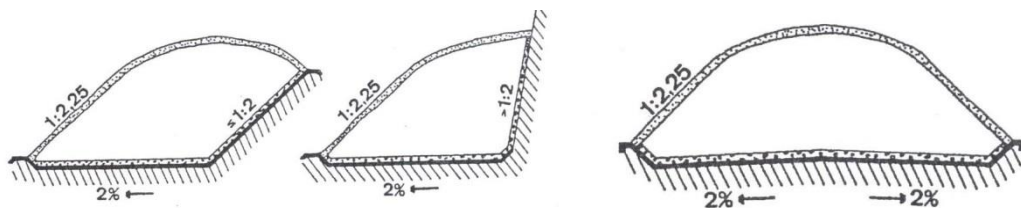
- Skládky připravované,
- skládky provozované,
- skládky s přerušenou či ukončenou činností.

Z hlediska *ekonomické bilance* skládky se hodnotí zisky, mezi které patří:

- Poplatky za ukládání odpadu,
- produkce energie (využití skládkového plynu v kogeneraci) a produkce surovin (recyklované materiály, kompost apod.).

Na druhé straně ekonomické bilance skládky jsou náklady, mezi které patří:

- Investiční náklady na výstavbu a provoz skládky,
- vytváření finanční rezervy pro uzavření a rekultivaci skládky,
- monitoring skládky (min. 5 let po uzavření),
- skládkové vodní hospodářství (zejména čištění skládkových odpadních vod),
- případné kompenzace za „snížení atraktivity území“.



Obrázek 1: Příklady umístění skládek (svahové a násypové)

Právní předpisy (vyhláška 383/2001 Sb., respektive 294/2005 Sb. ve zn. pozd. předp.) stanovují podmínky provozu a požadované zabezpečení skládky dle vlastností skládkovaných odpadů (hodnotícím kritériem je třída vyluhovatelnosti odpadů, základní ukazatele – org.C, fenol. index, chloridy, sírany, fluoridy, As, Ba, Cd, Cr celk., Cu, Hg, Ni, Pb, Sb, Se, Zn, Mo, RL, pH).

Dle *stupně technického zabezpečení* rozlišujeme tyto skupiny skládek:

- Skládky inertních odpadů (S-IO). Ukládané odpady musí vyhovět limitům II. tř. vyluhovatelnosti a limitní hodnoty obsahu organických škodlivin v sušině. V tomto případě není nutná technická bariéra (podloží min 1 m zeminy s k „součinitel filtrace“ $< 10^{-7} \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, případně uměle doplněná vrstva min 0,5 m s $k < 10^{-7} \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$),
- skládky ostatních odpadů (S-OO). Obsahují dvě podskupiny S-OO1 (pro odpady s nízkým obsahem BRO) a SOO3 (pro odpady s podstatným obsahem BRO a pro odpady nehodnotitelné na základě jejich vodného výluhu). Ukládané odpady musí vyhovět limitům III. tř. vyluhovatelnosti nebo odpady nehodnotitelné podle vyluhovatelnosti (KO, směsný stavební odpad), pro nebezpečný odpad $<$ III tř. vyluhovatelnosti a pro NO v kontejnerech. Tyto skládky musí mít předepsanou geologickou i technickou bariéru. Parametry geologické bariéry – podloží min 1 m zeminy s $k < 1\cdot 10^{-9} \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, pokud není splněno, pak je nutné doplnit až k dosažení hodnot teoretického průtoku na 1m^2 plochy max $3\cdot 10^{-9} \text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$,
- skládky nebezpečných odpadů (S-NO). Ukládané odpady nevyhovují limitům vyluhovatelnosti III. tř. (překračují je) a nesplňují tak podmínky pro uložení na skládky S-OO. Tato skupina skládek musí mít minimálně dvě bariéry (kombinované těsnění), a to geologickou a technickou. Parametry geologické bariéry - podloží min 5 m s $k < 1\cdot 10^{-9} \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, pokud není splněno, pak je nutno doplnit až k dosažení hodnot teoretického průtoku na 1m^2 plochy max. $2\cdot 10^{-9} \text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$.

2.1 Podklady pro návrh skládky

Pro výběr vhodné lokality a návrh technického řešení skládky se vychází ze základních hodnotících kritérií, mezi které patří zejména:

- Základní údaje o druhu a množství odpadu, který má být na skládce ukládán,
- výsledky hydrogeologického a inženýrsko-geologického průzkumu zájmového území (vlastnosti geologického podloží, dostupnost vhodné zeminy, hladina podzemních vod v hloubce min. 1 m pod nejnižším bodem těsnicí vrstvy atd.),
- dopravní řešení s ohledem na svozové území a místo skládky (délka dopravních tras, hustota dopravy, technické vlastnosti dopravních komunikací apod.),
- klimatické a hydrologické údaje ze zájmového území (směr převládajících větrů, průměrný roční úhrn srážek apod.),

- mapové a geodetické podklady zájmového území (územní plány, katastrální mapy, účelové mapy zájmového území, polohopisné a výškopisné zaměření dotčených pozemků apod.),
- údaje o hygienických ochranných pásmech (ochranná pásma vodních zdrojů OPVZ - povrchové i podzemní přírodní, léčivé a minerální vody; pásma hygienické ochrany PHO – vzdálenost nejbližší zástavby min. 500 m),
- údaje o sítích technické a dopravní infrastruktury a jejich ochranných pásmech (vedení elektro, plynovody, telekomunikační vedení, dopravní komunikace apod.),
- údaje o zvláště chráněných územích a kulturních památkách (NP, CHKO, ÚSES apod.).

Vhodnou lokalitu pro skládku vždy vybíráme z více variant možností. Varianty posuzujeme dle výše uvedených kritérií a posuzované lokality pak mohou být vhodné (doporučené), podmíněně vhodné (přípustné) nebo nevhodné (nedoporučené). Skládky nemají být zřizovány v územích, která mají tyto charakteristiky:

- Záplavová území,
- území, v kterých není s možností skládkování uvažováno v územním plánu,
- území s nevhodnými vlastnostmi geologického podloží (vysoká propustnost, nízká únosnost, poddolovaná území, území se sklony k erozi atd.),
- zvláště chráněná území (CHKO, NP atd.) a území v oblasti PHO,
- území v ochranných pásmech letišť a s výskytem inženýrských sítí, jejichž přeložka je nemožná z technických nebo ekonomických důvodů.

2.2 Technické řešení zabezpečené skládky

Každá skládka musí mít takové řešení, které odpovídá požadované míře zabezpečení dle skupiny skládek, a které zajistí její efektivní a bezpečný provoz a ochranu životního prostředí.

Mezi základní části technického řešení patří:

- Těsnicí systém,
- odvodňovací systém,
- odplyňovací systém,
- provozně technická zařízení,
- zařízení pro monitoring.

2.3 Těsnící systém skládek

Vzhledem k poměrně značnému obsahu vody v odpadu, vznikajícímu výluhu z odpadů, vlastnostem odpadů ukládaných do skládek, zatékání dešťových vod a ohrožení především podzemních vod je nutné skládky zabezpečit hydroizolačním těsnícím systémem (technickou bariérou). Hydroizolační těsnění se tedy provádí na dně skládek i na jejím povrchu. Těsnící systém se skládá ze soustavy vrstev různých těsnících materiálů (přírodního nebo umělého původu) a vrstev chránících izolační vrstvy před mechanickým poškozením. Skladba a provedení těsnícího systému závisí především na druhu ukládaného odpadu, přírodních (zejména geologických) podmínkách v místě skládky a uspořádání skládky. Rozlišujeme *těsnění jednoduché*:

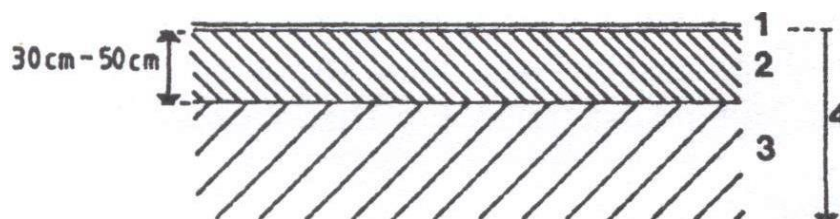
- Minerální těsnění v tl. 0,6 až 1,0 m,
- bentonitové rohože v tl. 5 až 10 mm,
- těsnící fólie (geomembrány) v tl. 1,5 až 2,5 mm.

nebo *těsnění vícenásobné (kombinované)*, kde je využíváno spolupůsobení těsnící fólie (bránící průniku vody) a vrstvy minerálního těsnění, které zabraňují chemické difúzi, ale umožňují průnik plynů. Těsnění skládek je provedeno jako ochrana plošná (plášťová – typická pro nově budované skládky) nebo ochrana svislá (typická při sanacích nezabezpečených skládek). Plošné těsnící systémy jsou realizovány z:

- přírodní nebo upravené zeminy (jíly nebo směsi zemin s obsahem jílu),
- plastové fólie (geomembrány),
- speciální druhy těsnění (geosyntetické bentonitové rohože, asfalt, asfaltobeton, cementový beton atd.).

Svislá těsnící ochrana je realizována z:

- hloubených či vrtaných podzemních těsnících stěn (vyplněných jílem, směsí jílu a cementu, cementovým betonem atd.),
- těsnící stěny vytvořené injektáží emulzí.



Obrázek 2: Skladba podloží skládky (1 – základová spára, 2 – upravená část podloží, 3 – neupravená část podloží, 4 – základ skládky)

Minerální těsnění

Pokud je jako těsnicí bariéra použito minerální těsnění, pak musí svými vlastnostmi i technologií provádění odpovídat ČSN 83 8032. Zemina použitá jako stavební materiál musí mít certifikát o provedených zkouškách a jejich výsledcích. Zkoušení materiálu probíhá jednak v laboratorních podmínkách a dále přímo v terénu. Mezi hlavní sledované geotechnické vlastnosti patří:

- hodnota součinitele filtrace materiálu „k“ $\leq 1 \cdot 10^{-9}$ respektive $1 \cdot 10^{-7}$ m.s⁻¹,
- podíl organických látek < 5 %,
- velikost zrn musí být $\leq \frac{1}{2}$ tloušťky vrstvy po zhutnění (nebo 100 mm),
- index plasticity > 15 (respektive 17) %,
- mez tekutosti ≤ 50 %.

Při provádění minerálního těsnění nesmí dojít k jeho promrznutí, proto při provádění zemních prací v zimním období musí být těsnění zakrýváno. Vrstvy těsnění není možné provádět za deště, vlhkost zeminy se musí pohybovat v rozmezí od -2 do +3 % od optimální vlhkosti. Zhutnění materiálu musí být provedeno na 95 % dle Proctor Standard.

Geosyntetické bentonitové rohože

Rohože se vyrábí v tloušťkách od 5 do 10 mm s plošnou hmotností od 4 do 5 kg·m⁻². Základní surovinou je bentonit, což je jílový minerál (ze skupiny montmorillonitu). Vlastností tohoto minerálu je, že při kontaktu s vodou zvětšuje svůj objem (Ca bentonit 3x až 4x, běžnější Na bentonit 2x až 3x). Změna objemu je způsobena průnikem molekul vody do mezer mezi jílovitými vrstvami. Dlouhodobá funkčnost izolační bariéry z bentonitových rohoží závisí především na správné technologii provádění, ochraně před mechanickým poškozením při dopravě i pokládce, zamezení opakovanému promrznutí, zamezení rozbřednutí při pokládce za nevhodných klimatických podmínek, zamezení poškození prorůstáním kořenového systému dřevin.

Geomembrány (plastové fólie)

Nejčastěji se využívají fólie vyrobené z polyetylénu (HDPE nebo VLDPE) a PVC, v tloušťkách od 1,5 do 2,5 mm. Fólie mohou mít hladký nebo jednostranně či oboustranně zdrsňený povrch. Životnost (funkčnost) fólií je 30 let. Fólie musí mít fotostálost, dostatečnou teplotní odolnost (teplo uvolňované při biochemických reakcích), odolnost vůči mikrobiálnímu působení, odolnost vůči chemickým látkám (obsažených ve výluhových vodách), dostatečná odolnost vůči mechanickému porušení (statická zátěž i dynamické namáhání z pojezdu mechanizace). Fóliové těsnění je nutné pokládat a svařovat za vhodných povětrnostních podmínek (negativně působí mráz a déšť). Šířka jednotlivých svařovaných

polí může být až 6 m. Fólie se ukládá na hladký podklad bez ostrých výčnělků, na který je rozprostřena ochranná geotextilie. Pro spojování fólií se používá svařování (metoda horkého klínu, případně méně častá extruzní metoda).

Geotextilie má v konstrukcích skládek řadu důležitých funkcí, a to ochrannou (ochrana těsnících fólií před mechanickým poškozením), drenážní (odvodňovací), filtrační (ochrana drénů před zanesením), separační (oddělení vrstev různých materiálů), zpeňovací (rovnoměrnější distribuce zatížení). Materiál geotextilie musí být dostatečně odolný vůči fyzikálním i chemickým vlivům. Geotextilie je specifikována tloušťkou a plošnou hmotností (od cca 150 do 3600 g·m⁻²). Geotextilie jsou vyráběny jako tkané (z PP, PE, doplněno zpeňovací mřížkou) nebo netkané (z PP, PES, PE, ve formě stříže, nekonečného vlákna).

2.4 Odvodňovací systém skládek

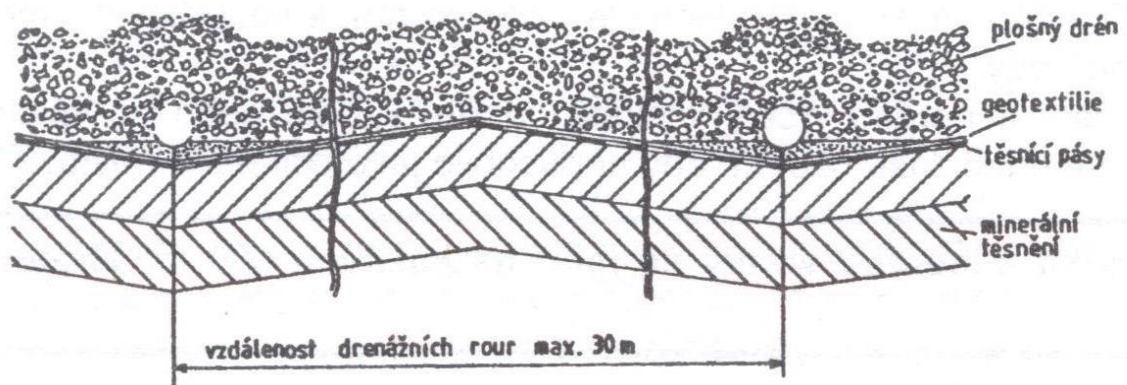
Těleso skládky je nutné chránit před působením vnějších (mimo skládku) i vnitřních (uvnitř skládky) vod. Nekontaminované vnější vody jsou od skládky odváděny systémem odvodňovacích příkopů do vodotečí. Kontaminované průsakové vnitřní vody a vnější vody ze svrchního pláště skládky jsou shromažďovány v záchytné nádrži a v průběhu skládkování recirkulovány na skládce (závlaha naváženého materiálu urychlující rozkladné procesy). Velikost jímky je navrhována s ohledem na návrhovou srážku $t=15$ min a dále také množství vody odtékající z plochy skládky za dobu 3 měsíců (cca 45 m³ z 1 ha plochy skládky). Případný přebytek průsakových vod je odveden na nejbližší ČOV schopnou vyčistit tento typ odpadních vod, ve výjimečných případech je na skládce vybudována samostatná ČOV. Vliv vnějších vod závisí na hydrologických, hydrogeologických a klimatických podmínkách v místě skládky. Před vnějšími vodami se skládka chrání vybudováním sítě záchytných příkopů (návrhový průtok Q_{100}) a svrchním drenážním systémem na povrchu skládky. Vnitřní vody (výluhové) jsou tvořeny vodou obsaženou v odpadu, uvolněnou při biochemických reakcích a částečně i srážkovými vodami. Odvodňovací systém se skládá z:

- *plošné drenáže,*
- *trubní drenáže,*
- *akumulační nádrže* průsakových a dešťových vod,
- *technologická zařízení* na využití (recirkulaci) nebo zneškodnění průsakových vod.

Plošná drenáž je tvořena vrstvou přírodního (obvykle šterk f 16 až 32 mm) nebo umělého (syntetická kompozitní drenážní rohož), zrnitého materiálu. Syntetické drenážní rohože jsou používány ve formě tzv. geomřížky (mají vyšší pevnost) a geotkaniny (nižší pevnost, ale lepší drenážní vlastnosti). Použití drenážních rohoží má omezení a je nutné ho předem ověřit

zkouškami. Tato vrstva překrývá celou plochu, která má být chráněna. Minimální tloušťka je 300 mm a hodnota koeficientu filtrace minimálně „ $k \ll 10^{-4} \text{ m.s}^{-1}$ “.

Trubní drenáž soustřeďuje a odvádí skládkové vody přitékající z plošné drenáže. Počet i dimenze trubních vedení musí být navrhovány s bezpečnostní přírážkou, která počítá s rizikem ucpání některých trubních drénů. Před zanesením (zakolmatováním) trubní drenáže je nutné ji chránit obalením geotextilií a obsypem štěrkem. Trubní drenáže se provádí nejčastěji z plastového potrubí (PE nebo PVC) s perforací po obvodu trubky (provedená na 2/3 až 3/4 obvodu pomocí kruhových otvorů $\varnothing 12 \text{ mm}$ nebo obdélníkových otvorů 5/25 mm). Potrubí má $\varnothing 200$ až 300 mm (hlavní svodný drén má $\varnothing \geq 300 \text{ mm}$). Pro zvýšení efektivity odvodňovací funkce jsou trubní drény uloženy v nejnižších místech vrstvy plošného drénu. Potrubí jsou ukládána ve spádu 2 až 3 %, ve vzájemné rozteči jednotlivých drénů 30 až 50 m v maximální délce přímých úseků potrubí 200 m (v místě změny směru nebo u delších vedení se osazují šachtice).



Obrázek 3: Vzorový průřez dnem skládky – těsnící i odvodňovací systém

2.5 Odplyňovací systém skládky

Odpad ukládaný na skládky je reaktivním materiálem. V průběhu času dochází k biochemickým reakcím, v jejichž důsledku je uvolňován skládkový plyn, obsahující především oxid uhličitý, metan, oxidy síry a oxidy dusíku. Vznik skládkového plynu je negativním jevem, jednak ohrožuje bezpečnost skládky (riziko výbuchu a vzniku požáru – výbušný ve směsi se vzduchem 5 až 25 %) a dále ohrožuje životní prostředí (pachová zátěž okolí, ovlivnění klimatu, možnost udušení – je těžší než vzduch). Z těchto důvodů je účinný odplyňovací systém a zařízení pro jeho využití, respektive zneškodnění, velmi důležitou částí skládek. Množství a kvalita produkovaného skládkového plynu se v průběhu času mění a je závislá na délce provozu skládky, rychlosti rozkladných procesů ve skládce, tvaru skládky a

množství organických materiálů obsažených v ukládaném odpadu. Celkovou produkci lze uvažovat v rozsahu cca 180 až 370 l skládkového plynu z 1 kg odpadu, což odpovídá 3 až 14 l/kg odpadu (meziroční pokles produkce cca 2,5 %). Odplyňovací systém se skládá z:

- *svislé* (vertikální) prvky, kterými mohou být vrty nebo jímací studny,
- *vodorovné* (horizontální) prvky, kterými mohou být drény nebo horizontální vrty,
- *kombinované prvky*, kterými mohou být svislé, vodorovné nebo šikmé drény a vrty.

Odplyňovací systém je často propojen s odvodňovacím systémem. Pro vytváření drenážních potrubí se používá jednak perforovaných plastových potrubí (PE), dále technologie zdviháných studen (ocelová výpažnice, vyplněná štěrkem), posunovaná do výšky v závislosti na tloušťce vrstvy naváženého odpadu, případně vrtané studny (vrty). Odvod plynu ze skládky probíhá buďto pasivně (přetlakem) nebo aktivně (podtlakové čerpání je až 5x účinnější než pasivní odvod).

Skládkový plyn jímáný ze skládkového tělesa musí být před využitím v kogenerační jednotce (kombinovaná produkce tepla a elektrické energie) čištěn, protože v surovém stavu obsahuje značný podíl balastních látek, které by mohly kogenerační jednotku poškodit nebo významně snížit její technickou životnost (zejména H₂S, H₂O ve formě vodní páry, CO₂, prach). Pokud kvalita a množství produkovaného skládkového plynu neumožňuje jeho energetické využití (případně při odstávce kogenerační jednotky), pak je nutné skládkový plyn zneškodnit spálením na spalovacím zařízení – pochodni (tzv. fléra).

2.6 Provozně technická zařízení

Skládka musí být vybavena trvalou dopravní účelovou komunikací, která umožňuje příjezd vozidel do areálu skládky od nejbližší silnice a dočasnými účelovými komunikacemi, které se budují v jednotlivých sekcích skládky v závislosti na intenzitě dopravy v dané sekci (navážení odpadu, navážení rekultivačních vrstev apod.). Dopravní komunikace se budují nejčastěji jako obousměrné, méně často jednosměrné s výhybnami, případně okružní. Dopravní řešení musí zohledňovat prašnost vznikající z provozu, zatížení vyvozované dopravními prostředky a mechanizací, maximální návrhovou rychlost a příčný i podélný sklon. Trvalé účelové komunikace mají charakter zpevněných komunikací s živičným krytem, dočasné účelové komunikace bývají zpevněné, montované ze silničních panelů. Areál skládky by měl být vybaven zařízením umožňující očistu vozidel (mycí rampa). Provozní objekty skládky musí mít zajištěno napojení na potřebné sítě technické infrastruktury (především elektrorozvod, vodovod).

Areál skládky musí být zabezpečený. U hlavního vjezdu-výjezdu je umístěna provozní budova, v které je sociální (šatny, WC, sprchy) a technické (kancelář, místnost monitoringu) zázemí pro provoz skládky, dále prostor vrátnice s dobrým výhledem na vjezd a mostní váhu (kontrola a evidence vozidel přijíždějících na skládku a jejich hmotnosti). U vjezdu by měl být rovněž umístěn detekční rám pro zjišťování radioaktivních odpadů a plocha pro kontrolu odpadů (ověření, zda přivážený odpad odpovídá odpadu deklarovanému). Pokud je prokázán rozdíl s deklarovaným odpadem, pak je nutno provést zkoušky a zařídění odpadu (na náklady dopravce odpadu). Kontrolní plocha musí být vodohospodářsky zabezpečená, odkanalizovaná do sběrné jímky. Pokud odpad odpovídá deklarovanému, pak je odpadní voda po kontrole přečerpána do záchytné nádrže skládky, pokud je odpad odlišný, pak se odpadní voda převáží na čistírnu průmyslových odpadních vod. Z dalších provozních objektů se na skládkách vyskytují přístřešky či lehké haly pro garážování a údržbu mechanizace a sklad pohonných hmot (s dostatečným bezpečnostním odstupem od ostatních objektů). Celá skládka je opatřena oplocením a hlavní i vedlejší vjezdy jsou opatřeny uzamykatelnými bránami. V místě návětrné strany je oplocení skládky doplněno zařízením (stožáry s nataženými záchytnými sítěmi) pro zachytávání lehkých odpadů, které jsou unášeny větrem. Oplocení má zabraňovat i nelegálnímu navážení odpadu a vstupu nepovolaným osobám (např. nebezpečí pádu a udušení v šachticích a studnách odplyňovacího systému).

Po přivezení odpadu na skládku probíhá ověření skutečností nutných pro evidenci, tzn. identifikace původce odpadu, doklad o zařídění odpadu dle katalogu odpadů. Při pochybnostech o odpadu proběhne kontrola odpadu na kontrolní ploše se stanovením předpokládaného množství, charakteru odpadu a odběr vzorků pro chemické analýzy vlastností odpadu (zejména s ohledem na nebezpečné vlastnosti) a následné zařídění odpadu. Odpad ukládaný na skládku musí splňovat požadované parametry třídy vyluhovatelnosti, v závislosti na skupině skládky. Každý rok je nutné provést certifikaci odpadu na skládce, kdy akreditovaná laboratoř namátkově odebere ze skládky vzorky a podrobí je analýze. Provoz skládky se řídí Provozní řádem skládky. Obsah a provedení provozního řádu skládky vychází z TNO 83 8039 Skládkování odpadů – provozní řád skládek a dále také z ustanovení vyhlášky č. 294/2005 Sb. o podrobnostech nakládání s odpadem, ve zn. pozd. předp. Například provozní řád skupiny A obsahuje tyto části:

- Základní údaje o zařízení,
- charakter a účel zařízení,
- technologie a obsluha zařízení,
- monitorování provozu zařízení,

- organizační zajištění provozu zařízení,
- vedení evidence odpadů přijímaných do zařízení i v zařízení produkovaných odpadů,
- opatření k omezení negativních vlivů zařízení a opatření pro případ havárie,
- bezpečnost provozu a ochrana životního prostředí a zdraví lidí.

Dle provozního řádu skládky je nutné vést *provozní deník*, do kterého se zaznamenává zejména:

- Jména pracovníků vykonávajících obsluhu,
- spotřeba el. energie, paliva, vody,
- evidence přijatých odpadů (doklady o přijatých odpadech se uchovávají min. 5 let),
- teplota v skládkovém tělese, klimatické podmínky (síla a směr větru, teplota a vlhkost vzduchu, srážky),
- výsledky monitoringu skládky (záznamy denní, měsíční),
- záznamy o školení pracovníků (v oblasti odpadového hospodářství, BOZP, PO apod.),
- záznam o postupu ohlášení krajskému orgánu ŽP, nebyl-li odpad přijat.

Rovněž jsou stanovena opatření pro případ havarijního stavu vytvořením Havarijního řádu, řešícího zejména pak případy:

- Požáru,
- přivalových srážek,
- úniku ropných látek,
- nálezu nebezpečných odpadů,
- nálezu munice,
- dlouhého výpadku elektrické energie.

2.7 Zařízení pro monitoring

Monitoring skládky a jejího okolí se provádí z důvodu zjišťování, zda nedochází k negativnímu vlivu skládky na životní prostředí (vodu, půdu, ovzduší, biotu...). Zásady monitorování skládky vychází z TNO 83 8039 a jsou stanoveny v provozním řádu skládky. Monitoring území skládky probíhá již před jejím vlastním vybudováním v době přípravy (vytvoření srovnávacího pozadí) a dále i při provozu a po uzavření (min. 15 let po uzavření u skládek s NO a KO). Při monitoringu se sledují zejména vlastnosti podzemních i povrchových vod v okolí skládky, produkce a složení skládkového plynu, spolehlivost technických systémů odvodnění a odplynění, změny (polohopisné, výškopisné) a případné poruchy na skládkovém tělese, prašnost apod.

2.8 Ukládání odpadů do skládkového tělesa a mechanizace na skládce

Z důvodu efektivního budování skládkového tělesa i provozu celé skládky se zde využívá řada druhů mechanizace. Obvykle se zde vyskytuje kombinace těchto mechanizačních prostředků:

- Kompaktor (jeden či více),
- dozer,
- traktorové rypadlo,
- žací stroj (údržba travních porostů), křovinořez,
- kontejnerový jeřáb,
- zametací a kropící vozidlo,
- cisternové vozidlo pro dopravu skládkových vod,
- strojní vybavení skládkové kompostárny (pokud se na skládce vyskytuje).

Velmi důležitou pracovní operací při ukládání odpadu je jeho zhutňování. Zhutňováním je dosaženo zvýšení objemové hmotnosti odpadu (o 30 až 50 %). Díky zhutnění je možno na skládku uložit větší množství odpadu, zároveň je dosaženo vyšší soudržnosti odpadu a snižuje se riziko pozdějšího sedání tělesa skládky spojeného s porušením izolačních vrstev. Dalším efektem zhutnění je snížení propustnosti odpadu (snížená mezerovitost), zvýšení vlhkosti odpadu, intenzifikace rozkladných procesů a snížení množství lehkých odpadů odnášených větrem. Pro zhutňování se používá nejčastěji kompaktorů o hmotnosti 30 až 40 tun, které jsou schopny díky speciálně upraveným kolům s ocelovými hroty velmi intenzivně zhutňovat odpad, dalším používaným mechanizačním prostředkem bývá dozer na pásovém podvozku. Méně často využívaným způsobem zhutňování je tzv. dynamická konsolidace, spočívající v dusání odpadu s využitím závaží. Po přivezení odpadu svozovým vozidlem je odpad vyskladněn z vozidla a následně kompaktozem rozprostřen do a zhutněn. Tímto způsobem se v průběhu navážení odpadu postupně vytváří zhutněná vrstva odpadu v max. tl. 2 m. Následně je nutné provést mezivrstvu z inertních materiálů. Tato vrstva má min. tl. 0,3 m a vytváří se zejména z důvodu zvýšení pevnosti celého skládkového tělesa a omezení šíření zápachu z ukládaného odpadu. Vrstvy odpadu by měly být zavlažovány, a to především v letním období. Zvlhčování probíhá postřikem skládkovými vodami ze záchytné jímky. Důvodem zvlhčování je udržování vhodné vlhkosti pro optimální průběh rozkladných procesů, prevence vzniku požáru a snížení prašnosti a odnosu lehkých odpadů. Takto se postupuje až do dosažení maximálních úrovní ukládání odpadu. Při ukládání se zároveň provádí modelování požadovaného tvaru skládkového tělesa. Svahy skládky jsou vytvářeny ve sklonu 1:2 až 1:3, pokud má být svah pojížděn mechanizací tak ve sklonu 1:4. Svahy se z důvodu protierozní

ochrany budují v maximální délce 30 m, pokud jsou delší, pak se rozdělí lavičkou š. 3 m (ve spádu max. 2 %).

2.9 Uzavírání a rekultivace skládek

Jedná se o kontinuální závěrečný proces, který má zajistit ukončení provozu skládky (respektive části skládky), finální zabezpečení a zkulturnění území skládky. Uzavření a rekultivace by měla být provedena co nejdříve po ukončení skládkování v dané sekci. Základním předpisem, kterým se tento proces řídí je TNO 83 8035 Skládkování odpadů – Uzavírání a rekultivace skládek. Uzavírání a rekultivace probíhá obvykle po jednotlivých sekcích skládky, které postupně dosahují maximální kapacity naváženého odpadu. Pokud by tato činnost neprobíhala kontinuálně, pak hrozí intenzivní vyluhování kontaminantů, eroze svahů skládky, porušení vrstev skládkového tělesa a velmi vysoká produkce skládkových průsakových vod. Rekultivaci lze definovat jako zkulturnění znehodnoceného území a jeho opětovné začlenění do krajiny. Cílem rekultivace je vytvoření přírodě blízkých ploch lesní nebo zemědělské půdy pro hospodářské, případně jiné využití. Vlastní řešení rekultivace je přímo závislé na způsobu využití skládky po jejím uzavření (s ohledem na podmínky územního plánování v řešeném území) a musí být navrženo již v projektové dokumentaci skládky. Proces rekultivace se člení na technickou rekultivaci a biologickou rekultivaci (zemědělskou nebo lesnickou). Uzavření a rekultivace probíhá v několika etapách:

- úprava tvaru skládkového tělesa,
- svrchní těsnění (izolace odpadu),
- ochrana izolačních vrstev,
- zapojení skládky do okolního prostředí.

Uzavírací konstrukce skládek odpadů se skládá z několika vrstev, a to:

- ochranná a rekultivační vrstva (svrchní ochrana skládky před negativními meteorologickými a biologickými vlivy; vrstva je vytvářena z písčítých a písčitohlinitých zemin, kalů z ČOV, rybníčního bahna a kompostů nesplňujících parametry pro použití na zemědělských půdách; tloušťka vrstvy min. 1 m a z toho 300 mm ornice v případě zemědělských rekultivací; sklon povrchu modelován na min. 3 %),
- drenážní a filtrační vrstva, která slouží pro odvod vnějších srážkových vod z těsnící vrstvy (vrstva je vytvářena ze středně a hrubozrnného kameniva),

- těsnicí vrstva, zabraňující průniku vnějších srážkových vod do skládkového tělesa a úniku skládkového plynu mimo těleso (vrstva je vytvářena kombinací přírodního jílového těsnění, plastových těsnících fólií a ochranných geotextilií),
- porézní vrstva pro vedení skládkového plynu (vrstva je vytvářena ze středně a hrubozrnného kameniva),
- vyrovnávací vrstva pro sjednocení nerovností povrchu skládky, modelaci sklonu a zabránění porušení izolačních vrstev ze spodní strany (vrstva je vytvářena z jemnozrnného kameniva v min. tl. 250 mm).

2.10 Technologické linky třídění odpadů

Oddělený sběr odpadů má strategický význam s ohledem na snižování množství odpadů ukládaného na skládky a zvyšování podílu vytríděných, využitelných složek odpadu. Součástí areálu některých skládek bývá i technologická linka pro třídění separovaného odpadu ze svozové oblasti. Toto zařízení slouží pro odstranění nežádoucích příměsí, kontaminovaných materiálů a případně úpravu (lisování, drcení) separovaného odpadu. Uspořádání a konstrukční řešení technologické linky je individuálně přizpůsobeno řadě kritérií, a to zejména druhu tříděného materiálu, použité technologii třídění, požadovanému využití vytríděného materiálu a individuálním požadavkům provozovatele linky. V podmínkách ČR se třídí především papír (noviny, časopisy, karton), plasty (PET, fólie, duté obaly), kartony od nápojů. Technologické linky bývají umístěny v samostatných lehkých halových objektech, v kterých je zajištěn dostatečný skladový prostor (bunkr) pro navážení odpadu ke třídění a také prostory pro uskladnění vytríděných materiálů. Hala by měla být vybavena podtlakovou ventilací s biofiltrem pro odstranění pachové zátěže z vnitřního vzduchu. Prostor vlastní linky s pobytem pracovníků musí být dostatečně větrán, vytápěn a osvětlen. Vytríděné nežádoucí příměsi jsou shromažďovány obvykle v natahovacích kontejnerech. Vytríděné suroviny jsou obvykle dále lisovány a pakety, případně mohou být i drceny a shromažďovány ve velkoobjemových vacích. Hala musí být dobře obsluhovatelná mechanizací (svozová technika přivážející odpad, nákladní automobily pro kontejnery, vysokozdvížné vozíky apod.).

V technologických linkách se vždy v menší či větší míře vyskytuje ruční třídění. Jeden pracovník je schopen vytrídít cca 3 až 4 t odpadu za hodinu při výborné kvalitě vytríděného materiálu (při větším množství vytríděného odpadu klesá kvalita vytríděného materiálu). Dalším nejčastěji se vyskytujícím druhem třídění je mechanické a kombinované třídění (kombinace mechanického, optického, hydromechanického, pneumatického a ručního třídění). Při množství tříděných odpadů nad 4 t za hodinu je z důvodu zajištění vysoké kvality

nutné kombinované třídění. Při třídění komunálního odpadu je kladen důraz zejména na kontaminaci biologickými odpady (např. potraviny, odpady ze zeleně apod.). Vytřídí se kovy (magneticky nebo detektory nemagnetických kovů). Moderní třídírny mají obvykle dva až tři stupně třídění (dle požadavků na kvalitu vyříděného materiálu). U některých technologických linek se uplatňuje i kombinace třídění, lisování a drcení odpadů. Používají se zejména vertikální vícekomorové lisy a kladivové drtiče. Účelem lisování je především zmenšení objemu a zlepšení manipulace s vyříděným materiálem před jeho dopravou k dalšímu zpracování.

3. STAVEBNÍ A DEMOLIČNÍ ODPAD

Stavební a demoliční odpady (SDO) jsou významnou kategorií odpadů a představují podíl cca 25 % z celkové produkce odpadů v ČR. SDO jsou rovněž významným potenciálním zdrojem druhotných surovin, a proto je základním principem nakládání s těmito odpady přednostní recyklace (tam kde je to možné) a omezování skládkování těchto odpadů. Mezi nejdůležitější *právní předpisy související se stavebními a demoličními odpady* a jejich recyklací patří:

- Směrnice Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 98/2008 ze dne 19. listopadu 2008 o odpadech,
- zákon č. 185/2001 Sb. o odpadech, ve zn. pozd. předp.,
- nařízení vlády č. 197/2003 Sb. o Plánu odpadového hospodářství České republiky,
- zákon č. 183/2006 Sb. o územním plánování a stavebním řádu, ve zn. pozd. předp.,
- zákon č. 22/1997 Sb. o technických požadavcích na výrobky a o změně a doplnění některých zákonů, ve zn. pozd. předp.,
- vyhláška č. 268/2009 Sb. o technických požadavcích na stavby, ve zn. pozd. předp.,
- vyhláška č. 499/2006 Sb. o dokumentaci staveb, ve zn. pozd. předp.,
- nařízení vlády č. 163/2002 Sb., kterým se stanoví technické požadavky na vybrané stavební výrobky, ve zn. pozd. předp.,
- zákon č. 102/2001 Sb. o obecné bezpečnosti výrobků, ve zn. pozd. předp.,
- vyhláška č. 376/2001 Sb. Ministerstva životního prostředí a Ministerstva zdravotnictví o hodnocení nebezpečných vlastností odpadů, ve zn. pozd. předp.,
- vyhláška č. 381/2001 Sb. Ministerstva životního prostředí, kterou se stanoví Katalog odpadů, Seznam nebezpečných odpadů a seznamy odpadů a států pro účely vývozu, dovozu a tranzitu odpadů a postup při udělování souhlasu k vývozu, dovozu a tranzitu odpadů,

- vyhláška č. 383/2001 Sb. Ministerstva životního prostředí, o podrobnostech nakládání s odpady, ve zn. pozd. předp.
- vyhláška č. 294/2005 Sb., o podmínkách ukládání odpadů na skládky a jejich využívání na povrchu terénu a změně vyhlášky č. 383/2001 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady,
- metodický návod odboru odpadů Ministerstva životního prostředí pro řízení vzniku stavebních a demoličních odpadů a pro nakládání s nimi (Věstník MŽP č. 3/2008).

Dle ustanovení nařízení vlády č. 197/2003 Sb. o Plánu odpadového hospodářství České republiky, jsou v oblasti nakládání se stavebním a demoličním odpadem stanoveny cíle a cílové hodnoty, a to:

- podporovat rozvoj trhu s recyklovanými výrobky, upřednostnit výrobky z recyklovaných materiálů a ekologicky šetrné výrobky při zadávání zakázek na úrovni orgánů veřejné správy,
- analyzovat způsoby nakládání se stavebními a demoličními odpady za účelem vytvoření podmínek pro splnění těchto cílů: využívat 50 % hmotnostních vznikajících stavebních a demoličních odpadů do 31. 12. 2005 a 75 % hmotnostních vznikajících stavebních a demoličních odpadů do 31. 12. 2012.

Realizační program POH ČR pro stavební a demoliční odpady stanovuje vybrané priority, k zabezpečení cílů POH ČR, kam patří:

- *zvýšení míry recyklace* stavebních a demoličních odpadů,
- *podpora podnikatelských aktivit* v této oblasti,
- *zamezení nelegálního nakládání* s těmito odpady.

Metodický návod odboru odpadů Ministerstva životního prostředí pro řízení vzniku stavebních a demoličních odpadů a pro nakládání s nimi (publikovaný ve Věstníku MŽP č. 3/2008) stanovuje předmět tohoto pokynu, a to:

- Omezit množství nebezpečných odpadů vznikajících při zřizování, údržbě, rekonstrukcích a odstraňování staveb,
- sjednotit postup přiřazování kategorie odpadu (nebezpečný nebo ostatní odpad) u vznikajících stavebních a demoličních odpadů v souladu s § 6 zákona č. 185/2001 Sb. o odpadech ve zn. pozd. předp., a jeho prováděcími předpisy,
- zabezpečit přednostní využívání stavebních a demoličních odpadů a jednotně vymezit podmínky pro přejímku odpadů do zařízení k jejich využívání.

Metodický návod stanovuje *zásady pro posuzování a zařazování SDO*, a to:

- Povinnost posouzení stavby. Posouzení smí provádět jen osoba pověřená k hodnocení nebezpečných vlastností odpadů. Výsledkem posouzení stavby je „Vymezení zařízení a částí stavby, ze kterých při stavebních pracích vzniknou nebo by mohly vzniknout nebezpečné odpady“,
- pokud nebude provedeno posouzení stavby nebo nebude technicky možné oddělené odstraňování částí stavby, pak musí být vznikajícímu směsnému stavebnímu a demoličnímu odpadu, v souladu se zákonem o odpadech, přiřazena kategorie nebezpečný odpad,
- vyloučení nebezpečných vlastností směsného stavebního a demoličního odpadu pověřenou osobou je možné, ale není proveditelné, pokud tyto odpady nebude možné hodnotit na základě vodného výluhu pro jejich nehomogenitu.

Metodický návod stanovuje *zásady pro využívání SDO*, a to:

- Přednostní využívání jednotlivých konstrukčních celků staveb,
- jinak stavební a demoliční odpad recyklovat a recyklát využít buďto jako stavební výrobek (v souladu s požadavky zákona č. 22/1997 Sb.) nebo ho materiálově využít na povrchu terénu (v souladu s požadavky vyhlášky č. 294/2005 Sb.) jako upravený stavební odpad,
- neupravené (nerecyklované) stavební a demoliční odpady do podoby recyklátu nelze využívat na povrchu terénu (v souladu s požadavky vyhlášky č. 294/2005 Sb.), protože u neupravených stavebních a demoličních odpadů nelze obecně prokázat obsah škodlivin ve vodném výluhu ani v sušině. Tyto podmínky není nutné dodržet pro zeminy, kamení a hlušiny zařazené v podskupině 17 05 Katalogu odpadů, v kategorií ostatní odpad (tyto odpady lze mimo místo vzniku – stavbu, využívat na povrchu terénu),
- materiálové využití upravených SDO v podzemních prostorách a na povrchu terénu je možné jen při splnění podmínek § 12 vyhlášky č. 294/2005 Sb.,
- neupravené (nerecyklované) SDO spadající dle Katalogu odpadů do kategorie ostatní odpad, je možné dle požadavků vyhlášky č. 294/2005 Sb. pouze ukládat jako odpad, který nelze hodnotit na základě jeho vyluhovatelnosti (tzn. na skládky kategorie S-OO).

Z hlediska nakládání se stavebním a demoličním odpadem jsou důležité i cíle stanovené 6. akčním programem Evropské unie pro životní prostředí a se „Surovinovou politikou státu v oblasti nerostných surovin“, což vyžaduje především:

- zvýšit podíl úpravy (recyklace) stavebních a demoličních odpadů s následným využitím takto upravených odpadů,
- snížit podíl nebezpečných odpadů vznikajících při stavebních činnostech,
- využívat stavební a demoliční odpady po jejich úpravě jako náhradu vybraných primárních surovin,
- zamezit využívání neupravených stavebních odpadů k technickým rekultivačním území a vytěžených těžebních prostor,
- poskytnout kontrolním orgánům oporu pro kontroly terénních úprav a rekultivací prováděných s využitím stavebních odpadů.

Rozdělení stavebního a demoličního odpadu z hlediska časového horizontu vzniku

- Odpady ze stavebních objektů zařízení staveniště podmiňujícího výstavbu,
- odpady vznikající při realizaci vlastních stavebních procesů na stavbě,
- odpady vznikající při přípravných pracích a dopravě materiálu,
- odpady vznikající při odstraňování staveb (demolice).

3.1 Složení stavebního a demoličního odpadu a formy SDO dle původu

Skladba SDO je různorodá a závisí především na druhu, konstrukčním řešení a stáří stavby. Kvalita SDO je ovlivněna vlastnostmi surovin (primárních stavebních materiálů), ze kterých jsou konstrukce provedeny, způsobem zpracování SDO a způsobem a podmínkami skladování a čistotou SDO (ochrana před nežádoucím znečištěním např. ropnými látkami). Mezi hlavní složky SDO řadíme:

- Stavební kamenivo (drobné – písky, šterky i hrubé),
- cihly a cihlářská keramika,
- ostatní keramické materiály,
- betony,
- omítky,
- asfalt, dehty,
- dřevo a materiály na bázi dřeva,
- plasty,
- kovy (železné i neželezné),
- papír,
- barvy, laky,
- lepidla, tmely.

Stavební suť je směsí stavebních odpadů, vznikajících při demolici především pozemních staveb. Složení směsi je ovlivněno zejména druhem, konstrukčním řešením, stářím staveb a technologií provádění demoličních prací. Směs může obsahovat cihelné zdivo, beton a železobeton, zeminu, keramickou nebo kamennou dlažbu, vápenopískové materiály, maltoviny, sádku, ostatní keramické materiály, dřevo a materiály na bázi dřeva, ocel, písek, štěrk, plasty, kovy, papír, asfalt, dehet, tmely, barvy, lepidla. Recyklací této směsi je získávána především cihelná a betonová drť, použitelná jako přísada do betonových směsí (v případě vyhovujících vlastností recyklátu). Předpokladem použití recyklátu do betonových směsí je roztřídění drti podle druhu (betonová zrna, cihelná zrna) a odstranění nežádoucích příměsí z drti (asfalt, sádra, dřevo, plasty apod.). Cihelná drť má nízkou pevnost v tlaku, a proto se obvykle používá pro méně náročné stavební hmoty (např. jako plnivo do cihlobetonu) nebo častěji jako násypový materiál. Jemná cihlová drť lze využít pro povrchy sportovišť jako antuka. Dřevo a materiály na bázi dřeva oddělené ze směsné suti lze využít buďto přímo na staveništi nebo častěji odvézt a využít obvykle jako palivo. Oddělená stavební a betonářská je využita buďto přímo na stavbě nebo častěji jako železný šrot. Další nakládání s oddělenými plasty a dalšími příměsemi je obvykle skládkování nebo spalování.

Stavební odpady ze stavební výroby jsou všechny odpady, které vznikají v důsledku provádění stavebních prací při novostavbách i rekonstrukcích staveb. Tyto odpady obvykle obsahují zbytky minerálních stavebních materiálů, dřevo a materiály na bázi dřeva, železné i neželezné kovy, plasty, papír a lepenku, organické materiály, sklo a další odpady (např. zbytky barev, tmelů apod.). Největší podíl z těchto odpadů (>50 %) tvoří inertní materiály (např. písek, kamenivo, beton, cihly, zemina). Dále jsou významně (cca 30 %) zastoupeny spalitelné látky (dřevo a materiály na bázi dřeva, lepenka, papír apod.) a zbytek připadá především na plasty.

Demoliční odpad ze silnic a komunikací jsou obvykle tvořeny materiály na bázi asfaltů, dehtů a hydraulických pojiv (silniční cement). Řadíme sem asfaltové kry, kusy cementobetonových krytů vozovek, obrubníky, dlažební kostky, písek, štěrk, zemina atd. Tyto materiály lze využít především jako násypový materiál, a to buďto na nenáročných objektech (např. protihlukové valy) nebo do konstrukčních vrstev komunikací. Nejvýhodnější zpracování odpadů s obsahem asfaltu je opětovné zapracování do nových stavebních hmot s asfaltovým pojivem (kryty vozovek).

Zeminy a horniny z výkopových prací jsou objemově převažující složkou stavebních odpadů. Jedná se o materiály s inertními vlastnostmi. Tyto materiály jsou, v závislosti na geotechnických charakteristikách, využitelné především pro zemní stavební konstrukce u dopravních a dalších inženýrských staveb (násypy terénních valů, zásypy výkopů a terénních

prohlubní). S výhodou se využívají přímo na staveništi k dosažení vyrovnané bilance zemních prací (výkopů a násypů).

Stavební a demoliční odpad může obsahovat i některé z nebezpečných složek. SDO je hodnocen jako nebezpečný, pokud je překročeno alespoň jedno z kritérií nebezpečnosti (výbušnost, oxidační schopnost, hořlavost, dráždivost, škodlivost zdraví, toxicita, karcinogenita, žíravost, infekčnost, teratogenita-poruchy reprodukce, mutagenita-dědičné genetické vady, schopnost uvolňovat nebezpečné látky do životního prostředí při nebo po jejich odstranění, ekotoxicita). Mezi nebezpečné složky SDO patří např.:

- Stavební materiály s obsahem azbestu (střešní krytiny, potrubí instalací, zvukové a protipožární izolace atd.),
- nátěrové hmoty, lepidla, tmely (sloučeniny rtuti, cínu, olova; mohou obsahovat např. i PCB),
- zářivky a výbojky,
- dehet, dehtové hydroizolační lepenky, dehtem impregnované dřevo (pražce), PAU z dehtu v usazeninách v komínech,
- topné a mazací oleje (často s obsahem PCB; nasáklé do materiálů podlah, omítek, stěn nádrží, příček atd.),
- olovo a olověné materiály (staré instalace potrubí vodovodu, klempířské prvky atd.),
- neinertní složky (plasty, pryž, sádra, podlahové krytiny, elektroodpad atd.).

Nebezpečné složky SDO musí být oddělovány přímo v místě vzniku (na staveništi). Dále je nutné, aby byly odděleně shromažďovány v určených nádobách (kontejnery) a na vyhrazeném prostoru. Nebezpečné SDO jsou evidovány a následně předány specializované oprávněné společnosti k využití nebo odstranění.

3.2 Stavební a demoliční odpad dle vyhlášky č. 381/2001 Sb. Ministerstva životního prostředí, kterou se stanoví Katalog odpadů

Katalog odpadů harmonizuje rozdělení odpadů v souladu s Evropským katalogem odpadů. Stavební a demoliční odpad je v rámci katalogu odpadů zařazen do skupiny 17 a následujících podskupin:

- 17. Stavební a demoliční odpady (včetně vytěžené zeminy z kontaminovaných míst)
- 17.01 Beton, cihly, tašky a keramika
- 17.02 Dřevo, sklo a plasty
- 17.03 Asfaltové směsi, dehet a výrobky z dehtu
- 17.04 Kovy (včetně jejich slitin)
- 17.05 Zemina (včetně vytěžené zeminy z kontaminovaných míst), kamení a vytěžená hlušina
- 17.06 Izolační materiály a stavební materiály s obsahem azbestu
- 17.08 Stavební materiál na bázi sádry
- 17.09 Jiné stavební a demoliční odpady

Podskupina 17.01 Beton, cihly, tašky a keramika se dále člení na:

- 17.01.01 Beton
- 17.01.02 Cihly
- 17.01.03 Tašky a keramické výrobky
- *17.01.06* Směsi nebo oddělené frakce betonu, cihel, tašek a keramických výrobků obsahující nebezpečné látky*
- 17.01.07 Směsi nebo oddělené frakce betonu, cihel, tašek a keramických výrobků neuvedené pod číslem 17.01.06

Podskupina 17.02 Dřevo, sklo a plasty se dále člení na:

- 17.02.01 Dřevo
- 17.02.02 Sklo
- 17.02.03 Plasty
- *17.02.04* Sklo, plasty a dřevo obsahující nebezpečné látky nebo nebezpečnými látkami znečištěné*

Podskupina 17.03 Asfaltové směsi, dehet a výrobky z dehtu se dále člení na:

- *17.03.01* Asfaltové směsi obsahující dehet*
- 17.03.02 Asfaltové směsi neuvedené pod číslem 17.03.01
- *17.03.03* Uhelný dehet a výrobky z dehtu*

Podskupina 17.04 Kovy (včetně jejich slitin) se dále člení na:

- 17.04.01 Měď, bronz, mosaz
- 17.04.02 Hliník
- 17.04.03 Olovo
- 17.04.04 Zinek
- 17.04.05 Železo a ocel
- 17.04.06 Cín
- 17.04.07 Směsné kovy
- *17.04.09* Kovový odpad znečištěný nebezpečnými látkami*
- *17.04.10* Kabely obsahující ropné látky, uhelný dehet a jiné nebezpečné látky*
- 17.04.11 Kabely neuvedené pod 17.04.10

Podskupina 17.05 Zemina (včetně vytěžené zeminy z kontaminovaných míst), kamení a vytěžená hlušina se dále člení na:

- *17.05.03* Zemina a kamení obsahující nebezpečné látky*
- 17.05.04 Zemina a kamení neuvedené pod číslem 17.05.03
- *17.05.05* Vytěžená hlušina obsahující nebezpečné látky*
- 17.05.06 Vytěžená hlušina neuvedená pod číslem 17.05.05
- *17.05.07* Štěrka ze železničního svršku obsahující nebezpečné látky*
- 17.05.08 Štěrka ze železničního svršku neuvedený pod číslem 17.05.07

Podskupina 17.06 Izolační materiály a stavební materiály s obsahem azbestu se dále člení na:

- *17.06.01* Izolační materiál s obsahem azbestu*
- *17.06.03* Jiné izolační materiály, které jsou nebo obsahují nebezpečné látky*
- 17.06.04 Izolační materiály neuvedené pod čísly 17.06.01 a 17.06.03
- *17.06.05* Stavební materiály obsahující azbest*

Podskupina 17.08 Stavební materiál na bázi sádry se dále člení na:

- *17.08.01* Stavební materiály na bázi sádry znečištěné nebezpečnými látkami*
- 17.08.02 Stavební materiály na bázi sádry neuvedené pod číslem 17.08.01

Podskupina 17.09 Jiné stavební a demoliční odpady se dále člení na:

- *17 09 01* Stavební a demoliční odpady obsahující rtuť*
- *17 09 02* Stavební a demoliční odpady obsahující PCB (např. těsnicí materiály obsahující PCB, podlahoviny na bázi pryskyřic obsahující PCB, utěsněné zasklené dílce obsahující PCB, kondenzátory obsahující PCB)*
- *17 09 03* Jiné stavební a demoliční odpady (včetně směsných stavebních a demoličních odpadů) obsahující nebezpečné látky)*

- 17 09 04 Směsné stavební a demoliční odpady neuvedené pod čísly 17 09 01, 17 09 02 a 17 09 03

3.3 Produkce stavebních a demoličních odpadů v České republice

Evidenční data o produkci vybraných skupin stavebních a demoličních odpadů ze dvou různých evidenčních databází jsou prezentována v tabulce 1 a v tabulce 2. Jak je patrné evidovaná data jsou odlišná, kdy data z Českého statistického úřadu vykazují nižší evidované hodnoty než data z Informačního systému odpadového hospodářství (ISOH) dle České informační agentury životního prostředí (CENIA). Důvodem rozdílů je především odlišná metodika zjišťování. ČSÚ provádí každoroční statistické zjišťování tzv. „rotačním modelem“, kdy jsou zjišťovány údaje pouze u nejvýznamnějších ekonomických subjektů (z hlediska množství produkce odpadů, nakládání s odpady, produkce druhotných surovin, odvětví, v němž podnikají nebo dle počtu zaměstnanců) a zbývající („rotační“) část subjektů je zjišťována jen jednou za tři roky. Pro nezjišťované subjekty jsou hodnoty v daném roce matematicky dopočítávány. Evidenční databáze ISOH poskytuje data, která více reflektují reálný stav, protože se jedná o databázi tvořenou ze skutečné evidence jednotlivých subjektů (původců SDO).

Tabulka 1: Produkce vybraných skupin SDO v České republice v letech 2007-2011 dle databáze ISOH (CENIA)

Skupina odpadu	Název odpadu	Rok	Rok	Rok	Rok	Rok
		2007	2008	2009	2010	2011
		[kt]	[kt]	[kt]	[kt]	[kt]
17 01	Beton, cihly, tašky a keramika	4628	2934	2998	3167	3033
17 01 01	Beton	1815	1224	1132	1163	1127
17 01 02	Cihly	761	861	919	834	776
17 01 03	Tašky a keramické výrobky	12	13	15	18	11
17 01 07	Směsi neuvedené pod č. 17 01 06	1958	793	886	1130	1092
17 03	Asfaltové směsi, dehet a výrobky z dehtu	505	445	516	466	443
17 03 02	Asfaltové směsi neuvedené pod číslem 17 03 01	493	437	513	456	439
17 05	Zemina (včetně vytěžené zeminy z kontaminovaných míst), kamení a vytěžená hlušina	9176	11396	10708	10845	9053
17 05 04	Zemina a kamení neuvedené po č. 17 05 03	8481	10026	9116	8825	8420
17 05 06	Vytěžená hlušina neuvedená pod č. 17 05 05	292	707	1003	1687	306
17 05 08	Štěrka ze železničního svršku neuvedený pod č. 17 05 07	79	175	54	47	60
17 06	Izolační materiály a stavební materiály s obsahem azbestu	96	86	74	111	71
17 08	Stavební materiál na bázi sádry	10	6	7	7	8
17 09	Jiné stavební a demoliční odpady	702	497	580	614	630
17 09 04	Směsné stavební a demoliční odpady neuvedené pod č. 17 09 01, 17 09 02 a 17 09 03	642	449	485	555	585
	CELKEM	15118	15365	14883	15210	13239

Tabulka 2: Produkce vybraných skupin SDO v České republice v letech 2007-2011 dle databáze ČSÚ

Skupina odpadu	Název odpadu	Rok	Rok	Rok	Rok	Rok
		2007	2008	2009	2010	2011
		[kt]	[kt]	[kt]	[kt]	[kt]
17 01	Beton, cihly, tašky a keramika	3007	2128	2139	1656	1819
17 01 01	Beton	1143	897	837	674	818
17 01 02	Cihly	542	612	503	425	400
17 01 03	Tašky a keramické výrobky	9	9	8	7	4
17 01 07	Směsi neuvedené pod č. 17 01 06	1236	553	758	533	567
17 03	Asfaltové směsi, dehet a výrobky z dehtu	473	361	409	360	330
17 03 02	Asfaltové směsi neuvedené pod číslem 17 03 01	469	350	405	355	327
17 05	Zemina (včetně vytěžených zeminy z kontaminovaných míst), kamení a vytěžená hlušina	7120	9256	8135	8317	7341
17 05 04	Zemina a kamení neuvedené po č. 17 05 03	6625	8220	7252	6618	6694
17 05 06	Vytěžená hlušina neuvedená pod č. 17 05 05	203	691	479	1432	336
17 05 08	Štěrka ze železničního svršku neuvedený pod č. 17 05 07	123	87	42	40	61
17 06	Izolační materiály a stavební materiály s obsahem azbestu	74	71	51	60	48
17 08	Stavební materiál na bázi sádry	6	5	4	4	5
17 09	Jiné stavební a demoliční odpady	694	362	433	314	397
17 09 04	Směsné stavební a demoliční odpady neuvedené pod č. 17 09 01, 17 09 02 a 17 09 03	629	323	342	268	360
	CELKEM	11373	12183	11170	10712	9941

3.4 Druhy recyklátů, jejich vlastností a možnosti využití

Cihelný recyklát

Tento druh recyklátu je obvykle produkován ve třech zrnitostních frakcích, a to f 0 až 16 mm, f 16 až 32 mm a f 32 až 80 mm. Cihelný recyklát má nízkou pevnost v tlaku a relativně vysokou nasákavost, a proto se běžně používá především pro násypy a zásypy. Kvalitní cihelné recykláty lze použít jako lehké plnivo pro výrobu monolitického cihlobetonu (lze použít pro lehčené, výplňové, nenosné části konstrukcí stěn i stropů). Drobnější frakce tohoto

recyklátu (zrna ≤ 4 mm) lze použít i pro výrobu maltovin – stavebních směsí (pojivem jsou vzdušná nebo hydraulická vápna a cement; pevnost takových maltovin se pohybuje v rozmezí 1 až 10 MPa), kde tvoří cihelný recyklát plnivo, které zlepšuje tepelně izolační schopnosti materiálu. Další možností je výroba prefabrikovaných výrobků, a to vibrolisovaných tvárnic, stěnových dílců a také nepálených lisovaných cihel plných (rozměry 300/150/100 mm; ze směsi cihelného recyklátu f_0 až 16 mm a cihlářské hlíny, případně i s 10% příměsí portlandského cementu; dosahovaná pevnost v tlaku až 8 MPa) pro méně náročné stavební konstrukce.

Betonový recyklát

Tento druh recyklátu má většinou podstatně lepší fyzikální vlastnosti než cihelný recyklát, a proto má širší využití, a to i v rámci materiálů pro nosné konstrukce. Betonový recyklát se používá především jako součást plniva do betonů. Svými dobrými fyzikálními vlastnostmi je plnohodnotnou náhradou přírodního kameniva. Z hlediska konstrukcí se betonový recyklát dnes používá především pro podkladní vrstvy vozovek stmelých cementem, ochranných vrstev silničních komunikací a pražcového podloží železničních komunikací (jako mechanicky zpevněná vrstva). Betonový recyklát lze s výhodou použít do živých (asfaltobetonových) směsí při výstavbě a opravách vozovek, za předpokladu dodržení technologických postupů předepsaných příslušnými technickými normami (např. ČSN 73 6121 Hutněné asfaltové vrstvy).

Asfaltový recyklát

Asfaltové recykláty jsou vhodné pro opravy i nové vrstvy silničních komunikací. Aplikují se buďto bez přidání nového pojiva (v případě málo zatížených vozovek, pro spodní podkladní vrstvy a pro zpevnění štěrkopískových podsypných vrstev) nebo v rámci technologie výroby za studena (s použitím vhodných emulzí) nebo s přidáním hydraulického pojiva (nejčastěji silničního cementu případně hydraulického vápna). Další možností je kombinace emulze a hydraulického pojiva pro provádění nových stmelých podkladních vrstev, jejichž výsledné technické vlastnosti jsou plně srovnatelné s výslednými vlastnostmi jako směsí typu obalovaného kameniva aplikovaných technologií s tepelnou úpravou (za horka).

3.5 Způsoby hodnocení vlastností recyklátů vyrobených z SDO

Z hlediska hodnocení vlastností recyklátů je nutné vycházet z podmínek stanovených právními předpisy. Vlastnosti těchto materiálů mohou být hodnoceny:

- Jako *upravený odpad* (zde je nutnost s takovým materiálem dále nakládat jako s odpadem a ČR se z tohoto důvodu nepoužívá),

- jako *nestanoveného výrobku*, dle zákona č. 102/2001 Sb. o obecné bezpečnosti výrobků. V tomto případě je možné deklarovat stavebně technické vlastnosti výrobku, např. dle ČSN pro kamenivo, které určují vlastnosti kameniva získaného úpravou přírodního, umělého nebo recyklovaného materiálu a směsí těchto kameniv. Patří sem zejména tyto normy – ČSN EN 12620 Kamenivo do betonu, ČSN EN 13043 Kamenivo pro asfaltové směsi a povrchové vrstvy pozemních komunikací, ČSN EN 13242 Kamenivo pro nestmelené směsi a směsi stmelené hydraulickými pojivy pro inženýrské stavby a pozemní komunikace, ČSN EN 13450 Kamenivo pro kolejové lože. V uvedených normách je *kamenivo* definováno jako „zrnitý materiál používaný ve stavebnictví; kamenivo může být přírodní, umělé nebo recyklované“. *Recyklované kamenivo* je zde definováno jako „kamenivo získané zpracováním anorganického materiálu dříve použitého v konstrukci“.

Posuzování kvality recyklátů pomocí obecně závazných norem a předpisů má zásadní vliv na reálné využití recyklátů ve stavební výrobě. Důsledkem provádění hodnocení kvality recyklátů je jednak jejich širší využívání již ve fázi návrhu stavby, ale rovněž jejich cenové přibližování k cenám přírodních nerostných surovin srovnatelných vlastností. Nárůst cen recyklátů pak vede, jak se již v podmínkách ČR ukázalo, k poklesu cen pro původce stavebních odpadů a tím i k dalšímu snížení jejich snahy, zbavit se stavebního odpadu pololegálním či ilegálním způsobem. V podmínkách ČR dosud nejsou zavedeny (na rozdíl od některých zemí EU) obecně platné technické normy pro jakost recyklátů. Výjimku tvoří pouze některé normy pro stavbu komunikací a OTP pro stavbu železničního svršku a spodku. Konkrétně se jedná o:

- ČSN 73 6121 Hutněné asfaltové vrstvy,
- ČSN 73 6122 Lité asfalty
- ČSN 73 6123 Cementobetonové kryty vozovek
- ČSN 73 6124 Kamenivo stmelené hydraulickým pojivem
- ČSN 73 6125 Stabilizované podklady
- ČSN 73 6126 Nestmelené vrstvy
- OTP ČD Kamenivo pro kolejové lože (platnost od 1. 1. 1996)
- OTP ARSM 01/2001 Recykláty pro výstavbu pozemních komunikací

Všechny výše uvedené předpisy umožňují použít recykláty v některých fázích stavební výroby, musí však být splněny podmínky, že vyhoví kritériím stanoveným pro přírodní nerostné suroviny. Přehled množství produkovaných recyklátů z SDO dle dvou různých evidenčních databází je uveden v následujících tabulkách. Evidovaná množství

produkovaných recyklátů jsou odlišná ze stejných důvodů jako v případě evidence vznikajících SDO.

Tabulka 3: Produkce recyklátů z SDO (způsob využití odpadu R5) v České republice v letech 2007-2011 dle databáze ISOH (CENIA)

Skupina odpadu	Název odpadu	Rok 2007	Rok 2008	Rok 2009	Rok 2010	Rok 2011
		[kt]	[kt]	[kt]	[kt]	[kt]
17 01	Beton, cihly, tašky a keramika	2127	1630	1347	1389	1349
17 01 01	Beton	902	805	583	643	635
17 01 02	Cihly	511	425	439	357	334
17 01 03	Tašky a keramické výrobky	3	4	4	3	4
17 01 07	Směsi neuvedené pod č. 17 01 06	709	396	320	386	376
17 03	Asfaltové směsi, dehet a výrobky z dehtu	394	370	261	285	301
17 03 02	Asfaltové směsi neuvedené pod číslem 17 03 01	394	368	261	285	301
17 05	Zemina (včetně vytěžené zeminy z kontaminovaných míst), kamení a vytěžená hlušina	545	832	797	618	708
17 05 04	Zemina a kamení neuvedené po č. 17 05 03	503	745	791	607	674
17 05 06	Vytěžená hlušina neuvedená pod č. 17 05 05	18	1	3	2	1
17 05 08	Štěrka ze železničního svršku neuvedený pod č. 17 05 07	8	83	3	7	32
17 06	Izolační materiály a stavební materiály s obsahem azbestu	0	0	0	0	0
17 08	Stavební materiál na bázi sádry	1	1	0	1	1
17 09	Jiné stavební a demoliční odpady	83	99	98	182	288
17 09 04	Směsné stavební a demoliční odpady neuvedené pod č. 17 09 01, 17 09 02 a 17 09 03	53	93	98	182	288
	CELKEM	3151	2932	2503	2475	2647

Tabulka 4: Produkce recyklátů z SDO (způsob využití odpadu R1 až R 13) v České republice v letech 2007-2011 dle databáze ČSÚ

Skupina odpadu	Název odpadu	Rok 2007	Rok 2008	Rok 2009	Rok 2010	Rok 2011
		[kt]	[kt]	[kt]	[kt]	[kt]
17 01	Beton, cihly, tašky a keramika	-	403	323	363	363
17 01 01	Beton	-	228	173	126	196
17 01 02	Cihly	-	112	72	86	63
17 01 03	Tašky a keramické výrobky	-	0	0	0	0
17 01 07	Směsi neuvedené pod č. 17 01 06	-	63	78	151	104
17 03	Asfaltové směsi, dehet a výrobky z dehtu	-	78	75	43	26
17 03 02	Asfaltové směsi neuvedené pod číslem 17 03 01	-	78	75	42	26
17 05	Zemina (včetně vytěžené zeminy z kontaminovaných míst), kamení a vytěžená hlušina	-	272	76	118	86
17 05 04	Zemina a kamení neuvedené po č. 17 05 03	-	257	76	115	62
17 05 06	Vytěžená hlušina neuvedená pod č. 17 05 05	-	0	0	0	0
17 05 08	Štěrka ze železničního svršku neuvedený pod č. 17 05 07	-	11	0	3	24
17 06	Izolační materiály a stavební materiály s obsahem azbestu	-	0	0	0	0
17 08	Stavební materiál na bázi sádry	-	0	0	0	0
17 09	Jiné stavební a demoliční odpady	-	8	1	4	18
17 09 04	Směsné stavební a demoliční odpady neuvedené pod č. 17 09 01, 17 09 02 a 17 09 03	-	3	1	4	18
	CELKEM	-	761	476	528	494

3.6 Zásady organizace bouracích a demoličních prací s ohledem na možnost recyklace stavební sutě

Obecně lze konstatovat, že kvalita recyklátů a efektivnost celého procesu recyklace je přímo úměrná způsobu a kvalitě prováděných demoličních prací (důležitá je především úroveň třídění přímo v místě vzniku odpadů). Při přípravě bouracích a demoličních prací je vhodné zvolit takový postup, který umožňuje efektivní a důsledné třídění a v případě dobrých technických vlastností i využití celých stavebních prvků a dílců. Způsob provádění bouracích a demoličních prací do značné míry ovlivňuje možnosti recyklace SDO a jeho další využití, a proto je třeba dodržovat některé zásady, a to především:

- Oddělení kontaminovaných materiálů od nekontaminovaných (nesmí docházet k mísení),
- oddělení cizorodých materiálů od minerálních stavebních sutí určených pro recyklaci. Oddělují se především organické materiály - dřevo a materiály na bázi dřeva; sádkokartonky; minerální látky – maltoviny, kamenivo; plasty; kovy; další zejména nebezpečné odpady – azbestové stavební materiály, lepenky a materiály s obsahem dehtu, materiály opatřené nebezpečnými nátěrovými hmotami atd.).
- rozřídění inertní minerální stavební sutě alespoň na základní druhy (cihelná suť, betonová suť, živičné sutě - kry, výkopová zemina).

Při přípravě bouracích a demoličních prací je častým faktem neexistence původní projektové dokumentace, ze které by byl přímo a jednoduše zjistitelný výskyt nebezpečných stavebních odpadů nebo míst s pravděpodobnou kontaminací stavebního materiálu. Z tohoto důvodu je nutné provádět stavební průzkum se zdokumentováním a zatříděním stavebních materiálů, které se na konkrétní stavbě nacházejí. U některých objektů (zejména pokud měly v minulosti funkci zdravotnického zařízení, průmyslové výroby či skladů) je nutné odebírat i vzorky pro následně chemické analýzy ověřující výskyt nebezpečných látek.

Postupná ruční demontáž stavebních objektů a konstrukcí

Tato technologie provádění se uplatňuje například při postupném odstraňování staré panelové výstavby. Po odstranění střešních a stropních konstrukcí se vnitřní i obvodové panely odstraňují postupně po jednotlivých sekcích. V místech stykování panelů (spojení) se stěny narušují diamantovými řezacími kotouči nebo vrtáky, případně elektropneumatickými kladivy. Speciální mechanizací - hydraulickou soupravou, se panely od sebe oddělí a poté se jeřábem přemístí na místo dočasného uložení, odkud se obvykle převáží na místo dalšího zpracování či využití. Tento způsob demontáže je vhodný v případě předpokládaného dalšího využití nepoškozených panelů. Panely lze využít např. ke zpevnování krytu hlavních polních cest nebo u dočasných účelových cest pro dopravní zpřístupnění stavenišť či dočasné komunikace na skládkách odpadů, dále pro výstavbu jednoduchých, účelových stavebních objektů jako např. silážní jámy, garáže apod. Nevhodné panely (poškozené, degradované) se z místa dočasného uložení odváží k dalšímu zpracování pro výrobu recyklátů.

Postupné ruční bourání jednotlivých stavebních konstrukcí

Jedná se o metodu srovnatelnou s předchozí, ale oproti ní je pracnější a nákladnější, a to především díky vyššímu podílu ruční práce. Pracovními nástroji jsou bourací ruční kladiva, opatřená vyměnitelnými nástroji, kterými se konstrukce rozděluje na drobnější části.

Používají se ruční pneumatická kladiva, kladiva poháněná hydraulickým olejem, kladiva se spalovacím motorem nebo elektropneumatická kladiva.

Strojní mechanické bourání a dělení stavebních konstrukcí

V rámci strojního mechanického bourání a dělení se využívá různých technologií provádění, a to zejména:

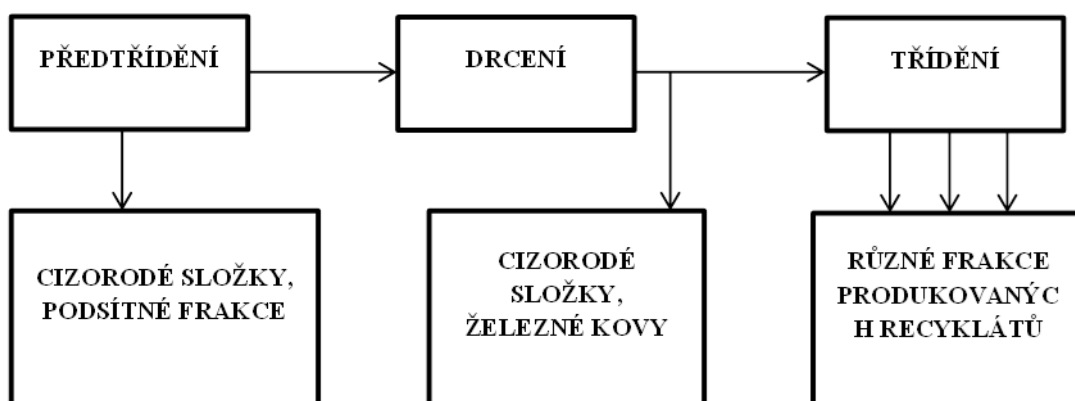
- *Ramenové demoliční výložníky*, což je těžké pásové rypadlo, které je vybaveno dlouhým výložníkem s násadou. Násada je opatřena hydraulicky ovládaným pracovním nástrojem umožňujícím pracovat ve výškách až 36 m. Demoliční výložník umožňuje velký dosah provádění bouracích prací a tím i zajištění bezpečné vzdálenosti od bouraného objektu,
- *gravitační metoda*, kdy na příhradovém výložníku (obvyklé délky 15 až 35 m) je na laně zavěšena těžká bourací litinová koule. Koule švihem naráží na bouranou konstrukci, čímž dochází k silnému dynamickému zatížení a rozrušování konstrukce,
- *strhávací hák*, který je pevně nebo otočně uchycen na konci dlouhého výložníku s násadou a je používán k postupnému strhávání stavebních konstrukcí. Jedná se o postup vyžadující vyšší nároky z hlediska bezpečnosti práce, kdy rypadlo musí být v dostatečné vzdálenosti od demolovaného objektu,
- *bourací a štípací kleště*, které jsou určeny pro bourání a dělení betonových a železobetonových konstrukcí a zdíva obsahujícího ocelové pruty, ocelové nosníky nebo ocelová potrubí,
- *vylamovací a drticí čelisti*, které se používají pro vylamování betonových nebo železobetonových konstrukcí. Jedná se např. o betonové kryty komunikací, železobetonové průmyslové podlahy, železobetonové nosníky a zdivo. Toto zařízení lze použít i k drcení rozměrných betonových nebo cihelných kusů před jejich dalším zpracováním,
- *stříhací nůžkové čelisti* jsou určeny pro dělení především kovových a dřevěných částí konstrukcí přímo na místě demolice. Rozlišujeme nůžkové čelisti uzpůsobené pro stříhání kovových materiálů a nůžkové čelisti na dřevěné materiály,
- *nesená hydraulická bourací kladiva*, která jsou tvořena pracovním zařízením zavěšeným na násadě hydraulického rypadla. Pohon zařízení je prostřednictvím hydraulické tlakové kapaliny z rypadla, která uděluje pohyblivému vnitřnímu pístu dynamickou sílu, vytvářející na nástroji velkou nárazovou energii, díky níž je nástroj schopen rozrušit i nejtvrďší stavební materiály. Výkonnost tohoto zařízení musí být vždy v souladu s odpovídající hmotností rypadla (statické vlastnosti) a jeho schopností

dodávat potřebné množství vysokotlaké kapaliny pro pohon. Nejmodernější kladiva mají sníženou úroveň hluchosti, automatické mazání a utěsnění kladiva proti průniku prachu a nečistot,

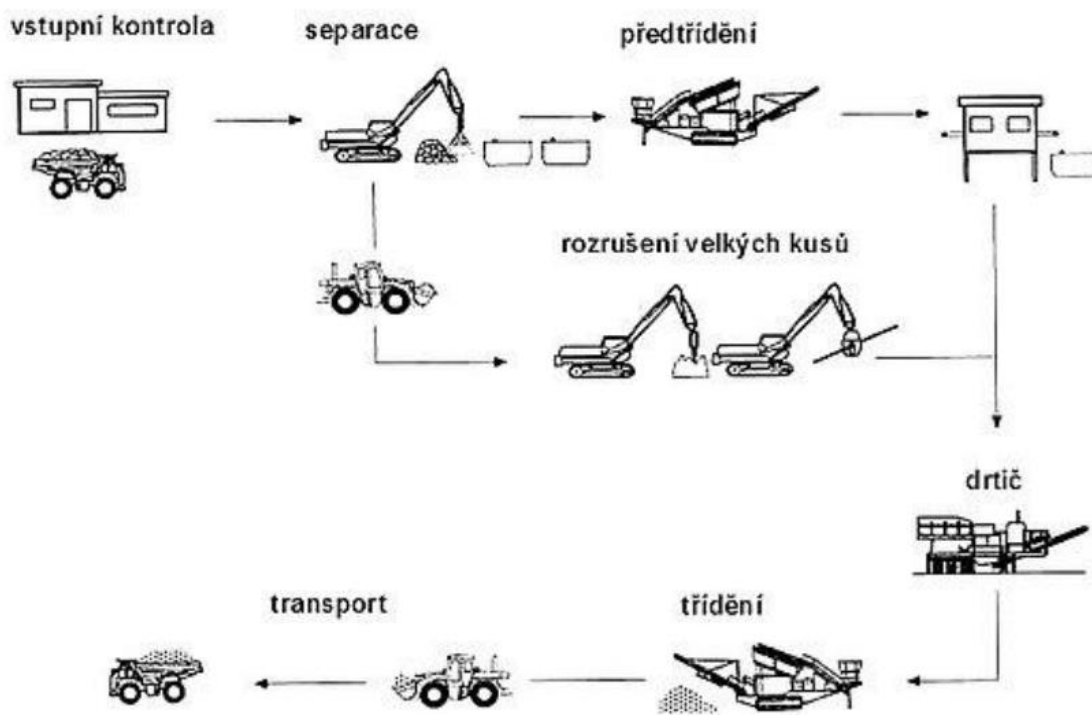
- *rozpínací soupravy pro hydraulické dělení velkých a hmotných celků* se skládají z pojízdného nebo přenosného vysokotlakého hydrogenerátoru a rozpínacího přístroje, obsahujícího klínový rozpínací trn. Zařízení se používá tak, že se nejprve do bouraného kusu vyvrtají otvory (\varnothing 21 až 50 mm a hloubka 95 až 320 mm). Do předvrtaných otvorů se vloží přístroj s tlakovou objímkou s vysouvatelným klínem, ovládaným pístem. Působením tlakového oleje z hydrogenerátoru zasouvá píst klín do objímky, která se následně velkou silou v předvrtaném otvoru rozpíná. Tímto procesem dochází k tvorbě silného namáhání stěn bouraného bloku, který se roztrhne a vytvoří lomovou štěrbinu. Lze použít i několik současně pracujících souprav.

3.7 Technologie pro úpravu a recyklaci stavebních a demoličních odpadů

Stavební a demoliční odpady je třeba před jejich dalším použitím nejprve vytrídít a upravit. Třídící zařízení musí oddělit materiál vhodný k dalšímu použití od nevhodných materiálů. Pro vhodný způsob třídění jsou rozhodujícími kritérii především hustota látek, chování při odvalování a magnetické vlastnosti. Stavební odpad by měl být pokud možno tříděn již v místě vzniku, protože je to technologicky jednodušší a výrazně zvyšující kvalitu recyklátu. Primárně by měly být odděleny kontaminované materiály od nekontaminovaných. Dále by měly být odděleny cizorodé složky (především dřevo a materiály na bázi dřeva, papír, sádkokarton, asfaltové lepenky, plasty, kovy) od minerální suť. Minerální suť by měla být oddělena na jednotlivé složky (beton a železobeton; cihelné zdivo; keramika – pokud zůstává součástí cihelného zdiva, tak snižuje kvalitu produkovaného recyklátu; asfaltové úlomky; zemina a kamenivo; ostatní stavební odpad nevhodný k recyklaci). Dále jsou z přiváženého SDO pomocí rypadla odstraňovány rozměrné kusy, které jsou následně rozdraceny na velikost přípustnou pro zpracování v recyklačních soupravách.



Obrázek 4: Příklad technologické návaznosti typického zařízení pro recyklaci SDO



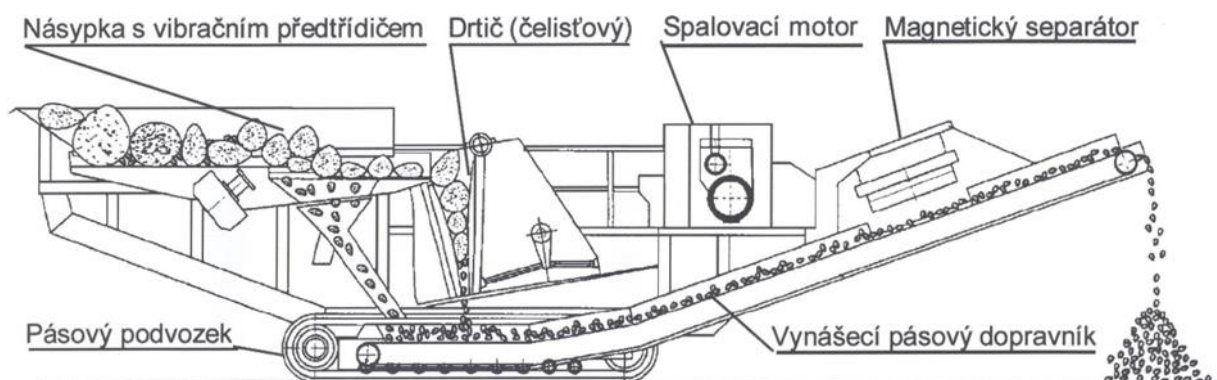
Obrázek 5: Schéma technologického procesu linky pro recyklaci SDO

Technologické recyklační soupravy na SDO

Jedná se o sestavu strojů a strojního zařízení, určenou pro úpravu a částečné roztřídění stavebního a demoličního odpadu pro následné přímé použití, případně pro další zpracování. Základní funkční uspořádání soupravy – přijímací násypka na odpad, odkud je materiál veden přes sítový rošt, kde dojde k propadu jemných částic (písek, hlína) na příčný pásový

dopravník, kterým je tento materiál dopraven mimo soupravu na skladovací plochu. Velkozrnny materiál postupuje do drtiče (rotační, odrazový, kuželový nebo čelistový), kde je podrcen a následně je přemístěn dopravníkem přes magnetický odlučovač kovů na haldovací dopravník. V současné době převažují v ČR *mobilní soupravy* (cca 80 souprav), které dále rozdělujeme na:

- *recyklační soupravy na pásovém podvozku*, u kterých prochází materiál z násypné jímky přes hřeblový podavač, ze kterého propadají jemné podsítné frakce (písek, hlína) na příčný dopravník. Hrubozrnny materiál je veden do čelistového drtiče s regulovatelným výstupem zrn na haldovací dopravník. Tyto soupravy jsou samohybné, všechny funkční části jsou integrovány, pohon celé soupravy zajišťuje spalovací motor, hodinová zpracovatelská výkonnost souprav se pohybuje v rozmezí cca 50 až 150 t,

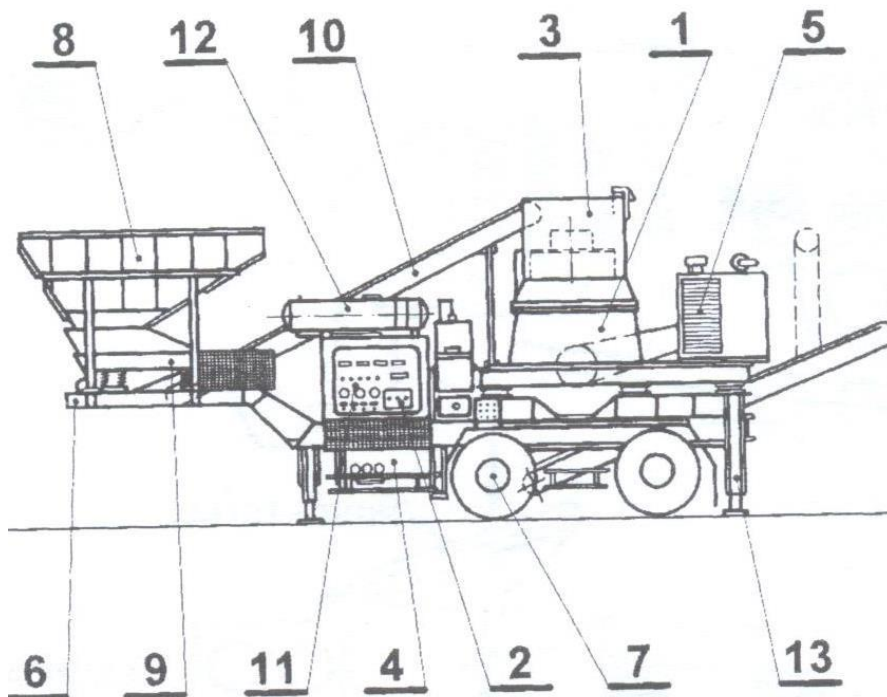


Obrázek 6: Příklad uspořádání mobilního drtiče na pásovém podvozku

- *recyklační soupravy na semimobilním kolovém podvozku*, obsahující z důvodu velké výšky zásobníku na materiál šikmý podavač, který z nízkého pomocného zásobníku plní hlavní zásobník soupravy. Hlavní strojní částí soupravy je drtič (čelistový nebo odrazový), jehož technické parametry definují výkonnost a použitelnost soupravy. Čelistové drtiče jsou vhodné pro drcení měkkých a středně tvrdých hornin a je u nich riziko ucpávání měkkými zrny. Odrazové drtiče jsou univerzálnější a jsou určeny pro drcení měkkých i tvrdých materiálů všeho druhu. Výhodou odrazového drtiče je, že nedochází k ucpávání měkkými zrny. Sledovanými technickými parametry je výkon hnacího motoru, velikost ústí drtiče a světlost otvoru, kterým materiál prochází do drtiče. Výkonnost drtiče se udává v množství rozdrčeného materiálu [t/h]. Výkonnost u tohoto druhu souprav se pohybuje v rozmezí cca >70 až 250 t/h. Pohon soupravy zajišťuje buďto vznětový motor nebo elektromotor s převodovkou, který současně

pohání alternátor nebo hydrogenerátor, zajišťující pohon a ovládání vibračních podavačů, třídičů, dopravníků nebo magnetických odlučovačů oceli,

- *recyklační soupravy na kolovém podvozku s kuželovým drtičem*, které jsou určeny především velmi tvrdých, abrazivních nelepivých materiálů a hornin, jako např. žula nebo čedič. Souprava obsahuje kuželový drtič, poháněný vznětovým motorem o výkonu 136 kW, který zároveň pohání generátor elektrického proudu o výkonu 60 kW. Souprava bývá vybavena automatickým systémem řízení a kontroly, který obsluhu informuje o aktuálních provozních charakteristikách zařízení. Celková hmotnost soupravy je 22,2 t, maximální velikost zpracovávaného zrna u těchto souprav je 120 mm, objem násypného zásobníku je 6,1 m³, velikost výstupní štěrbinu drtiče je v rozmezí 6 až 35 mm, výkonnost soupravy je 32 až 175 t/h.



Obrázek 7: Příklad uspořádání mobilní recyklační soupravy na kolovém podvozku (1 – kuželový drtič, 2 – panel systému řízení, 3 – zásobník materiálu u drtiče, 4 – hydraulické zařízení ovládání velikosti výstupní štěrbinu drtiče, 5 – spalovací motor, 6 – rám návěsu, 7 – dvouosý podvozek, 8 – zásobník zpracovávaného materiálu, 9 – vibrační podavač, 10 – pásový dopravník, 11 – ovládací panel, 12 – skrápěcí zařízení, 13 – hydraulicky ovládané podpěry)

Obecnou charakteristikou mobilních a semimobilních strojních souprav je, že drtiče a třídiče tvoří samostatné provozní jednotky a do technologické linky se sestavují až na místě nasazení. Mobilní soupravy jsou určeny pro nasazení přímo na místě stavby a používají se zejména při stavbě dopravních komunikací a objektů, při odstraňování starých průmyslových komplexů apod. Jednotlivé technologické části soupravy jsou mobilní a umístění soupravy je velmi

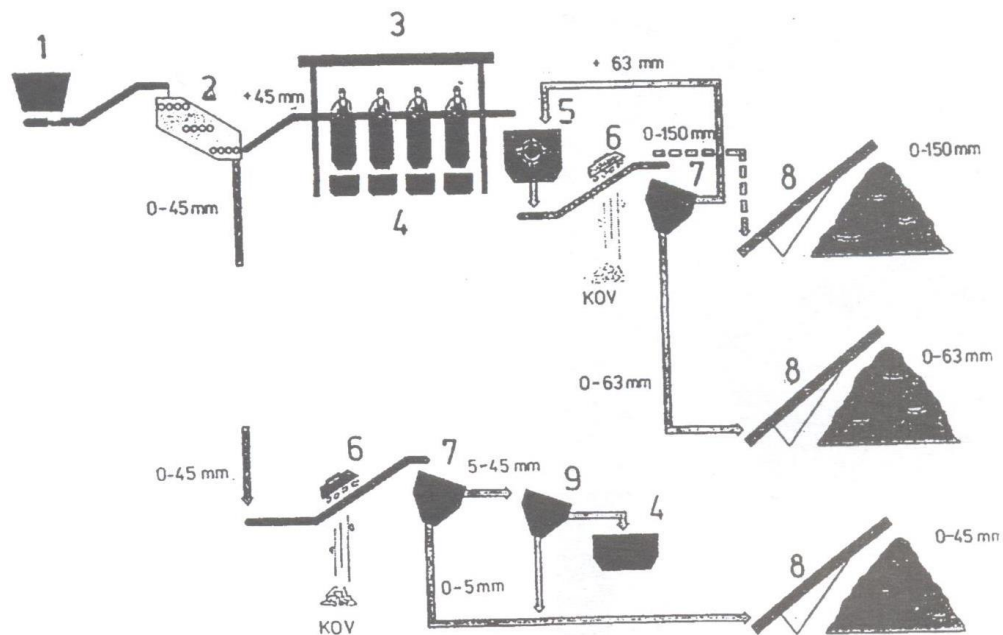
variabilní (s ohledem na optimální dostupnost pro mechanizaci i dopad na životní prostředí). Výhodou mobilních souprav je především jejich pohyblivost, operativnost a nezávislost na přísunu zpracovávaného materiálu ze zájmového území. Tyto soupravy lze po komunikacích přepravovat i na značné vzdálenosti do území s aktuální potřebou takového zařízení. Nevýhodou mobilních souprav jsou vyšší provozní náklady (doprava soupravy na místo, montáž apod.), omezený sortiment produkovaných materiálů (frakcí recyklátů), ztížená kontrola zpracovávaného SDO, časté problémy s ohledem na emise hluku, prachu a exhalátů do okolního životního prostředí. Rentabilita provozu mobilních souprav je do značné míry ovlivněna mírou jejich provozního vytížení.

Dalším druhem jsou *stacionární soupravy* (v současnosti jsou v ČR pouze 2). Tato technologická zařízení lze rozdělit na:

- *stacionární recyklační soupravy o výkonnosti >100 až 400 t/h*, což jsou komplexní strojní zařízení, jejichž technické uspořádání je individuální a závisí na druhu zpracovávaného materiálu, technologii třídění případně i čištění (praní) materiálu a požadovaných vlastnostech (kvalitě) recyklátu. U této skupiny recyklačních souprav dále rozlišujeme *jednoduché stacionární recyklační soupravy*, které se skládají z primárního drtiče, který materiál drtí nahrubo. Poté je magnetem oddělena ocel a nadsítná frakce zpracovávaného materiálu postupuje do sekundárního drtiče, který materiál nadrtí na výsledné velikostní frakce. Podsítné frakce z třídiče jsou dopravníkem transportovány na haldu,
- *stacionární recyklační soupravy o výkonnosti >100 až 400 t/h - se suchým způsobem recyklace a tříděním na několik frakcí*. Z hlediska rentability je nutné, aby tento typ soupravy zpracoval cca 70 000 až 100 000 t materiálu za rok. Tyto soupravy produkují obvykle tři frakce recyklátu (f 0 až 45 mm pro výrobu betonu, f 0 až 63 mm pro stabilizační vrstvy dopravních staveb, 0 až 150 mm pro podkladní vrstvy liniových staveb). Funkční uspořádání soupravy o výkonnosti 50 až 300 t/h se skládá z přejímacího zásobníku materiálu, pod nímž je umístěn rošt pro oddělení podsítných frakcí (hlína, písek). Z roštu je materiál veden do diskového třídiče, kde je materiál rozdělen na dva proudy. Materiál o velikosti zrno do 45 mm propadá třídičem a následně je veden přes magnetický separátor na síto. Jemná zrna o velikosti 0 až 5 mm propadávají sítím a dostávají se na dopravník separátoru, kde dochází k oddělení nevhodných látek (zejména částice dřeva, papíru a plastů), které jsou plněny do kontejneru. Materiál zbavený příměsí postupuje na dopravní pás a je transportován na haldu. Jemný materiál se zrny o velikosti do 5 mm tvoří buďto samostatnou frakci

nebo je součástí frakce se zrna do velikosti 45 mm. Druhý proud z třídiče tvoří hrubý materiál se zrna o velikosti nad 45 mm, který obsahuje větší množství nežádoucích příměsí, a proto je veden na třídicí pásový dopravník délky cca 8 m, umístěný v krytém prostoru pro pracovníky (4 pracovníci z každé strany pásu). Pracovníci odstraňují z pásu ručně nevhodné materiály do kontejneru. Po vytrídění postupuje materiál do odrazového drtiče, ze kterého je veden dopravníkem pod magnetickým separátorem, na kterém jsou odděleny poslední zbytky příměsí kovových materiálů. Pokud je produkována frakce hrubého recyklátu se zrna o velikosti do 150 mm, pak je materiál za magnetickým separátorem vyveden dopravníkem na haldu. Pokud má být produkován recyklát frakce 0 až 63 mm, pak je materiál za magnetickým separátorem veden na síto, odkud je podsítná frakce transportována dopravníkem na haldu a nadsítná frakce se zrna o velikosti nad 63 mm se vrací zpět do drtiče k dalšímu drcení,

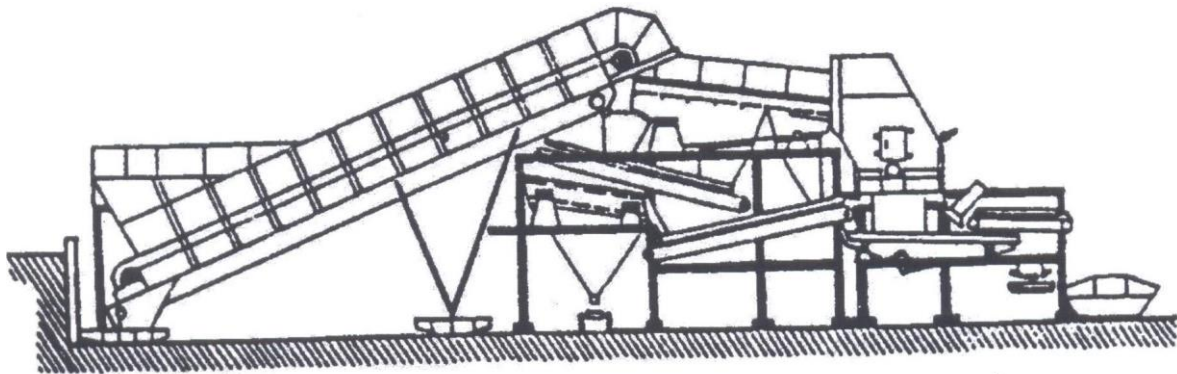
- *stacionární recyklační soupravy o výkonnosti >100 až 400 t/h – kombinované pro suché a mokré třídění.* Používají se v případech, kdy jsou vysoké nároky na čistotu a přesnost třídění recyklátu (zejména u nejjemnějších frakcí). Tyto soupravy zajišťují drcení, třídění, praní materiálu a produkují frakce 0 až 2 mm, 2 až 8 mm, 8 až 16 mm a 16 až 32 mm. Souprava obsahuje přejímací zásobník materiálu, odkud materiál prochází podavačem na předsíto, na kterém jsou odděleny nežádoucí jemné složky (hlína, písek), dále dopravník a síto, kde je oddělena nevhodná podsítná frakce a nadsítná frakce se dopravníkem vrací do procesu drcení. Primární drcení nadsítné frakce probíhá v čelistovém drtiči, odkud je materiál veden pod magnetický separátor, který oddělí kovové materiály do kontejneru. Magneticky separovaný materiál dále propadá do síťového třídiče, ze kterého podsítná frakce propadá na dopravník a nadsítná frakce je vedena do sekundárního odrazového drtiče. Odtud materiál postupuje do dalšího síťového třídiče a nadsítný materiál jde do mokrého pracího zařízení, kde dojde proudem vody k proprání materiálu a vyplavení všech přimíslených nežádoucích látek (např. částice papíru, dřeva, plastů apod.). Po vyprání je materiál veden na další síta, kde je provedeno roztřídění na finální frakce.



Obrázek 8: Schéma stacionární recyklační soupravy (1 – rošt, 2 – diskový třídič, 3 – dopravník pro ruční dotřídění, 4 – kontejner na vyříděné příměsi, 5 – odrazový drtič, 6 – magnetický separátor, 7 – síto, 8 – haldovací dopravník, 9 – separátor nežádoucích příměsí)

Stacionární recyklační soupravy jsou trvalá technologická zařízení, umístěná ve vhodných lokalitách (např. uzavřené lomy, těžební jámy zrušených cihelen apod.), ve kterých se zajišťen nižší negativní dopad na životní prostředí. Oproti mobilním nebo semimobilním soupravám mají výhodu ve vyšší zpracovatelské výkonnosti, díky které jsou tyto linky schopny zpracovat větší množství SDO, zajistit nižší úroveň nežádoucích příměsí a tím i vysokou kvalitu produkovaných recyklátů. Z hlediska rentability provozu stacionárních zařízení je nutné zajistit dostatečný a trvalý přísun zpracovávaných stavebních a demoličních odpadů, včetně dostatečných skladovacích ploch pro zásobu přiváženého materiálu. Vysoká cena dopravy SDO na stacionární technologické linky i distribuci recyklátu z linky značně zvyšuje provozní náklady těchto zařízení, z tohoto důvodu se tato zařízení budují obvykle pouze v rámci velkých aglomerací. Z hlediska ochrany životního prostředí jsou tato zařízení vybavována filtry prachových částic, tlumiči hluku zakrytovaním a prováděním zvukově izolačních konstrukcí i protihlukových valů. Vzhledem k tomu, že technologie čištění je obvykle mokrou cestou a také z důvodu snížení prašnosti je nutné materiál i komunikace průběžně zvlhčovat (zkrápnění materiálu na dočasných deponiích, v zásobníku drtiče i mlžení dopravních komunikací s pojezdem mechanizace), tak musí být zajištěn i dostatečně vydatný zdroj podzemní či povrchové užitkové vody. U zařízení s mokrou procesem je technologická voda recyklována a vrací se zpět do technologického procesu. S ohledem na šíření emisí do okolí je, při umístování těchto zařízení, nutné zohlednit i směr převládajících větrů, vzdálenost od

obytné zástavby, terénní podmínky a zeleň v okolí. Stacionární technologické soupravy musí obsahovat i objekty (prostory nebo plochy) a zařízení pro uskladnění - kovů a dalších příměsí, nerecyklovatelných odpadů, nebezpečných odpadů. Dále jsou nutné zařízení a nádrže (sedimentační, cirkulační, skladovací) pro recyklaci technologické vody a zpracování a skladování kalů z čištění vod. Nezbytné je i zařízení k zajištění podmínek hygieny a bezpečnosti a ochrany zdraví při práci (sociální zařízení, šatny, umývárny apod.).



Obrázek 9: Schéma příkladu uspořádání stacionární soupravy pro recyklaci SDO

3.8 Hlavní pracovní operace a části strojních zařízení pro stavební a demoliční odpad

Mezi hlavní technologické procesy úpravy a recyklace SDO patří drcení a třídění. Strojní zařízení pro tyto technologické operace jsou obvykle sestaveny v rámci jedné technologické linky, použití samostatných drtičů nebo třídičů je výjimečné. Drtiče patří mezi investičně i provozně (opotřebení) nejnáročnější zařízení technologické linky, čímž do značné míry ovlivňují rentabilitu provozu celé linky.

Drcení a drtiče

Drcení patří mezi nejdůležitější úkony úpravy SDO. Drcení lze definovat jako převedení látky do stavu požadované zrnitosti. Volbu vhodného drtičího zařízení ovlivňují zejména fyzikální vlastnosti drceného materiálu, účel použití produkovaného recyklátu a jeho požadované vlastnosti. Drtiče tvoří jádro recyklačních souprav, zásadním způsobem ovlivňují kvalitu produkovaného recyklátu a na jejich výkonnosti závisí výkonnost celé soupravy. Technologické linky jsou nejčastěji vybaveny buďto čelistovým drtičem (statickým) nebo odrazovým drtičem (dynamickým).

Drtiče rozlišujeme dle konstrukce rotoru na:

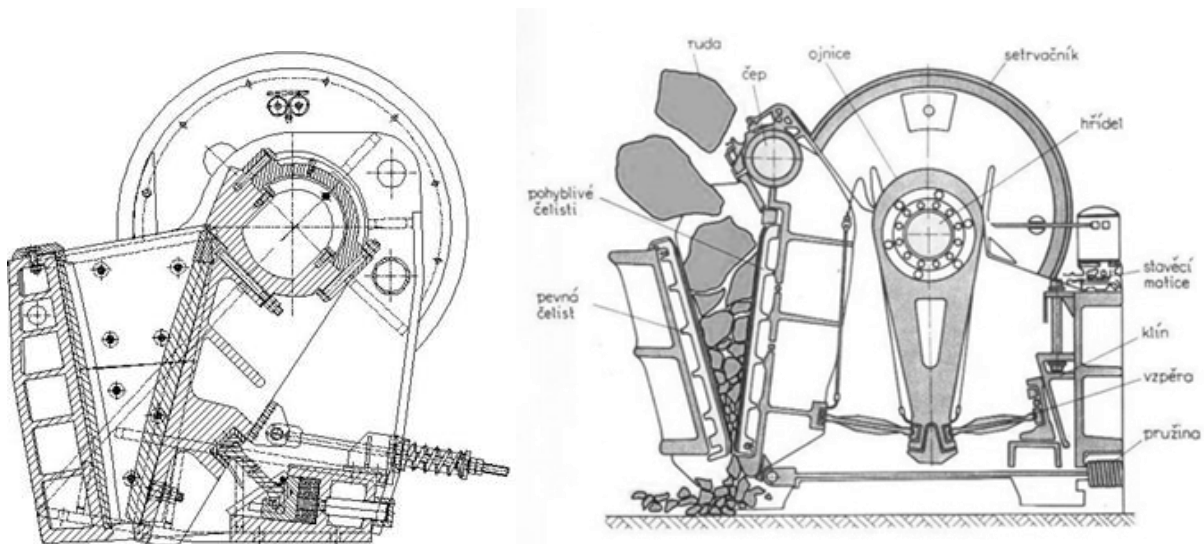
- horizontální,
- vertikální.

Drtiče rozlišujeme dle umístění na:

- mobilní,
- stacionární.

Drtiče rozlišujeme dle druhu na:

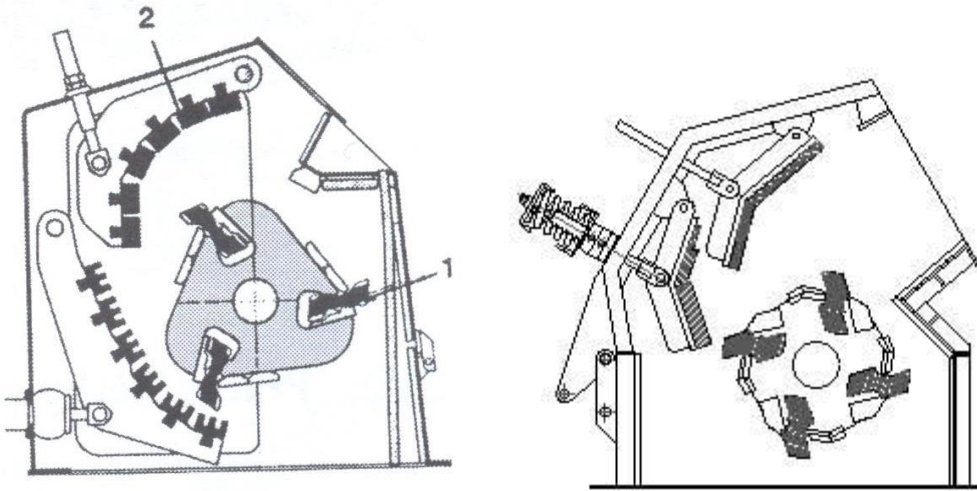
- *čelistové drtiče* (podle uspořádání mohou být jednovzpěrné a dvouzpěrné). Funkce tohoto typu drtiče spočívá v drcení materiálu pomocí dvou čelistí (z tvrdé, manganové oceli, opatřeny rýhováním). Jedna čelist je pevná, druhá se cyklicky přibližuje a oddaluje. Čelistové drtiče jsou vhodné k hrubému drcení nelepivých, tvrdých materiálů s pevností v tlaku do 400 MPa. Pokud je v tomto drtiči drcen lepkavý materiál (např. asfaltové kry v letním období), pak dochází k poruchám (ucpávání). Jejich výhodou je optimální tvar vstupního otvoru, umožňující zpracovávat i poměrně velké kusy materiálu,



Obrázek 10: Příklady uspořádání čelistového drtiče

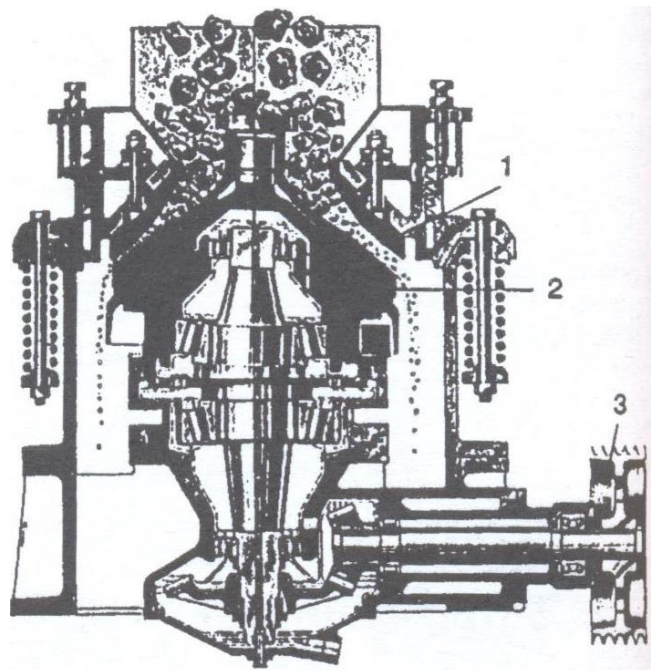
Obrázek 10 *odrazové drtiče* mají na rotoru upevněny tuhé odrazové lišty, které při otáčení (obvodová rychlost 25 až 70 m/s) vrhají materiál na nárazové desky. Opakujícími se nárazy zrn o desky i sebe sama se materiál drtí a prochází nastavitelnou šterbinou, umístěnou mezi lištami rotoru a výstupní nárazovou deskou. Změnou otáček rotoru a počtu a polohy odrazových desek lze drtič přizpůsobit vlastnostem drceného materiálu. Odrazový drtič je oproti čelistovému výhodnější z hlediska možnosti dobré regulace míry podrcení materiálu a podrcená zrna mají vyšší kvalitu (produkt je stejnorodý, s minimálním výskytem nedostatečně rozdrcených zrn a malým podílem jemných frakcí). Při tomto způsobu drcení dochází k rozdrobení materiálu působením menší síly. Tyto drtiče jsou vhodné pro drcení středně

tvrdých materiálů. Nevýhodou odrazových drtičů bývá vyšší hlučnost, prašnost a provozní náklady,



Obrázek 11: Příklady uspořádání odrazového drtiče (1 – tuhé lišty na rotoru, 2 – nárazové desky)

- *kuželové drtiče*, drticí prostor se nachází mezi pláští dvou kuželů (vnější plášť má svislou osu, vnitřní plášť má osu skloněnou o 2 až 5° od svislice). Mohou být v provedení se závěsným kuželem – tzv. *ostroúhlé* (produkují drcená tvarově ostrohranná zrna méně vhodná do betonů) nebo s podepřeným kuželem – tzv. *tupoúhlé* (typ Symons, která produkují drcená tvarově vhodná zrna do betonů),



Obrázek 12: Příklad uspořádání kuželového drtiče (1 – pevná čelist, 2 – kuželová pohyblivá čelist, 3 – hnací mechanismus)

- *kladivové drtiče*, které mají na vodorovném rotoru výkyvně upevněná kladiva, která při otáčení drtí kusy materiálu ležícího na povrchu válcové dutiny skříně. Drcení je intenzifikováno vrháním částic odstředivou silou na pancéřové desky skříně a narážení částic do sebe. Drcení probíhá tak dlouho, dokud zrna nepropadnou roštem na dně drtiče.

Pokud je využito dvoustupňové drcení odpadu s předdrcením, pak dochází ke snížení opotřebení drtiče, zařízení vyrábí přesnější rozsah zrnitosti recyklátů a obvykle je dosahováno i vyšší zpracovatelské výkonnosti zařízení. Součástí drtiče je obvykle systém řízení s dálkovým ovládním, magnetický separátor, skrápěcí zařízení atd. Z hlediska mobility drtičů je v průběhu času patrný postupný příklon ke konstrukčnímu řešení s pásovými podvozky, zastoupení ostatních typů (např. návěsy, kolové přívěsy) je méně časté. Průměrná hodnota čisté pracovní doby mezi přesuny mobilní linky z jednoho stanoviště na druhé je cca 80 až 200 hodin.

Třídění a třídiče

Dalším pracovní operací zpracování SDO je třídění. Jedná se o rozdělení látky o různé velikosti zrna na požadované zrnitostní třídy (frakce). Třídiče jsou určeny k třídění materiálu ze zrnitostně různorodé směsi na skupiny velikostně normalizovaných zrn – tzv. frakce. Technologické linky bývají nejčastěji vybaveny vibračním třídičem. Podle způsobu třídění rozlišujeme:

- *Třídění na nepohyblivém roštu nebo sítu* (suché nebo mokré),
- *třídění na pohyblivém roštu nebo sítu* (suché nebo mokré),
- *třídění hydraulické* (tzv. vodní, bezsítové - kdy k oddělování částic dochází ve vodním prostředí, a to na základě různých pádových rychlostí jednotlivých zrn o velikosti do 1 mm),
- *třídění pneumatické* (tzv. vzdušné, bezsítové – kdy k oddělování částic dochází působením proudu vzduchu, a to na základě, opět na základě různých pádových rychlostí zrn o velikosti do 0,5 mm).

Podle velikosti zrn finálního produktu třídění rozlišujeme:

- *Kusové třídění* (oddělování zrn o velikosti 80 až 200 mm),
- *hrubé třídění* (oddělování zrn o velikosti 25 až 80 mm),
- *jemné třídění* (oddělování zrn o velikosti 10 až 25 mm),
- *jemné prosévání* (oddělování zrn o velikosti 1 až 10 mm),
- *velmi jemné třídění* (oddělování zrn o velikosti 0 až 1 mm).

Podle zařazení v strojní technologické lince rozlišujeme:

- *Třídění před drcením,*
- *třídění mezi drcením a po drcení,*
- *třídění před mletím a při mletí,*
- *třídění po mletí a konečné třídění.*

Podle provedení třídičů rozlišujeme:

- *Třídiče mechanické pevné,*
- *třídiče mechanické pohyblivé,*
- *třídiče hydraulické,*
- *třídiče pneumatické.*

Mechanické třídiče lze dále rozdělit podle velikosti tříděného materiálu na:

- *Roštové třídiče* (určené pro velmi hrubé až hrubé třídění),
- *sítové třídiče* (určené pro střední, jemné a velmi jemné třídění a prosévání),

a dle druhu a konstrukčního uspořádání rozlišujeme mechanické třídiče:

- *Roštové třídiče pevné a pohyblivé,*
- *rotační třídiče,*
- *plošné třídiče.*

Třídící systémy lze dle mechanismu třídění rozdělit na:

- *Třídění na pohyblivých roštech* (velmi hrubé a hrubé třídění),
- *třídění rotací* (velmi hrubé až střední třídění),
- *třídění vrhem* (nejčastěji používaný způsob pro hrubé až jemné třídění i prosévání, s otvory sít o velikosti 0,5 až 200 mm),
- *třídění plošným pohybem* (jemné až velmi jemné třídění a prosévání. Pohyb probíhá harmonickými kmity v rovině síta. Třídí se zrna do velikosti 0,5 mm, nejčastěji za mokra),

Třídící plochy lze rozdělit na:

- *Roštnice* (nejčastěji tyčové),
- *síta* (plechová, pryžová nebo drátěná – svařovaná, lisovaná, pletená, harfová).

Vibrační třídiče

Jedná se o nejčastější způsob konstrukčního řešení třídiče, kdy má třídící plocha vložený dynamický budič a výsledkem jeho působení je vynucený pohyb (kruhový nebo eliptický) a vibrace pletiva samotného síta, což zvyšuje účinnost třídění a umožňuje kratší délku sítové plochy. Při třídění podrceného SDO se nejčastěji využívá vibračních třídičů s paralelním uspořádáním sít. Jedná se o ocelové sítové skříně, které jsou uloženy nebo zavěšeny na

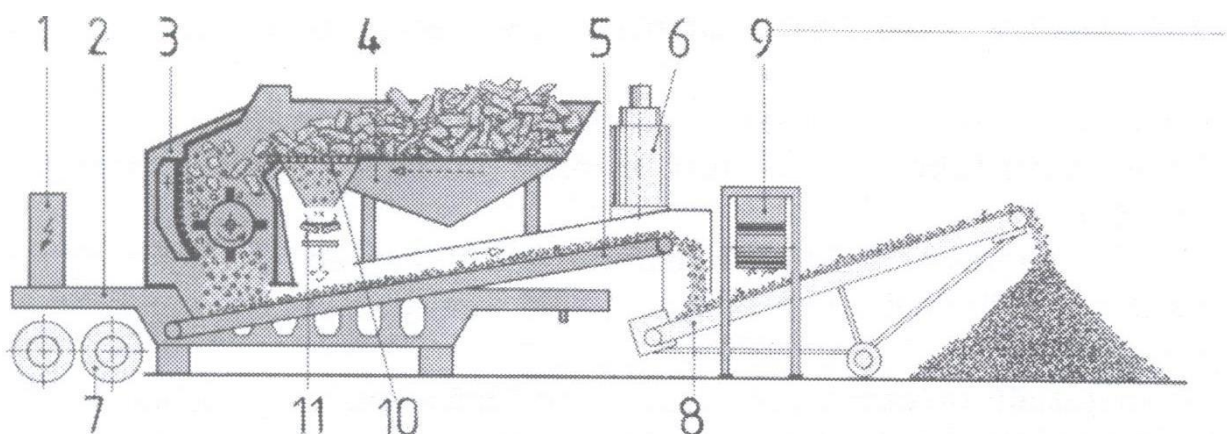
pružinách a vybavené budičem vibrací. Budič působící na síťovou skříň je obvykle excentr, nerovnoměrné rozložení hmot setrvačnicku nebo elektromagnet. Síta vibračních třídíčů umožňují variabilní nastavení jejich sklonu, a to v rozmezí 30 až 40°.

Separátory nežádoucích příměsí

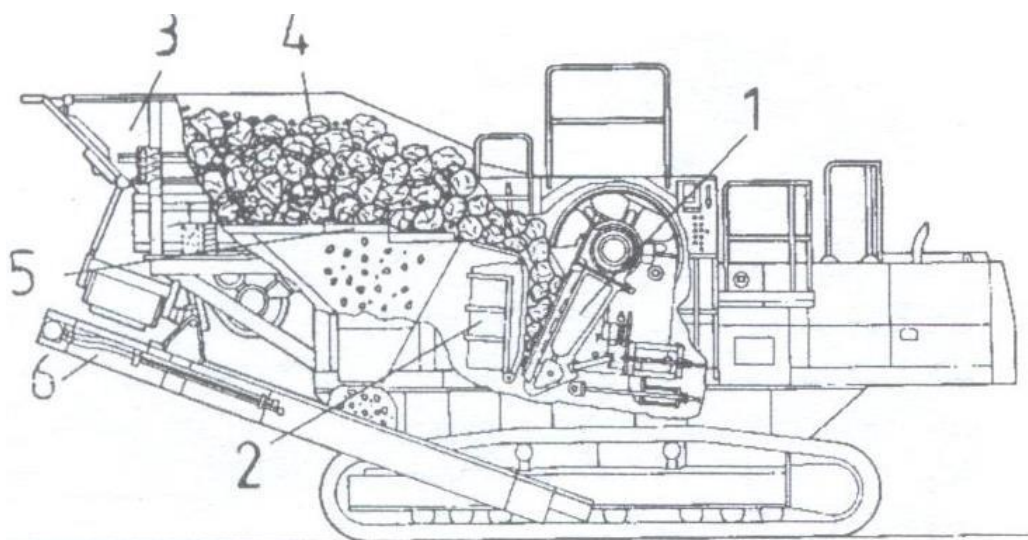
Jedná se o strojní zařízení, které bývá zařazeno v technologických recyklačních linkách SDO z důvodu zajištění vyšší kvality vyráběného recyklátu. Proces separace může probíhat suchým způsobem nebo mokrým způsobem. Suchý způsob separace se vyskytuje častěji především z důvodů nižších provozních nákladů (není třeba řešit zajištění vodního zdroje, vodní a kalové hospodářství). V technologických linkách se dnes uplatňuje především vzduchový protiproudý separátor. Třídícím médiem je zde vzduch, který unáší částice nežádoucích příměsí mimo proud recyklátu. Mokrý způsob separace je reprezentován technologiemi jako např. aquamator, bubnový separátor, šnekový separátor, sedimentační separátor. U mokrého způsobu separace je třídícím médiem voda a je často uplatňován principi, kdy jsou částice nežádoucích příměsí o nižší hustotě než voda vynášeny na hladinu. Výhodou mokrého způsobu separace je snížení prašnosti, vysoká účinnost odstranění nežádoucích příměsí lehkých materiálů (až 100%) a dosahování vyšší kvality produkovaného recyklátu (odplavení prachových částic).

Typické řešení technologické linky pro úpravu a recyklaci SDO

- jednostupňový drtič s předtřídíčem,
- dvousítný nebo třísítný vibrační třídíč,
- mobilní provedení soupravy, nejčastěji na pásovém podvozku.



Obrázek 13: Příklad typického uspořádání jednoduché recyklační soupravy pro zpracování SDO (1 – energetický zdroj, 2 – rámový podvozek, 3 – odrazový nebo čelistový drtič, 4 – zásobník zpracovávaného materiálu, 5 – pásový dopravník, 6 – odprašovací zařízení, 7 – pojezdová kola, 8 – haldovací dopravník, 9 – magnetický separátor, 10 – síťový rošt, 11 – příčný pásový dopravník pro nežádoucí příměši hlín a písků)



Obrázek 14: Příklad mobilní pásové recyklační soupravy KOMATSU pro zpracování SDO (1 – pohyblivá čelist drtiče, 2 – pevná čelist drtiče, 3 – zásobník materiálu, 4 – zpracovávaný materiál, 5 – síťový rošt, 6 – magnetický separátor a dopravní pás)

4. ELEKTROODPAD

Současná lidská společnost využívá čím dál větší množství a spektrum elektronických přístrojů. Elektronika postupně stárne a je vyřazována z provozů, čímž vzniká vzrůstající množství elektroodpadu. Elektroodpad je odpad z elektrických a elektronických zařízení (průmyslová, strojní a přístrojová technika, měřicí a regulační technika, spotřební a zábavní technika), který vzniká ve všech oblastech lidské činnosti (domácnosti, průmysl, obchod a služby, administrativa, doprava atd.). Tento druh odpadu je charakteristický významným množstvím hodnotných druhotných surovin, které jsou v něm obsaženy. Z tohoto důvodu je ekonomicky výhodné a samozřejmě environmentálně žádoucí tento odpad recyklovat a dále využívat. Vedle hodnotných složek může obsahovat podíl látek nebezpečných pro zdraví nebo životní prostředí (např. těžké kovy, polychlorované bifenylly, difenylethery, freony apod.).

Recyklace představuje opětovné využívání různých druhů odpadů, látek a energií jako zdrojů druhotných surovin v původní nebo pozměněné formě, a to bez ohledu na místo nebo čas vzniku odpadu a jeho použití. Recyklace odpadů je součástí racionálního nakládání se surovinami, vede k úspoře materiálů, energií a přispívá k environmentální udržitelnosti.

4.1 Související legislativa

Mezi základní právní předpisy související s problematikou elektroodpadu patří zejména:

- Směrnice evropského parlamentu a rady 2002/96/ES ze dne 27. ledna 2003 o odpadních elektrických a elektronických zařízeních (OEEZ),

- zákon č. 185/2001 Sb. o odpadech a o změně některých dalších zákonů ve znění pozdějších předpisů,
- vyhláška č. 352/2005 Sb. o podrobnostech nakládání s elektrozařízeními a elektroodpady a o bližších podmínkách financování nakládání s nimi.

Cílem směrnice a její implementace v národních právních předpisech České republiky je snížení množství OEEZ určeného k odstranění, a to prostřednictvím prevence jeho vzniku, dále jeho opětovným použitím, recyklací a další formou jeho využívání. Směrnice dále přispívá k vyšší efektivitě ochrany životního prostředí ze strany všech subjektů zapojených do životního cyklu elektrických a elektronických zařízení (tj. výrobců, distributorů, spotřebitelů i provozovatelů zařízení pro zpracování OEEZ).

4.2 Nejdůležitější související pojmy

Následující kapitola uvádí nejdůležitější odbornou terminologii, tak jak ji definují právní předpisy.

Elektrické nebo elektronické zařízení (dále jen elektrozařízení), je zařízení jehož funkce závisí na elektrickém proudu nebo na elektromagnetickém poli nebo zařízení k výrobě, přenosu a měření elektrického proudu nebo elektromagnetického pole, které náleží do některé ze skupin uvedených v příloze č. 7 zákona č. 185/2001 Sb. ve zn. pozd. předp., a které je určeno pro použití při napětí nepřesahujícím 1000 V pro střídavý proud a 1500 V pro stejnosměrný proud, s výjimkou zařízení určených výlučně pro účely obrany státu.

Elektroodpad je elektrozařízení, které se stalo odpadem, včetně komponentů, konstrukčních dílů a spotřebních dílů, které v tom okamžiku jsou součástí zařízení.

Opětovné použití znamená použití zpětně odebraného elektrozařízení nebo elektrozařízení, které se stalo odpadem, nebo komponentů takového elektrozařízení bez jejich dalšího přepracování ke stejnému účelu, pro který byly původně určeny.

Zpracování elektroodpadu znamená jakoukoliv operaci prováděnou po převzetí elektroodpadu do zařízení ke zpracování elektroodpadu za účelem jeho dekontaminace, demontáže, drcení, využití nebo přípravy na odstranění nebo jakákoliv jiná činnost provedená s cílem využití nebo odstranění elektroodpadu.

Výrobcem je fyzická nebo právnická osoba oprávněná k podnikání, která bez ohledu na způsob prodeje, včetně použití prostředků komunikace na dálku:

- pod vlastní značkou vyrábí a prodává elektrozařízení,
- prodává pod vlastní značkou elektrozařízení, vyrobená jinými dodavateli, neobjevuje-li se na zařízení jméno nebo firma osoby,

- v rámci své podnikatelské činnosti dováží elektrozařízení do České republiky nebo tato elektrozařízení uvádí v České republice na trh.

Elektrozařízení pocházející z domácnosti je použité elektrozařízení pocházející z domácnosti nebo svým charakterem a množstvím jemu podobný elektroodpad od právnických a fyzických osob oprávněných k podnikání.

Zpětný odběr elektrozařízení znamená odebírání použitých elektrozařízení pocházejících z domácností od spotřebitelů bez nároku na úplatu na místě k tomu výrobcem určeném.

Oddělený sběr elektroodpadu znamená odebírání použitých elektrozařízení nepocházejících z domácností od konečných uživatelů na místě k tomu výrobcem určeném.

4.3 Skupiny elektrozařízení

V následujícím textu jsou uvedeny hlavní skupiny elektrozařízení, které se dále člení na dílčí podskupiny. Do hlavních skupin patří:

- *Skupina 1* - velké domácí spotřebiče (např. velká chladicí zařízení, chladničky, mrazničky atd.),
- *skupina 2* - malé domácí spotřebiče (např. vysavače, fritovací hrnce, topinkovače, kávovary atd.),
- *skupina 3* - zařízení informačních technologií a telekomunikační zařízení (např. Sálové počítače, servery, osobní počítače, notebooky, tiskárny, mobilní telefony atd.),
- *skupina 4* - spotřebitelská zařízení (televizory, videokamery, rádiové soupravy, videorekordéry, hudební nástroje atd.),
- *skupina 5* - osvětlovací zařízení (lineární zářivky, kompaktní zářivky atd.),
- *skupina 6* - elektrické a elektronické nástroje, s výjimkou velkých stacionárních průmyslových nástrojů (např. vrtačky, pily, zařízení pro soustružení atd.),
- *skupina 7* - hračky, vybavení pro volný čas a sporty (např. videohry, elektrické vláčky, výherní automaty apod.),
- *skupina 8* - lékařské přístroje (s výjimkou všech implantovaných a infikovaných výrobků),
- *skupina 9* - přístroje pro monitorování a kontrolu (např. detektory kouře, regulátory vytápění, termostaty apod.),
- *skupina 10* - výdejní automaty (např. výdejní automaty na horké nápoje, výdejní automaty na chlazené láhve či konzervy apod.).

Elektrozařízení vyjmutá ze skupin elektrozařízení

Jedná se o výrobky charakteru elektrozařízení, které se nezačleňují do jednotlivých skupin a podskupin elektrozařízení a patří sem:

- Výrobky, pro které není elektrický proud hlavním zdrojem energie (např. plynový hořák s elektrickým ovládáním s výjimkou elektrických nebo elektronických součástí jako např. termostat, které mohou být z výrobku vyčleněny),
- výrobky, pro které elektronické součásti nejsou nezbytně nutné pro splnění jejich základní funkce jako např. elektronické blahopřání nebo mluvící hračky),
- zařízení s elektrickými a elektronickými součástkami, které jsou stálou součástí jiného celku jako např. autorádio, palubní osvětlení apod.),
- velké stacionární průmyslové nástroje, tj. stroje nebo systémy sestavené kombinací jednotlivých zařízení nebo systémů za účelem společného provozu v jednom celku a ke specifickému účelu,
- zařízení určená výlučně pro obranu státu, splňující definici elektrozařízení,
- lékařské přístroje, které jsou implantované nebo infikované,
- běžné, přímo žhavené žárovky a svítidla pro zářivky z domácností.

4.4 Základní povinnosti výrobců elektrozařízení

Výrobce elektrozařízení musí splnit povinnosti, stanovené pro oddělený sběr, zpětný odběr, zpracování, využití a odstranění elektrozařízení a elektroodpadu, a to:

- Samostatně, organizačně a technicky na vlastní náklady,
- společně s jiným výrobcem nebo výrobcí na základě písemně uzavřené smlouvy; smluvní strany odpovídají za plnění povinností solidárně,
- přenesením těchto povinností na jinou, právnickou osobu, zajišťující společné plnění povinností výrobců; odpovědnost výrobců za plnění povinností pokud tato právnická osoba povinnosti neplní, nezaniká.

Výrobce je povinen zpracovávat roční zprávu o plnění povinností za uplynulý kalendářní rok (dále jen „roční zpráva“) a každoročně ji zasílat Ministerstvu životního prostředí do 31. března. V případě, že výrobce plní povinnosti společně s jiným výrobcem, může spolu s ním zpracovat společnou roční zprávu.

Zpětný odběr elektrozařízení a oddělený sběr elektroodpadu

Výrobce elektrozařízení musí zajistit zpětný odběr elektrozařízení pocházejícího z domácností. Pro elektroodpad nepocházející z domácností výrobce elektrozařízení musí zajistit jeho oddělený sběr. Výrobce elektrozařízení musí, pro účely zpětného odběru

elektrozařízení a odděleného sběru elektroodpadu, označit elektrozařízení grafickým symbolem. Není-li možné elektrozařízení takto označit vzhledem k jeho velikosti nebo funkci, označí se grafickým symbolem obal nebo návod k použití nebo záruční list elektrozařízení. Výrobce prostřednictvím distributorů musí zajistit, aby byl konečný uživatel informován o způsobu provedení odděleného sběru. Distributor musí informovat při prodeji elektrozařízení konečného uživatele o způsobu zajištění odděleného sběru. Poslední prodejce musí zajistit, aby spotřebitel měl při nákupu elektrozařízení možnost odevzdat ke zpětnému odběru použité elektrozařízení v místě prodeje nebo dodávky nového elektrozařízení, ve stejném počtu kusů prodáváného elektrozařízení podobného typu a použití. Zbavit se elektroodpadu nebo elektrozařízení pocházejícího z domácnosti smí jeho držitel jen jeho předáním zpracovateli nebo na místo zpětného odběru nebo odděleného sběru. Elektrozařízení z míst zpětného odběru a elektroodpad z míst odděleného sběru musí být předán pouze zpracovateli, není-li elektrozařízení jako celek opětovně použito. Způsob provedení zpětného odběru elektrozařízení a odděleného sběru elektroodpadu a jejich předání zpracovateli nesmí ztížit opětovné použití nebo materiálové využití elektrozařízení nebo jejich komponentů nebo materiálové využití elektroodpadu.

Zpracování elektroodpadu

Výrobce elektrozařízení musí vytvořit systém pro zpracování elektroodpadu za použití nejlepších dostupných technik, jeho zpracování, využívání a materiálového využívání. Výrobce elektrozařízení musí poskytnout zpracovatelům elektroodpadu veškeré informace, které jsou nutné k jeho zpracování, především údaje o obsažených nebezpečných látkách, možnostech opětovného použití elektrozařízení a materiálového využití elektroodpadu, případně způsobu jejich odstranění. Tyto informace výrobce elektrozařízení musí poskytnout pro každý typ nového elektrozařízení do jednoho roku od data uvedení výrobku na trh. Informace musí poskytnout v návodech na použití nebo na technickém nosiči dat nebo prostředky dálkové komunikace. Zpracovatel elektroodpadu je povinen:

- Provozovat zařízení ke zpracování elektroodpadu v souladu s jeho provozním řádem a plnit další povinnosti oprávněné osoby,
- přednostně odstranit z elektroodpadu všechny látky a součásti,
- skladovat a zpracovávat elektroodpad v souladu s technickými požadavky,
- zajistit využití elektroodpadu,
- vést evidenci o převzatém elektroodpadu a způsobu jeho zpracování a zasílat příslušnému správnímu úřadu údaje o zařízení.

Využívání elektroodpadu

Výrobce elektrozařízení musí vytvořit systém, podle kterého bude zajištěno využití elektroodpadu navazující na zpětný odběr elektrozařízení nebo oddělený sběr elektroodpadu. Zpětně odebraná a odděleně sebraná elektrozařízení se před předáním zpracovateli přednostně opětovně použijí jako celek. Opětovně lze použít pouze elektrozařízení či jejich komponenty, které splňují požadavky příslušných právních předpisů. Výrobce elektrozařízení je povinen zajistit využití elektroodpadu předaného zpracovatelům minimálně v tomto rozsahu:

- u elektrozařízení uvedených ve skupinách 1 a 10 v rozsahu 80 % jeho průměrné hmotnosti a opětovné použití a materiálové využití komponentů, materiálů a látek v rozsahu 75 % jeho průměrné hmotnosti,
- u elektrozařízení uvedeného ve skupinách 3 a 4 v rozsahu 75 % jeho průměrné hmotnosti a opětovné použití a materiálové využití komponentů, materiálů a látek v rozsahu 65 % jeho průměrné hmotnosti,
- u elektrozařízení uvedeného ve skupinách 2, 5, 6, 7 a 9 v rozsahu 70 % jeho průměrné hmotnosti a opětovné použití a materiálové využití komponentů, materiálů a látek v rozsahu 50 % jeho průměrné hmotnosti,
- u výbojek a zářivek opětovné použití a materiálové využití komponentů, materiálů a látek v rozsahu 80 % jejich hmotnosti.

Technické požadavky na skladování a zpracování elektroodpadů

Místo ke shromažďování nebo skladování elektroodpadů musí být vybaveno:

- zpevněnou podlahou nepropustnou vůči únikům nebezpečných látek se zařízením na jímání úniků nebezpečných látek, pokud jsou v elektroodpadu obsaženy,
- pomůckami pro úklid, látkami pro absorpci uniklých provozních kapalin, zařízením pro odstranění uniklých kapalin, pokud jsou v elektroodpadu obsaženy, shromažďovacími prostředky pro vznikající odpady a případně dalšími zařízeními k úpravě odpadů,
- zařízením umožňujícím přemísťování elektroodpadů,

Místo ke zpracování elektroodpadů musí být vybaveno:

- vhodným zařízením ke stanovení hmotnosti zpracovávaného elektroodpadu,
- zpevněnou podlahou nepropustnou vůči únikům nebezpečných látek se zařízením na jímání úniků nebezpečných látek, pokud jsou v elektroodpadu obsaženy,
- vhodnými nádobami pro skladování baterií, akumulátorů, pro kondenzátory obsahující PCB či PCT a jiné nebezpečné odpady, jako např. radioaktivní odpady,
- vhodným skladovacím prostorem pro demontované konstrukční díly a součásti,

- zařízením pro čištění odpadních vod.

Technické požadavky na zpracování elektroodpadů

Vyjmuté a demontované části elektroodpadů se zařazují pod jednotlivá čísla a dále se třídí podle jednotlivých druhů.

Tabulka 5: Evidenční údaje pro odpady vzniklé zpracování elektroodpadů

Evidenční číslo	Kategorie	Odpad vzniklý z elektroodpadů
50 01 01	O	Železné kovy
50 01 02	O	Neželezné kovy
50 01 03	O	Odpady s obsahem drahých a ostatních kovů neuvedené pod čísly 50 01 01 a 50 01 02
50 01 04	O	Směs kovů
50 01 05	O	Kabely a vodiče
50 01 06	O	Malé elektrické motorky
50 01 07	O	Plasty
50 01 08	O	Sklo
50 01 09	N	Sklo aktivované
50 01 10	O	Keramické materiály
50 01 11	N	Olověné akumulátory
50 01 12	N	Ni-Cd baterie a akumulátory
50 01 13	N	Baterie obsahující rtuť
50 01 14	O	Alkalické baterie (kromě baterií uvedených pod číslem 50 01 13)
50 01 15		Jiné baterie a akumulátory
50 01 16	N	Odděleně soustředěvané elektrolyty z baterií a akumulátorů
50 01 17	N	Odpady obsahující rtuť
50 01 18	N	Odpady obsahující PCB
50 01 19	N	Nemrznoucí kapaliny obsahující nebezpečné látky
50 01 20	O	Nemrznoucí kapaliny neuvedené po číslem 50 01 19
50 01 21	N	Odpady s obsahem chlorfluoruhlodíků
50 01 22	N	Odpady s obsahem azbestu
50 01 23	N	Zářivky a výbojky
50 01 24	N	Nebezpečné odpady neuvedené po čísly 50 01 16 až 50 01 19 a 50 01 21 až 50 01 23.
50 01 25		Tonery
50 01 26		Nevyužitelná frakce z drcení
50 01 99		Odpady jinak blíže neurčené

Při zpracování elektroodpadů se používají pouze technologie, zaručující že nedojde k úniku látek ohrožujících životní prostředí. Z elektroodpadů se přednostně demontují:

- kondenzátory obsahující PCB,
- součásti obsahující rtuť, jako jsou např. přepínače nebo fluorescenční lampy na podsvěcování displejů,
- baterie a akumulátory,

- tištěné spoje z mobilních telefonů obecně nebo z jiných přístrojů, pokud je povrch tištěného spoje větší než 10 cm²,
- inkoustové kartridže, tonerové kazety pro kapalně a pastovité náplně, stejně jako barevné tonery,
- plasty obsahující bromované retardéry hoření,
- azbestové odpady a konstrukční součásti obsahující azbest,
- obrazovky,
- regulované látky,
- roztok amoniaku a vody u absorpčních chladicích zařízení,
- všechny ostatní kapaliny zejména oleje a žíraviny,
- výbojky, zářivky,
- displeje z tekutých krystalů o ploše větší než 100 cm² (pokud možno společně s pouzdrem) a všechny displeje podsvícené výbojkami,
- vnější elektrické kabely,
- součásti obsahující ohnivzdorná keramická vlákna,
- součásti obsahující radioaktivní látky,
- elektrolytické kondenzátory s výškou od 25 mm a průměrem od 25 mm nebo srovnatelného objemu.

Části, součásti a materiály přednostně demontované z elektroodpadů se využívají nebo odstraňují v souladu se zvláštními právními předpisy upravujícími nakládání s nebezpečnými látkami v nich obsaženými. Stanovené způsoby zpracování vybraných elektroodpadů:

- z obrazovek se odstraní vrstva luminoforů a elektronový zdroj,
- z elektroodpadu obsahujícího regulované látky, definované zákonem č. 201/2012 Sb. (zákon o ochraně ovzduší), které poškozují ozónovou vrstvu, se řádně odsají a zpracují plyny. S plyny poškozujícími ozónovou vrstvu se nakládá v souladu se zvláštním právním předpisem,
- u konstrukčních součástí obsahujících rtuť se provedou vhodná opatření k zabránění emisí rtuti.

4.5 Technologie zpracování elektroodpadů

V souvislosti s implementací právních předpisů Evropské unie o odpadech z elektrických a elektronických zařízení (OEEZ) je pozornost zpracovatelů odpadů zaměřena na technologie, které umožňují zpracování elektroodpadů. Starší technologie zpracování byly zaměřeny především na zpracování elektrických kabelů a částečně také plošných spojů. Jednalo se o zařízení s jednodušší technologickou koncepcí, s nízkou zpracovatelskou výkonností a

orientací pouze na vybraný druh odpadu (např. elektrické kabely z automobilového průmyslu, plošné spoje z počítačů atd.). V současné době jsou však požadavky na zpracování elektroodpadu vyšší a tudíž je nutné využívat technologie schopné zpracovat širší spektrum elektroodpadů.

Materiály, ze kterých se elektroodpad skládá, se odlišují nejen z hlediska druhu odpadu, ale i z hlediska okamžiku výroby. Specifickým elektroodpadem jsou zařízení označované jako historická. Tato zařízení oproti současným obsahují větší podíl dřeva, desek s plošnými spoji, ale také zlata, které se ve větší míře používalo k pokovení kontaktů, a to hlavně v sálových počítačích a telefonních ústřednách. V současné době se ve větší míře používají plasty a podíl zastoupení plošných spojů vůči celkovému objemu elektrospotřebiče se zmenšuje. V budoucnu bude tento pěr ještě menší.

Elektroodpad je odpadem, kde je v jednom zařízení několik druhů vzájemně provázaných materiálů najednou. Tato skutečnost do značné míry ovlivňuje technologickou koncepci zařízení pro jejich zpracování, především separační technologie s určitým podílem lidské práce. Z hlediska charakteru složení materiálu a v závislosti na možnostech technologického zařízení pro zpracování elektroodpadu je třeba co nejefektivněji rozdělit jednotlivé frakce po nadrcení materiálu na hrubou a jemnou frakci. Velikostní granulometrická hranice je 30 mm a je dána technologickými možnostmi konkrétního zařízení, na kterém je odpad zpracován.

Pro ekonomickou efektivitu prodeje jednotlivých vytříděných odpadů je určujícím faktorem cena, za kterou je odpad prodán na trhu a její výše je významně ovlivněna čistotou vytříděného odpadu. Předpokladem vysoké efektivity a výtěžnosti je použití několika stupňů drcení a třídění odpadu. Tento postup je i prevencí před poškozením dalších následujících zařízení. Z materiálů je z hlediska ceny za vytřídění s ohledem na investiční náklady na separátor a drtící zařízení nejrentabilnější magnetický odlučitelný kusový materiál a dále nemagnetické kovy. Pro získávání vzácných kovů jsou naopak technologie nejsložitější.

Tabulka 6: Nebezpečné složky a využitelné díly vybraných elektrozařízení – 1. část

Druh elektrozařízení		Nebezpečné složky	Druhotné suroviny	Zbytkové látky
Velké domácí spotřebiče	pračky	PCB kondenzátory a tlumiče, rtuťové spínače, desky s plošnými spoji	železné a neželezné kovy (kryty -železný, ocelový plech; buben chromniklová ocel; motor – železo, měď)	inertní látky (z betonových stabilizačních prvků), plastové díly (z krytů)
	pečicí trouby	staré přístroje – rtuťové spínače, azbestová izolace	železo a ocel z krytů	izolační materiál (např. minerální vlna), plastové díly (např. z krytů), sklo
	sklokeramické varné desky	-		
	digestoře	kondenzátory (u starších přístrojů PCB kondenzátory), zářivky a olejové filtry		
	elektrické sporáky	azbestová izolace (u starších přístrojů); LCD nebo LED displeje (u nových přístrojů)		
	myčky nádobí	Kondenzátory (u starších přístrojů - PCB kondenzátory)		
Malé domácí spotřebiče	bojlery	rtuťové spínače (u starších přístrojů)		
	žehličky	azbestová izolace (u starších přístrojů)	železné části z krytů a	
	napařovací žehličky	rtuťové spínače (u starších přístrojů)	rámů (často ve spojení s plasty)	
	topné ventilátory	azbestová izolace (u starších přístrojů)		
	vysavače	elektrolytické kondenzátory (i s PCB)		
	ventilátory	elektrolytické kondenzátory (i s PCB)		
	kávovary	staré přístroje – rtuťové spínače		
	mikrovlákné trouby	elektrolytické kondenzátory (i s PCB), desky s plošnými spoji		
Spotřebitelská zařízení	CD přehrávače, kazetové přehrávače, HIFI zařízení, rádia, videorekordéry, diapojektory atd.	desky s plošnými spoji, elektrolytické kondenzátory, baterie a akumulátory, LCD a LED displeje	železné a neželezné kovy (především z krytů, rámců a desek s plošnými spoji)	plastové a dřevěné díly

Tabulka 7: Nebezpečné složky a využitelné díly vybraných elektrozařízení – 2. část

Druh elektrozařízení		Nebezpečné složky	Druhotné suroviny	Zbytkové látky
Spotřebitelská zařízení - přenosná	kamery, fotoaparáty, přenosná rádia, CD přehrávače, dálková ovládání aj.	akumulátory, baterie, LCD a LED displeje, desky s plošnými spoji a elektrolytické kondenzátory (u větších přístrojů)	měď z desek s plošnými spoji, jiné kovy z rámců	plasty z krytů
	televizory, PC monitory	desky s plošnými spoji, větší elektrolytické kondenzátory, malé LCD nebo LED displeje; starší přístroje – PCB kondenzátory, zesilovací elektronky	vychylovací cívky s velkým podílem mědi, desky s plošnými spoji, železné a neželezné kovy, obrazovkové sklo	plastové a dřevěné kryty
Přístroje s obrazovkou	počítače, notebooky, televizory	ploché obrazovky – LCD, akumulátory, desky s plošnými spoji, baterie	měď z desek s plošnými spoji, železo resp. ocel z rámců	plasty z krytů
Přístroje s plochou obrazovkou	počítače	baterie, větší elektrolytické kondenzátory, LCD/LED displeje, desky s plošnými spoji	železné a neželezné kovy, drahé kovy	Plasty z přední části krytů
	tiskárny, kopírovací zařízení	desky s plošnými spoji, elektrolytické kondenzátory, tonery a cartridge, baterie, popř. LCD displeje, zářivky, akumulátory	železné a neželezné kovy	plasty

4.6 Technologická linka a procesy při zpracování elektroodpadů

Elektroodpad je do technologické linky podáván pomocí vstupního dopravníku. Na tento dopravník lze ukládat jednak celá elektrozařízení (bez demontovaných částí nebezpečného odpadu a zásobníků na inkoust) nebo určitý ručně vytříděný druh odpadu (např. desky plošných spojů z televizorů). Z dopravníku je následně odpad dávkován do řetězového drtiče, což je rychloběžný drtič s řetězovým drtícím mechanismem, který je schopen odpad nadrtit a v maximální míře od sebe oddělit jednotlivé složky odpadu. Drcení odpadu je průběžné, za drtičem je umístěn magnetický separátor, který provede první oddělení magnetické složky

odpadu. Následně je provedeno ruční dotřídění odpadu na vodorovném dopravníku. Zde se odstraňují zbývající větší kusy odpadu a prvky z antikorozi oceli, případně cívky a další cenné složky. Ruční třídění je důležité jako ochrana před poškozením dalších částí zařízení zařazených v technologické lince, zejména jejich drtících nástrojů. Poté je odpad drcen na dvourotorovém drtiči a následně je z něho vytříděn nemagnetický kov na základě indukčních vlastností (s využitím vířivých proudů). Zbylá část odpadu je shromažďována do zásobníku nebo z ní může být navíc odstraněn magnetický kov, který se nepodařilo odstranit na předchozím zařízení nebo při ručním třídění. Granulometricky je zde stanovena velikost částic 30 mm. Pokud je třeba, z důvodů velikostních parametrů požadovaných odběratelem, drtit odpad dále, pak je odpad drcen na rychloběžném mlýnu a poté je roztříděn do tří velikostních frakcí pro zvýšení účinnosti třídění. Následné třídění probíhá na fluidním principu, kdy se váhově oddělí těžká složka od lehké. Tato část technologické linky má, na rozdíl od první části linky, obvykle pětinou výkonnost a je investičně asi třikrát dražší. V první části technologické linky se z celkového množství odseparují cca 2/3 odpadu a na jemné drcení zůstává cca 1/3 odpadu (podíly se ale mohou lišit, a to v závislosti na druhu drceného elektroodpadu). Celá technologická linka je opatřena ventilačním systémem, který zajišťuje odsávání uvolňovaných prachových částic. Linka je obsluhou řízena pomocí centrálního řídicího systému. Pro zajištění bezpečnosti obsluhy je technologická linka vybavena, v souladu s platnými předpisy, systémem nouzového vypnutí celé linky, systémem diagnostiky bezpečnostních prvků před startem a v době provozu a systémem preventivní ochrany před nebezpečím výbuchu prachových částic. Ruční demontáž je postup, který je nutno využívat u některých zařízení s obrazovkami jako např. monitory, televizory apod. Obrazovky je nutné zpracovat mimo technologickou linku a to rozříznutím a odsátím luminoforu. Z hlediska ostatních elektrozařízení se dá předpokládat výskyt akumulátorů, tonerů, cartridge a dalších prvků, které je nutné rovněž ručně vyjmout tak, aby se nedostaly na zpracování v technologické lince. Běžná zpracovatelská výkonnost těchto technologických linek je 5000 až 10 000 tun elektroodpadu za rok (tj. při přepočtu na 260 pracovních dnů a dvousměnný provoz 20 až 40 tun za den, což je 1,25 až 2,5 tuny za hodinu).