

**Ivan Janoško, Jozef Černecký,
Zuzana Brodnianská, Ľubomír Hujo**

ENVIRONMENTÁLNE TECHNOLOGIE A TECHNIKA

Nitra 2021

Názov: Environmentálne technológie a technika

Autori: **doc. Ing. Ivan Janoško, CSc. (11,26 AH)**
Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre

prof. Ing. Jozef Černecký, CSc. (5,3 AH)
Technická univerzita vo Zvolene

Ing. Zuzana Brodnianská, PhD. (4,6 AH)
Technická univerzita vo Zvolene

Ing. Ľubomír Hujo, PhD. (2,22 AH)
Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre

Recenzenti: **prof. Ing. Maroš Soldán, PhD.**
Ústav integrovanej bezpečnosti, MTF STU, Trnava

doc. Ing. Stanislav Hostin, PhD.
UCM v Trnave

Schválila rektorka Slovenskej poľnohospodárskej univerzity v Nitre dňa 29. 11. 2021
ako vysokoškolskú učebnicu.

ISBN 978-80-552-2415-2

Obsah

Skratky a značky	8
Predhovor	9
1 Úvod	11
2 Odpadové hospodárstvo	13
2.1 Vymedzenie základných pojmov oblasti odpadového hospodárstva.....	13
2.2 Stratégia rozvoja odpadového hospodárstva SR	17
2.3 Tvorba a druhy odpadov	19
2.4 Zdroje a výskyt odpadov v Slovenskej republike	22
2.5 Nakladanie s odpadmi.....	23
2.6 Štátna environmentálna politika pre oblasť odpadového hospodárstva.....	26
2.7 Recyklácia odpadov, odpad ako druhotná surovina	28
2.7.1 Systémové ponímanie recyklácie	29
2.7.2 Entropia a jej význam pre recykláciu	31
2.7.3 Recyklačné technológie.....	32
2.7.4 Ekonomický a ekologický význam recyklácie	33
2.7.5 Aktuálny stav recyklácie vybraných druhov odpadov	34
2.7.5.1 Technológie zneškodňovania odpadov automobilového priemyslu	35
2.7.5.2 Recyklácia vybraných druhov plastov	46
3 Komunálne odpady	53
3.1 Nakladanie s komunálnymi odpadmi	55
3.2 Triedený zber komunálnych odpadov.....	56
3.3 Stanovenie základných charakteristík komunálneho odpadu	58
3.3.1 Stanovenie základných charakteristík množstva	59
3.3.2 Stanovenie skladby a ostatných fyzikálno-chemických charakteristík.....	60
3.4 Zhromažďovanie komunálnych odpadov	61
3.4.1 Základné systémy zhromažďovania a zberu odpadov	63
3.4.1.1 Klasifikácia zberných nádob a kontajnerov.....	63
3.4.1.2 Beznádobové systémy zhromažďovania	67
3.5 Zber a odvoz odpadov	69
3.5.1 Vozidlá so stláčacím a lisovacím zariadením	72
3.5.1.1 Vozidlá s rotačným stláčacím zariadením	72
3.5.1.2 Vozidlá s lineárnym lisovacím zariadením	76
3.5.1.3 Vozidlá so závitkovým stláčacím mechanizmom.....	81
3.5.1.4 Vozidlá s kývavým lisovacím mechanizmom	84
3.5.2 Vozidlá s oddeliteľným zásobníkom.....	84
3.5.2.1 Vozidlá s ramenovým nakladacím systémom.....	85
3.5.2.2 Vozidlá s hákovým nakladacím systémom	86
3.5.2.3 Vozidlá s reťazovým a lanovým mechanizmom	86
3.5.3 Vozidlá na prepravu tekutých odpadov	87
3.5.4 Komplexná zvozová technika.....	88
3.5.5 Prekladacie stanice	90
3.5.5.1 Druhy prekladacích staníc.....	91
3.5.5.2 Technika pre diaľkovú prepravu	95
3.5.6 Separovaný zber komunálnych odpadov	98

3.5.6.1	Spôsoby separovaného zberu	98
3.5.6.2	Zberné dvory	100
4	Triedenie a spracovanie odpadov	101
4.1	Triediace linky	102
4.1.1	Triediaca linka – Variant A	104
4.1.2	Triediaca linka – Variant B	105
4.1.3	Triediaca linka – Variant C	106
4.1.4	Triediaca linka – Variant D	107
4.2	Separátory materiálov	109
4.2.1	Gravitačné separovanie	109
4.2.2	Magnetické separovanie	111
4.2.2.1	Magnetický dopravník	112
4.2.2.2	Magnetické rošty	113
4.2.2.3	Kaskádový magnetický separátor	114
4.2.2.4	Magnetické separátory VTS	114
4.2.2.5	Bubnový magnetický separátor typu SLT	115
4.2.2.6	Separátor neželezných kovov	115
4.2.2.7	Elektrostatický separátor	116
4.2.2.8	Indikátory a separátory kusových kovových predmetov	117
4.3	Triedenie časticových látok	120
4.4	Dezintegrátory a drviče	128
4.4.1	Čelustový drvič	130
4.4.2	Kuželový drvič	133
4.4.3	Valcový drvič	135
4.4.4	Kladivový drvič	137
4.4.5	Frézový a nožový drvič	138
4.4.6	Odrazový drvič	138
4.4.7	Kladkový mlyn	139
4.4.8	Valcový mlyn	141
4.5	Rezačky	141
4.6	Lisy	143
5	Skládkovanie	145
5.1	Skládky odpadu od doby kamennej	145
5.2	Zásady riadeného skládkovania v zmysle platnej legislatívy	146
5.2.1	Výber lokality na vybudovanie skládky odpadov	147
5.2.2	Triedy skládok odpadov	148
5.2.3	Stavebnotechnické požiadavky na vybudovanie skládky odpadov	148
5.2.4	Požiadavky na tesnenie skládky odpadov	149
5.2.5	Odvádzanie a zachytávanie priesakových kvapalín a zachytávanie skládkového plynu	150
5.2.6	Prevádzkovanie skládky odpadov	151
5.2.7	Postupy kontroly a monitorovania skládky odpadov počas jej prevádzky a počas následnej starostlivosti o skládku odpadov po jej uzatvorení	153
5.2.8	Postupy uzatvárania skládky odpadov a následná starostlivosť o skládku odpadov	153
5.2.9	Úložisko dočasného uskladnenia ortuti	154
5.3	Druhy skládok	155

5.3.1	Podúrovňová skládka	155
5.3.2	Nadúrovňová skládka.....	156
5.3.3	Skládka čiastočne podúrovňová a čiastočne nadúrovňová	156
5.3.4	Priekopová skládka	157
5.4	Technologické časti skládok odpadov	158
5.4.1	Tesniace systémy skládok.....	158
5.4.1.1	Požiadavky na PEHD fólie.....	159
5.4.1.2	Zváranie skládkových PEHD fólií	160
5.4.1.3	Skúšanie zvarov.....	162
5.4.2	Monitorovanie tesnosti skládky	163
5.4.3	Drenážny systém a systém vodného hospodárstva	165
5.5	Technológie ukladania a navážania odpadov	166
5.5.1	Navážanie zhora – v smere ukladania	167
5.5.2	Navážanie zdola – proti smeru ukladania	167
5.5.3	Navážanie kombinované	168
5.5.4	Postup ukladania komunálneho odpadu	168
5.5.4.1	Čelný (frontálny) postup ukladania	168
5.5.4.2	Kruhový postup ukladania.....	168
5.5.5	Technika utláčania odpadov	168
5.6	Tvorba skládkového plynu, plynový systém skládky	170
5.6.1	Procesy prebiehajúce na skládkach.....	170
5.6.2	Škodlivý vplyv plyných emisií.....	172
5.6.3	Plynový systém skládky.....	172
5.6.4	Eliminácia negatívnych vplyvov skládky	173
5.6.5	Charakteristické vrstvy ukladania	173
5.6.5.1	Prvá vrstva	173
5.6.5.2	Postupová (bežná) vrstva.....	174
5.6.5.3	Konečná vrstva.....	175
5.6.6	Sanácia jestvujúcich nevyhovujúcich skládok a rekultivácia skládok.....	176
5.6.6.1	Záverečná fáza skládkovania.....	176
5.6.6.2	Rekultivácie telesa skládky	176
5.6.6.3	Rekultivácia kontaminovaných pôd.....	177
6	Kompostovanie.....	179
6.1	Význam kompostovania.....	180
6.2	Vhodné suroviny na kompostovanie	182
6.2.1	Vlastnosti surovín vhodných na kompostovanie.....	183
6.2.2	Popis vybraných surovín vhodných na založenie kompostu	184
6.2.3	Rozdelenie surovín vhodných na založenie kompostu	185
6.2.3.1	Zelený biologický odpad.....	185
6.2.3.2	Odpady z poľnohospodárstva	186
6.2.3.3	Kaly z ČOV, žump a septikov.....	187
6.2.3.4	Odpady zo spracovania dreva	188
6.2.3.5	Odpady z potravinárskeho priemyslu.....	188
6.3	Faktory ovplyvňujúce proces kompostovania.....	189
6.4	Technológie kompostovania	191
6.4.1	Kompostovanie na voľnej ploche.....	192
6.4.2	Kompostovanie v uzavretých, resp. polouzavretých zariadeniach	194
6.4.3	Kompostovanie vo vakoch.....	195
6.4.4	Vermikompostovanie (spracovanie dážďovkami <i>Eisenia foetida</i>).....	196

6.4.5	Anaeróbna digestia.....	197
6.5	Stroje a zariadenia na kompostovanie	199
6.6	Hodnotenie kvality a využitie kompostu	206
7	Tepelné zneškodňovanie odpadov	207
7.1	Rozdelenie zariadení na termické zneškodňovanie odpadov	208
7.2	Spaľovanie odpadov	209
7.3	Spaľovacie teplo a výhrevnosť odpadov	211
7.4	Statika a dynamika spaľovania odpadov	213
7.5	Výhody a nevýhody spaľovania odpadov	216
7.6	Spaľovacie zariadenia.....	217
7.6.1	Úprava odpadu pred spaľovaním.....	218
7.6.2	Princípy spaľovania odpadu	219
7.6.2.1	Spaľovanie odpadu na rošte.....	219
7.6.2.2	Spaľovanie odpadu v rotačnej peci	221
7.6.2.3	Spaľovanie v šachtovej peci.....	222
7.6.2.4	Fluidné spaľovanie	223
7.6.2.5	Pyrolýza.....	225
7.6.2.6	Splynovanie.....	226
7.7	Čistenie spalín zo spaľovania odpadu	226
7.7.1	Odlučovanie prachových častíc.....	227
7.7.2	Znižovanie obsahu odpadových plynov zo spaľovania.....	229
7.8	Environmentálny vplyv spaľovania odpadov	231
7.9	Využitie tepelnej energie zo spaľovania odpadov	233
8	Odvádzanie a čistenie odpadových vôd	239
8.1	Stokové siete.....	240
8.2	Stokové systémy.....	242
8.2.1	Systém s centrálnym zberačom alebo kmeňovou stokou	243
8.2.2	Rozptyľovací systém zberačov	244
8.3	Objekty na stokovej sieti	245
8.3.1	Kanalizačné prípojky	245
8.3.2	Stokové profily	245
8.3.3	Revízie a vstupné šachty.....	246
8.3.4	Spojovacie a rozdeľovacie objekty	247
8.3.5	Spádoviská a kanalizačné sklzy	247
8.3.6	Dažďové vpusty a lapače splavenín.....	248
8.3.7	Kanalizačné podchody a kanalizačné zhýbkы	249
8.3.8	Odlahčovací komory a dažďové nádrže	249
8.3.9	Čerpacie stanice	250
8.3.10	Preplachovacie objekty.....	250
8.3.11	Výpustné a merné objekty	250
8.4	Procesy čistenia komunálnych odpadových vôd	250
8.5	Predčistenie odpadových vôd.....	252
8.5.1	Lapače štrku.....	252
8.5.2	Lapače piesku	253
8.5.3	Hrablice	256
8.5.4	Odlučovače tukov	258
8.6	Primárne čistenie odpadových vôd	258
8.6.1	Pravouhlé usadzovacie nádrže s horizontálnym prietokom	260

8.6.2	Kruhové radiálne usadzovacie nádrže	262
8.6.3	Usadzovacie nádrže s vertikálnym prietokom	264
8.6.4	Štrbinové nádrže	264
8.6.5	Doskové a rúrové usadzovacie nádrže	265
8.7	Sekundárne čistenie odpadových vôd	266
8.7.1	Aeróbne biologické čistenie odpadových vôd	267
8.7.2	Dosadzovacie nádrže	271
8.7.3	Anaeróbne biologické čistenie odpadových vôd	273
8.8	Kalové hospodárstvo	276
8.8.1	Zahusťovacie nádrže	277
8.8.2	Metanizačné nádrže	277
8.8.3	Zariadenia na odvodňovanie kalu	278
8.8.3.1	Prirodzené odvodňovanie kalu	278
8.8.3.2	Strojné odvodňovanie kalu	280
8.9	Terciárne čistenie odpadových vôd	288
8.10	Produkty z čistiarní odpadových vôd	290
9	Literatúra	292
10	Prílohy	300
11	Register	306

Skratky a značky

HDPE	–	vysokohustotný polyetylén
LDPE	–	nízkohustotný polyetylén
PP	–	polypropylén
PVC	–	polyvinylchlorid
PA	–	polyamid
PMMA	–	polymetylmetakrylát
PS	–	polystyrén
ABS	–	akrylnitril-butadién-styrol
PE	–	polyetylén
RBT	–	rotačný bubnový triedič

Predhovor

Rast populácie spolu so sprísňovaním spotrebiteľských a ekologických noriem v priestore európskeho spoločenstva prináša nové výzvy a nároky na technické a technologické zabezpečenie v komunálnej sfére a sfére odpadového hospodárstva ako celku. Zvyšovanie ekologického povedomia obyvateľstva vyžaduje hlbšie poznanie environmentálnych problémov, ktoré sú odrazom života dnešnej spoločnosti. Dôsledným poznaním ekologických problémov a procesov pri skladovaní a odstraňovaní odpadu v súčinnosti so štátnou a medzinárodnou environmentálnou politikou dochádza k zmenám, ktoré majú prispieť k udržateľnému rozvoju našej spoločnosti.

Cieľom publikácie je poskytnúť odborné vedomosti o životnom prostredí, zdrojmi jeho znečisťovania vo forme rôznorodých odpadov a metód zaobchádzania s nimi. Čitateľ sa oboznámi s vhodnými technológiami zneškodňovania vybraných druhov odpadov ako aj s vhodnými technickými prostriedkami umožňujúcimi realizovať požadované environmentálne ciele, bližšie spozná princípy environmentálnych technológií, fungovania jednotlivých mechanizmov a strojných celkov využívaných v súčasných podmienkach.

Predkladaná učebnica je určená predovšetkým pre poslucháčov univerzitného štúdia odborov ekotechnika a environmentálna technika, prvého, druhého stupňa, doktorandského štúdia ako aj širokej odbornej a laickej verejnosti, ktorá sa zaujíma o vyššie uvedenú problematiku.

Dovoľujeme si touto cestou poďakovať recenzentom prof. Ing. Marošovi Soldánovi, PhD. a doc. Ing. Stanislavovi Hostinovi, PhD. za vecné a odborné pripomienky, ktorými prispeli ku skvalitneniu publikácie po didaktickej a obsahovej stránke. Naše poďakovanie patrí aj kolegom a spolupracovníkom za podporu pri spracovaní učebnice, za cenné rady a samozrejme čitateľom za podnetné návrhy.

autori

1 ÚVOD

Znečistenie prostredia nie je novým javom a problémom súčasnosti ale jeho korene siahajú do prvých ľudských spoločenstiev. Prvú skúsenosť so znečistením vzduchu pociťovali už ľudia obývajúci jaskyne využívajúci oheň ako zdroj tepla. Steny jaskynných obydlí boli pokryté hrubou vrstvou sadzí, keďže polouzavretý priestor jaskyne bez ventilácie vzduchu neumožňoval efektívny odvod spalín a dymu z horiaceho dreva. Dopad takéhoto znečistenia spôsoboval diskomfort, dýchacie a ďalšie zdravotné ťažkosti. S rastom populácie a jej zoskupovaním do miest začali vznikať zvýšené nároky na dodávky surovín využívaných ako palivo. Čím väčšie mesto, tým viac zdrojov bolo potrebné odobrať z okolitých oblastí na udržanie štandardu a chodu mesta. S prechodom na uhlie ako hlavný zdroj energie sa v mestách priemyselného charakteru začali objavovať prvé problémy s kvalitou vzduchu.

Priemyselná revolúcia ako veľký mílnik technologického rozvoja zaťaženie životného prostredia len znásobil. Dym z uhlia spaľujúcich fabrík prinášal okrem zníženej kvality ovzdušia aj nový problém vo forme kyslých dažďov. Dym obsahujúci okrem iného oxidy síry a oxidy dusíka, vypustený spaľovaním fosílnych palív, bol kyslejší, viac korozívny čo malo vplyv na životné podmienky rastlín a stromov ako aj stavieb. Akumulácia do väčších vodných plôch mala za následok neobývateľnosť v niektorých oblastiach Severnej Ameriky a Škandinávie.

S vynálezom spaľovacieho motora a rozvojom automobilovej, lodnej a leteckej dopravy ako aj nespočetných stacionárnych tepelných zdrojov, teplární, elektrární sa do ovzdušia začali uvoľňovať ďalšie plyny a častice, ktorých akumuláciou dochádza k zachytávaniu tepla v atmosfére a ohrievaniu zemského povrchu, tzv. skleníkovému efektu. Za narušenie atmosférickej vrstvy ozónu chrániacej planétu pred ultrafialovým žiarením je skupina aerosólov nachádzajúcich sa v sprejoch a freón obsiahnutý v chladiacich systémoch. Zatiaľ čo zákazom a postupným znižovaním týchto látok došlo k čiastočnému zlepšeniu a regenerácie ozónových dier, vplyv skleníkových plynov stále nie je na udržateľnej úrovni v mnohých krajinách a klimatické zmeny sú čoraz citelnejšie. V mnohých konglomeráciách s veľkým objemom automobilovej dopravy je úroveň smogu na alarmujúcej úrovni a signifikantne znižuje kvalitu vzduchu a životných podmienok pre obyvateľov čoho výsledkom sú najmä respiračné ochorenia.

Priemyselná revolúcia ako jeden z technologických mílnikov dejín neakceleroval len znečistenie ovzdušia ale aj vodných tokov. Továrne boli mnohokrát stavané pri riekach alebo iných vodných plochách a slúžili na odvod alebo uloženie odpadu z výroby. Tento stav pretrvával až do 20. storočia. S rastúcim dopytom po ropných produktoch v 20. storočí sa zvýšila produkcia a preprava tejto komodity, pričom do histórie sa negatívne zapísali viaceré nehody ropných spoločností či už šlo o poruchy na ťažobných vežiach, nehody s únikom ropy z tankerov pri pobreží alebo výbuchov

samotných rafinérií. V súčasnosti sú najväčšie výzvy so znečisťovaním vody spojené najmä so vsakovaním pesticídov a chemických odpadov do zeme a odtiaľ do podzemných vôd. Rast populácie a sanitárnych potrieb má za následok zvýšené nároky na čistenie odpadových vôd.

Nezanedbateľnou zložkou environmentálneho prostredia je aj ľudská spotreba bežných tovarov, ktorá produkuje množstvo komunálneho odpadu, ktorý bol na začiatku 20. storočia najmä uskladňovaný na špecifických miestach. V súčasnosti sa čoraz viac kladie dôraz na recykláciu základných materiálov a ich využitia v ďalšej výrobe ako súčasti udržateľného ekonomického a spoločenského rastu a nakladania s vedľajšími a odpadovými produktmi.

Rozsah, typ a zložitosť environmentálneho znečistenia sa neustále vyvíja a je odvrátenou stránkou ľudskej spoločnosti a jej spôsobu života. Napriek snahe dostať rôzne vplyvy znečistenia pod kontrolu je v globálnom meradle situácia stále dlhodobu neudržateľná. Rozširovanie vedomostí širokej verejnosti a politických elít o činiteľoch a dôsledkoch znečistenia, ktoré ohrozuje našu samotnú existenciu, je nesmierne dôležité. Aj keď je možné pozorovať pozitívne zmeny v legislatíve na národnej a nadnárodnej úrovni, treba neustále inovovať a hľadať alternatívne, neznečisťujúce zdroje energie, resp. postupne zvyšovať podiel maloodpadových a bezodpadových technológií. Znižovať až úplne odstrániť emisiu škodlivých a toxických látok do ovzdušia a vody, obnoviť poškodené ekosystémy. Bohaté spoločnosti si musia uvedomiť, že za svoj pohodlný životný štýl platia vyššiu ako nominálnu cenu na úkor znečistenia a vyčerpania existujúcich zdrojov.

Ivan Janoško, Jozef Černecký,
Zuzana Brodnianská, Ľubomír Hujo

ENVIRONMENTÁLNE TECHNOLOGIE A TECHNIKA

Vydala: Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre

Vydanie: druhé upravené

Náklad: 50 ks

Grafický návrh obálky: Tatiana Šmehilová

Sadzba: Tatiana Šmehilová

Tlač: Vydavateľstvo SPU v Nitre

Rok vydania: 2021

Počet strán: 313

AH-VH: 23,38-23,83

Za odbornú úroveň zodpovedajú autori.

Rukopis neprešiel jazykovou úpravou.

ISBN 978-80-552-2415-2

Táto publikácia bola vytlačená na ekologickom papieri.

