

Technika a technológie spracovania odpadov

Roman Gálik
a kolektív

Nitra 2020

Názov:	Technika a technológie spracovania odpadov
Vedúci autorského kolektívu:	prof. Ing. Roman Gálik, PhD. (AH 2,29) Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre
Spoluautori:	doc. Ing. Miroslav Žitňák, PhD. (AH 2,64) Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre Ing. Štefan Bod'o, PhD. (AH 6,98) Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre Ing. Ján Csillag, PhD. (AH 2,06) Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre Ing. Tomáš Holota, PhD. (AH 2,13) Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre Dr.h.c. prof. Ing. Jan Mareček, DrSc. (AH 1,70) Mendelova univerzita v Brně doc. Ing. et Ing. Petr Junga, Ph.D. (AH 1,69) Mendelova univerzita v Brně Ing. Eva Krčálová, Ph.D. AH (AH 1,69) Mendelova univerzita v Brně doc. Ing. Jan Malat'ák, Ph.D. (AH 6,95) Česká zemědělská univerzita v Praze Ing. Jiří Bradna, Ph.D. (AH 6,95) Česká zemědělská univerzita v Praze
Recenzenti:	doc. Ing. Juraj Ružbarský, PhD. Ing. Jakub John, Ph.D.

Vysokoškolská učebnica vznikla za podpory projektu KEGA č. 023SPU-4/2018.

Schválila rektorka Slovenskej poľnohospodárskej univerzity v Nitre dňa 2. 12. 2020 ako vysokoškolskú učebnicu.

ISBN 978-80-552-2267-7

Obsah

O autoroch.....	5
Zoznam skratiek a značiek.....	8
Úvod.....	11
1 Odpady a ich neobmedzené možnosti využitia.....	13
2 Legislatívny proces na úrovni SR a EÚ v rámci ochrany ŽP a nakladania s odpadom.....	23
3 Základné fyzikálne princípy využívané v rámci techniky pre spracovanie odpadov.....	40
4 Spracovanie odpadov z agrozoznamu.....	54
5 Biologické spracovanie bioodpadov: kompostárny.....	71
6 Technologická zariadenia odpadového hospodárstva vo veterinárnych a sanačných ústavoch.....	89
7 Zariadenia s procesom alkoholového kvasenia.....	98
8 Produkcia odpadu v hutníckom priemysle.....	106
9 Technologická zariadenia provozu na spracovanie vrakov automobilov.....	117
10 Třídění a zpracování kovových odpadů.....	128
11 Recyklácia elektroodpadu.....	144
12 Materiálové zhodnotenie opotrebených pneumatík.....	153
13 Technologická zariadenia a provozu na spracovanie stavebného odpadu.....	164
14 Způsoby zneškodňování odpadů skládkováním.....	177
15 Materiálové zhodnotenie papiera, skla a plastov.....	188
16 Energetické využitie odpadov.....	198
17 Logistika v odpadovom hospodárstve.....	212
18 Bezpečnosť pri práci s technikou na spracovanie odpadov.....	220

O autoroch

prof. Ing. Roman Gálik, PhD.

Je profesorom na funkčnom mieste pre odbor poľnohospodárska a lesnícka technika na Katedre zariadení stavieb a bezpečnosti techniky Slovenskej poľnohospodárskej univerzity v Nitre. Problematike konštrukcie strojov pre chov zvierat a vplyvu techniky a technológií na životné prostredie sa venuje vyše 25 rokov. Svoje vedecké práce publikoval v deviatich zahraničných časopisoch registrovaných v databázach WOS alebo SCOPUS, v dvoch domácich časopisoch registrovaných v databázach WOS a SCOPUS, štyri vedecké práce sú uverejnené v zahraničných karentovaných časopisoch a sedem vedeckých prác je uverejnených v ostatných zahraničných časopisoch. Ďalších 19 vedeckých prác je publikovaných v ostatných domácich časopisoch, 78 príspevkov v zborníkoch z domácich a zahraničných konferencií, 35 prác publikoval v odborných časopisoch a zborníkoch. Je spoluautorom troch úžitkových vzorov s autorským osvedčením, dvoch vysokoškolských učebníc a desiatich skrípt a učebných textov. Je predsedom redakčnej rady vedeckého časopisu *Acta technologica agriculturae*, predsedom Vedeckej rady Technickej fakulty SPU v Nitre, predsedom odborovej komisie študijného odboru mechanizácia poľnohospodárskej a lesníckej výroby, predsedom komisií pre štátne skúšky doma aj v zahraničí, riadnym členom Slovenskej akadémie pôdohospodárskych vied, zodpovedným vedúcim, resp. zástupcom 12 vedeckovýskumných alebo edukačných projektov.

doc. Ing. Miroslav Žitňák, PhD.

Je docentom na Katedre zariadení stavieb a bezpečnosti techniky Technickej fakulty SPU v Nitre. Je absolventom Mechanizačnej fakulty SPU v Nitre (1997). Dizertačnú prácu obhájil v roku 2005, za docenta sa habilitoval v roku 2013. Je autorom a spoluautorom vyše 180 vedeckých a odborných prác uverejnených doma a v zahraničí z oblasti pozberového spracovania rastlinných produktov, poľnohospodárskej dopravy, presného poľnohospodárstva a bezpečnosti techniky. Je autorom a spoluautorom dvoch úžitkových vzorov s autorským osvedčením, troch monografií, dvoch vysokoškolských učebníc a ôsmich skrípt. Bol zodpovedným vedúcim, resp. spoluriešiteľom 22 vedeckovýskumných, alebo edukačných projektov.

Ing. Štefan Bod'o, PhD.

Je odborným asistentom na Katedre zariadení stavieb a bezpečnosti techniky Slovenskej poľnohospodárskej univerzity v Nitre. Problematike konštrukcie strojov pre chov zvierat a ich vplyvu na životné prostredie sa venuje takmer 10 rokov. Je spoluautorom 3 úžitkových vzorov s autorským osvedčením. Svoje vedecké práce publikoval v 1 vedeckom časopise zaradenom do databázy WOS, v 3 časopisoch registrovaných v databáze SCOPUS, 3 vedecké publikácie sú uverejnené v zahraničných karentovaných časopisoch a 3 vedecké práce sú uverejnené v nekarentovaných zahraničných časopisoch. Ďalších 7 prác publikoval v domácich nekarentovaných vedeckých časopisoch, 15 príspevkov v zborníkoch z domácich a zahraničných konferencií.

Ing. Tomáš Holota, PhD.

Je odborným asistentom na Katedre zariadení stavieb a bezpečnosti techniky Slovenskej poľnohospodárskej univerzity v Nitre. Jeho primárne zameranie sú potravinárske technológie v oblasti vinárstva, liehovarníctva a pivovarníctva a v neposlednej rade oblasť životného prostredia. Je spoluautorom 1 vedeckej monografie, 2 vedeckých prác uverejnených v zahraničných karentovaných časopisoch, 8 vedeckých prác publikovaných zahraničných časopisoch registrovaných v databázach WOS alebo SCOPUS a ďalších 34 vedeckých prác je publikovaných v ostatných domácich a zahraničných časopisoch a zborníkoch. Je zodpovedným vedúcim, resp. zástupcom 2 výskumných projektoch a v ďalších 3 zodpovedným riešiteľom. Od roku 2018 je podpredsedom Združenia páleníč na pestovateľské pálenie ovocia na Slovensku.

Ing. Ján Csillag, PhD.

Po skončení doktorandského štúdia je odborným asistentom na Katedre fyziky na Technickej fakulte Slovenskej poľnohospodárskej univerzity v Nitre. Problematiku reologických vlastností publikoval v 49 príspevkoch, ktoré sú zaradené v zborníkoch z domácich a zahraničných konferencií, je spoluautorom troch vysokoškolských učebníc, ako aj vedeckej práce registrovanej v databáze SCOPUS.

doc. Ing. Jan Malat'ák, Ph.D.

Je docentem v oboru „Technika a technologie zpracování zemědělských materiálů a produktů“, na Katedře technologických zařízení staveb Technické fakulty ČZU v Praze. Na fakultě je garantem studijního programu „Technologická zařízení staveb“, kde vede několik předmětů v oblasti odpadového hospodářství. Je autorem vysokoškolské učebnice „Zpracování biologicky rozložitelných odpadů“, realizoval projekty dvou inovovaných laboratoří a nové Laboratoře analýzy organických materiálů. Byl vedoucím přes 180 úspěšně obhájených bakalářských, diplomových a doktorských prací během jeho pedagogické praxe. Je členem vědecké rady TF ČZU v Praze, oborové rady doktorského studijního programu „Energetika“ a dalších organizací. Ve své vědecké a výzkumné činnosti se zaměřil na základní výzkum tepelně-chemického využití odpadů, alternativních paliv a spaloven biomasy. V současnosti se soustředí zejména na problematiku tepelně-emisního zhodnocení spalovacích zařízení na biomasu a tepelně-chemickou úpravu biomasy hydrotermální karbonizací či nízkoteplotní pyrolýzy. Výsledky své vědecké práce opublikoval ve dvou vědeckých monografiích a v řadě certifikovaných metodik. V databázi Scopus má uveřejněno 40 původních vědeckých článků a v databázi Web of Science má uveřejněno 10 původních vědeckých článků. Výsledky své práce prezentoval na mezinárodních vědeckých kongresech a symposiích. V minulosti se podílel na řešení několika národních a interních projektů. V současnosti je zodpovědným řešitelem projektu Grantové agentury LČR: Aplikace zplyňovacích technologií při energetickém využití jehličnatých dřevin z kůrovcové a kalamitní těžby (2020). Dále je řešitelem za ČZU projektu TAČR: Modulární automatizovaná úprava průmyslových vod pro jejich následnou recyklaci (2020-2023). Je členem řešitelského týmu pro řešení projektu TAČR: Výzkum a vývoj modulární čističky plodin s automatizací procesů dle Průmyslu 4.0 (2019-2021).

Ing. Jiří Bradna, PhD.

Je odborným asistentem na Katedra technologických zařízení staveb, Technické fakulty České zemědělské univerzity v Praze. Problematice odpadového hospodářství a využití vedlejších zdrojů potravinářského, zemědělského a zpracovatelského sektoru se věnuje více než 18 let. Autor se aktivně účastní výzkumu v národních a mezinárodních projektech v dané oblasti odpadového hospodářství. Dále dlouhodobě spolupracuje v oblasti výzkumu posklizňových operací a skladování zemědělských komodit. Výsledky výzkumu jsou publikovány v 8 zahraničních časopisech registrovaných v databázích WOS a 28 SCOPUS. Další publikační činnost je zaměřena na periodika v zemědělském sektoru a odborné publikace pro státní správu ČR. Autor se aktivně podílel na vzniku několika patentů v oblasti skladovací a posklizňové technologie, má celkem 73 záznamů v Informačním systému výzkumu, experimentálního vývoje a inovací ČR.

prof. Ing. Jan Mareček, DrSc., Dr. h. c.

Profesor v oboru Technika a mechanizace zemědělství působí jako vedoucí Ústavu zemědělské, potravinářské a environmentální techniky Agronomické fakulty Mendelovy univerzity v Brně. Výsledky vlastní vědecké práce a práce vědeckých týmů, které vedl při řešení zahraničních a národních projektů publikoval v řadě renomovaných časopisů registrovaných v databázích WoS a SCOPUS, kde byly rovněž citovány a získaly množství pozitivních ohlasů. Je spoluautorem řady knižních odborných publikací, vysokoškolských učebnic a učebních textů. Je členem vědeckých rad zahraničních i tuzemských fakult univerzit a vědeckých institucí, redakčních rad vědeckých periodik a poradních orgánů státních institucí. Absolvoval řadu dlouhodobých i krátkodobých vědecko-

výzkumných a edukačních pobytů na zahraničních univerzitách a výzkumných pracovištích. Profesně se věnuje zejména problematice uplatnění adaptivních a bionických principů ke zvyšování technické a environmentální bezpečnosti strojů a strojních zařízení. Působí jako soudní znalec v oborech strojírenství a ekonomika se specializací na zemědělskou a potravinářskou techniku, motorová vozidla a mobilní energetické prostředky. Kromě mnoha udělených medailí a čestných uznání za přínos v oblastech vědeckého poznání a vzájemné spolupráce získal ocenění Ministerstva pôdohospodárstva Slovenskej republiky a Akadémie pôdohospodárskych vied jmenováním čestným zahraničním členem Academiae scientiarum agriculturae Slovacae a dále mu byl udělen čestný titul „Doctor Honoris Causa“ Slovenskej poľnohospodárskej univerzity v Nitre.

doc. Ing. et Ing. Petr Junga, Ph.D.

Je docentem v oboru Zemědělská a potravinářská technika a působí na Ústavu zemědělské, potravinářské a environmentální techniky, Agronomické fakulty, Mendelovy univerzity v Brně. Ve své výzkumné a pedagogické činnosti se věnuje oblasti zemědělských a průmyslových staveb a jejich technických zařízení, včetně technologických zařízení pro zpracování odpadů. Je autorem nebo spoluautorem 12 publikací registrovaných v databázi WoS, které celkem doposud získaly 23 citací; v databázi SCOPUS lze nalézt 30 publikací. Dále publikoval jako autor nebo spoluautor 11 článků v odborných periodikách, 1 uznanou metodiku a 11 užitečných vzorů. Z dalších publikací lze uvést 33 příspěvků ve sbornících národních nebo mezinárodních vědeckých konferencí, 4 vysokoškolských skript. Z projektových a výzkumných aktivit je možno uvést projekt FRVŠ, kde se jako spoluřešitel zabýval problematikou „Metrologie emisí u stacionárních spalovacích zdrojů“. Dále byl řešitelem projektu „Specializované nezávislé měření vybraných technických parametrů stavebního objektu“ pro Jihomoravské inovační centrum – Inovační voucher. Na LDF MENDELU se podílel na řešení projektu IGA „Aplikace progresivních technologií souvisejících s obráběním netradičních materiálů“. Je garantem studijního bakalářského studijního programu Technické znalectví a pojišťovnictví na ICV MENDELU.

Ing. Eva Krčálová, Ph.D.

Působí jako odborná asistentka na Ústavu zemědělské, potravinářské a environmentální techniky Agronomické fakulty Mendelovy univerzity v Brně. Věnuje se problematice aplikace environmentálních právních předpisů a jiných nástrojů ochrany životního prostředí v zemědělských a potravinářských provozech a v zařízení pro nakládání s odpady. Je autorkou vědeckých a odborných publikací v časopisech registrovaných v databázích WoS a SCOPUS, kde byly rovněž citovány. Významná je její spolupráce s podnikatelskými subjekty, s orgány státní správy a samosprávy i s dalšími institucemi v ČR i v zahraničí.

ZOZNAM SKRATIEK A ZNAČIEK

Ag -	striebro
Al -	hliník
AMG -	amyloglukosidáza
Au -	zlato
BSE -	choroba šialených kráv
BOZP -	Bezpečnosť a ochrana zdravia pri práci
C -	uhlík
°C -	stupeň Celzia, jednotka teploty
Cd -	kadmium
CFC -	chlórofluórocarbon
CH ₄ -	metán
C ₆ H ₁₂ O ₆ -	glukóza
CH ₃ COOH -	kyselina octová
CH ₃ OH -	metanol
Co -	kobalt
CO, -	oxid uhoľnatý
CO ₂ -	oxid uhličitý
Cr -	chróm
CRT -	Cathode Ray Tube
Cu -	meď
ČOV -	čistička odpadných vôd
ČR -	Česká republika
ČSN -	Česká státní norma
EÚ -	Európska únia
Fe -	železo
H ₂ -	vodík
HCl -	kyselina chlór vodíková
HF -	fluorovodík
Hg -	ortuť
HNO ₃ -	kyselina dusičná
H ₂ O -	voda
H ₂ S -	sírovodík
IČO -	identifikačné číslo
J -	Joule - jednotka práce, [m ² .kg.s ⁻²]
Pa -	jednotka tlaku, [N.m ⁻²]
N -	Newton - jednotka sily, [kg.m.s ⁻²]
LCD -	Liquid Crystal Display
MBM -	mäsová a kostná múčka

MJ.kg ⁻¹ –	merná jednotka výhrevnosti
Mn -	mangán
N –	dušík
NH ₃ -	amoniak
Ni -	nikel
NiCd -	nikel-kádmiové akumulátory
NM VOC -	nemetánové prchavé organické látky
NO _x –	oxidy dusíka
N ₂ O -	oxidu dusného
O ₂ -	kyslík
OSN -	Organizácia spojených národov
OZV –	Organizácia zodpovednosti výrobcov
PAH -	Polycyclic aromatic hydrocarbon
Pb -	olovo
PCB -	polychlórované bifenyly
PCDD/F -	polychlórovaných dibenzo-para-dioxínov a polychlórovaných dibenzofuránov
PDP –	plazmové panely
PET –	polyetyléntereftalát
pH –	veľičina vyjadrujúca koncentráciu iónov určujúcich kyslosť alebo zásaditosť organického prostredia
Pt –	platina
PUR -	polyuretán
PVC –	polyvinylchlorid
S –	síra
SDO -	stavební demoliční odpad
Si -	kremík
Sn -	cín
SO ₂ -	oxid siričitý
SR –	Slovenská republika
STN –	Slovenská technická norma
t.h ⁻¹ –	výkonnosť
t.m ⁻³ –	merná hmotnosť
TZL -	tuhé znečisťujúce látky
VOC -	volatile organic compounds - nestále organické zlúčeniny
W –	wolfrám
Zn -	zinok

ÚVOD

Problematika životného prostredia sa dotýka každého z nás. Významnú úlohu v oblasti starostlivosti o životné prostredie zohráva odpadové hospodárstvo. Podľa Stratégie environmentálnej politiky Slovenskej republiky do roku 2030 základnou víziou „Envirostratégie 2030“ je dosiahnuť lepšiu kvalitu životného prostredia a udržateľné obehové hospodárstvo, založené na dôslednej ochrane zložiek životného prostredia a využívajúce čo najmenej neobnoviteľných prírodných zdrojov a nebezpečných látok, ktoré budú viesť k zlepšeniu zdravia obyvateľstva. Medzi najväčšie výzvy životného prostredia na Slovensku a teda oblasti, ktoré budú v rámci environmentálnej politiky do roku 2030 prioritné, patrí aj problematika odpadového hospodárstva a kvalita ovzdušia. Zdrojmi znečisťujúcich látok sú podľa Stratégie hospodárskej politiky Slovenskej republiky do roku 2030 predovšetkým doprava, priemysel, energetika, poľnohospodárstvo, domácnosti a odpadové hospodárstvo. Súčasný odpadový hospodárstvo SR nedosahuje výsledky, ktoré by radili SR v rámci porovnania s krajinami EÚ na popredné miesta, je tomu skôr naopak. V oblasti materiálového a energetického zhodnocovania odpadov máme najväčšie rezervy a hoci má SR vypracované a prijaté všetky požadované strategické dokumenty v oblasti odpadového hospodárstva, najvýznamnejší cieľ vyjadrený princípom hierarchie sa v praxi nedarí dosiahnuť.

Vychádzajúc zo súčasného stavu problematiky získa študent štúdiom vysokoškolskej učebnice „Technika a technológie spracovania odpadov“ nové poznatky a vedomosti o technickom riešení jednotlivých strojov a strojových liniek v prevádzkach odpadového hospodárstva, určených na zber, zhodnocovanie a spracovanie jednotlivých druhov odpadov a porozumie teórii a konštrukcii strojov používaných v linkách odpadového hospodárstva, dokáže navrhnúť komplexné riešenie inovácie, alebo výstavby výrobných liniek odpadového hospodárstva. Obsah učebnice je zameraný predovšetkým na techniku a technológie spracovania kovových a nekovových odpadov, ako sú napríklad staré vozidlá, opotrebované pneumatiky a akumulátory, odpady z obalov, stavebné odpady z demolácií, elektroodpad, hutnícky priemysel a spracovanie odpadov z poľnohospodárskej prvovýroby a potravinárstva ako aj odpadového papiera, skla a plastov.

Autori predkladanú vysokoškolskú učebnicu zostavili tak, aby bola vhodnou študijnou pomôckou nielen pre študentov Slovenskej poľnohospodárskej univerzity v Nitre, ale aby bola vhodnou učebnou pomôckou aj na niektorých fakultách v Českej republike, ako aj pomôckou pre manažérsku prax. Vysokoškolská učebnica vznikla za podpory projektu KEGA č. 023SPU-4/2018.

Poďakovanie za cenné pripomienky, ktoré pomohli skvalitniť obsahovú stránku publikácie, patrí aj lektorom doc. Ing. Jurajovi Ružbarskému, PhD. z Technickej univerzity v Košiciach a Ing. Jakubovi Johnovi, Ph.D., zo spoločnosti VIA ALTA, a.s.

Autori pri písaní učebnice zvolili spôsob označovania jednotlivých častí nasledovnými symbolmi:

Cieľ



V cieľi sa dozviete, aké vedomosti získate po preštudovaní danej kapitoly.

Výklad učiva



Nasleduje samotný výklad učiva, ktorý je doplnený o obrázkovú a tabuľkovú prílohu, prípadne o odkaz na video.

Pojmy na zapamätanie



Týmto symbolom sú uvedené zvlášť významné pojmy, definície alebo postupy, ktoré sú dôležité z hľadiska úspešného absolvovania predmetu.

Príloha



V prílohe nájdete obrázky, schémy, tabuľky a videá.

Otázky ku skúške



Pod týmto symbolom nájdete otázky ku skúške, ktoré sa týkajú danej kapitoly. Pokiaľ budete vedieť na otázky odpovedať, budete pripravení na skúšku.

Použitá literatúra



Zoznam literatúry a internetových stránok, ktoré autori použili pri písaní učebnice.

Úloha k riešeniu



Úloha, ktorú by mal študent vedieť vyriešiť po naštudovaní danej kapitoly.

Kľúč k riešeniu



Výsledky k zadaným úlohám si pozrite až po ich vyriešení.



Zaujímavosti

V tejto časti sú zaujímavosti z danej problematiky z domova i zo zahraničia v tlačenej verzii sú uvedené v prílohe, v elektronickej verzii učebnice po kliknutí na ikonu sa zjavia zaujímavosti k danej kapitole.

Autori:

Roman Gálik – Miroslav Žitňák – Štefan Boďo – Tomáš Holota
Ján Csillag – Jan Malat'ák – Jiří Bradna – Jan Mareček – Petr Junga – Eva Krčálová

Názov:

TECHNIKA A TECHNOLOGIE SPRACOVANIA ODPADOV

Vydavateľ: Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre

Vydanie: prvé

Náklad: 75

Rok vydania: 2020

AH-VH: 35,08-35,44

Neprešlo redakčnou úpravou vo Vydavateľstve SPU.

ISBN 978-80-552-2267-7