

1. MINIMALIZÁCIA, ZHODNOCOVANIE A ZNEŠKODŇOVANIE

- **SÚČASNÉ TRENDY V ZÍSKAVANÍ UŠLACHTILÝCH KOVOV Z VYRADENÝCH DOSIEK PLOŠNÝCH SPOJOV** *Zita Takáčová, Dušan Oráč, Tomáš Havlík*
- **NAJVÄČŠIA INVESTÍCIA DO KOMUNÁLNEHO ODPADOVÉHO HOSPODÁRSTVA JE UŽ V PREVÁDZKE** *Kolektív*
- **Z KOMUNÁLNEHO ODPADOVÉHO HOSPODÁRSTVA** *Kolektív*
- **ÚSPECHY I PROBLÉMY ODPADOVÉHO HOSPODÁRSTVA V SPIŠSKÝCH TOMÁŠOVCIACH** *PhDr. Angela Svíteková*
- **NOVÉ A ZREKONŠTRUOVANÉ ČISTIARNE ODPADOVÝCH VÔD** *Kolektív*
- **ZNEŠKODŇOVANIE NESPOTREBOVANÝCH LIEKOV A ZÁCHYTENÝCH RÁDIOAKTÍVNYCH MATERIÁLOV V ROKU 2015** *Kolektív*
- **VODNÚ NÁDRŽ RUŽÍN KOMPLETNE ZBAVILI ODPADU** *Kolektív*

2. PREDPISY, DOKUMENTY, KOMENTÁRE

- **OBCIAM A MESTÁM CHÝBA USMERNENIE, KTORÉ VYMEDZÍ ROZSAH A ŠPECIFIKUJE NÁROKOVATEĽNÉ NÁKLADY PRI REALIZÁCII ODELENÉHO ZBERU ODPADU** *Ing. Milan Lukáč*
- **POPLATKY ZA KOMUNÁLNE ODPADY NA STREDNOM SLOVENSKU – V ŽILINSKOM KRAJI** *Ing. Martin Bosák, PhD.*
- **STAVEBNÉ A DEMOLAČNÉ ODPADY TVORIA TRETINU OBJEMU ODPADOV V SR, NO NOVÝ ZÁKON ICH OSOBITNE NERIEŠI** *Kolektív*
- **NÁVRH NOVELY SMERNICE EÚ O OBALOCH A ODPADOCH Z OBALOV S DÔVODOVOU SPRÁVOU** *Kolektív*
- **K ZVÝŠENIU ODBYTU VÝROBKOV Z RECYKLOVANÝCH ODPADOV BY MOHLA PRISPIEŤ NIŽŠIA SADZBA DPH** *h. prof. Ing. František Máteľ, CSc.*
- **NÁVRH NOVELY SMERNICE EÚ O SKLÁDKACH ODPADOV S DÔVODOVOU SPRÁVOU** *Kolektív*
- **ENVIRONMENTÁLNY FOND ŽIADA O ZVÝŠENIE ROZPOČTU AJ NA ZABEZPEČENIE KONTAJNEROVÝCH STOJÍSK PRED MEDVEĎMI** *Kolektív*
- **ZAMYSLENIE SA NAD JEDNÝM ROZSUDKOM** *Ing. Marek Hrabčák*

3. SPEKTRUM

- **BIOMIMETIKA AKO ALTERNATÍVA PRE ÚČINNEJŠIE ZHODNOCOVANIE PRÍRODNÝCH ZDROJOV A TREND „CLEANTECH“ PRE UDRŽATEĽNÉ ŽIVOTNÉ PROSTREDIE** *Prof. Ing. Eva Chmielewská, CSc.*
- **ANTROPICKÉ FAKTORY ZNEČIŠŤOVANIA PÔDNEHO FONDU A REGULAČNÉ OPATRENIA** *Ing. et Ing. Marián Sudzina, PhD., prof. Ing. Miroslava Kačániová, PhD., doc. Ing. Michal Stričík, PhD.*
- **GRANTY Z EKOFONDU USPORILI MILIÓNY KILOWATHODÍN ENERGIE** *Kolektív*
- **U NÁS TESTOVANÉ BATÉRIE BLUE ENERGY SÚ NEHORĽAVÉ, NEVÝBUŠNÉ, NETOXICKÉ A HLAVNE RECYKLOVATEĽNÉ** *Kolektív*
- **SLOVENSKO-UKRAJINSKÝ PROJEKT SUNRISE: UDRŽATEĽNÉ VYUŽÍVANIE PRÍRODNÝCH ZDROJOV V MALÝCH PODNIKoch** *Kolektív*
- **SPOLOČNOSTI P&G SA DARÍ MINIMALIZOVAŤ EKOLOGICKÚ STOPU** *Kolektív*
- **„ENVIRODOTAZNÍK“ TESTUJE PRÍSTUP POLITICKÝCH STRÁN K ŽIVOTNÉMU PROSTREDIU** *Kolektív*
- **ZAUJÍMAVOSTI ZO ZAHRANIČIA** *Kolektív*



epos

ISSN 1335-7808



9 771335 780004

97

Vážení čitatelia!

V prvej časti tretieho čísla časopisu *Odpady* (Minimalizácia, zhodnocovanie a zneškodňovanie) analyzujeme súčasné trendy získavania ušľachtilých kovov z vyradených dosiek plošných spojov a v pravidelných rubrikách informujeme o udalostiach či zaujímavostiach z oblasti komunálneho odpadového hospodárstva.

V druhej časti zverejňujeme návrhy noviel základných smerníc, ktoré v Európskej únii upravujú odpadové hospodárstvo: smernice EÚ o obaloch a odpadoch z obalov a smernice EÚ o skládkach odpadov. V súčasnosti prebieha pripomienkové konanie k navrhovaným zmenám – privítame (a prípadne zverejníme) Vaše názory či postrehy. V súvislosti s aplikáciou nového zákona o odpadoch do praxe upozorňujeme, že v čase, keď obce a mestá uzatvárajú zmluvy s OZV, chýba usmernenie, ktoré by vymedzilo rozsah a špecifikovalo nárokovateľné náklady pri realizácii oddeleného zberu odpadu. Nový zákon nerieši ani problematiku zhodnocovania stavebného (demolačného) odpadu, ktorý sa na celkovom objeme odpadu podieľa celou tretinou. V ďalšom príspevku porovnávame poplatky za komunálne odpady v Žilinskom kraji a na záver sa zamýšľame nad oslobodzujúcim rozsudkom v kauze „Hliníkareň Ajka“ v Maďarsku.

V tretej časti upozorňujeme na novú vednú disciplínu „biomimetika“, ktorá môže významne napomôcť pri účinnejšom zhodnocovaní prírodných zdrojov a informujeme o projektoch či zaujímavostiach z environmentálnej oblasti.

Každému novému predplatiteľovi, ktorý si časopis *Odpady* objedná u vydavateľa (teda nie cez sprostredkovateľa) v 1. štvrtroku 2016 (nesmie ísť o zrušenie a znovuoobjednanie časopisu) **zaručujeme na rok 2016** (prípadne aj za rok 2015, ak si časopis objedná späťne) **25% zľavu z predplatného.**

S odobraním časopisu sú spojené aj ďalšie výhody: • zľavy z ceny reklamy a inzercie • **50% zľava na odborné publikácie a beletriu** vydavateľstva (na základe aršika bodových známok v hodnote 100 €) • členstvo v klube predplatiteľov odborných časopisov s ďalšími výhodami.

Vydavateľstvo

ODPADY

MINIMALIZÁCIA, ZHODNOCOVANIE A ZNEŠKODŇOVANIE

č. 3/2016

Ročník XVI.

Registrujúci orgán: Ministerstvo kultúry SR

Evidenčné číslo: 1044/08

ISSN: 1335-7808

Vydavateľ: Ing. Miroslav Mračko, EPOS, Pečnianska 6, 851 01 Bratislava

IČO: 11791519

Tlač a distribúcia: Ing. Miroslav Mračko, EPOS, Pečnianska 6, 851 01 Bratislava
Živnostenský register: 105-7706

Redakčná rada: Ing. M. Lukáč, predseda, Ing. J. Liška, Ing. V. Radúch, Ing. P. Gallovič, Ing. E. Galovič, CSc., Ing. M. Lacuška, CSc., RNDr. O. Homák, RNDr. E. Gregušová, Ing. A. Krištinová, prof. RNDr. J. Hřebíček, CSc., Ing. V. Medlen, Ing. I. Bágel, doc. Ing. L. Šooš, PhD., prof. Ing. E. Chmielewska, CSc., doc. Ing. G. Čik, Ing. B. Jelenčík, ArtD., JUDr. Božena Gašparíková, CSc., doc. Ing. Katarína Dercová, PhD., Dipl. Mgmt, prof. Ing. Tomáš Havlík, DrSc.

Šéfredaktor: Ing. Miroslav Mračko

Redakcia: Pečnianska 6, 851 01 Bratislava, tel./fax: 02/6345 4262, 6241 2357 e-mail: epos@epos.sk, www.epos.sk

Inzertné zastúpenie: Vydavateľstvo EPOS, s.r.o., Vajanského 14, 034 01 Ružomberok tel./fax: 02/6241 2357

Objednávky na predplatné prijíma: Ing. Miroslav Mračko, EPOS, Pečnianska 6, 851 01 Bratislava tel./fax: 02/ 6345 4262, 6241 2357 044/4326 112, 4320 570 e-mail: epos@epos.sk, mackova.epos@storline.sk, Objednávky na predplatné prijíma každá pošta a doručovateľ Slovenskej pošty. Objednávky do zahraničia vybavuje Slovenská pošta, a.s., Stredisko predplatného tlaču, Uzbecká 4, P.O.BOX 164, 820 14 Bratislava 214, e-mail: zahranicna.tlac@slposta.sk

Predajňa: Pečnianska 6, Bratislava, tel./fax: 02/6345 4262, 6241 2357 e-mail epos@epos.sk

Vajanského 14, 034 01, Ružomberok; tel./fax: 044/4326 112, 4321 016, 4320 570

Odporúčaná cena: 4,85 € (s DPH 20 %)

Rozširuje: Vydavateľ, kníhkupectvá, Slovenská pošta, a. s.

Dátum vydania: 3. 3. 2016 (zadané do tlače)

Publikovanie článkov z časopisu ODPADY v iných časopisoch je v zmysle § 33 ods. 1 písm. a) autorského zákona č. 618/2003 Z. z. bez súhlasu autora zakázané!

Za obsahovú stránku príspevkov ručia autori.

Vydané v Slovenskej republike.

V prípade záujmu o predplatenie časopisu vyplňte v objednávke číslo, od ktorého budete časopis odoberať, ako aj rok (môžete aj späťne) a objednávku pošlite (alebo odfaxujte) na našu adresu. Na základe objednávky Vám vystavíme faktúru (daňový doklad). **Ak už časopis odobráte, nevyplňajte túto objednávku. Vaša objednávka sa automaticky predlžuje aj na ďalší rok.**

✂

✂

ZÁVÄZNÁ OBJEDNÁVKA

Závazne si objednávam vo firme Ing. Miroslav Mračko, EPOS, Pečnianska 6, 851 01 Bratislava, IČO: 11791519, živ.r. 105-7706 časopis „Odpady (Minimalizácia, zhodnocovanie a zneškodňovanie)“ **počínajúc č. [] 201[]** (môžete aj späťne) v počte [] ks (vypísať napr. číslo 2, ak chcete časopis odoberať v dvoch exemplároch). Vyhlasujeme, že v tomto prípade ide o nový odber časopisu a uplatňujeme si 25 % zľavu.

Dodacie podmienky: V roku 2016 vyjde 12 čísel (48 strán/číslo) a predplatné je **49,98 € + 20 % DPH**. Novému predplatiteľovi, ktorý si v 1. štvrtroku 2016 časopis objedná priamo u vydavateľa, teda nie cez sprostredkovateľa, poskytneme **25 % zľavu z predplatného na rok 2016** (resp. aj za rok 2015, ak si časopis objedná späťne), takže zaplatí len **37,49 € + 20 % DPH**. Musí ísť o nový odber časopisu, teda nie o jeho zrušenie a znovuoobjednanie. Ak predplatiteľ nezruší objednávku časopisu najneskôr po dodaní 1. čísla ďalšieho ročníka (jeho vrátením do 14 dní), považuje sa objednávka za platnú aj na ďalší rok. Ak časopis nebude objednaný od 1. čísla (ale napr. od tretieho), predplatné sa pomerne zníži.

Predplatiteľ:

IČO:

IČ DPH:

Tel./fax:

Dátum:

Podpis a pečiatka

OBSAH

1. MINIMALIZÁCIA, ZHODNOCOVANIE A ZNEŠKODŇOVANIE

- SÚČASNÉ TRENDY V ZÍSKAVANÍ UŠLACHTILÝCH KOVOV Z VYRADENÝCH DOSIEK PLOŠNÝCH SPOJOV 5
Zita Takáčová, Dušan Oráč, Tomáš Havlík
- NAJVÄČŠIA INVESTÍCIA DO KOMUNÁLNEHO ODPADOVÉHO HOSPODÁRSTVA JE UŽ V PREVÁDZKE 11
Kolektív
- Z KOMUNÁLNEHO ODPADOVÉHO HOSPODÁRSTVA 12
Kolektív
- ÚSPECHY I PROBLÉMY ODPADOVÉHO HOSPODÁRSTVA V SPIŠSKÝCH TOMÁŠOVCIACH 15
PhDr. Angela Svíteková
- NOVÉ A ZREKONŠTRUOVANÉ ČISTIARNE ODPADOVÝCH VÔD 16
Kolektív
- ZNEŠKODŇOVANIE NESPOTREBOVANÝCH LIEKOV A ZACHYTENÝCH RÁDIOAKTÍVNYCH MATERIÁLOV V ROKU 2015 19
Kolektív
- VODNÚ NÁDRŽ RUŽÍN KOMPLETNE ZBAVILI ODPADU 20
Kolektív

2. PREDPISY, DOKUMENTY, KOMENTÁRE

- OBCIAM A MESTÁM CHÝBA USMERNENIE, KTORÉ VYMEDZÍ ROZSAH A ŠPECIFIKUJE NÁROKOVATELNÉ NÁKLADY PRI REALIZÁCII ODDĚLENÉHO ZBERU ODPADU 21
Ing. Milan Lukáč
- POPLATKY ZA KOMUNÁLNE ODPADY NA STREDNOM SLOVENSKU - V ŽILINSKOM KRAJI 22
Ing. Martin Bosák, PhD.
- STAVEBNÉ A DEMOLAČNÉ ODPADY TVORIA TRETINU OBJEMU ODPADOV V SR, NO NOVÝ ZÁKON ICH OSOBITNE NERIEŠI 23
Kolektív
- NÁVRH NOVELY SMERNICE EÚ O OBALOCH A ODPADOCH Z OBALOV S DÔVODOVOU SPRÁVOU 24
Kolektív
- K ZVÝŠENIU ODBYTU VÝROBKOV Z RECYKLOVANÝCH ODPADOV BY MOHLA PRISPIEŤ NIŽŠIA SADZBA DPH 25
h. prof. Ing. František Máteľ, CSc.
- NÁVRH NOVELY SMERNICE EÚ O SKLÁDKACH ODPADOV S DÔVODOVOU SPRÁVOU 26
Kolektív
- ENVIRONMENTÁLNY FOND ŽIADA O ZVÝŠENIE ROZPOČTU AJ NA ZABEZPEČENIE KONTAJNEROVÝCH STOJÍSK PRED MEDVEĎMI 27
Kolektív
- ZAMYSLENIE SA NAD JEDNÝM ROZSUDKOM 28
Ing. Marek Hrabčák

3. SPEKTRUM

- BIOMIMETIKA AKO ALTERNATÍVA PRE ÚČINNEJŠIE ZHODNOCOVANIE PRÍRODNÝCH ZDROJOV A TREND „CLEANTECH“ PRE UDRŽATELNÉ ŽIVOTNÉ PROSTREDIE 29
Prof. Ing. Eva Chmielewská, CSc.
- ANTROPICKÉ FAKTORY ZNEČIŠŤOVANIA PÔDNEHO FONDU A REGULAČNÉ OPATRENIA 30
Ing. et Ing. Marián Sudzina, PhD., prof. Ing. Miroslava Kačániová, PhD., doc. Ing. Michal Stričík, PhD.
- GRANTY Z EKOFONDU USPORILI MILIÓNY KILOWATHODÍN ENERGIE 31
Kolektív
- U NÁS TESTOVANÉ BATÉRIE BLUE ENERGY SÚ NEHORĽAVÉ, NEVÝBUŠNÉ, NETOXICKÉ A HLAVNE RECYKLOVATELNÉ 32
Kolektív
- SLOVENSKO-UKRAJINSKÝ PROJEKT SUNRISE: UDRŽATELNÉ VYUŽÍVANIE PRÍRODNÝCH ZDROJOV V MALÝCH PODNIKOKH 33
Kolektív
- SPOLOČNOSTI P&G SA DARÍ MINIMALIZOVAŤ EKOLOGICKÚ STOPU 34
Kolektív
- „ENVIRODOTAZNÍK“ TESTUJE PRÍSTUP POLITICKÝCH STRÁN K ŽIVOTNÉMU PROSTREDIU 35
Kolektív
- ZAUJÍMAVOSTI ZO ZAHRANIČIA 36

Zita Takáčová, Dušan Oráč, Tomáš Havlík*

SÚČASNÉ TRENDY V ZÍSKAVANÍ UŠĽACHTILÝCH KOVOV Z VYRADENÝCH DOSIEK PLOŠNÝCH SPOJOV

ABSTRAKT

Práca pojednáva o získavaní ušľachtilých kovov z odpadových dosiek plošných spojov z počítačov a mobilných telefónov, ktoré sa považujú za bohatý, t.z. „high grade material“ a obsahujú vysoké podiely medi a ušľachtilých kovov, ako je zlato, striebro a paládium. V práci sa popisujú základné princípy spracovania tohto odpadu, ich výhody a nevýhody. Ďalej sa práca zameriava na vytvorenie prehľadu študovaných podmienok a výsledkov súčasného výskumu v oblasti spracovania dosiek plošných spojov. Trendom v tejto oblasti je použitie hydrometalurgických postupov, konkrétne viacstupňového lúhovania, kde sa v jednotlivých krokoch selektívne získajú prítomné základné neželezné kovy, ako aj kovy ušľachtilé. Medzi skúmané lúhovacie činidlá pre efektívne vylúhovanie ušľachtilých kovov patrí tiomočovina a tiosíran spolu s oxidačným činidlom, kedy možno dosiahnuť takmer 100 % výťažnosti ušľachtilých kovov. Tie možno z roztoku selektívne získať zrážaním, iónovou výmenou alebo kvapalinovou extrakciou.

Kľúčové slová: Odpad elektrických a elektronických zariadení (OEEZ), dosky plošných spojov (DPS), ušľachtilé kovy, zlato, striebro, hydrometalurgia, lúhovanie.

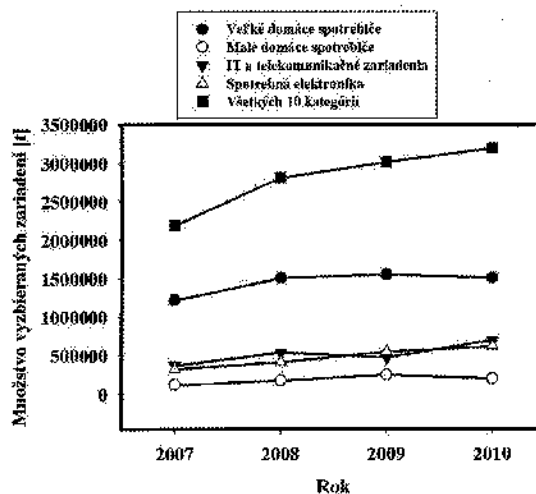
1. ÚVOD

Technologické inovácie a intenzívne marketingové stratégie zapríčinili v posledných rokoch rýchly rozmach elektrických a elektronických zariadení. Podiel elektrických a elektronických zariadení na trhu je značný a ich amortizácia je relatívne vysoká, čo má za následok ich neustálu obmenu a tým pádom aj vznik veľkého množstva odpadov elektrických a elektronických zariadení (OEEZ). Celosvetovo najväčší podiel na trhu predstavujú veľké domáce spotrebiče (43 %), za nimi nasledujú informačné technológie a telekomunikačné zariadenia (40 %), spotrebná elektronika (televízory, rádiá, audio, 8 %), malé domáce spotrebiče (3 %) a elektrické nástroje (3 %) [1].

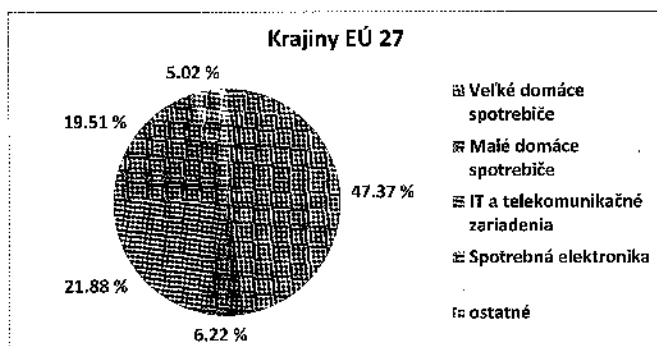
Smernica 2002/96/ES Európskeho parlamentu a rady o odpade z elektrických a elektronických zariadení (OEEZ) definuje tento odpad ako nepoužiteľné alebo staré zariadenia, ktoré sú závislé na elektrickom prúde alebo elektromagnetickom poli [2]. Vzhľadom k rýchlemu ekonomického rastu, technologickému pokroku a zastarávaniu elektronických zariadení na trhu množstvo vyprodukovaného OEEZ z roka na rok rastie. Toto naakumulované množstvo je zdrojom cenných materiálov, ako sú ušľachtilé kovy (najmä zlato a striebro) a základné neželezné kovy (hlavne meď a cín). Významným zdrojom ušľachtilých kovov v OEEZ sú najmä dosky plošných spojov

(DPS), ktoré tvoria 6 % z celkového množstva elektrického a elektronického odpadu.

V Európskej únii vznikne ročne približne 8 miliónov ton OEEZ (s ročným nárastom 3 až 5 %) a na celom svete približne 20 až 50 miliónov ton OEEZ ročne. Takéto množstvo odpadu je veľmi významné nielen z pohľadu množstva, ale aj preto, že obsahuje látky (najmä ťažké kovy a plasty), ktoré pri nesprávnom alebo nevhodnom nakladaní môžu mať nebezpečný charakter. Na druhej strane však obsahuje množstvo cenných zložiek, napr. zlato, striebro, meď alebo cín. Na obr. 1 je uvedený vývoj zberu OEEZ v krajinách EÚ 27 za roky 2007 až 2010 (na stránke Eurostat nie sú dostupné novšie údaje) a na obr. 2 podiel jednotlivých kategórií. V súčasnosti sa elektroodpad delí do desiatich kategórií a toto rozdelenie bude podľa nového zákona NR SR o odpadoch č. 79/2015 Z.z. v platnosti do 14. 8. 2018 (tzv. prechodné obdobie). Z obrázkov jasne vyplýva zvyšovanie množstva vyzbieraných zariadení s najväčším podielom v kategóriách „Veľké domáce spotrebiče“, „IT a telekomunikačné zariadenia“ a „Spotrebná elektronika“ [4, 5].

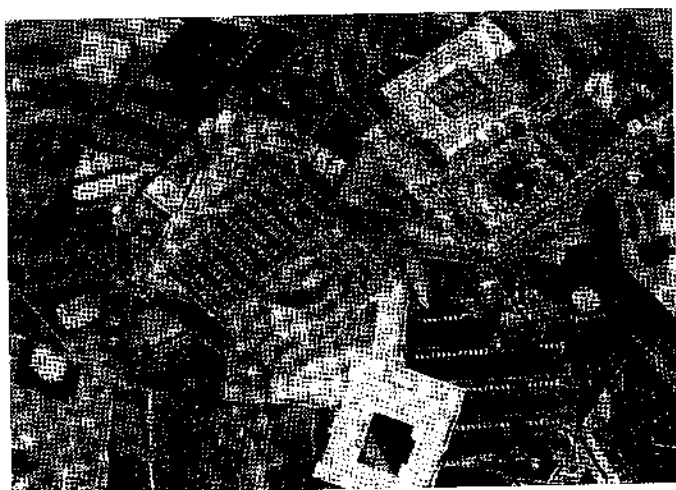


Obr. 1: Zber OEEZ v krajinách EÚ 27 za roky 2007 až 2010



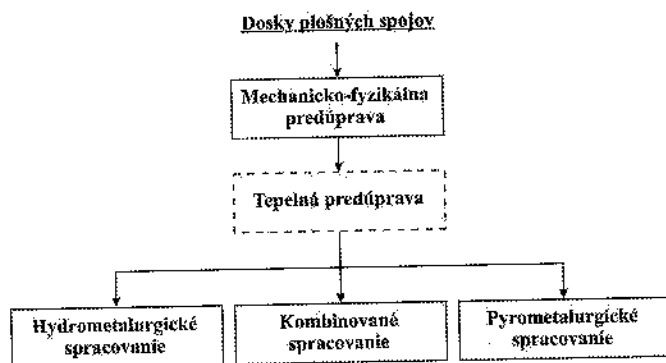
Obr. 2: Podiel jednotlivých kategórií na zbere za rok 2010

V súčasnosti sa vysoká pozornosť (v praxi aj vo výskume) zameriava hlavne na spracovanie dosiek plošných spojov z vyradených počítačov a mobilných telefónov (obr. 3). Hlavným dôvodom je fakt, že tieto dosky obsahujú zaujímavé množstvá kovov a sú teda žiadanou, lukratívnou komoditou označovanou ako „high grade material“. Dosky plošných spojov nie sú však len súčasťou osobných počítačov, ale v súčasnosti sú obsiahnuté takmer vo všetkých zariadeniach (napríklad v televízoroch, monitoroch, rádiách). Dosky plošných spojov z týchto zariadení sú pre nižší obsah cenných kovových zložiek označované ako „low grade material“. V tab. 1 je uvedený obsah kovov v doskách plošných spojov v porovnaní s obsahom v primárnych surovinách. Z tab. 1 je zrejmé, že aj obsah kovov v „low grade material“ doskách je 10 a viac násobne vyšší ako v primárnych surovinách, čo v súvislosti s vysokou cenou prítomných ušľachtilých kovov jednoznačne zdôvodňuje atraktivitu tohto materiálu ako významnej druhotnej suroviny.



Obr. 3: Dosky plošných spojov z vyradených osobných počítačov

DPS teda predstavujú cennú druhotnú surovinu, avšak ich recyklácia je pre komplexnú povahu náročná. Medzi postupy spracovania DPS možno zaradiť: mechanicko-fyzikálnu a/alebo tepelnú predúpravu, pyrometalurgické, hydrometalurgické alebo kombinované spracovanie [5] (obr. 4).



Obr. 4: Princiálna schéma spracovania DPS

Mechanicko-fyzikálna predúprava DPS môže zahŕňať drvenie, mletie, magnetickú separáciu, separáciu častíc podľa veľkosti, vzduchové triedenie, separáciu podľa hustoty, elektrostatickú separáciu a podobne. Cieľom mechanickej predúpravy je zmenšenie materiálu a uvoľnenie jednotlivých zložiek, prípadne ich roztriedenie (napr. sitovaním). Cieľom fyzikálnej predúpravy je samotná separácia jednotlivých zložiek na základe ich rozdielnych fyzikálnych vlastností. V prípade dosiek plošných spojov je cieľom separácia kovov od nekovových zložiek, čím sa získa koncentrát kovov, ktorý postupuje na samotné spracovanie.

Pyrometalurgické postupy zahŕňujú tavenie odpadu pri výrobe iného neželezného kovu (hlavne medi), kde sa ušľachtilé kovy sústreďujú v medziproduktoch, alebo môže ísť o tavenie s prídavkom kovov, ktoré slúžia ako kolektory. Nevýhodou je robustnosť týchto procesov, straty kovov v procese, environmentálne problémy a iné.

Pri hydrometalurgickom spracovaní sa kovy získavajú tzv. „mokrou cestou“, pričom prvým krokom je lúhovanie, teda prevedenie kovu do vyluhu v rôznych lúhovacích médiách (kyslých alebo zásaditých) a následné získavanie kovu z vyluhu. Hydrometalurgia má viaceré výhody, ktorými sú predovšetkým vysoká flexibilita, možnosť spracovať aj chudobné materiály, vysoké výťažnosti a nízke straty kovov v procese. Je aj environmentálne prijateľnejšia. Z týchto dôvodov sa ako vhodnejšie pre spracovanie DPS javia hydrometalurgické pro-

Tab. 1: Porovnanie obsahu kovov v primárnej surovine s doskami plošných spojov [6-8]

Kovy	Obsah [%]			Cena [USD/t] ku dňu 02.02.2016
	Rudy	„High grade material“	„Low grade material“	
Cu	0,5 - 1,0	7 - 20	3,4 - 21	4600
Sn	< 1	2,9 - 4,9	0,72 - 1,4	14 950
Obsah [ppm]				Cena [USD/oz*] ku dňu 02.02.2016
Au	5 - 7	16 - 566	10 - 20	1130
Ag	5 - 7	189 - 1380	115 - 280	15
Pd	3 - 5	3 - 210	4 - 10	500

* oz - trójska unca = 31,1 g

cesy. Spomínané postupy sa často kombinujú – potom sa hovorí o kombinovanom spracovaní.

Aj primárna metalurgia ušľachtiteľných kovov je založená na hydrometalurgických, prípadne kombinovaných postupoch. Typickým príkladom je kyanidové lúhovanie, ktoré sa dlhodobo používa pre získavanie zlata a striebra z primárnych surovín. Výhodou je, že ide o jednoduchý a efektívny proces. Problémom je použitie nebezpečných toxických látok.

K tomuto procesu existujú alternatívy, ktoré sú bezpečnejšie a priateľskejšie k životnému prostrediu, napr. oxidačné lúhovanie v tiomočovine či tiosírane a pod. Ako oxidačné činidlá možno použiť peroxid sodíka, ozón a železité ióny, ktoré zabezpečujú efektívnejšie lúhovanie ušľachtiteľných kovov do roztoku. Medzi výhody lúhovania v tiomočovine patrí vysoká výťažnosť kovov, rýchly proces lúhovania, nízka toxicita, šetrnosť k životnému prostrediu a skutočnosť, že môže plnohodnotne nahradiť kyanidové lúhovanie. Problémom je vysoká spotreba spomenutých reagentov. Podobné výhody ponúka aj ďalšie lúhovacie médium – tiosíran [9].

Cieľom práce je priblížiť zameranie a výsledky súčasného výskumu v oblasti hydrometalurgického, prípadne kombinovaného spracovania OEEZ, a to hlavne dosiek plošných spojov z počítačov a mobilných telefónov. V práci sa uvádza prehľad postupov a výsledkov súčasných výskumných vedeckých prác pre komplexné spracovanie DPS, čo znamená pre získavanie všetkých prítomných kovov s dôrazom na kovy ušľachtiteľné, ktoré majú najvyššiu ekonomickú hodnotu.

2. SÚČASNÝ STAV V OBLASTI VÝSKUMU HYDROMETALURGICKÉHO SPRACOVANIA DPS

Dosky plošných spojov z pohľadu kvantitatívneho zastúpenia kovov predstavujú surovinu vhodnú na hydrometalurgické spracovanie. Na obr. 5 je zobrazená všeobecná schéma hydrometalurgického spracovania [5].

Autori nasledujúceho súhrnu (stručnej charakteristiky) vedeckých článkov, ktoré sa zaoberajú hydrometalurgickým spracovaním dosiek plošných spojov, sa zameriavajú na získavanie ušľachtiteľných kovov a medi.

Zhang a Zhang [10] v práci popisujú syntézu chloridu medného a súčasné získavanie Ag a Pd z DPS. DPS najprv podrobili tepelnému šoku pri teplote 270 °C za účelom rozrušenia kompaktnéj štruktúry DPS a uvoľnenia kovových súčastí. Obsah záujmových kovov v takto získanej kovovej frakcii bol nasledovný: 94,30 hm. % Cu, 209 mg/kg Ag, 307 mg/kg Pd. Ako lúhovacie činidlo na lúhovanie kovovej frakcie použili CuSO_4 s prídavkom NaCl. Týmto lúhovacím činidlom možno získať 98,5 % medi za nasledovných podmienok:

$V_{\text{NaCl}}/m_{\text{CuSO}_4} = 6 \text{ ml/g}$, molárny pomer $[\text{Cu}]/[\text{Cu}^{2+}] = 0,95$; 30 minút a 60 °C. Ag a Pd tvoria počas lúhovania stabilné chlorokomplexy, pričom Cu^{2+} pôsobí ako oxidačné činidlo.

Autori uvádzajú, že takýmto lúhovaním sa v dvoch stupňoch dosiahla takmer 94 %-ná výťažnosť striebra a 95 %-ná výťažnosť Pd. Výhodou tohto postupu je použitie neagresívneho, nekorozívneho činidla, čo je environmentálne prijateľnejšie.

Med' z výluhu možno získať v podobe CuCl hydrolytickým zrážaním, Ag a Pd kvapalinovou extrakciou.

Dosky plošných spojov



Obr. 5: Všeobecná schéma hydrometalurgického spracovania

Birloaga a kol. [11] získavali zlato z DPS lúhovaním v tiomočovine. Autori zistili, že prítomnosť medi nepriaznivo vplyva na extrakciu zlata. Z toho dôvodu uskutočnili v prvom kroku experimenty lúhovania, ktorých cieľom bolo odlúhovať med'. Sledovali vplyv koncentrácie H_2SO_4 , prídavku oxidačného činidla H_2O_2 a teploty. Najvyššia výťažnosť medi dosiahli použitím 2 M H_2SO_4 , 20 ml 30 % H_2O_2 pri teplote 30 °C po dobu lúhovania 3 hodiny. Podmienky pre následné získavanie zlata z nerozpustného zvyšku boli nasledovné: lúhovacie činidlo 20 g/l tiomočovina, 6g/l Fe^{3+} , 10 g/l H_2SO_4 , 600 otáčok za minútu. Z DPS s obsahom Cu 30,57 % a zlata 238 mg/kg získali 69 % zlata po dvojestupňovom oxidačnom lúhovaní DPS s veľkosťou častíc < 2 mm, ak sa v prvom kroku lúhovania odstránilo 75 % medi. Zistili, že na výťažnosť medi negatívne vplyva zvyšovanie otáčok počas lúhovania, podľa autorov je to v dôsledku degradácie oxidačného činidla H_2O_2 . Autori na záver zhodnotili, že pre získavanie oboch kovov – medi aj zlata je dôležitá čo najmenšia veľkosť častíc, ktorá zabezpečí styk veľkej plochy kovu s činidlom. Oxidačné lúhovanie musí prebiehať za minimálneho miešania za účelom prevencie rozkladu H_2O_2 .

Jing-ying a kol. [12] tiež študovali získavania zlata a striebra pomocou tiomočoviny z DPS, ktoré pochádzali z mobilných telefónov. Použitie DPS obsahovali 398,6 mg/g Cu, 0,043 mg/g Au a 0,54 mg/g Ag. Autori sledovali vplyv veľkosti častíc, koncentrácie lúhovacieho a oxidačného činidla (Fe^{3+}) a teploty na výťažnosť záujmových kovov. Najvyššia výťažnosť zlata (90 %) sa získala pri veľkosti častíc < 0,166 mm pomo-

cou lúhovacieho činidla zloženého z 24 g/l tiomočoviny a 0,6 % Fe^{3+} pri izbovej teplote po dobu lúhovania 2 hodiny.

Behnamfard a kol. [13] študovali selektívne získavanie Cu, Ag, Au a Pd z DPS. Obsah medi a ušľachtilých kovov v použitej vzorke DPS bol nasledovný: Cu 19,187 hm. %, Au 130,25 mg/kg, Ag 704,31 mg/kg, Pd 27,59 mg/kg. Dvojstupňovým lúhovaním v 2 M H_2SO_4 v prítomnosti H_2O_2 sa získalo viac ako 99 % obsahu medi. Nerozpustný zvyšok sa podrobil lúhovaniu v tiomočovine s Fe^{3+} ako oxidačným činidlom, pričom sa dosiahla takmer 86 % výťažnosť Au a 71 % výťažnosť Ag. Ako redukčné zrážacie činidlo na zrážanie Au a Ag z výluhu sa použil NaBH. V poslednom stupni lúhovania sa na vylúhovanie zvyškového zlata a Pd ako lúhovacie činidlo použila zmes NaCl – HCl – H_2O_2 . Výťažnosť Au a Pd ďalej stúpala s koncentráciou NaClO do 10 obj. %, ďalšie zvyšovanie koncentrácie NaClO malo nepatrný efekt na výťažnosti spomínaných kovov. Výťažnosť Au a Pd sa zvyšovala s rastúcou koncentráciou HCl od 2 do 5 M. Prebiehajúce reakcie sú exotermické a stúpajúca teplota mala tiež pozitívny efekt na výťažnosť kovov. Najlepšie výsledky pre vylúhovanie Au a Pd v NaClO – HCl – H_2O_2 sa dosiahli za týchto podmienok: 5 M HCl, 1 obj. % H_2O_2 , 10 obj. % NaClO, 63 °C, doba lúhovania 3 hodiny, pomer kvapalnej fázy ku pevnej K:P = 10. Zrážanie Au a Pd z výluhu prebiehalo podobne ako po lúhovaní v tiomočovine použitím NaBH, pričom 100 %-ná účinnosť zrážania Au a Pd sa dosiahla pomocou NaBH s koncentráciou 2g/l pri izbovej teplote za 15 minút. Autori uvádzajú, že takto navrhnutý postup spracovania DPS je environmentálne prijateľný kvôli nízkej toxicite reagentov.

Gurung a kol. [14] skúmali vylúhovanie Au a Ag z DPS z mobilných telefónov pomocou tiomočoviny s následnou selektívnou adsorpciou kovov na biomase, ktorú tvoril ľahko dostupný poľnohospodársky odpad. Na lúhovanie použili vzorku DPS, ktorú po mechanickej úprave podrobili kalcinácii pri teplote 750 °C počas 6 hodín za účelom spálenia živice. Počas lúhovania sledovali vplyv viacerých parametrov na výťažnosť Ag a Au, ako je koncentrácia tiomočoviny a kyseliny sírovej, hustota rmutu, teplota a doba lúhovania. Ako oxidačné činidlo použili Fe^{3+} . Zistili, že zo vzorky DPS s veľkosťou častíc 53-75 μm sa dosiahla najvyššia výťažnosť kovov. Optimálne podmienky pre vylúhovanie zlata (3,2 mg/g) boli nasledovné: 0,5 M tiomočovina, 0,05 M H_2SO_4 , 45 °C, 6 hodín. Optimálna doba lúhovania sa skrátila na 2 hodiny, ak sa do systému pridal 0,01 M Fe^{3+} . Pre vylúhovanie striebra (6,8 mg/g) boli optimálne podmienky odlišné: 0,5 M tiomočovina, 0,01 M H_2SO_4 , 60 °C, doba lúhovania necelé 4 hodiny. Na získavanie kovov z výluhu použili cementáciu, ktorá však nebola dostatočne efektívna, adsorpciu na aktívnom uhlí a adsorpciu na biomase s obsahom trieslovín. Táto biomasa, aktivovaná pomocou H_2SO_4 , sa ukázala ako sľubný materiál pre získavanie Au a Ag z výluhu. Autori uviedli, že tento adsorbent nielenže selektívne adsorbuje prítomné kovy, ale zároveň redukuje ióny zlata do elementárnej podoby.

Camelino o kol. [15] porovnávali vplyv dvoch lúhovacích činidiel – tiosíranu amónneho a tiomočoviny na vylúhovanie zlata a striebra z dosiek plošných spojov z mobilných telefónov. DPS obsahovali takmer 66 % Cu, 0,0168 % Au a 0,0285 %

Ag. Predupravené DPS s veľkosťou častíc < 2 mm podrobili lúhovaniu v tiosírane a v tiomočovine, ktorému predchádzalo vylúhovanie sprievodných nezelezných kovov, najmä medi, v kyseline sírovej s prídavkom oxidantu. Študované podmienky boli nasledovné: 0,08 – 0,12 M tiosíran amónny, 0,1 – 0,2 M NH_4OH , teplota 20 °C, pH = 10,5-15 a 15 mM Cu^{2+} . Pri lúhovaní DPS v tiomočovine sledovali vplyv koncentrácie, ktorá sa pohybovala v rozmedzí 20 – 28 g/l. Autori zistili, že za daných podmienok je ako činidlo na vylúhovanie zlata efektívnejšie tiosíran amónny, keď sa do výluhu previedlo viac ako 70 % Au, pričom v tiomočovine sa dosiahla iba 40 %-ná výťažnosť zlata.

Ving Hung Ha a kol. [16] lúhovali DPS z mobilných telefónov použitím 0,06 – 2 M roztoku tiosíranu amónneho s prídavkom 3 – 5 mM síranu meďnatého a 0,1 – 0,4 M amoniaku s cieľom vylúhovať zlato. DPS použité na experimenty mali priemerný obsah Au 12 %, Cu 35,1 %, Sn 4 %, Pb 2,7 %. Najvyššie výťažnosti zlata (98 %) sa dosiahli v 0,1 – 0,14 M tiosíranu s prídavkom 15 – 20 mM síranu meďnatého a 0,2 – 0,3 M amoniaku počas 2 hodín. Autori uvádzajú, že výťažnosť zlata silno závisí od koncentrácie Cu^{2+} . Ak koncentrácia Cu^{2+} klesla pod 15 mM, výťažnosti zlata boli veľmi nízke. Títo autori v inej práci [17] optimalizovali opísaný proces a študovali jeho kinetiku, pričom zistili, že aktivačná energia bola v rozmedzí 20 – 50 °C 78,6 kJ.mol⁻¹, čo naznačuje, že proces je riadený rýchlosťou chemickej reakcie.

Yuong Jun Park a Derek J. Fray [18] skúmali lúhovanie DPS v lúčavke kráľovskej s pomerom K : P = 20. Striebro sa v lúčavke nerozpúšťa, preto ho získavali zo vznikajúcej zrazeniny AgCl iným konvenčným postupom, pri ktorom sa dosiahla 98 %-ná účinnosť. Paládium (93 hm.%) získali ako červenú zrazeninu $\text{Pd}(\text{NH}_4)_2\text{Cl}_6$. Na získavanie zlata použili kvapalinovú extrakciu. Na vytvorenie nanočastíc zlata pridávali dodacanthiol a roztok NaBH. Takýmto spôsobom získali 97 hm. % zlata v podobe nanočastíc s veľkosťou približne 20 nm, ktoré identifikovali transmisívnym elektrónovým mikroskopom.

Kin a kol. [19] skúmali vylúhovanie zlata z DPS z mobilných telefónov pomocou elektricky generovaného chlóru ako oxidačného činidla a jeho získavanie z roztoku pomocou iónovej výmeny. Vstupná vzorka DPS obsahovala 66 % Cu, 0,045 % Au, 2,30 % Ni a 31,66 % tvoril zvyšok, ktorý zahrňoval keramiku a živicu. Experimenty prebiehali v lúhovacej aparature, pričom do lúhovacieho reaktora privádzali plynň chlór vytváraný v anódovom priestore Cl_2 -generátora. Výťažnosť zlata stúpala so stúpajúcou teplotou a počiatočnou koncentráciou chlóru, a to dokonca aj pri nízkej koncentrácii kyseliny, kým vylúhovanie medi stúpalo so stúpajúcou koncentráciou kyseliny a klesalo so stúpajúcou teplotou. Lúhovanie uskutočnili v dvoch stupňoch. V prvom stupni dosiahli takmer 97 %-ná výťažnosť medi v priebehu 165 minút pri 25 °C za použitia 2 M HCl s Cl_2 generovanom pri prúdovej hustote 714 A/m², pričom sa vylúhovalo iba 5 % zlata. V druhom stupni získali 93 % zlata z lúhovacieho zvyšku pri použití 0,1 M HCl a plynňého chlóru. Na separáciu zlata z výluhu autori použili iónomenič Amberlite XAD-7HP a tak získali 95 % zlata pri maximálnej adsorpcii zlata 46,03 mg/g iónomeniča. Takto získali roztok s obsahom zlata 6034 mg/l s čistotou 99,9 %.

Petter a kol. [20] študovali vylúhovanie Au a Ag z DPS z mobilných telefónov v konvenčných činidlách: lúčavke kráľovskej a kyseline dusičnej a v alternatívnych lúhovacích činidlách: v tiosirane sodnom a amónnom. Vzorka obsahovala priemerné 273 g/t Ag a 880 g/t Au. Študovali vplyv prídavkov rôznych oxidačných činidiel k alternatívnym lúhovacím médiám – CuSO₄, NH₄OH, H₂O₂ na výťažnosť záujmových kovov. Autori uviedli, že komerčným lúhovacím činidlom na báze kyanidu možno získať približne 500 g zlata/t DPS. Pomocou kyseliny dusičnej dosiahli 100 % výťažnosť striebra - 3,494 g striebra/t DPS. Najlepšie výsledky pri alternatívnom lúhovaní zaznamenali v 0,1 M tiosirane sodnom s prídavkom 0,2 M NH₄OH a koncentraciou medi 0,015 – 0,03 M, keď dosiahli 15 % výťažnosť Au. Použitie H₂O₂ ako oxidačného činidla nevedlo k zvýšeniu výťažnosti. Výťažnosť striebra bola v oboch alternatívnych činidlách nízka, najvyššia dosiahla 3 %, a to dokonca bez prídavku Cu²⁺ ako oxidačného činidla. Autori v závere uviedli, že nedosiahli požadované výsledky, čo si vyžaduje ďalšie štúdium.

Ahmet Denis Bas a kol. [21] študovali vylúhovanie striebra a medi z televíznych dosiek plošných spojov pomocou kyseliny dusičnej. Vstupná vzorka DPS, podrvená a pomletá na veľkosť 250 μm, obsahovala 11,2 % Cu a 48g/t Ag. Lúhovanie v HNO₃ prebiehalo po dobu 120 min pri teplote 30 – 70°C. Dosiahli takmer 70 %-nú výťažnosť striebra za použitia 5 M kyseliny dusičnej, pričom sa do vyluhu previedlo aj 99 % medi.

Fu Rong Xiu a kol. [22] skúmali možnosti vylúhovania zlata, striebra a paládia z podrvených DPS z mobilných telefónov s veľkosťou častíc < 4 mm. Na získavanie týchto kovov bola použitá metóda lúhovania v jodidovom lúhovacom činidle po predúprave DPS pomocou vody v superkritickom stave (t = 374 °C). Pri kontakte superkritickéj vody s oxidovateľnými látkami dôjde k veľmi búrlivej oxidácii, kde voda funguje ako katalyzátor. Výsledkom je odstránenie organických častí z DPS a obohatenie kovového podielu. Takto upravené DPS ďalej lúhovali v kyseline chlorovodíkovej počas 100 min. za účelom odstránenia medi, olova, zinku, železa a niklu. V po-

Tab. 2: Prehľad podmienok a výsledkov študovaných postupov získavania ušľachtilých kovov z DPS [10-22]

Obsah kovov v DPS	Študované podmienky lúhovania	Najvyššia dosiahnutá výťažnosť kovov	Zdroj
kovová frakcia DPS, 94,30 hm. % Cu, 209 mg/kg Ag, 307 mg/kg Pd	CuSO ₄ s prídavkom NaCl V _{NaCl} /m _{CuSO4} = 6 ml/g, molárny pomer [Cu]/[Cu ²⁺] = 0,95; 30 min., 60 °C	98,5 % Cu 94 % Ag 95 % Pd	[10]
30,57 % Cu, 238 mg/kg Au	1. stupeň: 2 M H ₂ SO ₄ , 20 ml 30 % H ₂ O ₂ , t = 30 °C, 3 hód. 2. stupeň: 20 g/l tiomočovina, 6g/l Fe ³⁺ , 10 g/l H ₂ SO ₄ , 600 ot./ min.	75 % Cu 69 % Au	[11]
398,6 mg/g Cu, 0,043 mg/g Au, 0,54 mg/g Ag	24 g/l tiomočoviny + 0,6 % Fe ³⁺ , izbová teplota, 2 hod., veľkosť častíc < 0,166 mm = optimálne podmienky	neuveďené	[12]
Cu 19,187 hm. %, Au 130,25 mg/kg, Ag 704,31 mg/kg, Pd 27,59 mg/kg	1. stupeň: H ₂ SO ₄ + H ₂ O ₂ 2. stupeň: tiomočovina + Fe ³⁺ 3. stupeň: NaCl + HCl + H ₂ O ₂	99 % Cu 86 % Au 71 % Ag Pd – neuvedené	[13]
Au, Ag – obsah neuvedený	tiomočovina + Fe ³⁺	3,2 g/g Au 6,8 mg/g Ag	[14]
66 % Cu 0,0168 % Au 0,0285 % Ag	0,08 – 0,12 M tiosíran amónny, 0,1 – 0,2 M NH ₄ OH, teplota 20 °C, pH = 10,5-15 a 15 mM Cu ²⁺ 20 – 28 g/l tiomočovina	70 % Au	[15]
12 % Au, 35,1 % Cu	0,06 – 2 M tiosíran amónny + 5-3 mM CuSO ₄ + 0,1 – 0,4 M NH ₃	98 % Au	[16]
Au, Ag – obsah neuvedený	lúčavka kráľovská, K:P = 20	98 % Ag 93 % Pd 97 % Au	[18]
66 % Cu, 0,045 % Au, 2,30 % Ni	1. stupeň: 2 M HCl + Cl ₂ 2. stupeň: 0,1 M HCl + Cl ₂	97 % Cu, 98 % Au	[19]
273 g/t Ag, 880 g/t Au	tiosíran sodný, tiosíran amónny oxidačné činidlá – CuSO ₄ , NH ₄ OH, H ₂ O ₂	15 % Au 3 % Ag	[20]
11,2 % Cu, 48 g/t Ag	1-5 M HNO ₃ , 120 min., 30-70 °C	70 % Ag 99 % Cu	[21]
40,8 % Cu, 0,0065 % Au 0,106 % Ag 0,005 % Pd	1. Predúprava vo vode v superkritickom stave 2. Lúhovanie v HCl – do vyluhu Cu, Pb, Zn, Fe, Ni 3. lúhovanie v KI+I ₂ – do vyluhu Ag, Au, Pd	– 100 % Au, Ag, Pd	[22]

slednej fáze nasledovalo jódidové lúhovanie po dobu 30 až 180 min., čím získali výluh s obsahom striebra, zlata a paládia. Na vylúhovanie ušľachtilých kovov má významný vplyv doba lúhovania, pomer fáz, teplota a pH. Najvyššie výťažnosti týchto kovov – takmer 100 % dosiahli pri koncentrácii lúhovacieho činidla 20 mM KI a 40 mM I₂, pri pH = 9.

V tab. 2 sa nachádza prehľad podmienok a výsledkov popísaných postupov pre získavanie ušľachtilých kovov z dosiek plošných spojov.

3. DISKUSIA A ZÁVER

Súčasný výskum sa zameriava na vývoj a optimalizáciu postupov pre komplexné získavanie kovov z dosiek plošných spojov – vrátane kovov ušľachtilých, ktoré významne zvyšujú ekonomickú atraktivitu tohto druhu odpadu. Vo výskume sa hľadajú alternatívy ku klasickému kyanidovému lúhovaniu zlata a striebra a riešia sa s tým spojené problémy, ako je agresívne prostredie, dlhé časy lúhovania, značná spotreba lúhovacích činidiel, nutná prítomnosť silných oxidantov, vznik veľkého množstva odpadových kyslých roztokov, náročné spracovanie odpadových vôd a pod.

Cieľom výskumu je dosiahnuť selektívne vylúhovanie a maximálne výťažnosti ušľachtilých kovov na základe použitia menej agresívneho prostredia na lúhovanie, používania lúhovacích činidiel bez silných oxidačných činidiel, zníženia objemu roztokov kyselín na lúhovanie, minimalizácie vzniku odpadových roztokov a pod.

Zo štúdia súčasného stavu v oblasti výskumu hydrometalurgického spracovania DPS vyplynuli nasledovné závery:

- *Trendom v tejto oblasti je dvoj a viacstupňové lúhovanie, keď sa v prvom kroku odstráni, resp. získajú sprievodné menej ušľachtilé kovy a v ďalších krokoch lúhovania sa postupne prevedú do výluhu aj ušľachtilé kovy.*
- *V prvom kroku pri viacstupňovom lúhovaní sa odstraňuje, resp. získava meď, a to za pomoci bežných lúhovacích činidiel s prídavkom oxidantov. Najčastejšie ide o kyselinu sírovú s prídavkom peroxidu vodíka, keď možno zabezpečiť takmer 100 % výťažnosť meďi.*
- *Medzi preferované alternatívne lúhovacie činidlá pre získavanie zlata a striebra patrí tiomočovina s prídavkom železitých iónov ako oxidačného činidla, avšak ako oxidačné činidlo možno použiť aj peroxid vodíka, prípadne meďnaté ióny.*
- *V prácach sa uvádza, že hlavnou výhodou tiomočoviny je jej netoxická povaha, nevýhodou je nízka stabilita.*
- *Na získavanie kovov platinovej skupiny z DPS (prítomné je hlavne paládium) je vhodné použiť chloridové lúhovacie činidlo, do ktorého sa privádza plyný chlór ako oxidačné činidlo. Získavanie paládia predstavuje až tretí stupeň v lúhovaní po získaní meďi v prvom kroku a získaní zlata a striebra v druhom kroku.*
- *Ušľachtilé kovy sa z výluhu môžu získavať zrážaním, kvapalinovou extrakciou, iónovou výmenou, adsorbciou na biomase, pričom ako perspektívne sa javí použitie kvapalinovej extrakcie a iónovej výmeny.*

Ústav recyklačných technológií Hutníckej fakulty Technickej univerzity v Košiciach dlhoročne realizuje výskum v oblasti komplexného spracovania dosiek plošných spojov za účelom získania všetkých prítomných kovov, nielen tých ušľachtilých. V roku 2003 na pôde vtedajšej Katedry neželezných kovov a spracovania odpadov (dnes Ústavu recyklačných technológií), vzniklo Centrum spracovania odpadov (CENSO), ktoré sa špecializuje na podobné aktivity.

Medzi výskumné činnosti v oblasti spracovania dosiek plošných spojov možno zahrnúť štúdium mechanickej predúpravy DPS za účelom dosiahnutia vhodnej zrnitosti materiálu, ktorá vplyva na ďalšie spracovanie, ako aj štúdium termodynamiky a kinetiky vylúhovania záujmových kovov a ich získavania z výluhu.

Štúdium dostupných vedeckých prác a tvorba prehľadu výsledkov súčasného výskumu sú nevyhnutným krokom pred zahájením vlastných experimentálnych prác a pomáhajú získať ucelený obraz o stave danej problematiky.

Podakovanie:

Táto práca vznikla v rámci riešenia grantu VEGA MŠ SR 1/0293/14 a za jeho finančnej podpory. Tento príspevok vznikol vďaka podpore v rámci operačného programu Výskum a vývoj pre projekt: Univerzitný vedecký park TECHNICOM pre inovačné aplikácie s podporou znalostných technológií, kód ITMS: 26220220182, spolufinancovaný zo zdrojov Európskeho fondu regionálneho rozvoja. Táto práca bola podporená Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe Zmluvy č. APVV-14-0591.

Použitá literatúra:

- [1] Onwughara N. I., Nnorom I. C., Kanno O. C. and Chukwuma R. C.: Disposal Methods and Heavy Metals Released from Certain Electrical and Electronic Equipment Wastes in Nigeria: Adoption of Environmental Sound Recycling System, *International Journal of Environmental Science and Development*, 1, 4, 2010, ISSN: 2010-0264.
- [2] Smernica 2002/96/ES Európskeho parlamentu a Rady z 27. januára 2003 o odpade z elektrických a elektronických zariadení (OEEZ).
- [3] Behnamfard, A., Salarirad M.M., Veglio F.: Process development for recovery of copper and precious metals from waste printed circuit boards with emphasis on palladium and gold leaching and precipitation, *Waste Management*, 33, 11, 2013, 2354-2363.
- [4] Oráč D., Havlík T., Kukurugya F., Miškufová A., Takáčová Z.: Leaching of tin and copper from used print circuit boards in hydrochloric acid, *Metall* 65, 5, 2011, 211-217.
- [5] Oráč D.: Komplexné spracovanie použitých dosiek plošných spojov. *Habilitačná práca, Hutnícka fakulta Technickej univerzity v Košiciach*, 2014, s. 99.

- [6] Tuncuk, A., Stazi, V., Akcil, A., Yazici, E.Y., Deveci, H.: Aqueous metal recovery techniques from e-scrap: hydrometallurgy in recycling, *Minerals Engineering*, 25, 2012, 28–37.
- [7] Cui, J., Forsberg, E.: Characterization of shredded television scrap and implications for materials recovery. *Waste Management*, 27, 2007, 415–424.
- [8] Cui, J., Zhang, L.: Metallurgical recovery of metals from electronic waste: a review. *Journal of Hazardous Materials*, 158, 2008, 228–256.
- [9] Jing-ying, Xu Xiu-li, Liu Wen-quan: Thiourea leaching gold and silver from the printed circuit boards of waste mobile phones, *Waste management*, 32, 2012, 1209-1212.
- [10] Zhiyuan Zhang, Fu-Shen Zhang: Synthesis of cuprous chloride and simultaneous recovery of Ag and Pd from waste printed circuit boards, *Journal of Hazardous Materials*, 261, 2013, 398-404.
- [11] Birloaga I., de Michellis I., Ferella F., Buzatu M., Veglio F.: Study on the influence of various factors in the hydrometallurgical processing of waste printed circuit boards for copper and gold recovery, *Waste Management* 33, 2013, 935-941.
- [12] Li Jing-ying, Xu Xiu-li, Liu Wen-quan: Thiourea leaching gold and silver from the printed circuit boards of waste mobile phones, *Waste Management* 32, 2012, 1209-1212.
- [13] Ali Benhamfard, Mahammad Mehdi Slarirad, Francesco Veglio: Process development for recovery of copper and precious metals from waste printed circuit boards with emphasize on palladium and gold leaching and precipitation, *Waste Management* 33, 11, 2013, 2354-2363.
- [14] Manju Gurung, Birendra Babu Adhikari, Hidetaka Kawakita, Keisuke Ohto, Katsutoshi Inoue, Shafiq Alam, *Hydrometallurgy* 133, 2013, 84-93.
- [15] Vinh Hung Ha, Jae-chun Lee, Jinki Jeong, Huynh Trung Hai, Manis K. Jha: Tiosulphate leaching of gold from waste mobile phones, *Journal of Hazardous Materials* 178, 2010, 1115-1119.
- [16] Vinh Hung Ha, Jae-chun Lee, Huynh Trung Hai, Jinki Jeong, B.D. Pandey: Optimizing the tiosulphate leaching of gold from printed circuit boards of discarded mobile phone, *Hydrometallurgy* 149, 2014, 118-126.
- [17] Young Jun Park, Derek J. Fray: Recovery of high purity precious metals from printed circuit boards, *Journal of Hazardous Materials* 164, 2009, 1152-1158.
- [18] Eun-young Kim, Min-seuk Kim, Jae-chun Lee, B.D. Pandey: Selective recovery of gold from waste mobile phone PCBs by hydrometallurgical process, *Journal of Hazardous Materials* 198, 2011, 206-216.
- [19] P.M.H. Petter, H.M. Veit, A.M. Bernardes: Evaluation of gold and silver leaching from printed circuit board of cellphones, *Waste Management* 34, 2014, 475-482.
- [20] A. D. Bas a kol.: Treatment of manufacturing scrap TV boards by nitric acid leaching *Separation and Purification Technology* 130 (2014) 151–159.
- [21] Fu Rong Xiu a kol.: Leaching of Au, Ag, and Pd from waste printed circuit boards of mobile phone by iodide lixiviant after supercritical water pre-treatment, *Waste Management*, 41 (2015) 134–141.
- [22] S. Camelino a kol.: Initial studies about gold leaching from printed circuit boards (PCB's) of waste cell phones, *International Congress of Science and Technology of Metallurgy and Materials, SAM – CONAMET 2014, Procedia Materials Science* 9, 2015, 105 – 112.

Kolektív

NAJVÄČŠIA INVESTÍCIA DO KOMUNÁLNEHO ODPADOVÉHO HOSPODÁRSTVA JE UŽ V PREVÁDZKE

Centrum zhodnocovania odpadov (CZO) v Žiari nad Hronom má za sebou prvé dni svojej prevádzky. Tento závod na spracovanie komunálneho odpadu, ktorého vybudovanie stálo 18,5 milióna eur, pričom podstatnú časť tvorila dotácia z eurófondov, je najväčšou investíciou do odpadového hospodárstva, ktorú na Slovensku realizovala samospráva.

Primátor Žiaru nad Hronom Peter Antal 1. marca na slávnostnom otvorení centra podotkol, že projekt CZO je na Slovensku unikátnym. „Jedným z výstupov tohto centra je teplo a elektrická energia, ktorá sa získava práve spracovaním biologicky rozložiteľných zložiek jednak zmesového komunálneho odpadu, ale aj biologicky rozložiteľného odpadu, ktorý poznáme ako to zelené,“ priblížil Antal.

V CZO tak podľa jeho slov nejde len o klasické dotriedkovanie odpadu, ale aj o jeho energetické zhodnotenie. Takto vyro-

bená elektrická energia pôjde podľa Antala naspäť do siete, pričom výnosy budú použité na financovanie prevádzky. Teplo budú používať na vykurovanie mestských objektov, čím zase ušetrí mestské prostriedky. Benefitom, ktorý by projekt mal so sebou priniesť, je aj zníženie množstva odpadu, ktorý v konečnom dôsledku končí na skládke.

V závode vzniklo 29 pracovných miest. Ak by sa v centre zaviedla viaczmenná prevádzka, tento počet by sa podľa Antala mohol v budúcnosti ešte zvýšiť. „Verím, že tie odpady tu budú sústredené zo širšieho okolia a vtedy je možné prijsť mať aj ďalších pracovníkov,“ podotkol s tým, že v súčasnosti v tomto smere spolupracujú asi s dvadsiatkou okolitých obcí.

CZO tvoria štyri technologické celky:

- mechanická úprava odpadov,