

# Gospodarenje otpadnim baterijama i akumulatorima

---

**Vuković, Rina**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2018**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, Faculty of Geotechnical Engineering / Sveučilište u Zagrebu, Geotehnički fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:130:667193>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2020-10-27**

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of Faculty of Geotechnical Engineering](#)



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU**

**GEOTEHNIČKI FAKULTET**

**RINA VUKOVIĆ**

**GOSPODARENJE OTPADNIM BATERIJAMA I AKUMULATORIMA**

**ZAVRŠNI RAD**

**VARAŽDIN, 2018.**

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU**

**GEOTEHNIČKI FAKULTET**

**ZAVRŠNI RAD**

**GOSPODARENJE OTPADNIM BATERIJAMA I AKUMULATORIMA**

**KANDIDAT:**

**RINA VUKOVIĆ**

**MENTOR:**

**izv.prof.dr.sc. ALEKSANDRA ANIĆ VUČINIĆ**

**NEPOSREDNI VODITELJ:**

**IVANA MELNJAK mag.ing.geoing.**

**VARAŽDIN, 2018.**

# IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem da je završni rad pod naslovom

**GOSPODARENJE OTPADNIM BATERIJAMA I AKUMULATORIMA**

---

(naslov završnog rada)

rezultat mog vlastitog rada koji se temelji na istraživanjima te objavljenoj i citiranoj literaturi te je izrađen pod mentorstvom **izv. prof. dr. sc. Aleksandre Anić Vučinić**.


Izjavljujem da nijedan dio rada nije napisan na nedozvoljen način, odnosno da je prepisan iz necitiranog rada te da nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava. Izjavljujem također, da nijedan dio rada nije iskorišten za bilo koji drugi rad u bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj ili obrazovnoj ustanovi.

U Varaždinu, 04.07.2018.

Rina Vuković

---

(Ime i prezime)



---

(Vlastoručni potpis)

## SAŽETAK

**Ime i prezime:** Rina Vuković

**Naslov rada:** Gospodarenje otpadnim baterijama i akumulatorima

U ovom je završnom radu definiran pojam otpadnih baterija i akumulatora te opisan način gospodarenja otpadnim baterijama ili akumulatorima koji uključuje sustav sakupljanja, sustav obrade/recikliranja, zbrinjavanje ostataka nakon obrade i naknadu za gospodarenje otpadnim baterijama i akumulatorima. Otpadne baterije ili akumulatori su one baterije ili akumulatori koji se ne mogu ponovno koristiti te su namijenjeni za obradu i/ili recikliranje. Većina otpadnih baterija klasificira se kao opasni otpad, jer sadrže opasne tvari, posebno živu, olovo, kadmij, a mogu također sadržavati nikal, cink, bakar, mangan, litij, koje ih također čine rizičnima za okoliš. Iako su opasan otpad, baterije i akumulatori su vrijedni izvori sekundarnih sirovina. Postupanje s otpadnim baterijama i akumulatorima u zemljama EU uređeno je Direktivom 2006/66/EC, dok je u Republici Hrvatskoj gospodarenje ovom posebnom kategorijom otpada uređeno Pravilnikom o baterijama i akumulatorima i otpadnim baterijama i akumulatorima (NN 111/15) i Uredbom o gospodarenju otpadnim baterijama i gumama (NN 105/15).

**Ključne riječi:** otpadne baterije i akumulatori, gospodarenje otpadnim baterijama i akumulatorima, recikliranje, obrada, očuvanje okoliša

# SADRŽAJ

|          |  |           |
|----------|--|-----------|
| <b>1</b> | <b>UVOD</b> .....  | <b>1</b>  |
| <b>2</b> | <b>BATERIJE I AKUMULATORI</b> .....  | <b>2</b>  |
| 2.1      | Osnovna podjela i vrste baterija i akumulatora .....   | 5         |
| 2.2      | Otpadne baterije i akumulatori .....   | 9         |
| <b>3</b> | <b>GOSPODARENJE OTPADNIM BATERIJAMA I AKUMULATORIMA U REPUBLICI HRVATSKOJ</b> .....                | <b>12</b> |
| 3.1      | Direktiva EU 2006/66/EC o baterijama i akumulatorima i o otpadnim baterijama i akumulatorima ..... | 13        |
| 3.2      | Pravilnik o baterijama i akumulatorima i otpadnim baterijama i akumulatorima (NN 111/15).....      | 14        |
| 3.3      | Uredba o gospodarenju otpadnim baterijama i akumulatorima (NN 105/15)..                            | 18        |
| 3.4      | Ciljevi gospodarenja otpadnim baterijama i akumulatorima .....                                     | 18        |
| 3.5      | Sustavi sakupljanja otpadnih baterija i akumulatora.....   | 20        |
| 3.5.1    | Sakupljači otpadnih baterija i akumulatora u Republici Hrvatskoj .....                             | 22        |
| 3.5.2    | Količini sakupljenih i oporabljenih otpadnih baterija i akumulatora .....                          | 26        |
| 3.5.3    | Naknada za gospodarenje otpadnim baterijama i akumulatorima .....                                  | 30        |
| <b>4</b> | <b>OBRADA OTPADNIH BATERIJA I AKUMULATORA</b> .....  | <b>33</b> |
| 4.1      | Recikliranje otpadnih baterija i akumulatora .....   | 39        |
| 4.1.1    | Olovno – kisele baterije ili akumulatori .....   | 40        |
| 4.1.2    | Alkalne baterije ili akumulatori .....   | 41        |
| 4.1.3    | Litij – ionske baterije ili akumulatori .....  | 41        |
| 4.1.4    | Nikal – kadmij baterija ili akumulator .....   | 42        |
| 4.2      | Primjeri recikliranja otpadnih baterija .....  | 42        |
| 4.2.1    | Recikliranje otpadnih baterija u Švicarskoj kompaniji „Batrec“ .....                               | 42        |

|          |  |           |
|----------|--|-----------|
| 4.2.2    | Recikliranje otpadnih akumulatora – suvremena tehnologija.....           | 43        |
| 4.2.3    | Recikliranje nikal – metal – hidrid baterije .....                       | 44        |
| 4.2.4    | Recikliranje baterija iz električnog i elektroničkog otpada .....        | 45        |
| 4.2.5    | Nova tehnologija recikliranja litij – ionskih baterija/akumulatora ..... | 46        |
| 4.2.6    | Hidrometalurški proces recikliranja baterija.....                        | 47        |
| 4.2.7    | Pirometalurški proces recikliranja baterija .....                        | 48        |
| 4.2.8    | Bio – metalurški proces recikliranja baterija .....                      | 48        |
| <b>5</b> | <b>ZAKLJUČAK.....</b>  | <b>49</b> |
| <b>6</b> | <b>POPIS LITERATURE.....</b>   | <b>50</b> |
|          | <b>POPIS SLIKA .....</b>   | <b>56</b> |
|          | <b>POPIS TABLICA .....</b>   | <b>57</b> |
|          | <b>POPIS I OBJAŠNENJE KRATICA KORIŠTENIH U RADU.....</b>                 | <b>58</b> |

# 1 UVOD

Baterije i akumulatori imaju važnu ulogu u svakodnevnom životu čovjeka, jer osiguravaju ispravan rad različitih uređaja, proizvoda i usluga te su neophodan izvor energije u našem društvu. [1]

Prema Pravilniku o baterijama i akumulatorima i otpadnim baterijama i akumulatorima (NN 111/15), baterija ili akumulator je svaki izvor električne energije proizvedene izravnim pretvaranjem kemijske energije, koji se sastoji od jedne ili više primarnih baterijskih članaka (koje nisu namijenjene ponovnom punjenju) ili jedne ili više sekundarnih baterijskih članaka (koje su namijenjene ponovnom punjenju). [2]

Do problema dolazi na kraju životnog vijeka baterija i akumulatora, kada oni nisu adekvatno sakupljeni i reciklirani, što predstavlja rizik od ispuštanja opasnih tvari u okoliš. Mnoge komponente baterija i akumulatora mogu se reciklirati i dati vrijedne materijale koji se mogu dalje koristiti u proizvodnim procesima. [1]

S ciljem očuvanja i poboljšanja kvalitete okoliša zakonodavstvo EU donijelo je Direktivu o baterijama i akumulatorima i o otpadnim baterijama i akumulatorima (2006/66/EC). Također po uzoru na EU, Republika Hrvatska ima Pravilnik o baterijama i akumulatorima i otpadnim baterijama i akumulatorima (NN 111/15). Cilj pravilnika je umanjiti negativan utjecaj otpadnih baterija i akumulatora na okoliš te odgovorno obraditi i zbrinuti otpadne baterije i akumulatore. [2]

Kroz ovaj završni rad detaljnije će se opisati sustav gospodarenja otpadnim baterijama i akumulatorima koji uključuje sakupljanje, obradu i zbrinjavanje ostataka nakon obrade i/ili recikliranja otpadnih baterija i akumulatora.



## 2 BATERIJE I AKUMULATORI

Baterija ili akumulator je svaki izvor električne energije proizvedene izravnim pretvaranjem kemijske energije, koji se sastoji od jedne ili više primarnih baterijskih članaka (koje nisu namijenjene ponovnom punjenju) ili jedne ili više sekundarnih baterijskih članaka (koje su namijenjene ponovnom punjenju). [2]

Većina baterija/akumulatora građena je od tri osnovna dijela (slika 1): [3]

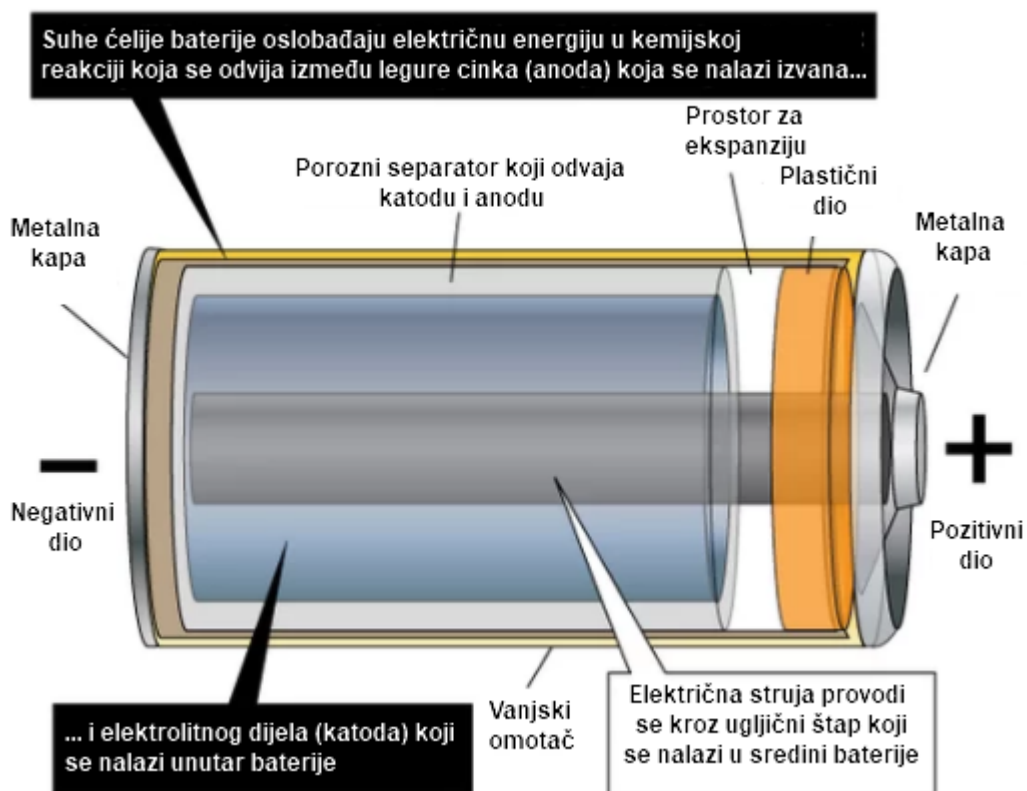
- dvije elektrode
- elektrolit
- razdjelnik

U svakoj bateriji nalaze se dvije elektrode koje su napravljene od materijala koji provodi električnu struju, ali imaju različite uloge. Prva elektroda zove se katoda i povezuje se s pozitivnim krajem baterije, odnosno tamo gdje električna struja izlazi iz baterije. Druga elektroda zove se anoda i povezuje se s negativnim krajem baterija, odnosno tamo gdje električna energija ulazi u bateriju.

Između elektroda i unutar njih nalazi se elektrolit. Elektrolit je kemijski spoj koji je električki vodljiv ili to postaje u otopljenom ili rastaljenom stanju jer stvara pokretljive ione koji mogu prenositi električni naboj. Kao elektrolit u bateriji upotrebljava se: natrijev klorid, klorovodična kiselina, dušična kiselina, kalijev nitrat, sumporna kiselina, natrijev hidroksid, magnezijev hidroksid i natrijev acetat.

Baterijske ćelije oslobađaju električnu energiju, jer se kemijska reakcija odvija između vanjskog dijela (anode) i elektrolita u bateriji (katode). Kemijske reakcije koje se javljaju u elektrodama zajednički su poznate kao reakcije redukcije i oksidacije (redoks). U bateriji, katoda je oksidirajuće sredstvo jer prihvaća elektrone iz anode, a katoda je redukcijsko sredstvo, jer daje elektrone. Tijekom reakcije dolazi do protoka iona između katode i anode. Slobodni ioni skupljaju se unutar anode, kao rezultat toga, dvije elektrode imaju različite naboje. Anoda postaje negativno nabijena dok se elektroni oslobađaju, a

katoda postaje pozitivno nabijena. Ova razlika u naboju uzrokuje da se elektroni žele kretati prema pozitivno nabijenoj katodi, što nije ostvarivo zbog razdjelnika. Uloga razdjelnika je odvajanje anode i katode unutar baterije. Bez razdjelnika došlo bi do kratkog spoja i baterija ne bi pravilno radila. [3]



Slika 1 Izgled i dijelovi baterije [3]

Suhe ćelije baterije oslobađaju električnu energiju iako se kemijska reakcija odvija između vanjskog dijela od legure cinka (anoda) i elektrolita u bateriji (katoda). Porozni separator odvaja katodu i anodu. Elektricitet se provodi kroz ugljični štap u središtu baterije.

Kada je sklop zatvoren, električna energija teče kroz bateriju. Električna energija može se kretati u oba smjera, ovisno o izvedbi sklopa i vodljivom materijalu. [3]

Vanjski dio baterije (kućište) najčešće je građen od polietilena, polipropilenskog sloja i karbonizirane plastike. Ovisno o vrsti baterije kao elektrolit upotrebljava se: natrijev klorid, klorovodična kiselina, dušična kiselina, kalijev nitrat, sumporna kiselina, natrijev hidroksid, magnezijev hidroksid i natrijev acetat. Kao anoda se upotrebljava cink i ugljik, dok se za katodu upotrebljava mangan dioksid i olovo dioksid. [4]

Tipičan kemijski sastav jedne alkalne baterije, izražen kao postotak od ukupne mase baterije dan je u Tablici 1.

Tablica 1 Kemijski sastav alkalne baterije [5]

| <b>Kemijski sastav/veličina</b> | <b>D</b> | <b>C</b> | <b>AA</b> | <b>AAA</b> |
|---------------------------------|----------|----------|-----------|------------|
| Ukupna masa baterije (g)        | 141      | 67       | 22        | 11         |
| Živa (%)                        | -        | -        | -         | -          |
| Kadmij (%)                      | -        | -        | -         | -          |
| Olovo (%)                       | < 0,04   | < 0,04   | < 0,04    | < 0,04     |
| Cink (%)                        | 18       | 17       | 16        | 15         |

|                                  |     |     |    |    |
|----------------------------------|-----|-----|----|----|
| Mangan dioksid (%)               | 43  | 40  | 37 | 35 |
| Ugljik (%)                       | 5   | 5   | 4  | 4  |
| Kalij hidroksid (%)              | 18  | 18  | 17 | 17 |
| Nikal (%)                        | 10  | 14  | 17 | 19 |
| Mjed (slitina bakra i cinka) (%) | 0,3 | 0,6 | 2  | 5  |
| Plastika (%)                     | 1   | 1   | 1  | 3  |

## 2.1 Osnovna podjela i vrste baterija i akumulatora

Osnovna podjela baterija/akumulatora je na :

- primarne baterije i akumulatore (ne mogu se puniti)
- sekundarne baterije i akumulatore (možemo ih puniti i prazniti određeni broj puta)

Primarne baterije su one baterije koje se jednom isprazne i više se ne mogu napuniti. Radi se o baterijama koje kada potroše svoje resurse postaju neupotrebjive i više nije moguće povratiti njihov kapacitet. To se događa iz razloga što određena kemijska reakcija nije dvosmjerna, odnosno nije ju moguće vratiti u prvobitno stanje.

Najčešći tipovi primarnih baterija su cink karbonske baterije i alkalne baterije. U pravilu primarne baterije bolje rade od punjivih (sekundarnih) baterija, no vijek im je ograničen.

Cink karbonske baterije su najjednostavnije i najjeftinije baterije. Mogu se prepoznati po oznakama AAA, AA, C i D, koje označavaju „suhe“ ćelije. Anoda je cink, katoda magnezijev dioksid, a elektroliti amonijakov ili cinkov klorid.

Alkalne baterije su najčešće korištene baterije i vrlo su slične cink karbonskim baterijama (slika 2). Manganov dioksid i ugljik tvore pozitivnu elektrodu (katodu), dok cink u prahu negativnu (anodu). Elektrolit se sastoji od cinka i kalij hidroksida koji može uzrokovati iritaciju dišnih putova, očiju i kože što se ujedno smatra i nedostatkom ove vrste baterije jer je sklona propuštanju takvog nagrizajućeg spoja iz kućišta. Alkalne baterije se najčešće upotrebljavaju za satove, igračke, kamere i ručnu elektroniku. [6]



Slika 2 Alkalna baterija [7]

Sekundarne baterije su punjive baterije. Princip rada im je isti kao i kod primarnih baterija, kroz kemijsku reakciju u kojoj sudjeluju anoda, katoda i elektrolit, stvara se električna energija, no razlika je u kemijskom sastavu ćelija koje se nalaze u baterijama. Kod sekundarnih baterija kemijska reakcija je povratna. Kada se baterija potroši (odnosno kada negativno nabijeni ioni prijeđu na pozitivnu stranu baterije), treba ju napuniti. Spajanjem sekundarne baterije na vanjski izvor električne energije (struju), događa se suprotni proces, negativno nabijeni ioni se vraćaju na negativnu stranu baterije i ona se opet može upotrijebiti.

Najčešće korištene sekundarne baterije na tržištu su: litij - ionske (LiOn) baterije i nikal – kadmij (NiCd) baterije.

Nikal – kadmij (NiCd) baterije su bile prve sekundarne baterije koje su se koristile u svijetu. Upotrebljavale su se u mobitelima dok se litij – ionske baterije nisu pokazale kao najbolja varijanta.

Litij – ionske (LiOn) baterije su sekundarne baterije koje su trenutno najbolja opcija za bateriju u mobitelu (slika 3). Kapacitet im je nešto manji od nikal – kadmij baterija, ali im je tehnologija izrade jednostavnija, manje su, lakše te imaju ciklus od tisuću punjenja i pražnjenja. Osim u mobitelima koriste se i u prijenosnim računalima, hibridnim automobilima i video kamerama. [6]



Slika 3 Litij – ionska baterija [7]

Vrste baterija i akumulatora su:

- prijenosne baterije i akumulatori
- industrijske baterije i akumulatori
- automobilske baterije i akumulatori (starteri)

Prijenosna baterija ili akumulator je svaka baterija, gumbasta baterija<sup>1</sup> ili baterijski sklop ili akumulator koji je zapečaćen i može se prenositi u ruci, a nije ni industrijska baterija ili akumulator niti automobilska baterija ili akumulator. Baterijski sklop je bilo koji niz baterija ili akumulatora koje su međusobno povezane i/ili obuhvaćene zajedničkim vanjskim kućištem na način da čine cjelovitu jedinicu koja nije namijenjena da ju krajnji korisnik razdvaja ili otvara.

---

<sup>1</sup> Gumbasta baterija je svaka mala okrugla prijenosna baterija ili akumulator, čiji je promjer veći od visine i koja je namijenjena za posebne svrhe kao što su slušna pomagala, satovi, mala prijenosna oprema, sigurnosno napajanje i slično. [2]

Industrijska baterija ili akumulator je svaka baterija ili akumulator koji je namijenjen isključivo za industrijsku ili profesionalnu uporabu ili za korištenje u bilo kojoj vrsti električnog vozila.

Automobilska baterija ili akumulator (starter) je svaka baterija ili akumulator koji se koristi za pokretanje, kretanje ili osvjetljavanje vozila. [2]

Najčešće korišteni automobilski akumulator je olovno – kiseli akumulator (slika 4). Sastoji se od dvije olovne ploče odvojene tekućinom ili gelom koji sadrži sumpornu kiselinu u vodi. Anoda je olovni dioksid, a katoda olovo. Kao elektrolit u automobilskom akumulatoru koristi se sumporna kiselina. [8]



Slika 4 Automobilska baterija (akumulator) [7]

## 2.2 Otpadne baterije i akumulatori

Zakonom o održivom gospodarenju otpadom (NN 94/13, 73/17) definirano je 16 posebnih kategorija otpada. Posebnom kategorijom otpada smatra se: biootpad, otpadni tekstil i obuća, otpadna ambalaža, otpadne gume, otpadna ulja, otpadne baterije i



akumulatori, otpadna vozila, otpad koji sadrži azbest, medicinski otpad, otpadni električni i elektronički uređaji i oprema, otpadni brodovi, morski otpad, građevni otpad, otpadni mulj iz uređaja za pročišćavanje otpadnih voda, otpad iz proizvodnje titan dioksida, otpadni poliklorirani bifenili i poliklorirani terfenili. [9]

Otpadne baterije ili akumulatori su one baterije ili akumulatori koji se ne mogu ponovno koristiti te su namijenjeni za obradu i/ili recikliranje. [2]

Iako su opasan otpad, baterije i akumulatori su vrijedni izvori sekundarnih sirovina. Pogodni su za oporabu, posebice za izdvajanje vrijednih metala kao što su olovo, nikal, kobalt, srebro i drugi vrijedni metali i materijali. [10]

Odgovorno gospodarenje i obrada otpadnih baterija i akumulatora važna je zbog kemijskih spojeva koji se nalaze u bateriji.

### **Kemijski sastav baterija i akumulatora - utjecaj na okoliš i zdravlje ljudi**

Baterije i akumulatori sadrže jedan ili više metala kao što su olovo, cink, kadmij, nikal, litij i kiseline kao što su dušična kiselina, sumporna kiselina i klorovodična kiselina.

Takav kemijski sastav baterija izrazito je opasan za ljude i okoliš. [11]

**Olovo** je toksični metal koji može ući u tijelo udisanjem olovne prašine. Prekomjerne razine olova mogu uzrokovati oštećenje mozga, bubrega, smanjiti sluh i izazvati gubitak pamćenja i smanjiti sposobnost koncentracije, kao i štetu reproduktivnom sustavu. [12]

Odlaganjem olovnih baterija i akumulatora na odlagalište otpada olovo ulazi u tlo te uzrokuje onečišćenje tla i podzemnih voda. Također olovo utječe na smanjenje biološke raznolikosti. [13]

**Cink** je metal koji može ući u tijelo čovjeka udisanjem njegovih para i konzumacijom hrane ili pića koja su onečišćena cinkom. Prekomjerne koncentracije cinka u tijelu mogu izazvati anemiju i gastrointestinalne probleme. Onečišćenje okoliša cinkom dovodi do pobola mnogih životinjskih vrsta pri čemu dolazi do smanjenja biološke raznolikosti. [14]

**Kadmij** kao glavna komponenta nikal – kadmij baterija može ući u ekosustav odlaganjem baterija i akumulatora na odlagalište. Na odlagalištu kadmij ulazi u tlo i podzemne vode i može uzrokovati oboljenja kod ljudi poput raka, bolesti dišnog i probavnog sustava te poremećaj rada bubrega. Tlo onečišćeno kadmijem teško je vratiti u stanje prije onečišćenja. [14]

Odlaganjem nikal – kadmij baterija negativan utjecaj na okoliš ima i **nikal**. Biljke koje su izložene niklom onečišćenom tlu, imaju izražen nedostatak zelenog pigmenta. [14]

Kao elektrolit u baterijama i akumulatorima upotrebljava se: klorovodična kiselina, dušična kiselina i sumporna kiselina. [4]

**Sumporna i dušična kiselina** iz baterije mogući ući u ekosustav otapanjem u vodi. Obje kiseline iznimno su toksične za biljni i životinjski svijet. Također, sumporna i dušična kiselina glavni su sastojak kiselih kiša. Kisele kiše prije svega štetno djeluju na oskudne brdske predjele, jer kiseline otapaju hranjive tvari u tlu. Sumporna i dušična kiselina izravno oštećuju korijenje stabala ili vodom dospjevaju u lišće ili iglice drveća, te oštećuju njihova tkiva. Kisele kiše smanjuju pH vrijednost površinskih voda i uzrokuju izumiranje biljnog i životinjskog svijeta. Također sumporna i dušična kiselina štetno djeluju na građevine, uzrokuju koroziju. [15]

### **3 GOSPODARENJE OTPADNIM BATERIJAMA I AKUMULATORIMA U REPUBLICI HRVATSKOJ**

Prema Zakonu o održivom gospodarenju otpadom (NN 94/13, 73//17), gospodarenje otpadom su djelatnosti sakupljanja, prijevoza, oporabe i zbrinjavanja i druge obrade otpada, uključujući nadzor nad tim postupcima te nadzor i mjere koje se provode na lokacijama nakon zbrinjavanja otpada, te radnje koje poduzimaju trgovac otpadom ili posrednik. [9]

Gospodarenje otpadnim baterijama i akumulatorima počinje od proizvođača/prodavatelja koji su dužni informirati krajnjeg korisnika o gospodarenju otpadnim baterijama i akumulatorima i upoznati ga s informacijama o:

- mogućim učincima koje tvari korištene u baterijama i akumulatorima imaju na okoliš i ljudsko zdravlje
- obvezi odvojenog sakupljanja otpadnih baterija i akumulatora u cilju olakšavanja procesa recikliranja i obrade otpadnih baterija i akumulatora
- programima sakupljanja i recikliranja
- doprinosu krajnjih korisnika u recikliranju otpadnih baterija i akumulatora

Krajnji korisnik iz kućanstva dužan je otpadnu prienosnu bateriju ili akumulator predati prodavatelju, serviseru prilikom održavanja uređaja koji sadrži prienosnu bateriju i akumulator, osobi koja upravlja reciklažnim dvorištem ili ugovornom sakupljaču. [2]

Postupanje s otpadnim baterijama i akumulatorima u zemljama EU uređeno je Direktivom 2006/66/EC o baterijama i akumulatorima i o otpadnim baterijama i akumulatorima. Po uzoru na zemlje EU gospodarenje otpadnim baterijama i akumulatorima uređeno je Pravilnikom o baterijama i akumulatorima i otpadnim baterijama i akumulatorima (NN 111/15) i Uredbom o gospodarenju otpadnim baterijama i gumama (NN 105/15). [2]

### **3.1 Direktiva EU 2006/66/EC o baterijama i akumulatorima i o otpadnim baterijama i akumulatorima**

Direktivom EU 2006/66/EC o baterijama i akumulatorima i o otpadnim baterijama i akumulatorima utvrđuju se:

1. pravila o stavljanju baterija i akumulatora na tržište, a posebno o zabrani stavljanja na tržište onih baterija i akumulatora koji sadrže opasne tvari
2. posebna pravila za skupljanje, obradu, recikliranje i odlaganje otpadnih baterija i akumulatora koja dopunjuju odgovarajuće zakonodavstvo Zajednice o otpadu s ciljem promicanja visoke stope skupljanja i recikliranja otpadnih baterija i akumulatora

Područje primjene Direktive je na sve vrste baterija i akumulatora, bez obzira na njihov oblik, volumen, težinu, materijalni sastav ili uporabu.

Ovom Direktivom zabranjuje se stavljanje na tržište:

- svih baterija ili akumulatora, ugrađenih u uređaje ili ne, koji sadrže više od 0,0005 % žive po masi
- prijenosnih baterija ili akumulatora, uključujući one koji su ugrađeni u uređaje, koji sadrže više od 0,002 % kadmija po masi

Direktiva nastoji poboljšati ekološku učinkovitost baterija i akumulatora i aktivnosti svih gospodarskih subjekata uključenih u životni ciklus baterija i akumulatora, na primjer proizvođača, distributera i krajnjih korisnika, a posebno onih subjekata koji su izravno uključeni u obradu i recikliranje otpadnih baterija i akumulatora. Primarni cilj ove Direktive je smanjiti negativni utjecaj baterija i akumulatora i otpadnih baterija i akumulatora na okoliš, čime se doprinosi zaštiti, očuvanju i poboljšanju kvalitete okoliša.

Države članice, s obzirom na utjecaj transporta na okoliš, poduzimaju potrebne mjere kako bi se što je više moguće vršilo odvojeno skupljanje otpadnih baterija i akumulatora i kako bi se smanjilo odlaganje baterija i akumulatora kao miješanog komunalnog otpada s ciljem postizanja visoke razine recikliranja svih otpadnih baterija i akumulatora. [16]

### **3.2 Pravilnik o baterijama i akumulatorima i otpadnim baterijama i akumulatorima (NN 111/15)**

Pravilnikom o baterijama i akumulatorima i otpadnim baterijama i akumulatorima se propisuju postupci i ciljevi gospodarenja s otpadnim baterijama i akumulatorima, uvjeti gospodarenja s otpadnim baterijama i akumulatorima, zahtjevi u pogledu odvojenog sakupljanja i obrade otpadnih baterija i akumulatora, sadržaj programa za obavljanje usluge sakupljanja otpadnih prijenosnih baterija i akumulatora, obveze vođenja evidencija i dostave izvješća, zahtjevi u pogledu baterija i akumulatora koji su proizvod, način i uvjeti označavanja baterija i akumulatora te ambalaže, obveze i način ispunjavanja obveza proizvođača proizvoda, vrste proizvoda za koje je obvezna registracija u Registar gospodarenja posebnim kategorijama otpada i način obveznog postupanja proizvođača proizvoda i posjednika otpada. Ovim Pravilnikom se u pravni poredak Republike Hrvatske prenosi Direktiva 2006/66/EZ Europskog parlamenta i Vijeća od 6. rujna 2006. o baterijama i akumulatorima i otpadnim baterijama i akumulatorima. [2]

Odredbe Pravilnika odnose se na sve vrste baterija i akumulatora neovisno o njihovom obliku, zapremini, masi, sastavu ili načinu uporabe.

Odredbe Pravilnika ne primjenjuju se na baterije i akumulatore koji se koriste u:

- opremi namijenjenoj zaštiti bitnih sigurnosnih interesa Republike Hrvatske, oružju, streljivu i ratnom materijalu, osim proizvoda koji nisu namijenjeni specifično za vojnu namjenu
- opremi namijenjenoj za upućivanje u svemir

## **Obveze proizvođača**

Proizvođač baterija ili akumulatora je pravna ili fizička osoba – obrtnik, koji na profesionalnoj osnovi razvija, proizvodi, prerađuje, obrađuje, prodaje, unosi ili uvozi i prva je osoba koja stavlja bateriju ili akumulator, uključujući i one koje se nalaze u uređajima i vozilima, na tržište na teritoriju Republike Hrvatske, neovisno o načinu prodaje.

Proizvođač je dužan osigurati da je baterija i akumulator, koju stavlja na tržište, dizajnirana i proizvedena na način da je:

- uporaba opasnih tvari u bateriji i akumulatoru smanjena na najmanju moguću mjeru, poštujući ograničenja uporabe određenih opasnih tvari u Europskoj uniji propisana posebnim propisom
- moguće rastavljanje i uporaba otpadne baterije i akumulatora kao i recikliranje sastavnih dijelova i materijala baterije i akumulatora
- u skladu s tehničkim zahtjevima za ekološki dizajn proizvoda koji olakšava obradu otpadnih baterija i akumulatora
- u najvećoj mogućoj mjeri uporabljen reciklirani materijal u proizvodnji baterija i akumulatora

Proizvođač ne smije specifičnošću dizajna baterije ili akumulatora ili proizvodnog postupka sprječavati ponovnu uporabu baterije ili akumulatora.

Proizvođač koji stavlja na tržište industrijske baterije ili akumulatore, dužan je osigurati preuzimanje otpadnih industrijskih baterija i akumulatora od krajnjeg korisnika, neovisno o kemijskom sastavu i porijeklu te industrijske baterije ili akumulatora. Proizvođač koji je dužan osigurati preuzimanje otpadnih industrijskih baterija ili akumulatora, dužan je preuzete otpadne industrijske baterije i akumulatore predati osobi koja posjeduje odgovarajuću dozvolu za gospodarenje tom vrstom otpada. [2]

Proizvođač je dužan bateriju, akumulator i gumbastu bateriju koju stavlja na tržište i koja sadrži više od:

- 0,0005 % masenog<sup>2</sup> udjela žive označiti simbolom Hg
- 0,002 % masenog udjela kadmija označiti simbolom Cd
- 0,004 % masenog udjela olova označiti simbolom Pb

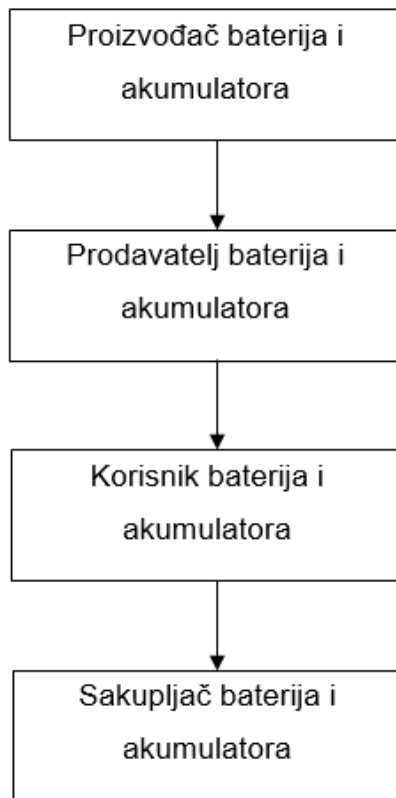
### **Obveze prodavatelja**

Prodavatelj baterije ili akumulatora je pravna ili fizička osoba – obrtnik koja u okviru svoje trgovačke djelatnosti u dobavljačkom lancu bateriju ili akumulator čini dostupnim krajnjem korisniku. Prodavatelj istovremeno može biti i proizvođač.

Prodavatelj je dužan osigurati preuzimanje otpadnih prijenosnih baterija i akumulatora od krajnjeg korisnika na lokaciji prodajnog prostora u kojem prodaje prijenosne baterije ili akumulatore, bez troškova po krajnjeg korisnika i bez obveze kupnje nove prijenosne baterije ili akumulatora. Prodavatelj je dužan preuzete otpadne prijenosne baterije i akumulatore predati ugovornom sakupljaču. [2]

---

<sup>2</sup> Maseni udio određene tvari je omjer mase te tvari sadržane u određenom materijalu i mase materijala u kojem se određuje maseni udio te tvari. [2]



Slika 5 Shema preuzimanja baterija i akumulatora od proizvođača do sakupljača

Zabranjeno je stavljanje na tržište baterije ili akumulatora čiji je maseni udio žive veći od 0,0005 %, bez obzira na to da li je baterija ili akumulator ugrađena u uređaj ili je zasebni proizvod.

Zabranjeno je stavljanje na tržište prijenosne baterije ili akumulatora, koja je ugrađena u uređaj ili je zasebni proizvod, a čiji maseni udio kadmija je veći od 0,002 % osim prijenosne baterije ili akumulatora koja je specifično namijenjena samo za korištenje u sigurnosnom odnosno alarmnom sustavu uključujući i sigurnosnu rasvjetu te u medicinskoj opremi i bežičnom električnom alatu. [2]

Pravilnik o baterijama i akumulatora i otpadnim baterijama i akumulatorima također propisuje program za obavljanje usluge sakupljanja otpadnih baterija i akumulatora te obradu otpadnih baterija i akumulatora koji su detaljno opisani u nastavku ovog rada.



### **3.3 Uredba o gospodarenju otpadnim baterijama i akumulatorima (NN 105/15)**

Uredbom o gospodarenju otpadnim baterijama i akumulatorima se propisuje način izvršenja obveze postizanja propisanog cilja u vezi s gospodarenjem otpadnim prijenosnim baterijama i akumulatorima te način izračuna i iznos naknade gospodarenja otpadnim baterijama i akumulatorima.

Prema Uredbi o gospodarenju otpadnim baterijama i akumulatorima naknada gospodarenja otpadnim baterijama i akumulatorima je novčani iznos koji plaćaju proizvođači u svrhu pokrivanja troškova sakupljanja i obrade otpadnih prijenosnih baterija i akumulatora u sustavu kojim upravlja Fond za zaštitu okoliša i energetske učinkovitost.

Naknada gospodarenja izračunava se umnoškom jedinične naknade (JN) i količine prijenosnih baterija i akumulatora koje proizvođač stavlja na tržište na području Republike Hrvatske u obračunskom razdoblju. [17]

Detaljniji opis izračuna jedinične naknade za gospodarenje otpadnim baterijama i akumulatorima opisano je u poglavlju 3.5.2. ovog rada.

### **3.4 Ciljevi gospodarenja otpadnim baterijama i akumulatorima**

Cilj sustava gospodarenja otpadnim baterijama i akumulatorima, čiji je sastavni dio sustav sakupljanja otpadnih prijenosnih baterija i akumulatora, je smanjenje negativnih učinaka na okoliš kojeg uzrokuju baterije i akumulatori. [2]

Također cilj je uspostavljanje sustava skupljanja, obrade i visoke razine recikliranja te kontrolirane uporabe i/ili zbrinjavanja ostataka nakon obrade i recikliranja otpadnih baterija i akumulatora bez obzira na njihov oblik, volumen, masu i materijale od kojih su

izrađeni. Pravilno recikliranje baterija i akumulatora omogućava odstranjivanje otpadnih tvari i metala poput žive, kadmija i olova iz komunalnog otpada te dobivanje vrijednih sirovina koje će se ponovno upotrijebiti u daljnjoj preradi. [18]

Prema Pravilniku o baterijama i akumulatorima i otpadnim baterijama i akumulatorima cilj kojeg su dužni ispuniti proizvođači prijenosnih baterija i akumulatora je postizanje godišnje stope sakupljanja veće od 25 % te od 26. rujna 2016. godine stope sakupljanja veće od 45 % i to odvojenim sakupljanjem otpadnih prijenosnih baterija i akumulatora kako bi se na najmanju moguću mjeru smanjilo odbacivanje i zbrinjavanje otpadnih prijenosnih baterija i akumulatora u miješanom komunalnom otpadu. [2]

Cilj propisan Pravilnikom o baterijama i akumulatorima i otpadnim baterijama i akumulatorima ostvaren je u 2012. godini sa stopom sakupljanja koja je iznosila 29 %. U 2013. i 2014. godini cilj nije ispunjen da bi u 2015. godini postignutom stopom sakupljanja od 29 % cilj ponovo bio ispunjen. [19]

### **Mjere za unaprjeđenje sustava gospodarenja otpadnim baterijama i akumulatorima**

1. Promicanje i poticanje istraživanja unaprjeđenja smanjenja ukupnog učinka baterija i akumulatora na okoliš tijekom njihovog čitavog životnog vijeka
2. Promicanje i poticanje razvoja i oglašavanja baterija i akumulatora koje sadrže manje količine opasnih tvari ili koje sadrže tvari koje manje onečišćuju okoliš, a posebice zamjenu za korištenje žive, kadmija i olova u baterijama i akumulatorima
3. Poticanje razvoja novih procesa recikliranja i obrade otpadnih baterija i akumulatora
4. Promicanje istraživanja okolišno prihvatljivih i jeftinih načina recikliranja otpadnih baterija i akumulatora
5. Sufinanciranje uvođenja certificiranih sustava za ekološko upravljanje
6. Provedba godišnje kampanje informiranja javnosti, a posebice za korisnike odgojno - obrazovnih institucija u Republici Hrvatskoj o:
  - sustavu sakupljanja i obrade prijenosnih baterija i akumulatora

- mogućim učincima na okoliš i ljudsko zdravlje tvari koje se nalaze u baterijama i akumulatorima
- zabrani odbacivanja otpadnih baterija i akumulatora u miješani komunalni otpad i sudjelovanju u odvojenom sakupljanju radi potpomaganja obrade otpadnih baterija i akumulatora i njihovog recikliranja
- načinu sudjelovanja u sustavu sakupljanja otpadnih baterija i akumulatora
- značenju simbola kojima se označavaju baterije i akumulatori propisanih posebnim propisom koji uređuje gospodarenje otpadom [2]

### **3.5 Sustavi sakupljanja otpadnih baterija i akumulatora**

Istrošene baterije i akumulatori ne spadaju u komunalni otpad. [17]

Prema Pravilniku o baterijama i akumulatorima i otpadnim baterijama i akumulatorima zabranjeno je otpadnu bateriju ili akumulator:

- odbaciti u miješani komunalni otpad
- odbaciti niti miješati s drugom vrstom otpada
- miješati s drugim tvarima ili materijalima koji nisu otpad [2]

Zakonski je propisano vraćanje otpadnih baterija (akumulatora) u spremnike, na mjesto kupnje ili sakupljalište.

Otpadne baterije i akumulatori moraju se odvojeno skupljati prema vrstama u posebno označene spremnike (slika 6):

- otpadni starteri
- otpadne prijenosne baterije i akumulatori [18]



Slika 6 Spremnik za sakupljanje otpadnih baterija [20]

Simbol koji označava odvojeno skupljanje za sve baterije i akumulatore je prekrivena kanta za otpad s kotačima (slika 7). [16]



Slika 7 Simbol za odvojeno sakupljanje baterija i akumulatora [16]

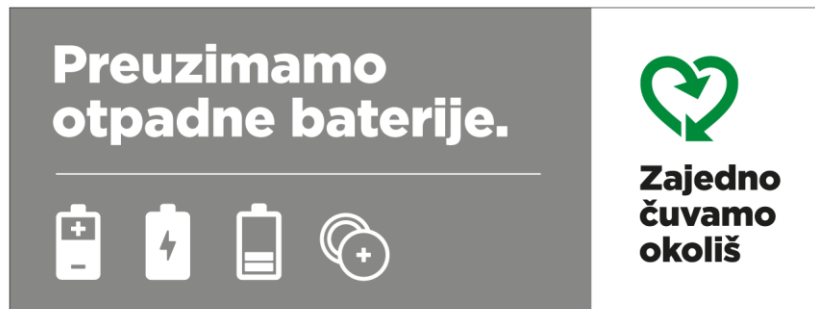
Pravna ili fizička osoba – obrtnik, koja se smatra krajnjim korisnikom baterije ili akumulatora, dužna je predati otpadnu bateriju ili akumulator ugovornom sakupljaču. Krajnji korisnik je osoba koja koristi bateriju ili akumulator sukladno njezinoj namjeni i osoba koja bateriju ili akumulator proglašava otpadom, a ugovorni sakupljač je pravna ili fizička osoba koja posjeduje dozvolu za obavljanje djelatnosti gospodarenja otpadom za sakupljanje otpadnih prijenosnih baterija i akumulatora i ima sklopljen ugovor s Fondom o obavljanju usluge sakupljanja otpadnih prijenosnih baterija i akumulatora na određenom području sukladno Zakonu. Ugovorni sakupljač je dužan sakupljene otpadne baterije i akumulatore predati osobi ovlaštenoj za uporabu odnosno zbrinjavanje te vrste otpada. [2]

### **3.5.1 Sakupljači otpadnih baterija i akumulatora u Republici Hrvatskoj**

Ugovorni sakupljači otpadnih baterija i akumulatora u Republici Hrvatskoj su tvrtke: [18]

- C.I.A.K. d.o.o., Stupničke šipkovine 1, 10255 Donji Stupnik
- FLORA-VTC d.o.o., Vukovarska 5, 33000 Virovitica
- FRIŠ d.o.o., Koprivnička 43, 48260 Križevci
- METIS d.d., Kukuljanovo 414, 51227 Kukuljanovo
- ODLAGALIŠTE SIROVINA d.o.o., Ive Dulčića 6, 23000 Zadar
- STR AKUMULATOR, Basaričekova 43, 48350 Đurđevac
- UNIVERZAL d.o.o., Cehovska 10; 42000 Varaždin

Ugovorni sakupljač dužan je na vidnom mjestu na ulazu u prodajni prostor ili na blagajni postaviti obavijest krajnjem korisniku o mogućnosti predaje odnosno o obvezi preuzimanja otpadnih baterija ili akumulatora oznakom sadržaja „PREUZIMAMO OTPADNE BATERIJE“ (slika 8). [2]



Naljepnica BLAGAJNA  
dimenzija: 150 × 55 mm  
tisak: 4/0 CMYK ili 3/0 PANTONE

Slika 8 Propisana naljepnica – „Preuzimamo otpadne baterije“ [18]

Fond za zaštitu okoliša i energetske učinkovitost obavlja obračun troškova usluge sakupljanja temeljem jediničnih cijena određenih ugovorom s ugovornim sakupljačem i sukladno podacima iz Izvješća ugovornog sakupljača otpadnih baterija i akumulatora na obrascu OBA2 (slika 9). [2]

**IZVJEŠĆE UGOVORNOG SAKUPLJAČA OTPADNIH PRIJENOSNIH BATERIJA I  
AKUMULATORA**

**OBRAZAC OBA2**

|  |           |           |           |          |                 |           |      |        |          |        |
|--|-----------|-----------|-----------|----------|-----------------|-----------|------|--------|----------|--------|
| <b>RAZDOBLJE:</b>  |           |           |           |          |                 |           |      |        |          |        |
| <b>PODACI O UGOVORNOM SAKUPLJAČU:</b>  |           |           |           |          |                 |           |      |        |          |        |
| Naziv:   |           |           |           |          |                 |           |      |        |          |        |
| Adresa:  |           |           |           |          |                 |           |      |        |          |        |
| Osoba za kontakt:  |           |           |           |          |                 |           |      |        |          |        |
| Telefon:   |           |           |           |          |                 |           |      |        |          |        |
| Faks:  |           |           |           |          |                 |           |      |        |          |        |
| Email adresa:  |           |           |           |          |                 |           |      |        |          |        |
| IBAN:  |           |           |           |          |                 |           |      |        |          |        |
| OIB:   |           |           |           |          |                 |           |      |        |          |        |
| <b>PODACI O SAKUPLJENIM, PREDANIM I/ILI IZVEZENIM NA OPORABU KOLIČINAMA<br/>OTPADNIH PRIJENOSNIH BATERIJA I AKUMULATORA PREMA KLJUČNIM BROJEVIMA</b> |           |           |           |          |                 |           |      |        |          |        |
|  | 16 06 01* | 16 06 02* | 16 06 03* | 16 06 04 | 16 06 05        | 20 01 33* |      |        | 20 01 34 | UKUPNO |
|  |           |           |           |          |                 | Pb        | NiCd | Ostale |          |        |
| SAKUPLJENO (KG)  |           |           |           |          |                 |           |      |        |          |        |
| PREDANO OBRADIVAČU U RH (KG)   |           |           |           |          |                 |           |      |        |          |        |
| IZVEZENO NA OPORABU I/ILI RECIKLIRANJE (KG)  |           |           |           |          |                 |           |      |        |          |        |
| STANJE SKLADIŠTA (KG)  |           |           |           |          |                 |           |      |        |          |        |
| <b>PODACI O SAKUPLJENIM KOLIČINAMA OTPADNIH PRIJENOSNIH BATERIJA I<br/>AKUMULATORA PO ŽUPANIJAMA</b>   |           |           |           |          |                 |           |      |        |          |        |
| ŽUPANIJA   |           |           |           |          | SAKUPLJENO (KG) |           |      |        |          |        |
| ZAGREBAČKA   |           |           |           |          |                 |           |      |        |          |        |
| KRAPINSKO-ZAGORSKA   |           |           |           |          |                 |           |      |        |          |        |
| SISAČKO-MOSLAVAČKA   |           |           |           |          |                 |           |      |        |          |        |
| KARLOVAČKA   |           |           |           |          |                 |           |      |        |          |        |
| VARAŽDINSKA  |           |           |           |          |                 |           |      |        |          |        |
| KOPRIVNIČKO-KRIŽEVAČKA   |           |           |           |          |                 |           |      |        |          |        |
| BJELOVARSKO-BILOGORSKA   |           |           |           |          |                 |           |      |        |          |        |
| PRIMORSKO-GORANSKA   |           |           |           |          |                 |           |      |        |          |        |
| LIČKO-SENJSKA  |           |           |           |          |                 |           |      |        |          |        |
| VIROVITIČKO-PODRAVSKA  |           |           |           |          |                 |           |      |        |          |        |
| POŽEŠKO-SLAVONSKA  |           |           |           |          |                 |           |      |        |          |        |
| BRODSKO-POSAVSKA   |           |           |           |          |                 |           |      |        |          |        |

|   |  |
|---|--|
| ZADARSKA  |  |
| OSJEČKO-BARANUSKA   |  |
| ŠIBENSKO-KNINSKA  |  |
| VUKOVARSKO-SRIJEMSKA  |  |
| SPLITSKO-DALMATINSKA  |  |
| ISTARSKA  |  |
| DUBROVAČKO-NERETVANSKA  |  |
| MEĐIMURSKA  |  |
| GRAD ZAGREB   |  |
| UKUPNO SAKUPLJENO (KG)  |  |
| PRILOG: dokaz o predanim količinama otpadnih prijenosnih baterija i akumulatora oporabilju (kopije pratećeg lista za otpad/dokumenta o prekograničnom prometu otpada i vagarskog lista oporabilja) i dokaz da su izvoz i obrada izvezenih otpadnih prijenosnih baterija i akumulatora obavljani pod uvjetima i u skladu s propisima koje u svezi toga propisuje zakonodavstvo EU<br>Napomena: Na traženje Fonda ugovorni sakupljač dužan je dostaviti na uvid dokaz o predanim količinama otpada oporabilju u izvorniku |  |

Mjesto:  
točnost podataka:  
Datum:

Potpis osobe odgovorne za

Dostaviti:

Fond za zaštitu okoliša i energetska učinkovitost  
Radnička cesta 80, 10000 ZAGREB

MP

Slika 9 Izvješće ugovornog sakupljača otpadnih baterija i akumulatora - obrazac OBA2

[18]

Hrvatska agencija za zaštitu okoliša i prirode je dužna izraditi godišnje Izvješće o stopi sakupljanja za Republiku Hrvatsku sukladno izračunu stope sakupljanja. Stopa sakupljanja je omjer mase sakupljenih otpadnih prijenosnih baterija i akumulatora u određenoj kalendarskoj godini, putem sustava kojim upravlja Fond, i prosječne mase prijenosnih baterija i akumulatora, koje su svi proizvođači prodali izravno krajnjim korisnicima ili isporučili trećim osobama radi prodaje krajnjim korisnicima u Republici Hrvatskoj, u toj i prethodne dvije kalendarske godine, izražen kao postotak.

**Stopa sakupljanja izračunava se za određenu kalendarsku godinu prema izrazu:**

$$S = 300 \times M_o / (m_n + m_{n-1} + m_{n-2})$$

pri čemu je:

S – godišnja stopa sakupljanja izražena u postotku (%)



$M_o$  – masa sakupljenih prijenosnih baterija i akumulatora u Republici Hrvatskoj u kalendarskoj godini izražena u tonama (t)

$m$  – masa prijenosnih baterija i akumulatora stavljenih na tržište u kalendarskoj godini

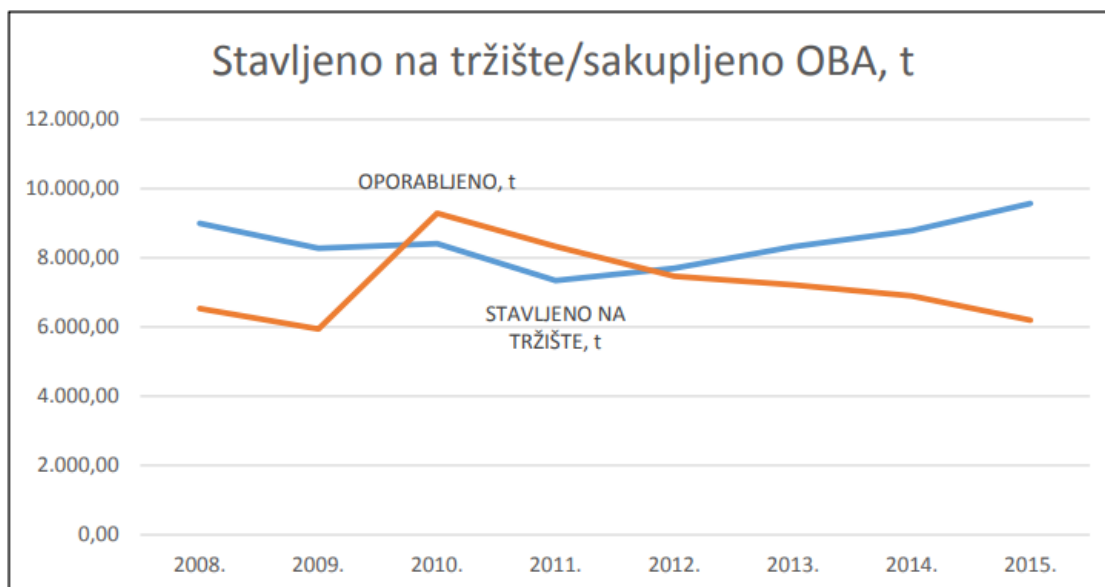
$n$  – kalendarska godine za koju se određuje godišnja stopa sakupljanja

$n_{-1}$  – kalendarska godina koja je prethodila godini određenoj s  $n$

$n_{-2}$  – kalendarska godina koja je prethodila godini određenoj s  $n-1$  [2]

### **3.5.2 Količini sakupljenih i oporabljenih otpadnih baterija i akumulatora**

Na tržište Republike Hrvatske u 2014. godini stavljeno je 9 570 t baterija i akumulatora (uvezeno je 10 476 t, izvezeno 966 t, a proizvedeno 60 t). Prema vrstama baterija i akumulatora na tržište Republike Hrvatske u 2015. godini stavljeno je 7 729 t automobilskih akumulatora (startera), 1 576 t industrijskih baterija i akumulatora i 266 t prijenosnih baterija. Prijavljena količina sakupljenih otpadnih baterija i akumulatora iznosila je 5 596 t, dok je oporabljena količina iznosila 6 198 t. Podaci o sakupljenim i oporabljenim količinama startera i industrijskih baterija i akumulatora odnose se na razdoblje od 01.01.2015 do 22.10.2015. Na slici 10 prikazan je odnos količina baterija ili akumulatora stavljenih na tržište i količina sakupljenih baterija ili akumulatora od 2008. godine do 2015. godine. Količine oporabljenih baterija u nekim godinama nadmašuju sakupljene količine što se objašnjava privremenim skladištenjem i oporabom u slijedećoj kalendarskoj godini. U posljednje tri godine (2013., 2014., 2015.) na tržište Republike Hrvatske stavljeno je u prosjeku 336 t prijenosnih baterija i akumulatora, dok je količina sakupljenih prijenosnih otpadnih baterija i akumulatora u 2015. godini iznosila 98 t.



Slika 10 Odnos sakupljenih količina baterija ili akumulatora i količina stavljenih na tržište u Republici Hrvatskoj [21]

Sukladno tome stopa sakupljanja za 2015. godinu iznosi 29 %. Cilj stope sakupljanja otpadnih baterija i akumulatora je ispunjen. [21]

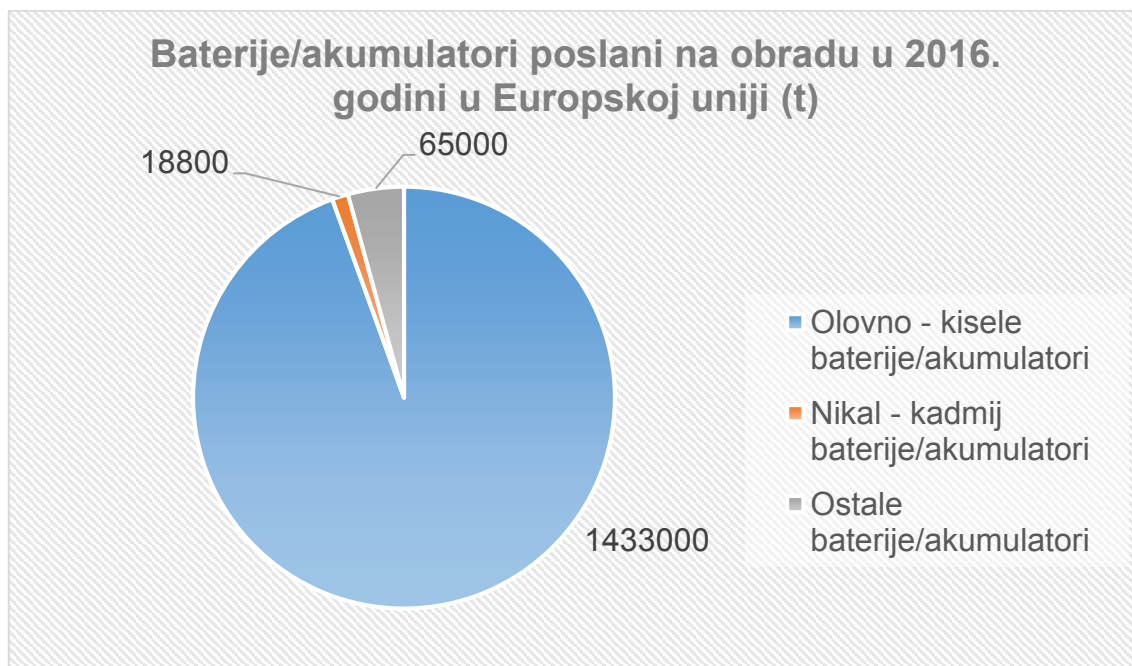
Iz tablice 2 vidi se da je u 2016. godini na tržište svih članica Europske unije stavljeno 214 000 t baterija ili akumulatora, dok je sakupljeno 93 000 t otpadnih baterija i akumulatora. [22]

Tablica 2 Odnos količina baterija/akumulatora stavljenih na tržište i količine sakupljenih baterija/akumulatora u Europskoj uniji u 2016. godini [22]

| Zemlje Europske unije | Baterije/akumulatori stavljeni na tržište (t) | Sakupljene otpadne baterije/akumulatori (t) |
|-----------------------|---|---|
| Europska unija        | 214 000                                       | 93 000                                      |
| Belgija               | 4 585   | 3 153                                       |
| Bugarska              | 750   | 362   |
| Češka                 | 4 047   | 2 082                                       |
| Danska                | 3 945   | 1 686                                       |
| Njemačka              | 45 511  | 20 524                                      |
| Estonija              | 413   | 126   |

|                 |            |            |
|-----------------|------------|------------|
| Irska           | 1 968      | 1 129      |
| Španjolska      | 11 915     | 4 511      |
| Francuska       | 29 491     | 13 678     |
| <b>Hrvatska</b> | <b>395</b> | <b>337</b> |
| Italija         | 25 197     | 9 495      |
| Cipar           | 211        | 57         |
| Latvija         | 628        | 169        |
| Litva           | 748        | 375        |

Prema Eurostatu države članice Europske unije u 2016. godini poslale su na obradu 1 433 000 t olovno – kiselih baterija/akumulatora, 18 800 t nikal – kadmij baterija/akumulatora i 65 000 t ostalih baterija/akumulatora (slika 11). [23]



Slika 11 Količina baterija/akumulatora poslanih na obradu u 2016. godini u Europskoj uniji [23]

### 3.5.3 Naknada za gospodarenje otpadnim baterijama i akumulatorima

Naknada za gospodarenje otpadnim baterijama i akumulatorima izračunava se umnoškom jedinične naknade (JN) i količine prijenosnih baterija i akumulatora koje proizvođač stavlja na tržište na području Republike Hrvatske u obračunskom razdoblju.

Jedinična naknada izračunava se prema izrazu:

$$JN = GSS \times TS$$

pri čemu je:

- JN – jedinična naknada izražena u kunama po kilogramu
- GSS – godišnja stopa sakupljanja otpadnih prijenosnih baterija i akumulatora koju utvrđuje Fond za zaštitu okoliša i energetske učinkovitost u suradnji s Agencijom za zaštitu okoliša i prirode
- TS – trošak sakupljanja otpadnih prijenosnih baterija i akumulatora utvrđen ugovorom o obavljanju usluge sakupljanja otpadnih prijenosnih baterija i akumulatora po provedenom javnom pozivu sukladno Zakonu, izražen u kunama po kilogramu

Jediničnu naknadu za tekuću kalendarsku godinu izračunava Fond za zaštitu okoliša i energetske učinkovitost do 15. veljače tekuće godine. Na temelju izračuna ministar nadležan za poslove zaštite okoliša donosi odluku o iznosu jedinične naknade. [17]

Naknade gospodarenja otpadnim prijenosnim baterijama i akumulatorima plaćaju uvoznici i/ili proizvođači prijenosnih baterija i akumulatora prilikom stavljanja istih na tržište. Naknadom koja je uplaćena u Fond za zaštitu okoliša i energetske učinkovitost pokrivaju se troškovi sakupljanja, obrade i recikliranja otpadnih prijenosnih baterija i akumulatora te troškovi informiranja javnosti o sakupljanju, obradi i recikliranju svih otpadnih prijenosnih baterija i akumulatora.

Naknada sakupljanja za sakupljene količine otpadnih prijenosnih baterija i akumulatora sa PDV – om, iznosi:

- 12,00 kn/kg za preuzete količine otpadnih prijenosnih baterija i akumulatora od posjednika

Naknada obrađivaču za obradu i/ili recikliranje otpadnih prijenosnih baterija i akumulatora sa PDV – om, iznosi:

- 7,50 kn/kg za obrađene/reciklirane otpadne prijenosne baterije i akumulatore

Naknada obrađivaču za pokrivanje troškova izvoza otpadnih prijenosnih baterija i akumulatora koje se ne mogu obraditi i/ili reciklirati u Republici Hrvatskoj sa PDV – om, iznosi:

- 7,50 kn/kg za troškove izvoza otpadnih baterija i akumulatora [18]

## **4 OBRADA OTPADNIH BATERIJA I AKUMULATORA**

Obrada otpadnih baterija ili akumulatora je svako postupanje s otpadnom baterijom ili akumulatorom koja je predana u postrojenje radi razvrstavanja, pripreme za proces recikliranja ili pripreme za zbrinjavanje. [2]

Osnovni ciljevi svih tehnologija obrade otpada, neovisno o vrsti i tipu tehnologije su: [9]

- smanjenje količine otpada za konačno odlaganje
- smanjenje negativnog utjecaja neobrađenog otpada na okoliš

Oporabitelj ili reciklažer preuzima skupljene baterije i akumulatore od skupljača bez naknade i prilikom preuzimanja ovjerava prateći list. Oporabitelj je pravna ili fizička osoba koja ima dozvolu za obavljanje djelatnosti obrade i recikliranja otpadnih baterija i akumulatora, ovlaštenik je koncesija i ima ugovor s Fondom za zaštitu okoliša i energetske učinkovitost. [18]

### **Postupci gospodarenja otpadnim baterijama i akumulatorima**

Uvjeti za obavljanje djelatnosti oporabe odnosno zbrinjavanja otpada koji uključuje otpadne baterije ili akumulatore su:

- da se postupkom izdvoji sva tekućina i kiselina iz otpadne baterije ili akumulatora
- da se postupak obrade i skladištenje otpadnih baterija i akumulatora, na lokaciji na kojoj se obavlja postupak obrade, obavlja na nepropusnoj podlozi u natkrivenoj i zatvorenoj građevini

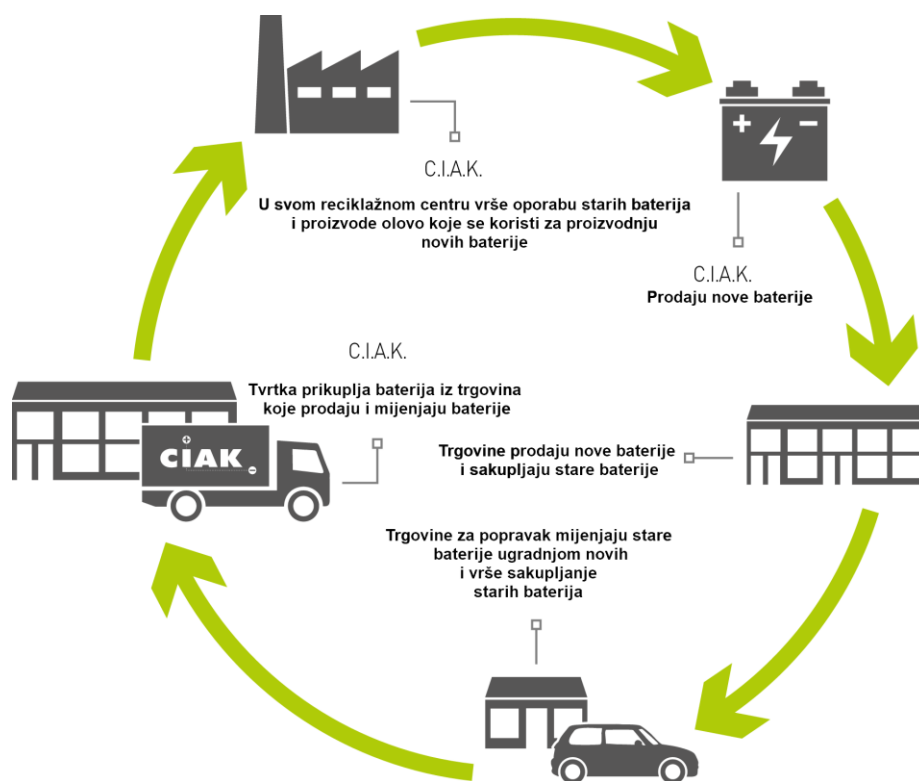
Postupak oporabe odnosno zbrinjavanja otpada, koji se smatra obradom otpadnih baterija i akumulatora, mora udovoljavati zahtjevima najboljih raspoloživih tehnika, sukladno posebnom propisu koji uređuje zaštitu okoliša. [2]



Ovlašteni oporabitelji otpadnih baterija i akumulatora u Republici Hrvatskoj su tvrtke:  
[18]

- C.I.A.K. d.o.o. Josipa Lončara 3/1 ZAGREB 10 090
- FRIŠ d.o.o. Koprivnička 43 KRIŽEVCI 48 260

Tvrtka C.I.A.K. već 20 godina sakuplja, oporablja i reciklira stare baterije i akumulatore. To je jedina tvrtka koja u svom procesu rada s baterijama ima potpun postupak, od prodaje novih baterija i sakupljanja starih otpadnih baterija do recikliranja i proizvodnje baterija (slika 12). [24]



Slika 12 Proces rada s baterijama u tvrtki C.I.A.K. [24]

Friš d.o.o. je poduzeće za proizvodnju, prodaju, servis i održavanje starter akumulatora i industrijskih baterija, te sakupljanje i uporabu otpadnih akumulatora i baterija. Male baterije iz domaćinstva ne mogu se oporabiti (reciklirati) u Hrvatskoj te ih je stoga potrebno izvesti u zemlje u kojima se takva djelatnost odvija. Male baterije se ručno sortiraju na različite grupe baterija iz kojih se mogu ponovno iskoristiti neki metali kao što su cink, željezo, spojevi mangana, kobalt, živa, srebro, olovo, kadmij, nikal i drugi korisni metali i spojevi. Baterije se potom toplinski tretiraju, a iz njih se izdvajaju različiti metali čijim se ponovnim iskorištavanjem smanjuje potreba za traženjem novih prirodnih resursa, kao i količina novonastalog otpada. [25]

### **Izješće o učinkovitosti recikliranja**

Osoba koja posjeduje dozvolu za gospodarenje otpadom za djelatnost uporabe odnosno zbrinjavanja otpada koji uključuje otpadne baterije i akumulatore dužna je do 30. travnja tekuće godine za prethodnu kalendarsku godinu Hrvatskoj agenciji za okoliš i prirodu dostaviti Izješće o učinkovitosti recikliranja. [2]

U 2013. godini tvrtka CIAK d.o.o. je oporabila oko 95 % od ukupno oporabljene količine otpadnih baterija i akumulatora. Oporaba otpadnih prijenosnih baterija i akumulatora odnosi se na nikal - kadmij baterije. Postupak obrade je odvajanje komponenata u postupku prve faze uporabe. Dobivene komponente se izvoze u inozemstvo na daljnje postupke uporabe/zbrinjavanja. [26]

U tablici 3 prikazana je količina oporabljenih otpadnih baterija i akumulatora prema prijavama koncesionara u 2013. godini. [26]

Tablica 3 Količina oporabljenih otpadnih baterija i akumulatora u 2013. godini [26]

| Naziv koncesionara | Otpadni starteri (t) | Otpadne prijenosne baterije i akumulatori (t) | Otpadne industrijske baterije i akumulatori (t) | Ukupno po konces.(t) | Udio konces. u ukupnoj količini (%) |
|--------------------|----------------------|---|---|----------------------|-------------------------------------|
| CIAK d.o.o.        | 6 908,52             | 45,19 (izvoz)                                 | 12,28   | 6 965,99             | 95,30                               |
| FRIŠ d.o.o.        | 242,30               | 44,18 (izvoz)                                 | 56,93   | 343,41               | 4,70                                |

Zabranjeno je gospodariti prijenosnim baterijama i akumulatorima, koji sadrže kadmij, živu ili olovo, sljedećim postupcima gospodarenja otpadom:

- D2, D3, D4, D6, D7, D8, D11
- D1, D5, i D12 ukoliko postupak nije dopušten državnim planskim odnosno strateškim dokumentom, donesenim temeljem procjene ekoloških, gospodarskih i socijalnih utjecaja koja dokazuje da je odlaganje prikladnija opcija od procesa recikliranja tih baterija ili akumulatora.

Zabranjeno je gospodariti otpadnim starterom i otpadnom industrijskom baterijom ili akumulatorom sljedećim postupcima gospodarenja otpadom: R1, D1, D2, D3, D4, D5, D6, D7, D8 i D10. [2]

Tablica 4 Postupci oporabe (R) i zbrinjavanja (D) [27]

| Oznaka postupka | Naziv postupka   |
|-----------------|--|
| D1              | Odlaganje otpada u ili na tlo (na primjer odlagalište itd.)  |
| D2              | Obrada otpada u tlu  |
| D3              | Duboko utiskivanje otpada                                    |
| D4              | Odlaganje otpada u površinske bazene                         |
| D5              | Odlaganje otpada na posebno pripremljeno odlagalište         |
| D6              | Ispuštanje otpada u kopnene vode isključujući mora/oceane    |
| D7              | Ispuštanje u mora/oceane uključujući i ukapanje u morsko dno |

|     |   |
|-----|---|
| D8  | Biološka obrada koja nije specificirana drugdje u ovim postupcima                   |
| D9  | Fizikalno-kemijska obrada otpada koja nije specificirana drugdje u ovim postupcima  |
| D10 | Spaljivanje otpada na kopnu   |
| D11 | Spaljivanje otpada na moru  |
| D12 | Trajno skladištenje otpada  |
| D13 | Spajanje ili miješanje otpada prije podvrgavanja bilo kojem postupku D1 do D12      |
| D14 | Ponovno pakiranje otpada prije podvrgavanja bilo kojem od postupaka D 1 do D 13     |
| D15 | Skladištenje otpada prije primjene bilo kojeg od postupaka zbrinjavanja D 1 do D 14 |

|    |  |
|----|--|
| R1 | Korištenje otpada uglavnom kao goriva ili drugog načina dobivanja energije |
|----|--|

Dozvoljen postupak gospodarenja otpadnim baterijama i akumulatorima je uporaba odnosno recikliranje koji je opisan u sljedećem poglavlju.

#### **4.1 Recikliranje otpadnih baterija i akumulatora**

Proces recikliranja otpadnih baterija ili akumulatora je prerada otpadnih materijala iz baterija i/ili akumulatora u proizvodnom procesu, u izvornu ili u drugu svrhu osim uporabe u energetske svrhu.

Procesi recikliranja trebaju postići sljedeću minimalnu učinkovitost recikliranja:

- recikliranje 65 % prosječne mase olovno-kiselih baterija i akumulatora, uključujući recikliranje sadržaja olova u najvećoj tehnički izvedivoj mjeri uz izbjegavanje prekomjernih troškova
- recikliranje 75 % prosječne mase nikal-kadmijevih baterija i akumulatora, uključujući recikliranje sadržaja kadmija u najvećoj tehnički izvedivoj mjeri uz izbjegavanje prekomjernih troškova
- recikliranje 50 % prosječne mase ostalih otpadnih baterija i akumulatora

Otpadne baterije i akumulatori mogu u svrhu obrade i recikliranja biti isporučene izvan Republike Hrvatske sukladno propisima kojima se uređuju pošiljke otpada. [2]

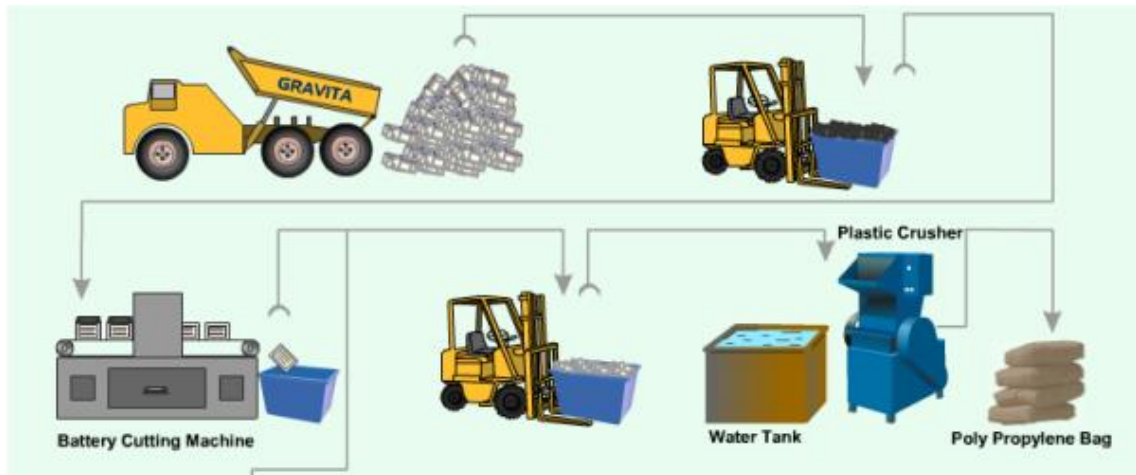
### **Prednosti recikliranja otpadnih baterija i akumulatora**

- smanjenje količine otpada koja završava na odlagalištu
- očuvanje prirodnih resursa
- smanjuje potrebu kupnje novih sirovina
- štedi energiju
- smanjuje emisije stakleničkih plinova
- reciklirani materijali koriste se za nove proizvode

Osim toga teški metali iz otpadnih baterija i akumulatora na odlagalištu otpada mogu sa kišnicom ući u podzemne vode i uzrokovati onečišćenje podzemnih voda. [28]

#### **4.1.1 Olovno – kisele baterije ili akumulatori**

Nakon što su baterije stigle u objekt za recikliranje, one se pregledavaju te transportnom trakom premještaju do automatiziranog procesa koji se sastoji od zatvorenog baterijskog usitnjivača. U zatvorenom prostoru odvija se rastavljanje baterija na sastavne dijelove, kiselina se ispušta, a usitnjeni dijelovi od metala i plastike odlaze u spremnik za odvajanje materijala „pliva-tone“ metodom u tekućinama razdvajanja otpada. U spremniku usitnjeni dijelovi olova i drugih metala potonu na dno, dok plastika ispliva na površinu zbog svoje gustoće materijala. Nakon toga, prikupljeno olovo, plastika, kiselina i ostali metali odlaze na pojedinačni proces recikliranja (slika 13). [29]



Slika 13 Shematski prikaz procesa recikliranja olovno – kiselih baterija i akumulatora  
[30]

#### 4.1.2 Alkalne baterije ili akumulatori

Alkalne baterije mogu se cijele reciklirati. Komponente alkalne baterije mehanički se odvajaju na: cink, mangan, čelik i plastiku. Sve komponente vraćaju se na tržište za ponovnu upotrebu u novim proizvodima kako bi se nadoknadio trošak procesa recikliranja.

#### 4.1.3 Litij – ionske baterije ili akumulatori

Litij – ionske baterije se recikliraju u specijaliziranom mehaničkom procesu sobne temperature bez kisika tijekom kojih se komponente baterije odvajaju na tri krajnja proizvoda. Ti proizvodi su:

- kobalt i litijeve soli
- nehrđajući čelik



- bakar, aluminij i plastika

Svi ovi proizvodi potom se vraćaju na tržište i ponovno se koriste u novim proizvodima. Sve komponente litij – ionskih baterija se mogu reciklirati.

#### **4.1.4 Nikal – kadmij baterija ili akumulator**

Prije procesa recikliranja plastika se odvaja od metalnih dijelova. Metali se zatim recikliraju postupkom visokotemperaturne obrade metala. Metal i plastika se zatim vraćaju na tržište kako bi se ponovno upotrijebili u novim proizvodima. Ove baterije imaju 100 % mogućnost recikliranja. [29]

## **4.2 Primjeri recikliranja otpadnih baterija**

### **4.2.1 Recikliranje otpadnih baterija u Švicarskoj kompaniji „Batrec“**

„Batrecov“ proces recikliranja baterija ističe se od ostalih poznatih tehnologija u obradi otrovnih materijala, posebice otrovne žive. U „Batrecu“ otrovna živa je potpuno destilirana i ponovno dobivena kao metalni kalcijev oksid.

Proces je baziran na japanskoj tehnologiji koja omogućava 95 % - tnu efikasnost recikliranja baterija. Ovisno o vrsti baterije, proces se sastoji od 5 faza (slika 14).

1. FAZA: Piroliza na temperaturi od 700 °C pri čemu voda i živa isparavaju i odlaze na dodatnu termičku obradu na temperaturi od 1000 °C. Na taj se način uklanjaju dioksini i furani, a otpadni plinovi odvođeni se na pročišćavanje.

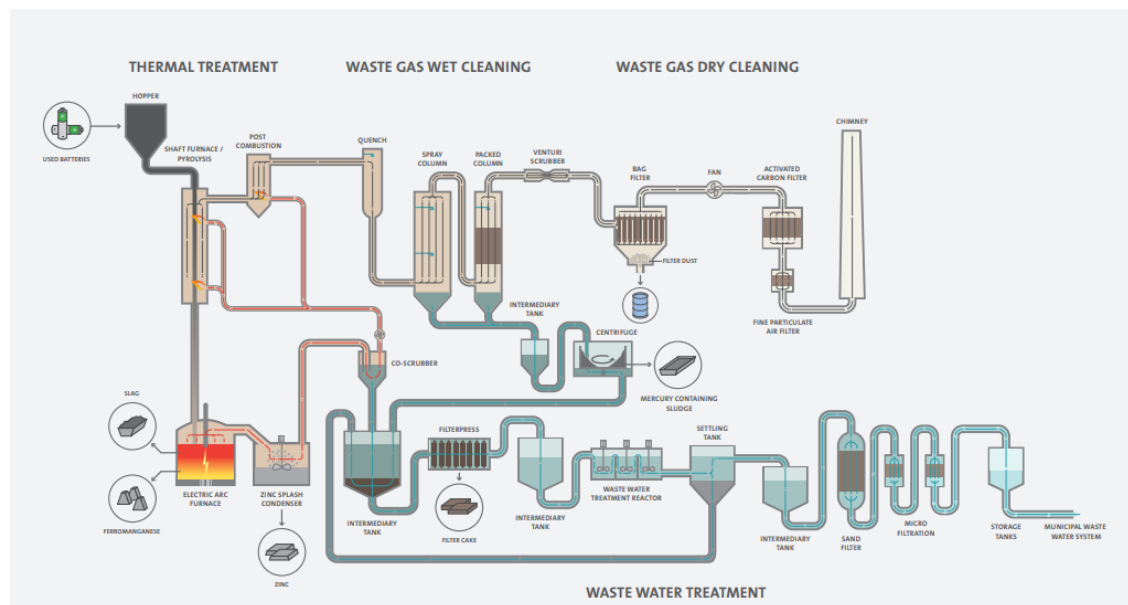
2. FAZA: Ispiranje i hlađenje, odnosno pročišćavanje otpadnih plinova i odvajanje čvrstih materijala od otpadnog mulja.

3. FAZA: Redukcija i topljenje metalnih komponenti odvija se na temperaturi od 1500 °C. Željezo i mangan ostaju u smjesi, dok se cink izdvaja u plinovitoj fazi.

4. FAZA: Obrada otpadnih voda. Izdvajanje cijanida, fluorida, teških metala.

5. FAZA: Destilacija žive. Na kraju kondenzacijske kolone nalazi se filtar sa aktivnim ugljenom kojim se uklanjaju preostali tragovi žive i zadovoljavaju uvjeti emisija u zrak.

[31]



Slika 14 Proces recikliranja otpadnih baterija u Švicarskoj kompaniji „Batrec“ [31]

#### 4.2.2 Recikliranje otpadnih akumulatora – suvremena tehnologija

Otpadni akumulatori su glavni izvor sekundarnog olova koji se može koristiti u ponovnoj proizvodnji akumulatora. Istrošeni akumulatori se dopremaju u skladišnu jamu kako bi

se izbjeglo raspršivanje materijala koji sadrži kiselinu i olovo. Sva slobodna kiselina skuplja se u rezervoar za kiselinu. Akumulatori se drobe te takav materijal prolazi kroz niz sita, separatora i filtera kako bi se odvojile frakcije koje sadrže metalne komponente, olovna pasta, plastika i guma te razblažena sumporna kiselina. Olovna pasta podliježe daljnjoj obradi u cilju smanjenja koncentracije prisutnog sumpora. Natrijev sulfat koji nastaje desulfurizacijom (proces u kojem se sumporovi spojevi oksidacijom uklanjaju iz naftnih derivata) paste može se rekristalirati i prodati, a sumporna kiselina se neutralizira i prodaje. Ovako oporabljeno olovo se tali, nakon čega slijedi rafinacija, odnosno odstranjivanja bakra, antimona, arsena i kositra kako bi se proizvelo meko olovo. Desulfurizacija olovne paste prije taljenja smanjuje količinu proizvedene šljake te smanjuje količinu sumpornog dioksida ispuštenog u atmosferu. [10]

#### **4.2.3 Recikliranje nikal – metal – hidrid baterije**

Nikal – metal – hidrid baterija sastoji se od 50 % nikla, dok postotak ostalih elemenata varira. Ostali kemijski elementi koji se nalaze u nikal – metal – hidrid bateriji su kalij, kobalt i kadmij.

Reciklaža otpadnih nikal – metal – hidrid baterija sastoji se od sljedećih koraka:

1. Prethodna obrada (tretman) – uključuje određivanje vrste baterije
2. Odvajanje plastike i metala u bateriji
3. Karakterizacija metala koji su izdvojeni iz baterije
4. Ispiranje sadržaja baterije sa sumpornom kiselinom
5. Određivanje pH kemijskim elementima u bateriji
6. Ekstrakcija nikla i kobalta

Prvi korak je uklanjanje vanjskog kućišta baterije. Unutarnji dio baterije se važe i nakon toga se stavlja na sušenje u pećnicu na 24 sata i temperaturu od 60 °C. Nakon sušenja baterija se ponovo važe i na temelju rezultata se odredi količina hlapljivih tvari u bateriji.

Idući korak je odvajanje plastike i metala u bateriji te nakon toga karakterizacija metala pomoću rendgenske fluorescencije i elektronske mikroskopije. Kod ispiranja sa sumpornom kiselinom postupak se izvodi uzimanjem određenog volumena sumporne kiseline u pokrivenom staklenom reaktoru uronjenom u vodenu kupelj. U vodenoj kupelji se održava željena temperatura i u reaktor se stavlja uzorak. Uzorak i sumporna kiselina miješaju se mehanički brzinom od 510 okretaja u minuti. Dobivena otopina koristi se za identifikaciju kobalta, kadmija i nikla u bateriji. Zadnji korak je ekstrakcija. Ekstrakcija je ravnotežno odvajanje jedne sastavnice ili više njih iz krute ili kapljevitog smjese (ishodišna smjesa), s pomoću drugog otapala (ekstraktant), koje se s otapalom ishodišne smjese ne miješa ili se ograničeno miješa, a ostale sastavnice nisu topljive ili su manje topljive u njemu. Intenzivnim miješanjem ishodišne smjese i drugoga otapala preko što veće razdjelne površine i što dulje vrijeme, te uzastopnim ponavljanjem postupka s manjim količinama drugoga otapala, pospješuje se otapanje i povećava količina ključne sastavnice u otapalu. Ekstrakcijom se ne dobiva čista sastavnica, nego dvije nove smjese, tj. otopina iz koje se sastavnica odvaja (rafinat) i otopina obogaćena sastavnicom koja se odvaja (ekstrakt). Iz njih je lakše izdvojiti ključnu sastavnicu (nikal i kadmij) nekim drugim postupkom (npr. rektifikacijom), nego iz ishodišne smjese. [32]

#### **4.2.4 Recikliranje baterija iz električnog i elektroničkog otpada**

U baterijama koje se koriste u električnoj i elektroničkoj opremi nalazi se veći sadržaj vrijednih sirovina, kao što je kobalt i drugi rijetki kemijski elementi. Baterije koje se koriste u električnim i elektroničkim uređajima su nikal – kadmij baterije, nikal – metal - hidrid baterije i litij – ionske baterije.

Postupci obrade otpadnih baterija temelje se na usitnjavanju i mehaničkom odvajanju. Pomoću magnetskog separatora odvajaju se željeni metali iz usitnjenog materijala. Preostali nemetalni dijelovi dijele se u dvije frakcije, prvu frakciju čine strujne ploče i žice, a drugu mješavina plastike i stakla. Nakon daljnjeg odvajanja plastike proizvedene frakcije se zatim isporučuju specijalnim postrojenjima za recikliranje sekundarnih sirovina.

Baterije razvrstane na postrojenjima za obradu električnih i elektroničkih uređaja podvrgavaju se posebnim postupcima recikliranja prema njihovom kemijskom sastavu. Procesi recikliranja otpadnih baterija često su kombinacija pirometalurških, hidrometalurških, elektrometalurških, mehaničkih procesa.

Nikal – kadmij baterije obrađuju se u vakuumskoj atmosferi u kojoj se kadmij odvaja od ostalih dijelova baterije. Preostala frakcija prosljeđuje se proizvođačima željeza dok se odvojeni kadmij koristi za proizvodnju novih baterija. Recikliranje litij – ionskih baterija sastoji se od drobljenja i termičke obrade kako bi odvojili kobalt, nikal i bakar od kućišta. Elektrolit iz baterije koristi se kao gorivo, a litij iz baterije se ne reciklira zbog relativno niske cijene tog elementa. [33]

#### **4.2.5 Nova tehnologija recikliranja litij – ionskih baterija/akumulatora**

Nekoliko značajki litij – ionskih baterija doprinose kompliciranijem recikliranju od drugih baterija. Litij – ionske baterije sastoje se od većeg broja elemenata koji su u obliku praha obloženi metalnim dijelom baterije.

Nova tehnologija recikliranja specifična je po tome što oporavlja baterije za ponovo korištenje sa malo ili bez dodatne obrade. Ispražnjene ćelije baterije stave se u spremnik te ima se doda CO<sub>2</sub>. Ugljični dioksid (CO<sub>2</sub>) odvaja elektrolit od ostatka baterije. Baterijske ćelije bez elektrolita se usitnjavaju i pretvaraju u prah iz kojeg se odvajaju na temelju razlike u električnoj vodljivosti i gustoći. Katodnim materijalima se prije upotrebe baterije mora dodati litij kako bi rad baterije bio moguć. Prednost takvog procesa je da se sve komponente baterije mogu ponovo koristiti. Međutim kod takvog postupka recikliranja postoji mogućnost skraćenog životnog vijeka baterije. [34]

Iduća tehnologija obrade litij – ionskih baterija se bazira na smanjenje toplinske obrade za oporavak vrijednih materijala iz potrošenih litij-ionskih baterija. Termodinamičko ponašanje aktivnih katodnih materijala istražuje se analizom plinova koji su nastali iz

toplinske obrade instrumentom termogravimetrijske masene spektrometrije (TG-MS). Termogravimetrijska analiza mjeri promjenu mase uzorka s promjenom temperature zbog fizikalnih procesa ili kemijskih reakcija (npr. isparavanje, razgradnja, oksidacija). Elektronička mikroskopija se također provodi na krutim katodnim i anodnim materijalima kako bi se odredile njihove fizičko - kemijske promjene iz toplinske obrade. Rezultati pokazuju da termička obrada znatno poboljšava čisto odvajanje elemenata u bateriji. [35]

#### **4.2.6 Hidrometalurški proces recikliranja baterija**

Hidrometalurške metode uključuju otapanje kiseline ili baze, ekstrakciju otapala, elektrokemijske postupke i/ili kombinaciju tih procesa. Hidrometalurške metode se koriste na temelju njihove jednostavnosti, ekološki prihvatljivosti (zbog otpadnih voda i smanjenja emisija u zrak) i adekvatnog recikliranja vrijednih metala s visokom čistoćom. Takav postupak koristi se za izlučivanje kobalta i litija iz otpadnih litij – ionskih baterija. [36]

Prva faza uključuje ispiranje s ciljem dobivanja vodene otopine koja sadrži metale iz otpadne baterije. Ispiranje se može provoditi industrijskim konvencionalnim anorganskim kiselinama kao što su  $H_2SO_4$  i  $HCl$  ili ekološkim prihvatljivijim organskim kiselinama kao što je limunska kiselina. Kod recikliranja otpadnih baterija razlikuju se dva postupka ispiranja. Prvi postupak je otapanje katodnih aktivnih tvari kao što su litij, nikal i mangan. Drugi postupak je odvajanje bakra i aluminija od čvrstog ostatka ispiranja iz prvog postupka. Druga faza je pročišćavanje metala. Faza pročišćavanja metala ima za cilj selektivno izolirati elemente koji se mogu obraditi i ponovo koristiti. Faza pročišćavanja sastoji se od tretiranja vodene otopine i suhog ostatka dobivenog tijekom faze ispiranja. Provedbom ekstrakcije dobivena je pročišćena otopina koja sadrži samo litij, nikal i mangan te pročišćeni aluminij i bakar. Pročišćena otopina koja sadrži aktivne tvari katode (litij, nikal i mangan) može se koristiti za proizvodnju nove katode u baterijama dok se pročišćeni bakar i aluminij mogu koristiti u industriji celuloze, papira, masti i ulja te u farmaceutskoj industriji. [37]

#### **4.2.7 Pirometalurški proces recikliranja baterija**

Pirometalurški proces recikliranja koristi se za dobivanje i pročišćavanje metala na visokim temperaturama i sastoji se od tri faze. Prva faza je pripremanje otpadne baterije, druga smanjenje volumena otpadne baterije i treća taljenje i lijevanje. Kod faze pripremanja otpadne baterije potrebno je bateriju usitniti i osigurati jednaku količina materijala. Nakon toga slijedi piroliza na temperaturi od 700 °C pri kojoj dolazi do razgradnje organskih komponenti i ostaju metalne komponente baterije koje se tale u indukcijskoj peći na 1500 °C. Željezo i mangan ostaju u peći i tvore leguru željeza i mangana, a cink isparava i obnavlja se u cinkovom kondenzatoru. Ispušni plinovi koji su nastali pirolizom se pročišćavaju. Otpadne vode koje nastaju tokom pročišćavanja ispušnih plinova se filtriraju i čiste od cijanida, fluorida i teških metala. Čvrsti materijali se vraćaju na proces pirolize, a pročišćena otpadna voda ide u kanalizaciju. Odvojeni metali iz otpadne baterije mogu se ponovo koristiti u različite svrhe. Nedostatak pirometalurškog procesa u odnosu na hidrometalurški proces je veća potrošnja energije i emisija štetnih plinova. [38]

#### **4.2.8 Bio – metalurški proces recikliranja baterija**

U usporedbi s prethodno spomenutim pirometalurškim i hidrometalurškim procesima, bio proces ima veću učinkovitost, nižu cijenu i ekološki je prihvatljiviji. Međutim bio – metalurški proces recikliranja baterija je još u istraživanju. Ispitivana je mogućnost uporabe teških metala iz otpadnih nikal – kadmij baterija pomoću mikroorganizma acidithiobacillus ferrooxidans. Potvrđeno je da je acidithiobacillus ferrooxidans učinkovit mikroorganizam za uporabu teških metala.

Bez obzira na dobre rezultate istraživanja, bio – metalurški postupak mora biti učinkovitiji. Također mora se poraditi na poboljšanju metode recikliranja i smanjenju troškova kod uzgoja mikroorganizama. S obzirom na trenutnu situaciju bio – metalurški proces recikliranja otpadnih baterija ostaje izazov u budućnosti. [36]

## 5 ZAKLJUČAK

Baterije i akumulatori su nezamjenjivi izvori energije u svakodnevnom životu čovjeka i kao takvi se na kraju svog životnog vijeka moraju adekvatno zbrinuti. Većina otpadnih baterija i akumulatora smatra se opasnim otpadom zbog prisustva teških metala koji su opasni za okoliš. Kako bi spriječili negativan utjecaj otpadnih baterija i akumulatora na okoliš bitno je odvojeno sakupljanje i obrada/recikliranje.

Pravilnikom o baterijama i akumulatorima i otpadnim baterijama i akumulatorima su propisane smjernice koje doprinose udjelu smanjenja opasnog otpada u baterijama i njihovom pravilnom zbrinjavanju.

Cilj gospodarenja otpadnim baterijama i akumulatorima je postizanje visokog postotka sakupljanja otpadnih baterija i akumulatora te postizanje visoke učinkovitosti recikliranja zbog dobivanja vrijednih sirovina koje se ponovo mogu koristiti. Recikliranjem vraćamo komponente baterija i akumulatora u ponovnu upotrebu te time smanjujemo trošak.

U Hrvatskoj se nastoji unaprijediti sustav gospodarenja otpadnim baterijama i akumulatorima poticanjem razvoja i proizvodnje baterija i akumulatora sa manjem štetnim tvarima za okoliš, promicanjem istraživanja o novim metodama recikliranja otpadnih baterija i akumulatora koje su okolišno prihvatljivije i jeftinije. Glavni razlog nerekicliranja baterija i akumulatora u mnogim državama pa tako i u Hrvatskoj je veliki financijski izdatak za takav složeni proces. Također u Republici Hrvatskoj nastoji se informirati i zainteresirati javnost o načinu na koji oni mogu sudjelovati i pomoći u boljem i ekološki prihvatljivijem gospodarenju otpadnim baterijama i akumulatorima.

S obzirom na potencijal koji još uvijek nije u potpunosti iskorišten, budućnost recikliranja otpadnih baterija i akumulatora je dobra poslovna prilika.



## 6 POPIS LITERATURE

[1] European Commission. Batteries & Accumulators.

Dostupno na: <http://ec.europa.eu/environment/waste/batteries/>

Datum pristupa: 15.04.2018.

[2] Pravilnik o baterijama i akumulatorima i otpadnim baterijama i akumulatorima. Narodne novine. 2015. Broj 111. [14.10.2015.]

[3] <https://www.livescience.com/50657-how-batteries-work.html>

Datum pristupa: 08.04.2018.

[4] <https://www.upsbatterycenter.com/blog/chemicals-used-batteries/>

Datum pristupa: 08.04.2018.

[5] Duracell: Typical chemical composition

<https://www.duracell.com/en-ca/techlibrary/product-technical-data-sheets>

Datum pristupa: 16.04.2018.

[6] <http://pcchip.hr/ostalo/tech/baterije-vrste-tehnologija-izrada-i-nacin-rada/>

Datum pristupa: 08.04.2018.

[7] <https://www.batterysolutions.com/recycling-information/battery-types/>

Datum pristupa: 17.03.2018.

[8]: <https://www.thoughtco.com/what-is-battery-acid-603998>

Datum pristupa: 13.05.2018.

[9] Zakon o održivom gospodarenju otpadom. Narodne novine. 2013. Broj 94. [22.07.2013.] i 2017. Broj 73. [03.08.2017.]

[10] Čuljak I. Tehnologije zbrinjavanja otpadnih baterija i akumulatora i utjecaj na okoliš. Zbornik radova znanstveno – stručnog skupa „Tehnologije zbrinjavanja otpada i zaštite tla“. Zadar. 2009.

[11] <http://www.ecofriendlylink.com/blog/batteries-and-the-environment/>

Datum pristupa: 17.04.2018.

[12] [http://batteryuniversity.com/learn/article/health\\_concerns](http://batteryuniversity.com/learn/article/health_concerns)

Datum pristupa: 20.04.2018.

[13] <https://www.tceq.texas.gov/airquality/sip/criteria-pollutants/sip-lead>

Datum pristupa: 20.04.2018.

[14] Dillon C. The ecological impact of batteries. Doktorski rad. Pittsburgh: Carnegie Mellon University. 1994.

[15] <https://www.epa.gov/acidrain/what-acid-rain>

Datum pristupa: 21.04.2018.

[16] Direktiva Europskog parlamenta i vijeća o baterijama i akumulatorima i o otpadnim baterijama i akumulatorima. Službeni list Europske unije. 2006. Broj 66/EC. [06.09.2006.]

[17] Uredba o gospodarenju otpadnim baterijama i akumulatorima. Narodne novine. 2015. Broj 105. [02.10.2015.]

[18]

[http://www.fzoeu.hr/hr/gospodarenje\\_otpadom/posebne\\_kategorije\\_otpada/otpadne\\_baterije\\_i\\_akumulatori/](http://www.fzoeu.hr/hr/gospodarenje_otpadom/posebne_kategorije_otpada/otpadne_baterije_i_akumulatori/)

Datum pristupa: 25.03.2018.

[19] Plan gospodarenja otpadom Republike Hrvatske za razdoblje 2017. – 2022. godine. Narodne novine. 2017. [11.01.2017.]

[20] <http://www.bjelovar.hr/reciklazno-dvoriste/>

Datum pristupa: 26.03.2018.

[21] Hrvatska agencija za okoliš i prirodu. Pregled podataka za posebne kategorije otpada za razdoblje od 2008. do 2015. godine. Izvješće. Zagreb. 2016.

[22] [http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?dataset=env\\_waspb&lang=en](http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?dataset=env_waspb&lang=en)

Datum pristupa: 07.04.2018.

[23] [http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?dataset=env\\_wasbat&lang=en](http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?dataset=env_wasbat&lang=en)

Datum pristupa: 07.04.2018.

[24] <https://ciak-starter.hr/ciak-ecocycle/?lang=en>

Datum pristupa: 02.05.2018.

[25] <http://www.fris.hr/o-projektu/30-sto-biste-trebali-znati-o-baterijama.html>

Datum pristupa: 03.05.2018.

[26] Hrvatska agencija za okoliš i prirodu. Izvješće o otpadnim baterijama i akumulatorima za 2012. i 2013. godinu. Izvješće. Zagreb. 2014.

[27] Agencija za zaštitu okoliša. Preglednik registra onečišćavanja okoliša.

Dostupno na: <http://roo-preglednik.azo.hr/ViewData.aspx?qid=8>

Datum pristupa: 21.03.2018.

[28] <https://www.batterysolutions.com/recycling-information/recycling-benefits/>

Datum pristupa: 22.03.2018.

[29]

<https://www.batterysolutions.com/recycling-information/how-are-batteries-recycled/>

Datum pristupa: 22.03.2018.

[30] <http://www.gravitatechnomech.com/Battery-Recycling/flowchart.html>

Datum pristupa: 04.04.2018.

[31] <http://www.batrec.ch/en/Recycling-services#Batteries>

Datum pristupa: 22.03.2018.

[32] Rodrigues C.O.E.L., Mansur B.M. (2009). Hydrometallurgical separation of rare earth elements, cobalt and nickel from spent nickel–metal–hydride batteries. *Journal of power sources*. 195(210), pp 3735–3741.

[33] Sommer P., Rotter S.V., Ueberschaar M. (2015). Battery related cobalt and REE flows in WEEE treatment. *Waste Management*. pp. 1-8.

[34] Gaines L. (2014). The future of automotive lithium-ion battery recycling: Charting a sustainable course. *Sustainable Materials and Technologies*. 1-2, pp. 2-7.

[35] Yang Y., Huang G. Xu S., He Y., Liu X. (2016). Thermal treatment process for the recovery of valuable metals from spent lithium-ion batteries. *Hydrometallurgy*. 165 (2), pp. 390-396.

[36]

[https://www.wotech-technical-media.de/womag/ausgabe/2014/11/10\\_cuibus\\_recycling\\_11j2014/10\\_cuibus\\_recycling\\_11j2014.php](https://www.wotech-technical-media.de/womag/ausgabe/2014/11/10_cuibus_recycling_11j2014/10_cuibus_recycling_11j2014.php)

Datum pristupa: 14.05.2018.

[37] Green lion. Advanced manufacturing processes for low cost greener li-ion batteries - Hydrometallurgical recycling treatment.

Dostupno na: <http://www.greenlionproject.eu/documents>

Datum pristupa: 15.05.2018.

[38] Filetin T. Recikliranje materijala - Zbrinjavanje električkog i elektroničkog otpada (e-otpada). Prezentacija sa predavanja. Zagreb: Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje.

## POPIS SLIKA

- Slika 1 Izgled i dijelovi baterije [3]  
Slika 2 Alkalna baterija [7]  
Slika 3 Litij – ionska baterija [7]  
Slika 4 Automobilska baterija (akumulator) [7]  
Slika 5 Shema preuzimanja baterija i akumulatora od proizvođača do sakupljača  
Slika 6 Spremnik za sakupljanje otpadnih baterija [20]  
Slika 7 Simbol za odvojeno sakupljanje baterija i akumulatora [16]  
Slika 8 Propisana naljepnica – „Preuzimamo otpadne baterije“ [18]  
Slika 9 Izvješće ugovornog sakupljača otpadnih baterija i akumulatora - obrazac OBA2 [18]  
Slika 10 Odnos sakupljenih količina baterija ili akumulatora i količina stavljenih na tržište u Republici Hrvatskoj [21]  
Slika 11 Količina baterija/akumulatora poslanih na obradu u 2016. godini u Europskoj uniji [23]  
Slika 12 Proces rada s baterijama u tvrtki C.I.A.K. [24]  
Slika 13 Shematski prikaz procesa recikliranja olovno – kiselih baterija i akumulatora [30]  
Slika 14 Proces recikliranja otpadnih baterija u Švicarskoj kompaniji „Batrec“ [31]

## POPIS TABLICA

Tablica 1 Kemijski sastav alkalne baterije [5]

Tablica 2 Odnos količina baterija/akumulatora stavljenih na tržište i količine sakupljenih baterija/akumulatora u Europskoj uniji u 2016. godini [22]

Tablica 3 Količina oporabljenih otpadnih baterija i akumulatora u 2013. godini [26]

Tablica 4 Postupci uporabe (R) i zbrinjavanja (D) [27]



## **POPIS I OBJAŠNENJE KRATICA KORIŠTENIH U RADU**

EU – Europska unija

PDV – Porez na dodanu vrijednost