

**SVEST I PERCEPCIJA STANOVNIKA VOJVODINE O UTICAJU ISKORIŠĆENIH
BATERIJA IZ DOMAĆINSTVA NA ŽIVOTNU SREDINU****THE AWARENESS AND PERCEPTION OF VOJVODINA'S RESIDENTS ON THE
ENVIRONMENTAL IMPACT OF USED HOUSEHOLD BATTERIES**

Jovana Čugali, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

**Oblast – INŽENJERSTVO ZAŠTITE ŽIVOTNE
SREDINE**

Kratak sadržaj – Predmet istraživanja ovog rada je upravljanje otpadnim baterijama iz domaćinstava i njihov značaj u kontekstu zaštite životne sredine i zdravlja ljudi. Rad obuhvata analizu karakteristika baterija, njihovih ekoloških i zdravstvenih uticaja, trenutne prakse sakupljanja otpada u Srbiji, kao i svest i percepciju stanovnika Vojvodine o ovoj temi. Cilj istraživanja je da se pruži detaljan uvid u ove aspekte i da se predlože rešenja za smanjenje negativnog uticaja otpadnih baterija na životnu sredinu.

Ključne reči: Baterije, Uticaj na životnu sredinu, Svest, Percepcija, Otpad

Abstract – The subject of this thesis is the management of household waste batteries and its importance in the context of environmental protection and public health. The study includes an analysis of battery characteristics, their environmental and health impacts, current waste collection practices in Serbia, as well as the awareness and perception of Vojvodina residents regarding this issue. The goal of the research is to provide a detailed insight into these aspects and propose solutions to reduce the negative impact of waste batteries on the environment.

Keywords: Batteries, Environmental Impact, Awareness, Perception, Waste

1. UVOD

Problematika upravljanja otpadnim baterijama iz domaćinstva postaje sve važnija u kontekstu zaštite životne sredine i javnog zdravlja. Baterije sadrže brojne opasne materije, uključujući kadmijum, olovo i živu, koje mogu imati dugotrajne štetne efekte na ekosisteme i zdravlje ljudi ukoliko se ne odlažu pravilno.

Ovaj rad se bavi detaljnom analizom karakteristika baterija, njihovim uticajem na životnu sredinu, kao i praksama sakupljanja i tretmana ovog otpada u Srbiji, sa posebnim osvrtom na percepciju i svest stanovnika Vojvodine o ovoj problematici.

2. OSNOVNI PRINCIP RADA BATERIJA

Baterija se sastoji od tri ključna elementa: dve elektrode (pozitivne i negativne) i elektrolita. Pozitivna elektroda,

poznata kao katoda, sastoji se od raznih elemenata poput kobalta, nikla, aluminijuma, mangana i litijuma.

Negativna elektroda, nazvana anoda, napravljena je od grafita zbog njegovih specifičnih svojstava: hemijske neutralnosti, toplotne otpornosti, te toplotne i električne provodljivosti. Elektrolit je sastavljen od mnogo litijum jona, čija pravilna cirkulacija omogućava rad baterije. Dok anode i elektroliti imaju sličan sastav, katode mogu imati različite hemijske kompozicije [1].

Kada je baterija u upotrebi, elektroni se kreću sa anode na katodu kroz spoljašnji krug (kao što je žica), dok se pozitivno naelektrisani joni kreću kroz elektrolit unutar ćelije. Hemijske reakcije koje se dešavaju na anodi i katodi određuju količinu napona i struje koju baterija može da proizvede. Različite kombinacije materijala za elektrode i elektrolite daju različite rezultate, kao što su brzina pražnjenja, kapacitet i stabilnost napona [2].

2.1 Karakteristike tipova baterija

Po svom hemijskom sastavu baterije se mogu podeliti na [3]:

- **Cink-ugljenične baterije:** Smatraju se najlošijim baterijama za jednokratnu upotrebu zbog njihove niske cene, kratkog trajanja i česte potrebe za zamenom.
- **Srebro-oksidge baterije (Zn/Ag_2O):** Pretežno se koriste u satovima.
- **Alkalne baterije:** Imaju do tri puta duži vek trajanja u poređenju sa cink-ugljeničnim baterijama.
- **Nikal-kadmijumske baterije ($Ni-Cd$):** Najpopularniji tip punjivih baterija, čiji je glavni nedostatak memorijski efekat, zbog čega se moraju potpuno isprazniti pre ponovnog punjenja da bi postigle pun kapacitet.
- **Nikal-metal-hidridne baterije ($Ni-MH$):** Često se koriste u mobilnim telefonima, odlikuju se većim kapacitetom i nemaju memorijski efekat kao nikal-kadmijumske baterije.
- **Litijumske baterije:** Vrlo su lagane, proizvode veći napon od ostalih tipova baterija i imaju veći kapacitet od alkalnih. Iako su skuplje i obično nisu punjive, dele se na litijum-polimerske i litijum-jonske baterije, koje se razlikuju po svojim karakteristikama.

2.2 Poređenje tipova baterija

U poređenju sa drugim vrstama baterija, kao što su NiMH, litijum-jonske baterije (LIB) imaju [4]:

- niži ekološki rizik,
- duži vek trajanja,

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Bojan Batinić, vanr. prof.

- kompaktiji dizajn,
- manju sklonost samopražnjenju,
- veću otpornost na visoke temperature,
- viši izlazni napon.

Kada je reč o punjivim baterijama, Ni-Cd baterije imaju prilično nisku gustinu energije (45–80 Wh/kg) u poređenju sa Ni-MH (60–120 Wh/kg) i Li-ion (110–160 Wh/kg) baterijama. Pored toga, Ni-Cd baterije pružaju dug radni vek. Broj ciklusa punjenja/praznjenja dok se njihov kapacitet ne smanji za 80% je [5]:

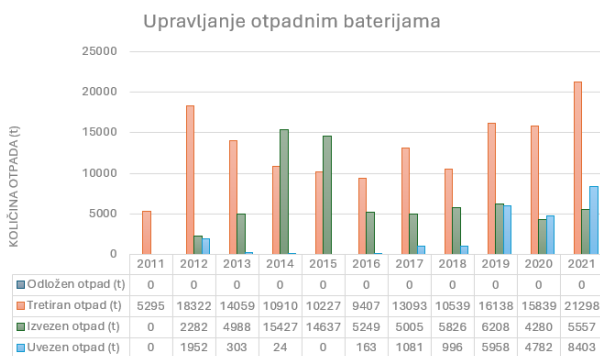
- 1500 za Ni-Cd baterije,
- 300–500 za Ni-MH baterije,
- 500–1000 za Li-ion baterije.

3. GENERISANJE OTPADNIH BATERIJA U SRBIJI

Otpadne baterije u domaćinstvima nastaju kao rezultat svakodnevne upotrebe različitih elektronskih uređaja i uređaja koji koriste baterije. Kada se kapacitet baterija smanji i prestanu da funkcionišu efikasno, postaju otpadne.

Na osnovu podataka Agencije za zaštitu životne sredine, količina **ponovnog iskorišćenja** baterija i akumulatora na teritoriji Republike Srbije je **21.298t u toku 2021. godine**. Dok je iste godine ukupno stvoreno otpada ove vrste, u količini od **3522,47t** za posebno sakupljene elektrolite iz baterija i akumulatora i **2533,98t** olovnih baterija.

Kada je reč o tretiranom otpadu ove vrste, izvezenom i uvezenom, podaci su prikazani na grafikonu 1 i odnose na period od 2011.-2021. godine [6].



Grafikon 1. Upravljanje otpadnim baterijama [6].

Na osnovu prikazanih podataka na grafikonu 1, može se zaključiti da je u proteklih nekoliko godina primetan porast tretiranih baterija, dok je znatno manja količina uvezenih i izvezenih baterija tokom prethodnih godina. Najveća količina izvezenih baterija, primetna je tokom 2014. i 2015. godine a najveća količina tretiranih baterija je tokom 2021. godine.

3.1 Trenutno stanje sakupljanja i tretmana otpadnih baterija u Srbiji

Lokalne samouprave u Srbiji trenutno nemaju dovoljno resursa za sprovođenje zakonskih regulativa u oblasti upravljanja opasnim otpadom. Kao rezultat toga, baterije i drugi opasni otpad često završe na deponijama zajedno sa

komunalnim otpadom iz domaćinstava. Sistem za odvojeno sakupljanje istrošenih baterija i akumulatora još nije uspostavljen, niti postoje određene lokacije za njihovo prikupljanje, osim nekoliko izuzetaka. U Srbiji postoje samo dva reciklažna dvorišta namenjena prikupljanju otpada iz domaćinstava, uključujući elektronski otpad, a nalaze se u Čačku i Bajinoj Bašti pod upravom javnih komunalnih preduzeća [4].

U Evropskoj uniji, upravljanje baterijama i akumulatorima uređeno je Direktivom 2006/66/EC. Ova direktiva postavlja osnovne standarde i ciljeve za pravilno upravljanje i reciklažu baterija i akumulatora, uključujući zabranu stavljanja na tržište onih koji sadrže živu i kadmijum. U Srbiji, transpozicija ove direktive ostvarena je kroz Pravilnik o načinu i postupku upravljanja istrošenim baterijama i akumulatorima i Zakon o upravljanju otpadom. Od ukupno 135 obaveza iz Direktive, Srbija je u potpunosti prenela 83, delimično 13, dok 39 odredbi još nije transponovano. Pored toga, Direktiva postavlja visoke standarde za sakupljanje i reciklažu otpadnih baterija kako bi se smanjio njihov štetan uticaj na životnu sredinu [4].

4. UTICAJ NA ŽIVOTNU SREDINU I ZDRAVLJE LJUDI

Iako većina baterija sadrži toksične teške metale kao što su živa, kadmijum, olovo, nikl, cink ili bakar, koji su opasni po ljudsko zdravlje i životnu sredinu. Bazelska konvencija smatra da su opasne samo baterije koje sadrže kadmijum, olovo i živu. Dok su baterije koje ne sadrže kadmijum, olovo ili živu, kao što su alkalni mangan i cink ugljenik, klasifikovane kao neopasne [7].

Kroz procedne vode, metali sadržani u baterijama se polako oslobađaju u životnu sredinu tokom hiljada godina. U kratkoročnoj perspektivi (npr. manje od 100 godina) u slučaju deponovanja, baterija se uglavnom ponaša kao inertni otpad, što znači da metali sadržani u ćelijama ostaju „zaključani“ unutar njihovog kućišta. Međutim, iz dugoročne perspektive, deo metala sadržanih u bateriji će na kraju završiti u životnoj sredini [8].

5. TRETMAN OTPADNIH BATERIJA

Reciklaža se deli po načinu vraćanja materijala u proces ponovnog korišćenja na [9] :

- **Primarna-** reciklaža kojom se posle odgovarajuće pripreme materijala isti koristi za dobijanje novih proizvoda ili se doradom korišćenih proizvoda omogućava njihova ponovna upotreba,
- **Sekundarna-** reciklaža u kojoj se konvencionalno nereciklabilni materijali prerađuju korišćenjem novih tehnologija do maksimalno mogućeg iskorišćenja

Postupci reciklaže baterija mogu biti fizički i hemijski [4]:

- **Fizički proces** uključuje proces mehaničkog razdvajanja, termički tretman, mehaničko-hemijski proces i proces rastvaranja.

- **Hemijski proces** uključuje luženje kiselinom ili bazom, bioluženje, ekstrakciju rastvorom, hemijsko taloženje i elektrohemijski proces.

6. SVEST I PERCEPCIJA STANOVNIKA VOJVODINE O UTICAJU ISKORIŠĆENIH BATERIJA IZ DOMAĆINSTVA NA ŽIVOTNU SREDINU

Istraživanje pod nazivom “Svest i percepcija stanovnika Vojvodine o uticaju iskorišćenih baterija iz domaćinstva na životnu sredinu” realizovano je putem online ankete tokom jula 2024. Godine, koje je distribuirano ispitanicima putem društvenih mreža. Anketa je obuhvatila 21 pitanje, raspoređeno u dve kategorije. Prva kategorija obuhvata osnovna demografska pitanja, koja omogućavaju detaljniji prikaz profila ispitanika (pol, region Vojvodine u kojem žive, starosna dob, radni status, stepen obrazovanja, i broj članova domaćinstva). Druga kategorija se fokusira na svest ispitanika o štetnosti otpadnih baterija. U anketnom istraživanju učestvovalo je 110 ispitanika iz sva tri regiona Vojvodine, u nastavku će biti prikazani odgovori ispitanika.

Od ukupnog broja ispitanika, 80 ispitanika je ženskog pola, odnosno 72,7%, dok je ispitanika muškog pola 30, odnosno 27,3%. Kada je reč o regionu u Vojvodini u kom ispitanici žive, čak 76,4% ispitanika živi u Banatu, 18,2% ispitanika živi u Bačkoj, a 5,5% ispitanika živi u Sremu. Najzastupljenija starosna grupa među ispitanicima je od 41 do 50 godina, koja čini 30% ukupnog broja. Slede ih ispitanici starosti od 21 do 30 godina sa 29,1%. Ispitanici starosne grupe od 31 do 40 godina čine 21,8%, dok su ispitanici od 51 do 60 godina zastupljeni sa 11,8%. Manje su zastupljeni ispitanici mlađi od 20 godina, koji čine 4,5%, dok ispitanici starosti od 61 do 70 godina čine 1,8%. Najmanje je ispitanika starijih od 70 godina, koji čine svega 0,9% uzorka

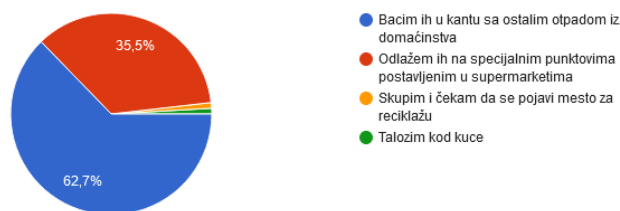
Baterije različitih dimenzija i vrsta, koriste se u domaćinstvima za napajanje različitih uređaja. Kod 36,4% ispitanika, preko 7 uređaja radi pomoću baterija, a kod 33,6% ispitanika 5 do 6 uređaja. Nešto manje ispitanika, 26,4% baterije koristi za funkcionisanje 3 do 4 uređaja, a 3,6% ispitanika za 1 do 2 uređaja.

Na pitanje: „Da li smatrate da su baterije nakon upotrebe štetne za životnu sredinu ako se ne odlažu na pravilan način?“, čak 81,8% ispitanika smatra da su baterije štetne za životnu sredinu nakon upotrebe i u potpunosti se slaže sa ovim stavom.

Osam i po procenata ispitanika takođe se slaže ali u manjoj meri, dok 6,4% ispitanika nema čvrsto mišljenje o ovom pitanju. Neslaganje je izrazilo 2,7% ispitanika, dok je potpuno neslaganje iskazalo 0,9% ispitanika

Kada je reč o postupanju sa baterijama nakon njihovog životnog veka, rezultati anketnog istraživanja pokazuju da čak 62,7% ispitanika stare baterije baca u kantu, zajedno sa ostalim otpadom iz domaćinstva. Znatno manji broj ispitanika, 35,5% baterije odlaže na specijalnim punktovima postavljenim u supermarketima. Budući da je ovo pitanje otvorenog tipa, te su ispitanici mogli dodati

druge odgovore, 0,9% ispitanika, odnosno jedan ispitanik je kao odgovor naveo da baterije sakuplja kod kuće i čeka da se pojavi mesto za reciklažu, dok je drugi ispitanik (0,9%) takođe rekao da baterije sakuplja kod kuće (grafikon 2).

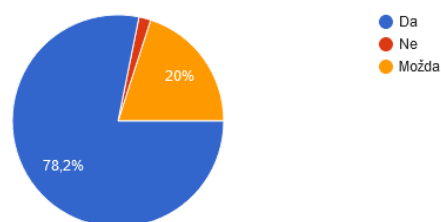


Grafikon 2. Postupanje sa istrošenim baterijama

Određeni supermarket su postavili punktove za odlaganje baterija, narednim pitanjem biće provereno da li ispitanici znaju za navedene punktove. Istraživanje je pokazalo da čak 50,9% ispitanika ne zna da u Lidl ili Maxi marketima postoje mesta za odlaganje baterija, dok je 41,8% ispitanika upoznat sa time. Za ove punktove se do sada nije interesovalo 7,3% ispitanika.

Najveći broj ispitanika, 25,5% smatra da nije informisano o uticaju otpadnih baterija na životnu sredinu, dok 22,7% ispitanika smatra da nije uopšte informisano. Za navedenu temu, 20% ispitanika se nije interesovalo, dok je sa uticajem otpadnih baterija po životnu sredinu upoznato 15,5% ispitanika, odnosno u potpunosti upoznato 16,4%.

Promena životnih navika igra važnu ulogu kada je reč o otpadnim baterijama, stoga se 78,2% ispitanika izjasnilo da bi bili voljni da ulože više novca za kupovinu punjivih baterija i punjača, kako bi redukovali količinu otpadnih jednokratnih baterija, na ovaj korak bi se možda odlučilo 20% ispitanika, dok 1,8% ispitanika ne bi izdvojili više novca za kupovinu punjivih baterija i punjača (Grafikon 3).



Grafikon 3. Promena životnih navika ispitanika i izdvajanje više novca za punjive baterije i punjače

7. ZAKLJUČAK

Otpadne baterije predstavljaju ozbiljan ekološki i zdravstveni izazov zbog svojih opasnih karakteristika. Specifični tokovi otpada, uključujući baterije, zahtevaju posebno upravljanje zbog njihove toksičnosti i dugoročnih posledica na životnu sredinu i ljudsko zdravlje. Baterije sadrže teške metale kao što su kadmijum, olovo i živa, koji mogu kontaminirati tlo, vodu i vazduh, uzrokujući zdravstvene probleme poput oštećenja kostiju, bubrežnih oboljenja i respiratornih smetnji.

Smanjenje uticaja baterija na životnu sredinu može se postići kroz nekoliko ključnih strategija: prelazak sa jed-

nokratnih na punjive baterije, pravilno skladištenje i upotreba baterija, kao i unapređenje tehnologija i infrastrukture za reciklažu. Edukacija javnosti o važnosti pravilnog odlaganja baterija, razvoj tehnologija za poboljšanje reciklaže, izgradnja odgovarajuće infrastrukture i implementacija zakona i ekonomskih mera su od suštinskog značaja za smanjenje negativnog uticaja na životnu sredinu.

Na osnovu rezultata istraživanja, može se izvesti nekoliko ključnih zaključaka o stavovima i ponašanju stanovnika Vojvodine u vezi sa upotrebom i odlaganjem otpadnih baterija. Istraživanje pokazuje da velika većina ispitanika (81,8%) prepoznaje štetnost otpadnih baterija za životnu sredinu, uz visoku svest o toksičnosti kadmijuma, olova i žive (93,6%). Međutim, postoji nesklad između ove svesti i stvarnog ponašanja, budući da 62,7% ispitanika odlaže istrošene baterije zajedno sa drugim otpadom. Ovaj nesklad ukazuje na potrebu za dodatnom edukacijom i jačanjem infrastrukture za selektivno odvajanje baterija. Takođe, polovina ispitanika (50,9%) nije upoznata sa mestima za odlaganje baterija, što dodatno naglašava potrebu za poboljšanjem dostupnosti informacija. Pozitivan znak je što je 78,2% ispitanika spremno da uloži dodatna sredstva u punjive baterije radi smanjenja količine otpadnih baterija, a većina (87,3%) bi poštovala zakon o pravilnom odlaganju baterija, ukoliko bi on postojao. Ovo sugerise da postoji velika potreba za jačanjem zakonskog okvira i obavezama koje bi regulisale pravilno odlaganje otpadnih baterija.

8.LITERATURA

- [1] Danino-Perraud, Raphaël . 2020. *The Recycling of Lithium-Ion Batteries: A Strategic Pillar for the European Battery Alliance*. Ifri.
- [2] Bhatt, Anand, Maria Forsyth, Ray Withers, i Guoxiu Wang. 2016. *Technology & the future: How a battery works*. 25 February. <https://www.science.org.au/curious/technology-future/batteries>.
- [3] McComb, Gordon, i Earl Boysen. 2007. *Elektronika za neupućene*. Mikro knjiga.
- [4] Pokimica, Nebojša, Slobodan Morača, i Katarina Nedeljković Bunardžić. 2021. *Analiza sakupljanja i upravljanja baterijama i sijalicama u Republici Srbiji*. NALED.
- [5] Hrustalev, D.A. 2003. *Аккумуляторы*. Изумруд.н.д. <https://www.skileurope.com/rs/upotreba-alatke/glavne-razlike-između-tehnologija-baterija.html>.
- [6] Đorđević, Ljiljana, Nebojša Redžić, Nada Radovanović, Goran Jovanović, i Elizabeta Embeli. 2022. *Upravljanje otpadom u Republici Srbiji u periodu 2021-2021. godine*. Republika Srbija, Ministarstvo zaštite životne sredine, Agencija za zaštitu životne sredine.
- [7] Kuchhal, Piyush, i Umesh Chandra Sharma. 2017. „BATTERY WASTE MANAGEMENT.“ *U ENVIRONMENTAL SCIENCE AND ENGINEERING VOLUME 5*, autor Bhola Gurjar, Umesh Chandra Sharma i Neetu Singh, 141-155.
- [8] Mudgal, Shailendra, Yannick Le Guern, Benoît Tinetti, Augustin Chanoine, Sandeep Pahal, i François Witte. 2011. *Comparative Life-Cycle Assessment of nickel-cadmium (NiCd) batteries used in Cordless Power Tools (CPTs) vs. their alternatives nickel-metal hydride*

(NiMH) and lithium-ion (Li-ion) batteries. European Commission – DG ENV.

- [9] Stojanov, Aleksandar, i Dragan Ugrinov. 2010. „Problematika prikupljanja i reciklaže istrošenih olovnihi akumulatora.“ *Zaštita materijala* 51 (4): 245-249.

Kratka biografija:



Jovana Čugalj, rođena 03.09.1997. godine u Vukovaru, Hrvatska. Osnovne studije započela je 2016. godine na Tehničkom fakultetu „Mihajlo Pupin“ u Zrenjaninu, na studijskom programu Inženjerstvo zaštite životne sredine. Nakon završetka osnovnih studija, iste godine upisuje master akademske studije na istom fakultetu, na studijskom programu Mašinsko inženjerstvo. Po završetku master studija, nastavlja obrazovanje na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu, upisavši master studije iz oblasti Inženjerstva zaštite životne sredine. Od oktobra 2023. godine angažovana je na Tehničkom fakultetu „Mihajlo Pupin“ kao saradnik u nastavi za užu naučnu oblast Inženjerstvo zaštite životne sredine.



Bojan Batinić (1981) je vanredni profesor na Departmanu za inženjerstvo zaštite životne sredine u Novom Sadu. Dosađnji naučno-istraživački rad orijentisan je na analizu fizičko-hemijskih karakteristika komunalnog otpada, modelovanje i projekciju budućih karakteristika otpada, analizu sistema sakupljanja i transporta otpada, mogućnosti iskorišćenja posebnih tokova otpada i sl. Stečena stručna znanja implementirao je kroz učestvovanje na preko 40 projekata saradnje sa privredom iz oblasti zaštite životne sredine i upravljanja otpadom. Rezultate svog naučno-istraživačkog rada publikovao je kroz 17 radova u međunarodnim časopisima sa SCI liste, kao i preko 60 saopštenja na skupovima međunarodnog i nacionalnog značaja.