

MATERIJALI ZA ELEKTRONIKU SA STANOVIŠTA ODRŽIVOG PROJEKTOVANJA ELEKTRONSKIH PROIZVODA

Jelena B. Milojković, Stojan M. Stojilković
Elektronski fakultet, Niš

Sadržaj - Održivo projektovanje omogućava da se promene nekadašnja razmišljanja o upotrebi recikliranih materijala i da se formira koncept na osnovu kojeg se redukuje broj različitih materijala za projektovani proizvod. A transformacija materijala u proizvod (novi oblik), može da ima za posledicu i pojavu supstanci koje nanose štetu (ljudskom, životinjskom ili biljnom svetu). Neki od tih materijala mogu da se prenesu i na mesto gde izazivaju i štetna dejstva (olovo, na primer). U ovom radu je prikazan svojevrsni osvrt na izbor materijala za proces projektovanja elektronskog proizvoda.

1. UVOD

Sadašnja industrijska proizvodnja, zasnovana na važećim principima projektovanja, dovodi do eksponencijalnog porasta količine otpadnih materijala, ali i delova (ostataka) isluženih proizvoda široke potrošnje. Otuda su postojeće tehnologije i preovladavajuće metode projektovanja izložene temeljitom preispitivanju zbog uznemiravajućih saznanja o poražavajućim posledicama, koje mogu da izazovu njihove primene na opstanak živog sveta, pa i samog čoveka.

Ogromne količine industrijskog otpada, kao recidiva potrošačkih društava razvijenih zemalja, počele su da ugrožavaju kapacitete deponija nadomak velikih industrijskih centara, i prinudile su zakonodavstvo da reaguje donošenjem niza propisa kojim bi se to sprečilo. Od industrijskih proizvođača se sve više traži da preuzmu kompletnu odgovornost za ekološku podobnost svojih proizvoda, od ekstrakcije sirovine do konačnog odlaganja ili nekog drugog načina skladištenja (zbrinjavanja) isluženog proizvoda. Tako se, sada, umesto starog modela definitivnog oslobađanja svog proizvoda na tržištu, koji je išao na ruku proizvođaču, pod pritiskom javnosti i zakonske regulative zahteva novi model. A po novom modelu proizvođač, u toku proizvodnog procesa, stvara sredstvo za pružanje usluge, privremeno prepušta to sredstvo kupcu na korišćenje, a zatim, na kraju životnog veka proizvoda, opet ga uzima nazad (npr. preuzimanje starih automobila, aparata za domaćinstvo, računarske opreme, itd.).

2. UTICAJ TEHNOLOGIJA NA OKRUŽENJE

Ako se razmatra uticaj tehnologije na okruženje, razvoj čistih, ekološki prilagođenih, tehnologija ima posebnu ulogu pri prelasku na održive strategije razvoja. Jer se transferom prljavih tehnologija i nastavkom njihove proizvodnje u nerazvijenim zemljama, kako to čine industrijski razvijene zemlje, na globalnom planu ne postiže pozitivna promena.

Novi tehnno-ekonomski koncept društva uključuje, kao važan element svog ostvarenja, i razvoj tehnologija koje u potpunosti zadovoljavaju zahtevane standarde zaštite životne sredine. A informacione i telekomunikacione tehnologije nude znatno savršenije i efikasnije metode i sredstva za kontrolu stanja planete od već postojećih. Na taj način se omogućava i stvaranje kvalitetnih modela zaštite i unapređenja životne sredine, kao i široke baze podataka za pravovremeno i adekvatno delovanje na uočene promene.

2.1. Tipovi čistih proizvodnih tehnologija

Ostvarena, dosadašnja, istraživanja ove problematike su identifikovala četiri tipa čistih proizvodnih tehnologija [1]:

a) **Business - driven technologies** - visoko sofisticirane

tehnologije. One su namenjene prvenstveno podizanju proizvodnog kvaliteta i efikasnoj konkurentnosti, ali i smanjenju proizvodnih troškova. Takve tehnologije poboljšavaju performanse proizvodnje kao sekundaran ili neplanirani efekat.

- b) **Clean technologies** - visoko sofisticirane tehnologije; namenjene, prvenstveno, za povećavanje ekoloških performansi tehnoloških procesa proizvodnje, proizvoda ili usluga.
- c) **Appropriate technologies** - jednostavnije tehnologije radi poboljšavanja performansi vezanih za životnu sredinu. One su namenjene, prvenstveno, za ekonomski razvoj ili ostale, primarno, neekološke namene.
- d) **Low fruit technologies** - jednostavnije tehnologije koje se, pri tom, koriste kao dodatne ili modifikuju postojeće proizvodne tehnologije radi poboljšanja ekoloških karakteristika.

Čista proizvodnja, u toku proizvodnog procesa, uključuje konzervaciju potrošnje prirodnih sirovina i energije, eliminaciju toksičnih materijala, smanjenje količine i toksičnosti za sva zagađenja i otpad. A za gotove proizvode ovaj koncept se odnosi na smanjenu ugradnju prirodnih sirovina u proizvod i povećanje njegovog životnog veka.

3. ŽIVOTNI VEK PROIZVODA

Životni vek proizvoda se razmatra po nivoima. Uopštena šema životnog ciklusa prikazana je na Sl.1, gde su objašnjeni pojedini nivoi [2]:

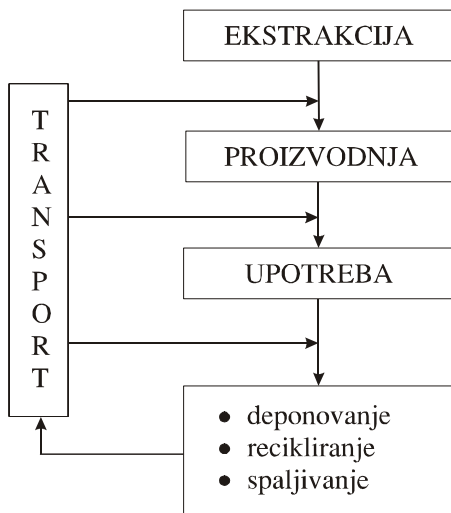
- *sirovine*
(uključuje ispitivanje i korišćenje novih materijala)
- *proizvodnja proizvoda*
(uključuje transport materijala u delovima, kombinovanje delova u subproizvode, a ove u proizvode i pakovanje istih za distribuciju)
- *nabavljanje i korišćenje proizvoda*
(uključuje informacije o proizvodu, reklamiranje, ...)
- *instaliranje i prva upotreba proizvoda, regularna upotreba, popravka proizvoda, postupak na kraju života proizvoda i transportovanje.*

3.1. 3 R - principi projektovanja proizvoda

Osim za poštovanje zakonskih zahteva, projektant proizvoda je odgovoran i za razumevanje uticaja njegovog proizvoda na okolinu. Ostvarivanje prethodnih zahteva omogućava *koncept održivog razvoja*, koji se tiče prirodne sredine. A pri tom projektanti, koji žele da razviju odgovorni odnos prilikom projektovanja proizvoda po tom konceptu, moraju slediti **tri R - reduce, reuse, recycle** (smanjiti, ponovo upotrebiti, reciklirati) [3].

Hijerarhija je namerno postavljena. Prvo, projektant proizvoda treba da se potruži da odredi najmanju, neophodnu, količinu materijala za postizanje funkcije proizvoda, troškove, kvalitet i trajnost. Osim toga, energija potrebna za stvaranje materijala, za proizvodnju, distribuciju i funkcionisanje proizvoda, takođe, čini deo cilja *smanjenja*. Ono se naziva *analiza životnog ciklusa* tj. LCA (Life Cycle Analysis). Ovaj koncept obezbeđuje metodologiju koja se koristi i za procenu cene, izbora materijala, proizvodnje, distribucije, eksploatacije, prerade i odlaganja proizvoda. Očigledno, procenjuje se celokupni životni ciklus. Potpuna analiza, takođe, uzima u obzir i energiju potrebnu za

recikliranje proizvoda na kraju njegovog veka trajanja. U brojnim slučajevima, projektant ima manje kontrole nad ranijim elementima životnog ciklusa svog proizvoda, a ima direktniju kontrolu nad energetsom potražnjom proizvoda u toku upotrebe i odbacivanja.



Sl.1. Faze životnog ciklusa proizvoda - LCA

Cilj *ponovne upotrebe* se postiže kada se proizvod projektuje na takav način da može biti upotrebljen više puta. Odličan primer ponovne upotrebe su baterije koje se mogu puniti, Tabela 1. [3], gde se može videti koliko se karakteristike baterija, koje se mogu ponovo puniti, razlikuju od karakteristika primarnih baterija (one se ne mogu puniti).

Recikliranje, treći princip održivog razvoja, uključuje popravljavanje ili uzimanje materijala iz proizvoda, koji je na kraju veka trajanja, da bi se upotrebio kao sirovi materijal. Ako se to primeni na već pomenuti primer baterija, poželjno je da se reciklira sadržaj svih primarnih baterija, a ne da se one bace u okolinu (pilot programi za ekonomično vađenje mangana, cinka i kobalta su, zapravo, sada u procesu testiranja). Ali, i baterije na punjenje ulaze, takođe, u nekom trenutku u svoj poslednji ciklus punjenja, a samim tim i u poslednju fazu veka trajanja. Baterije na bazi olova i kiseline se već aktivno recikliraju (sa varirajućim stepenima kvaliteta u odnosu na prirodnu sredinu) u skoro svim delovima sveta. Čak se, u najboljim procesima, sve komponente baterija na bazi olova i kiseline vrlo uspešno recikliraju, uključujući elektrolite sumporne kiseline i plastično kućište. Nikl i kadmijum se aktivno recikliraju u Evropi, Japanu i Sjedinjenim Državama.

4. METODI EKO - PROJEKTOVANJA

Eko-projektovanje, ili projektovanje za prirodnu okolinu (PPO), je sistemski pristup projektovanju koji obuhvata brigu o zdravlju, prirodnoj okolini i sigurnosti tokom celog životnog ciklusa proizvoda [4].

Postoji više alata i metoda eko-projektovanja. Neki od njih su krajnje jednostavni i bave se samo kvalitativnim pokazateljima. A drugi su složeni i obavljaju kvantitativna izračunavanja. Izbor najboljeg alata za datu primenu zavisi od individualnih situacija u kojima može da se nađe projektant. Osnovna podela ovih alata je na: *alate za analizu* i *alate za poboljšanja*. U ovom slučaju zadržaćemo se na ovim drugima. Za opis tih alata korišćena su iskustva izložena u [5].

Često su metodi eko-projektovanja zasnovani na upotrebi računara. Jednostavna upotreba računara bila bi, na primer, Web-stranica, a kompleksna je upotreba programa za LCA koji se koristi u okviru eko-projektovanja. Alati i metodi se često razvijaju za potrebe firme, ali su još češće

komercijalno raspoloživi za širu upotrebu, a mogu biti prilagođeni i kompaniji koja ih kupuje.

4.1. Integrisani softver kao sredstvo za poboljšanje

Opisaćemo nekoliko razvijenih softvera koje koriste obučeni projektantski timovi. U velikim organizacijama postoje i specijalisti za prirodnu okolinu koji se priključuju projektantskim timovima, daju savete o izboru softverskih alata i pomažu pri njihovoj upotrebi.

euroMat je metod i softver (uključujući i bazu podataka) koji podržava inženjering ili industrijsko projektovanje u fazi izbora materijala pri razvoju proizvoda. Ima za cilj da pronade nove materijale za dati proizvod čime se želi postići veća konkurentnost na tržištu. Ovaj metod pored uobičajenih zahteva (cena, tehničke specifikacije i sl.) proširen je, pa obuhvata i kriterijume vezane za održivost. On je razvijen na Tehničkom univerzitetu u Berlinu i primenjan je više puta u automobilske industriji.

euroMat još uvek nije primenjen u kompanijama koje proizvode elektronske proizvode, ili komponente, što ne znači da to nije moguće.

GDA metod (*Green Design Adviser*) je softverski alat za održivo projektovanje koji koristi MOTOROLA. U toj kompaniji koristi ga više projekatana među kojima i eksperti za održivo projektovanje. Ovaj softver nudi uputstva za poboljšanje i projektantske ideje koje imaju najveći potencijal sa stanovišta poboljšanja. U isto vreme ukazuje i na slabe strane projekta. Ocena kvaliteta pojedinih varijanti, pri projektovanju, zasnovana je na sledećim kriterijumima: broj materijala, masa, sadržaj recikliranih materijala, sposobnost da proizvod bude recikliran, otrovnost, potrošnja energije, vreme potrebno za rastavljanje, cena odlaganja.

Softver EIME razvijen je od strane više proizvođača elektronike. Glavna odlika ovog softvera je njegova arhitektura. Ona je tako prilagođena da saraduje sa postupkom projektovanja i alatima za projektovanje. Proizvod se definiše pomoću: materijala i aditiva za komponente, komponentata, međusobno povezanih u podsklopove i proizvoda kao unije podsklopova.

EIME primenjuje više kriterijuma i zasnovan je na *LCA*.

5. STATUS PROJEKTA

Osnovnu pažnju, u ovom trenutku, treba usredsrediti na tehničke aspekte određenog skupa veza u lancu industrijske i ekonomske aktivnosti, uz istovremeno prepoznavanje vrednosti drugih društvenih i bihevioralnih pristupa za poboljšanje ljudske sredine. Ovo je još značajnije ako verujemo da je *istraživanje* ključna investicija za ispunjenje zadataka minimiziranja otpada (i na taj način izlaganju štetnih delovanja), različitih oblika zagađenja i neefikasnosti u okolini. Otuda, projektanti osim o postojećim zahtevima (pre svega cena), moraju da vode računa i o takvim faktorima, kao što je izbor sirovog materijala, intenzitet i efikasnost upotrebe materijala i uništavanje materijala.

Da bi se realizovali prethodni zahtevi razvijen je skup baza podataka koje može da koristi projektant prilikom projektovanja proizvoda. Pre svega, tu je Baza o materijalima (o materijalima koji se koriste u elektronici). Ona treba da sadrži sve bitne karakteristike supstanci koje učestvuju u procesu nastajanja elektronskog proizvoda. Posebna pažnja se obraća informacijama o *otrovnosti* materijala, *stepenu rizika* (pri rukovanju proizvodom koji sadrži štetne supstance), kao i preporukama za *sigurno odlaganje*. Jedan primer pretraživanja takve baze prikazan je na Sl. 2. Osim ove, tu su i sledeće baze koje se odnose na eko-projektovanje: Elektronski proizvodi, Komponente, Standardi, Profesionalna i stručna literatura, Publikacije, Zakonodavstvo.

Tabela 1. Vrste različnih štetnih materijala i jedinjenja koji se primenjuju u elektronici i karakteristike koje se tiču prirodne okoline (razmotren je primer baterija)

Tip baterije#	Tipična primena#	pozitivne karakteristike#	Negativne karakteristike#	Sveukupne karakteristike koje se tiču okoline/alternative#
<i>Olovna kiselina</i> i mala hermetički zatvorena olovna kiselina (SSLA)#	SLI Rezervne baterije#	Dobri za primenu u ostrim prirodnim uslovima Lako se pune hiljadama ciklusa Relativno visok napon Najpotpuniji asortiman i tehnologija recikliranja#	Niska energetska gustina Strogo regulisana upotreba širom sveta Mali temperaturni opseg za efikasan rad Teške, velike#	Visoko kompatibilni sa 3R Sadrže teške metale Baterije koje cure mogu prosipati elektrolite sumporne kiseline Alternative: nema#
<i>Litijum-Jon</i> (LiION) (baterije na punjenje)#	Glavni izvor energije za laptopove, potrošačku elektroniku, električna vozila#	Visoka energetska gustina Pune se u mnogo hiljada ciklusa Nema teških metala, nema toksičnih elektrolita#	Skupe Potrebno je pažljivo kontrolisati punjenje#	Nerazvijeno recikliranje / tehnologija popravljanja Alternative: NiMH#
<i>Nikl-Kadmijum</i> (NiCd) (baterije na punjenje)#	Portabl alati, potrošačka elektronika, glavni komercijalni izvori energije, komercijalni sistemi rezervne energije #	Izvršna mogućnost punjenja Pogodna energetska gustina Drugi najpotpuniji asortiman i tehnologija recikliranja#	Sadrže teške metale (Cd) Strogo regulisana upotreba širom sveta Punjenje mora biti pažljivo izvedeno da bi se izbegli efekti "memorije"#	Sadržaj teškog metala zahteva oštre kontrole Tehnologija recikliranja je veoma uznapredovala Alternative: NiMH ili LiION u nekim primenama#
<i>Nikl metal hidrat</i> (NiMH) (baterije na punjenje)#	Portabl potrošački proizvodi, laptopovi, električna vozila#	Izvršna gustina energije Pune se hiljadama ciklusa Nema toksičnog sadržaja Potpun asortiman i tehnologija recikliranja #	Ne preporučuje se ukoliko je potrebna velika snaga obrtaja (ručni alati)#	Povoljno izvođenje 3R Razvijena tehnologija popravljanja Nikla Alternative: LiION#
<i>Litijum Mangan Dioksid</i> (LiMnO ₂) ili <i>Litijum Polikarbonmonofluor</i> (baterije koje se ne pune)#	Aplikacije cilindričnih ćelija kod konzumerskih elektronskih proizvoda: kamere, pejdžeri, daljinski upravljači#	Direktna zamena za cilindrične ćelije od živinog oksida Visoka energetska gustina Dug vek trajanja Nema teških metala ali mogu da se regulišu što se tiče transporta#	Ne mogu se puniti Metalni litijum je eksplozivan kada dođe u dodir sa vodom#	Nisu kompatibilne sa 2R Nepotpuno recikliranje / tehnologija popravljanja Alternative: Skoro da nema#
<i>Zivin Oksid</i> (baterije koje se ne pune)#	Implantirana medicinska sredstva, instrumentalne aplikacije u specifičnim sredinama (eksploz. okolina)#	Veoma pouzdane Dug uslužni vek trajanja Nema ispuštanja gasova#	Sadrži teške metale Strogo regulisana upotreba širom sveta Ne mogu se puniti#	Živa je toksična skupo recikliranje / popravlanje Alternative: Cink

Naziv	TipMaterijala	ElektričnaProc	Otravnost	EkoloskaInformacija
Fosfor	Nemetal	1	Crveni fosfor nema iritirajucih efekata, ali	Materijal ne sme biti otpusten u okolinu bez
Freon		0	Generalno, nema iritirajucih efekata	Odlaganje mora biti u skladu sa zvanicnim p
Kadmijum	Metal	0.138	Veoma otrovan i karcinogen, moze biti fe	Materijal ne sme biti otpusten u okolinu bez
Nikl	Prelazni meta	0.143	Generalno, nema iritirajucih efekata	Odlaganje mora biti u skladu sa zvanicnim p
Olovo	Metal	0.0481	Olovo i njegova jedinjenja mogu izazvati	Odlaganje mora biti u skladu sa zvanicnim p
Živa	Metal	0.0104	Iritirajuci efekat na kožu, sluzokozu, oci,	Materijal ne sme biti otpusten u okolinu bez
Zlato	Prelazni meta	0.452	Generalno, nema iritirajucih efekata	Odlaganje mora biti u skladu sa zvanicnim p

Sl. 2. Rezultat pretraživanja baza koje se odnose na materijale i njihovu otrovnost / odlaganje / informaciju o riziku

6. ZAKLJUČAK

Gotov proizvod označava da su upotrebljene određene sirovine da bi se on napravio. To znači da je učinjena neka vrsta transformacije materijala, a pri tom taj iskorišćeni materijal postao je nedostupan za buduće generacije. Transformacija materijala u nove oblike može da stvori štetne supstance (kao što je slučaj sa nekim organskim materijalima), ili da odloži otrovne supstance na mesta gde one ne mogu učiniti štetu (kao što je slučaj sa teškim metalima).

Ovaj rad sadrži jedan od pokušaja da se informacije o materijalima, koji se koriste pri projektovanju elektronskog proizvoda, sagledaju sa stanovišta održivog projektovanja i tako omogući potencijalnim korisnicima (inženjerima) tj. kompanijama da ostvare optimalan izbor materijala prilikom izrade novog proizvoda.

5. LITERATURA

- [1] Radulović, J., Koštica, S., Bošnjak, M., Simić, J., Spariosu, T., Pantović, M., Pavković, M., Krunic-Lazić, M., "Koncept održivog razvoja", Savezno ministarstvo za razvoj, nauku i životnu sredinu, Beograd, 1997.
- [2] Janković, Ž. i Glišović, S., "Proces stvaranja ekološki podobnog proizvoda", Fakultet zaštite na radu, Niš.

- [3] Goldberg, L., "Green electronics/Green bottom line", Newnes, Boston, 1999.
- [4] Milojković, J., Litovski, V., "Ekološki aspekt projektovanja u elektronici", ETRAN, Banja Vrućica-Teslić, jun, 2002, Vol.I, pp. 66-69.
- [5] Eco-design subgroup, "Environmentally improved product design case studies of the European electrical and electronics industry", ECOLIFE Thematic Network, July, 2002.

Abstract:

An attempt is made to consider the basic problems and concepts of eco- and sustainable design of electronic products related to materials for electronics. The part of the product life-cycle related to use of virgin and recycled materials is considered from the informational point of view. Transformation of the materials during the life cycle or at its end may produce new substances that are harmful for the living environment. Even improper disposal of the material at the end of life may produce harmful results. Here we consider a database of materials used in electronic production that contains properties of a large set of materials from the sustainable design point of view. It is intended to become part of a design tool at hand to electronic product designer.

SUSTAINABILITY OF ELECTRONIC DESIGN FROM THE MATERIALS FOR ELECTRONICS POINT OF VIEW

Jelena B. Milojković, Stojan M. Stojilković