



To delo avtorja [ECOSIGN konzorcija](#) je objavljeno pod licenco [Creative Commons Priznanje avtorstva-Nekomercialno-Brez predelav 4.0 Mednarodna \(CC BY-NC-ND 4.0\)](#)

Ekološko snovanje elektronskih naprav

ENOTA 6: Življenjski cikel elektronske naprave

Ime avtorja. Andrej Sarjaš

6.1. Življenjski cikel	2
6.2. Ekološko snovanje in ocenjevanje življenjskega cikla	3
6.3. Metode ocenjevanja življenjskega cikla naprave	10

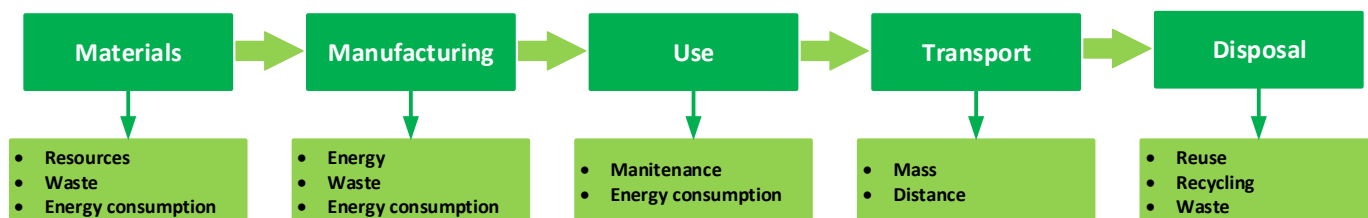
Vsebina poglavja:

- Analiza življenjskega cikla
- Življenjski cikle pri ekološkem snovanju elektronskih naprav
- Metode ocenjevanja življenjskega cikla

6.1. Življenjski cikel

Hiter tehnološki razvoj elektronike je povzročil hitro naraščajoč trend novih elektronskih naprav s povišano funkcionalnostjo in integriteto. Nove naprave imajo manjšo težo, so manjše imajo več funkcionalnosti in več možnih opcij. Vse to daje višje prednosti v fazi uporabe ter večje zanimanje uporabnikov. Pri vse večji kompleksni sestavi naprav in višanju funkcionalnosti, krajšamo življenjsko dobo naprave. Prav tako uporaba nevarnih ali potencialno nevarnih snovi predstavlja veliko grožnjo tako človeku, kakor tudi okolju v katerem živimo. Iz tega razloga se bodo proizvajalci elektronskih naprav in njihovi dobavitelji v bližnji prihodnosti morali soočiti z vrsto pomembnih izzivov, ki bodo vplivali na njihovo poslovanje. To so med drugim nove direktive Evropske unije, ki vpeljuje smernice po oblikovanju in izdelavi izdelkov na okolju prijazen in dobičkonosen način. Prav tako se je na drugi strani potrebno soočiti z zahtevami in pričakovanji strank ter družbe. Vendar pa ni dovolj samo, da se spoprimejo s pričakovanji iz neposredne bližine. Osredotočiti se morajo na celotno življenjsko dobo izdelka in zainteresirane strani (kupci, naročniki), vključno v uspeh končnega izdelka.

Ekološko snovanje elektronskih naprav je namenjen razvoju elektronskih izdelkov na način, da znižamo vpliv na okolje v celotnem življenjskem ciklu. Kar pomeni, da ekološko snovanje bazira na oceni življenjskega cikla naprave. Učinek, ki ga ima naprava na okolje, je treba preučiti in znižati v vseh fazah življenja, vzdolž celotnega življenjskega cikla izdelka. Te faze vključujejo pridobivanje surovin, proizvodnjo, njegovo trženje, distribucijo, uporabo in končno odstranjevanje izdelka, slika 1.



Slika 1. Najpomembnejši faza življenjskega cikla elektronske naprave.

Učinki na okolje v posameznih fazah so naslednji:

- **Vhodni:** uporabljena energija, surovine.
- **Izhodni:** Emisije v zemljo in zrak.
- **Proizvodnja trdih odpadkov.**
- **Težave s poklicnimi boleznimi ter varnost.**

Metoda ocene življenjskega cikla poudarja glavna področja vplivov na okolje, ki so bila morda prej skrita tako v fazi proizvodnje, transporta in odstranitvi. Ekološko snovanje vključuje postopke načrtovanja, ki zmanjšujejo porabo materiala in energije ter



hkrati povečujejo možnost ponovne uporabe in recikliranja. Z natančnim poznavanjem materialov, ki se uporabljajo v izdelkih, se lahko izognemo uporabi potencialno nevarnih snovi.

6.2. Ekološko snovanje in ocenjevanje življenjskega cikla

Ekološko snovanje lahko predstavimo na različne načine. Vsako podjetje ima različne okoljske probleme, povezane z njihovimi izdelki in storitvami. Podjetje se lahko približa ekološki zasnovi z uporabo različnih strategij in upoštevanjem zakonov ter direktiv. Na primer, zunanji dejavniki, kot so skladnost z novimi okoljskimi zakoni. Ti lahko določijo strateško agendo za okoljsko primerno zasnovo. Notranji dejavniki, kot so poraba energije, imajo tudi vodilno vlogo pri določanju prednostnih nalog za okoljsko primerno zasnovo. Podjetje je dolžno preučiti procese in materiale, ki so prisotni v njihovih specifičnih sistemih in katere strategije uporabiti. Uporaba pravilne strategije bo podjetju omogočila, da v proces oblikovanja vključi vse svoje zahteve. Za oblikovanje ekološkega elektronskega izdelka se lahko uporabljajo naslednje splošne strategije:

- **Novi koncept razvoja.**
- **Fizična optimizacija.**
- **Izbira materialov.**
- **Optimizacija produkta.**
- **Optimizacija delovanja.**
- **Odstranitev in reciklaža izdelka.**

Prezem le ene strategije od zgoraj naštetih ne bo prinesla ekološkega produkta. Za ekološki produkt je potrebno prevzeti večino navedenih strategij.

Nov koncept razvoja je pogosta strategija za razvoj novejši ekološko skladnejše naprave. To pomeni vključitev inovativnih strategij, kot so nematerializacija, dematerializacija, oblikovanje življenjskega cikla in razvoj novih storitev v novi zasnovi izdelka. Hkrati pa je potrebno zagotoviti, da naprava izpolnjuje vse potrebe potrošnikov. Nematerializacija pomeni zamenjavo fizičnega z nefizičnim izdelkom ali storitvijo. Dematerializacija na drugi strani pomeni uporabo manj ali novih surovin za proizvodnjo istih izdelkov. Dematerializacija lahko povzroči tudi preoblikovanje izdelka, tako da se lahko določeni materiali ponovno reciklirajo. S tem pridobimo možnost ponovne uporabo materialov v novih izdelkih in tako znižamo izrabo surovin. Vsak oblikovalec mora opraviti analizo potreb potrošnikov za prepoznavanje trendov in funkcionalnosti, ki bi jih moral izdelek nuditi. Zagotavljanje določene funkcionalnosti pomeni, da se ta vrednoti in postane ključna pri razvoju nove naprave. Snovalci ne smejo samo oblikovati zelenih izdelkov, ki so ekološki samo v času uporabe, ampak morajo v snovanje izdelka voditi na način, da ta vključuje celoten življenjski cikel naprave. To pomeni, da morajo upoštevati koncept od zibke do groba ('From cradle to grave') ali koncept zibke do zibke ('From cradel to cradle'). Koncept od zibke do zibke je primeren za naprave, ki jih je možno reciklirati. Nov koncept razvoja lahko vključuje tudi skupno uporabo. To pomeni, da izdelek ni več last enega samega uporabnika, temveč je uporaba zagotavlja večim



uporabnikom. Tipične naprave so fotokopirni stroji, tiskalniki, stroji za pomivanje in pranje itd.

Fizična optimizacija je strategija zasnove izdelka z namenom povečanja zanesljivosti in izboljšanja funkcij, ki bi izboljšale ekološki profil naprave. Da bi to naredili, je treba raziskati naslednja področja.

- **Povečanje življenjske dobe in zanesljivosti izdelka.** Podaljšanje življenjske dobe izdelka lahko neposredno zmanjša vpliv na okolje. Dolgoživi proizvodi prihranijo vire in ustvarjajo manj odpadkov, saj dalj časa niso nadomeščeni z drugimi podobnimi napravami. Podaljšanje življenjske dobe pomeni podaljšanje uporabe izdelka. Življenjsko dobo naprave je mogoče izmeriti s številom kolikokrat je bila naprava uporabljena, dolžino delovanja ali celo življenjsko dobo, ko se naprava razgradi. Življenjsko dobo je mogoče podaljšati tudi z modularnim načrtovanjem izdelka. Modularne naprave omogočajo nenehno prilagajanje ali opravljajo več različnih funkcij. Prilagodljiva zgradba omogoča izboljšan tehnični ali estetski izgled izdelka. Tako lahko izdelek sledi spreminjajočim se potrebam končnega uporabnika. Modularna struktura omogoča, da se nove tehnologije vključijo v starejši izdelek. Posledično je možno modularni izdelek nadgrajevati tekom celotnega življenjskega cikla, kar zmanjša potrebo po nakupu nove naprave. Prav tako so izdelki z več zamenljivimi deli primerni za modularno strukturo naprave.

Značilnost zanesljivega izdelka je odpornost na obrabo, udarce in degradacijo okolja. Vendar morajo biti uporabljeni materiali, ki zagotavljajo trajnost po potrebi. Oblikovalci ne bi smeli izbrati trajnih materialov za kratkotrajne funkcije, razen če jih želijo ponovno uporabiti na koncu življenjskega cikla. Povečana trajnost in zanesljivost sta lahko del širše marketinške in prodajne strategije. Okoljski vplivi so tesno povezani tudi z zanesljivostjo izdelka. Nezaupljivi izdelki se hitro zavržejo, kar povzroči večji vpliv na okolje in povečane stroške. Zanesljivost je treba zagotoviti v začetni zasnovi izdelka z zmanjšanjem števila delov ali s poenostavitvijo zasnove.

Optimizacija in integracija funkcij. Z integracijo večih funkcij v eno napravo, ki uporablja enake komponente lahko prihranimo tako na uporabljenem materialu, kakor tudi zmanjšamo fizično velikost naprave. Tipični primeri so večnamenske naprave, ki združujejo funkcije tiskanja, kopiranja in pošiljanja sporočil. Funkcionalna integracija in optimizacija lahko sproži ideje za nove okoljske zasnove izdelkov, s čimer se poveča dodana vrednost izdelka ter odpira nove trge.



- **Enostavno vzdrževanje in popravilo.** Vzdrževanje izdelka vključuje periodična in preventivna popravila ter manjše odprave napaka zaradi uporabe. Ustrezno vzdrževanje bo ohranilo in omogočilo daljšo življenjsko dobo. Oblikovalci morajo težiti k temi, da razvijejo izdelke, ki jih je lahko enostavno vzdrževati pri relativno nekvalificiranih uporabnikih. Tem uporabnikom je potrebno zagotoviti dostop do vseh potrebnih delov in komponent. Postopki za vzdrževanje morajo biti enostavni. Prav tako je potrebno jasno navesti vse uporabne informacije kot so: pogostost vzdrževanja, postopki odpravljanja težav, demontaža, potrebna orodja in pričakovana življenjska doba sestavnih delov. Oblikovalec mora oblikovati izdelek, tako da ga je mogoče popraviti, kadar je to potrebno. Življenjska doba se bo podaljšala, če naprava temelji na zamenljivih in standardnih delih. Popravilo izdelka mora biti poceni. Enostavno vzdrževanje in popravilo ne samo zmanjšuje vplive na okolje, ampak zmanjšujejo tudi stroške uporabe.

Izbira pravih materialov pri okoljski zasnovi izdelka lahko zmanjša vplive na okolje povezane z izčrpavanjem virov in upravljanjem življenjske dobe. Ključni cilji te strategije so podaljšanje življenjske dobe, zmanjševanje porabe materiala in na splošno uporaba materialov z majhnim ekološkim učinkom. Izbira materiala karakterizira značilnost izdelka in njegovo življenjsko dobo. Ocena življenjskega cikla je pristop, ki lahko preučuje alternativne scenarije. Tako lahko preučimo uporabo različnih materialov in različne možnosti odstranjevanja ali recikliranja. V večini primerov lahko brez težav najdemo nadomestke, ki podaljšujejo življenjski cikel in niso v nasprotju z zahtevami glede stroškov in učinkovitostjo. Zamenjavo materialov lahko izvedemo tudi za materiale za predelavo, kot so topila in katalizatorji. Reformulacija materiala za predelavo je lahko manj drastična alternativa za zamenjavo celotnega materiala. Namesto, da v celoti zamenjamo en material z drugim, lahko spremenimo sestavo, tako da dosežemo isti rezultat in okoljske pogoje.

- **Recikliranje materialov.** Recikliranje je lahko zelo učinkovita rešitev za upravljanje virov. Vendar načrt za recikliranje ni končna strategija za zmanjšanje vseh okoljskih vplivov izdelka. Uporaba materialov, ki jih je mogoče reciklirati, lahko zmanjšajo količino odpadkov na odlagališčih, vendar je treba preučiti tudi vpliv samega recikliranja na okolje. Naštejmo nekaj načel ekološke zasnove, ki izboljšuje proces recikliranja:
 - a) Izdelek je enostaven za razstavljanje.
 - b) Zagotavljena je identifikacija materiala.
 - c) Poenostavljeni deli izdelka.
 - d) Zagotovljena je možnosti za izbiro materiala in preverjanje združljivosti.

Kakovost predelanega materiala ima pomembno vlogo pri učinkovitem recikliranju. Vse kakor ni potrebe po materialih z nizko kakovostjo. Materiali z nizko kakovostjo niso primerni za recikliranje. Dober kakovosten material, ki ga je mogoče reciklirati je v naprave potrebno vključiti tako, da se pri postopku



reciklaže čim lažje ločijo ali z preprosto demontažo ali drugimi mehanskimi ali kemijskimi postopki. Ekološko snovanje naprave bi moralo vključevati čim več reciklrnih materialov. Na primer vključevanje; jekla, aluminija, papirja, kartona, plastike, gume in steklo.

- **Obnovljivi materiali.** Obnovljivi materiali so tisti, ki se v okolju lahko enostavno regenerirajo. Sem spadajo materiali iz rastlin ali živalskih virov. Pri razmišljanju o uporabi obnovljivega materiala je treba preučiti celoten vpliv na okolje tekom celotnega življenjskega cikla. Na primer, plastična vrečka je lahko boljša okoljska izbira kot papir. Proizvodnja plastičnih vreč povzroča manj onesnaževanja zraka, vode in trdnih odpadkov, kot pa papirnate vrečke. In ker je plastika precej lažja od papirja, porabi manj energije za prevoz in porabi manj prostora na odlagališčih. Tudi na številnih sodobnih odlagališčih se biološko razgradljivi materiali, kot je papir razkrajajo zelo počasi. Seveda je plastika daleč od popolnega materiala. Za razliko od papirja je plastika izdelana in neobnovljivega vira nafte in ni biološko razgradljiva.
- **Uporaba manj materiala.** Snovalci bi se pri ekološki zasnovi naprave morali prizadevati za zmanjšanje uporabe materialov pri razvoju novega izdelka. Zmanjšana poraba virov in energentov pomeni nižje proizvodne stroške in manj odpadkov, ki jih je treba reciklirati ali odstraniti na koncu življenjskega cikla izdelka. Snovalci morajo zagotoviti, da sta prostornina in teža uporabljenih materialov optimizirana, tako da se med proizvodnjo, prevozom in skladiščenjem porabi čim manj energije. Zmanjšanje količine materiala za embalažo bo prav tako zmanjšalo celotno vsebnost materiala pri izdelku. Poleg tega, ko se izdelek in njegova embalaža zmanjšata po velikosti in prostornini, se lahko v določenem vozilu prevaža več izdelkov.
- **Materiali z nizko energetske vrednostjo.** Ta strategija se nanaša na uporabo materialov, ki so proizvedeni z minimalno energijo za ekstrakcijo, predelavo in prečiščevanje. Ta količina energije se imenuje tudi 'utelešena energija'. Kadarkoli je mogoče, je treba v načrt nabave materiala ter uporabe materiala vključiti najbolj energetske učinkovite dobavitelje. Materiali, proizvedeni z uporabo večjih količin energije, bodo na splošno dražji.
- **Uporaba materialov z nizkim ekološkim vplivom.** Nevarni materiali lahko posredno ali neposredno povzročijo večje težave med njihovo uporabo ali v času, ko se naprava tretira, kot odpadek. Na primer strupeni materiali lahko povzročijo zastrupitve, težave z dihanjem in druga bolezenska stanja.

Proizvodne procese je treba optimizirati na način, da bi zmanjšali porabo materiala, porabo energije in proizvodnjo odpadkov. To se lahko doseže s preoblikovanjem obstoječih procesov ali z odpravo nepotrebnih proizvodnih korakov. Pomembni koraki pri optimizaciji procesov:

- **Alternativi procesi proizvodnje.** Postopki, ki povzročajo velike vplive na okolje je treba nadomestiti z alternativami. Vendar pa je predhodne



potrebno oceniti učinek takih sprememb procesa na stroške in uspešnost. Snovalci morajo biti seznanjeni z najboljšimi razpoložljivimi tehnologijami in opremo za dokončanje postopka obdelave. Pripravo alternativ je potrebno ovrednotiti znotraj okvira življenjskega cikla, tako da se zagotovi zmanjšanje skupnih vplivov. Inženirji in oblikovalci morajo upoštevati tudi kemične, biološke in mehanske alternative.

- **Manj korakov proizvodnje.** Optimizacija procesov vključuje možnost zmanjšanja števila korakov proizvodnje in tako izboljšuje postopek proizvodnje ter učinkovitosti procesa. Zmanjšanje števila korakov proizvodnje je pogosto povezana z uvedbo novih tehnoloških rešitev in postopkov. Prav tako je pri vpeljavi novih tehnologij potrebno ovrednoti nove postopke iz finančnega ter ekološkega vidika.
- **Nadzor procesa izdelave.** Nadzorni sistemi so sestavni del načrtovanja procesov. Dobro zasnovan nadzor procesa lahko zmanjšajo onesnaženje in ohranjajo vire. Proizvodnja izdelkov, ki se nahajajo na istem kraju, lahko povzroči nastajanje velike količine odpadkov. Določanje ustreznih odstopanj izboljša natančnost in s tem neposredno zmanjša vpliv na okolje. Izboljšanje skladnosti s predpisi bo zmanjšalo verjetnost nastanka okoljskih glob in s tem zmanjšalo stroške. Prav tako enostavni pristopi lahko znatno zmanjšajo vpliv na okolje ter uporabo energije. Na primer namestitve krmilnih naprav, ki izklopijo napravo ali proces, kadar ni v uporabi.
- **Energijsko nizka proizvodnja.** Poraba energije se lahko zmanjša z načrtovanjem procesa. Na primer odpadna toplota, se lahko uporablja za predgretje procesnih tokov. Poleg tega se lahko poraba energije za črpanje zmanjša z uporabo cevi z večjim premerom, tako se zmanjšajo izgube zaradi trenja. Z energijo se lahko varčuje tudi z uporabo učinkovitejše procesne opreme, na primer z visoko učinkovitimi motorji in ventilatorji, ki imajo visok izkoristek. Ustrezno vzdrževanje ter uporaba opreme prav tako ključno vplivata na porabo energije.
- **Manj odpadkov.** Optimizacija procesov zmanjšuje proizvodnjo odpadkov. Tako dosežemo učinkovitejšo uporabo materiala, kar rezultira tudi manj odpadkov za odlagališče.
- **Vključevanje obnovljivih virov.** Sončne in toplotne sisteme lahko uporabljamo pri ogrevalnih procesih v nizkem in srednjem temperaturnem območju. S tem se zmanjša poraba fosilnih energentov. Zmanjšanje fosilnih energentov pozitivno vpliva na okolje. Za razliko od konvencionalnih energetskih sistemov, uporaba sončne energije na začetku zahteva razmeroma veliko naložbo. Toda posledično vodi v zmanjšanje stroškov med obratovanjem. Trenutne cene nizkih energentov lahko privedejo do dolgih odplačilnih časov, vendar je treba upoštevati, da zmanjšanje emisij in umik negotovim trgov fosilnih energentov prinaša zanesljivejše gospodarstvo. Vetrna energija je še en odličen primer alternativnih virov za proizvodnjo električne energije z veliko manjšimi vplivi na okolje.



Optimizacija distribucije izdelkov z uporabo bolj učinkovitih sistemov transporta in pakiranja lahko prav tako zmanjša stroške in zmanjša vpliv na okolje.

- **Pakiranje:** Izdelki morajo biti pakirani tako, da omogočajo čim lažji transport brez poškodb. Pri tem se uporabljajo naslednje strategije:
 - a) Reduciranje pakiranja
 - b) Nekateri proizvodi se lahko distribuirajo brez embalaže.
 - c) Uporaba materialov možnih za recikliranje ali ponovno uporabo.
 - d) Zamenjava materialov z manj nevarnimi, z materiali s katerimi je lažje rokovati na odlagališčih, razgradljivi materiali.
- **Transport:** Transport izdelka je lahko optimizirana z naslednjimi strategijami:
 - a) Uporabo energetske učinkovitega prevoza.
 - b) Z vzdrževanjem transportnih vozil.
 - c) Optimirane zmogljivosti vozila.
 - d) Zagotavljanje ustreznega zadrževanja nevarnih snovi.
 - e) Optimiranje poti za zmanjšanje prevožene razdalje.
 - f) Zmanjšanje velikosti izdelka.

Visoka poraba energije in drugih potrošnih materialov med življenjsko dobo naprave, močno prispeva k njegovi splošni okoljski učinkovitosti. Optimizacija energetske učinkovitosti, posledično znižanje velike porabe bo zmanjšala emisije in proizvodnjo odpadkov. Naštajmo nekaj tehnikah za optimizacijo izdelkov:

- **Čistejši viri energije.** Uporaba obnovljivih virov energije bo zmanjšala porabo fosilnih goriv, kar povzroči nižje emisije. Polnilne baterije se lahko uporabljajo v aplikacijah, kjer je to primerno. Za industrijske izdelke ali stroje je prav tako primerna uporaba čistejše energije, kot je zemeljski plin ali virov z nizko vsebnostjo žvepla. Kjer ni možnosti uporabe drugih oblik energije, je povečanje učinkovitosti naprave edina možna rešitev.
- **Nižja poraba energije.** Energetska učinkovitost zmanjšuje porabo električne energije ali fosilnih goriv in zmanjšuje emisije v okolje, zlasti za energetske intenzivne izdelke. Poraba energije je že postala marketinško orodje za proizvajalce gospodinjskih aparatov, kot so hladilniki ali pralni stroji. Energija, ki se troši v napravah, ki so v pripravljenosti, je prav tako pomemben pokazatelj učinkovitosti. Izboljšanje izolacije na grelnih in hladilnih napravah, bo zmanjšala porabo energije in tako prispevala k nižanju emisij.
- **Čistejše potrošno blago.** Potrošni materiali morajo biti zasnovani za ponovno uporabo, predelavo ali recikliranje. Na primer akumulatorske baterije, s katerimi se na koncu življenjske dobe pravilno upravlja. Odstranjevanje filtrov, kartuš je treba čim bolj zmanjšati. Proizvajalci morajo potrošnikom vedno zagotoviti podatke o odstranjevanju potrošnega materiala.



- **Zmanjšanje potrošnega materiala.** Zmanjšanje ali učinkovitejšo uporabo potrošnega materiala lahko dosežemo na naslednje načine:
 - a) Z oblikovanjem izdelkov.
 - b) Z zagotavljanjem in sledenjem nasvetom o pravilni uporabi naprave.
 - c) Z zagotavljanjem in spremljanjem informacij o pravilnem vzdrževanju.
- **Zmanjševanje odpadkov.** Če ponovna uporaba ali recikliranje ni mogoča, mora snovalec naprave zagotoviti, da se količina odpadkov, ki jih je potrebno odlagati na smetiščih drastično zniža.

Okolju prijazne alternative za upravljanje izdelkov in materialov ob koncu življenjske dobe vključujejo predelavo izdelka za ponovno uporabo ali ponovno proizvodnjo, recikliranje materialov in odgovorno odstranjevanje. Na izbiro tehnike upravljanja z izdelkom na koncu življenjske dobe vplivata več dejavnikov. Ti dejavniki se razlikujejo glede na tehnologije reciklažnega postopka, tehnike odstranjevanja materialov, predelave in ekonomske upravičenosti. Tehnike je treba ovrednotiti glede na okoljski vpliv, kot tudi glede trajnosti. Okoljsko zasnovan izdelek je glavni dejavnik pri izvajanju okolju prijazne strategije na konec življenjskega cikla.

- **Ponovna uporaba.** Izdelki morajo biti oblikovani tako, da jih je mogoče hitro in enostavno razstaviti. Ločene komponente je možno znova uporabiti pri proizvodnji drugega izdelka. Takšne izdelke je mogoče izdelati hitreje, saj so sestavljeni iz prvotnih delov. Posledično se dobiček družbe poveča. Oblikovanje za ponovno uporabo ni koristno samo za okolje, ampak tudi za zmanjševanje proizvodnih stroškov.
- **Ponovna izdelava.** Ponovna izdelava vključuje zbiranje delov izdelka po vrstah in tipu, nato sledi čiščenje in pregledovanje za popravilo in ponovno uporabo. Ponovno izdelani izdelki se ponovno sestavijo z uporabo predelanih in novih delov, kjer je to potrebno.
- **Oblikovanje za demontažo.** Oblikovanje za demontažo zagotavlja, da se izdelek in njegovi deli zlahka ponovno uporabijo, ponovno izdelajo ali reciklirajo ob koncu življenjske dobe. Uporabljajo se lahko naslednje strategije:
 - a) Uporaba materialov, ki jih je mogoče preprosto reciklirati, predelati ali ponovno uporabiti.
 - b) Uporaba pritrdilnih elementov in priključkov, ki omogočajo enostavno in hitro razstavljanje.
 - c) Oblikovanje strukture izdelka, tako da ga je mogoče razstaviti hitro in poceni, ne da bi pri tem poškodovali druge dele.
- **Recikliranje materialov.** Recikliranje postopek povrnitve materialov, ki jih je mogoče ponovno uporabiti v novih izdelkih. Ločevanje različnih materialov poveča vrednost recikliranih materialov tako, da odstranimo kontaminante in nevarne materiale. Komponente je mogoče ločiti ročno ali avtomatizirano.
- **Varno odstranjevanje.** Če je odstranjevanje edina možnost, ki je na voljo potrošniku, mora oblikovalec zagotoviti naslednje:



- a) Se izogiba uporabi toksičnih ali nevarnih snovi.
- b) Zagotovljena so varna navodila za odstranjevanje.
- c) Uporabljajo se biološko razgradljivi materiali, kjer je to mogoče.

6.3. Metode ocenjevanja življenjskega cikla naprave

Ker se okoljska zavest potrošnikov povečuje, so podjetja začela vrednotiti, kako njihove dejavnosti ter proizvodnja vplivajo na okolje. Družba je postala zaskrbljena zaradi vprašanj izčrpanosti naravnih virov in degradacije okolja. Mnoga podjetja so se na ta vprašanja odzvala z zagotovitvami o proizvodnji bolj ekoloških izdelkov in z uporabo ekoloških procesov proizvodnje. Ekološka učinkovitost izdelkov in procesov je postala ključno vprašanje, zato nekatera podjetja preučujejo načine za zmanjšanje njihovega vpliva na okolje. Mnogim družbam je koristilo, da so preučile načine za doseganje skladnosti z uporabo strategij za preprečevanje onesnaževanja in sistemi ravnanja z okoljem za izboljšanje njihove okoljske učinkovitosti. Uporabno orodje za vrednotenje vpliva naprave na okolje se imenuje metoda ocene življenjskega cikla. Ta pristop obravnava celoten življenjski cikel izdelka –LCA ('Life cycle assessment') ali naprave. Postopek LCA analizirana napravo od začetka snovanja do razgradnje, reciklaže ali umika na odlagališče.

Po mnenju društva za okoljsko toksikologijo in kemijo je LCA odličen način ocenjevanja okoljskih obremenitev, povezanih s celotnim življenjskim krogom proizvoda ali storitve, od zibke do groba ('Cradle to Grave'). Pristop od zibke do groba se začne z zbiranjem surovin za izdelavo izdelka in se konča na točki, ko se vsi materiali vrnejo v zemljo. Metodologija LCA ocenjuje vse faze življenja izdelka z vidika medsebojne odvisnosti, kar pomeni, da ena operacija vodi do naslednje in tako naprej.





Slika 2. Življenjski cikel elektronske naprave.

LCA omogoča oceno kumulativnih vplivov na okolje, ki izhajajo iz vseh stopenj v življenjskem ciklu proizvoda. Pogosto je ocena podana vključno z vplivi, ki niso upoštevani pri bolj tradicionalnih analizah kot so; ekstrakcija surovin, materialni prevoz, končno odstranjevanje izdelkov itd.. Z upoštevanjem vplivov v celotnem življenjskem ciklu izdelka, LCA zagotavlja celovit pregled okoljskih značilnosti tega izdelka ali procesa in natančnejšo sliko dejanskih okoljskih kompromisov pri izbiri izdelkov.

Metoda življenjskega cikla uporablja modeliranje naprave ali sistema ter uporabo različnih podatkovnih baz, ki vrednotijo okoljski vpliv določenih materialov ali komponent. Pogosto je LCA povezana z zahtevnimi in kompleksnimi znanstvenimi metodami, ki zahtevajo napredno poznavanje rizičnih naravoslovnih in tehničnih področij kot so; matematika, kemija, biologija in fizika. Zaradi lažjega razumevanja bomo obravnavali pomeni in uporabo metode življenjskega cikla pri razvoju elektronske naprave.

6.3.1 Prednosti uporabe ocenitve življenjskega cikla elektronske naprave

Metoda ocenitve življenjskega cikla daje mnoge prednosti in možnosti uporabe. Možnosti uporabe bomo povzeli v naslednjih točka.



- **Izboljšano snovanje naprave.** Metoda LCA se lahko uporablja, kot pomoč pri snovanju in preoblikovanju izdelka. Podjetja lahko uporabljajo LCA za primerjavo okoljskih vplivov naprave in oceno različnih možnosti oblikovanja. S tem pridobijo oceno ali ima naprava okoljske prednosti ali slabosti. V tem primeru LCA omogoča sistematično ovrednotenje vplivov na okolje, ki so povezani z določenim elektronskim izdelkom.
- **Zagotavljanje okoljskih informacij.** Z vse večjo uporabo metode ocene življenjskega cikla v celotni dobavni verigi, lahko podjetja posredujejo lastne informacije o okoljskih vplivih svojih izdelkov drugim v verigi. Te informacije lahko na primer zahtevajo vlada, drugi proizvajalci ali javnost. Z uporabo LCA bo industrija imela pripravljen vir podatkov. LCA kvantificira vhodne in izhodne podatke vseh faz znotraj življenjskega cikla proizvodnje ter naprave. Tako lahko vsako fazo natančno analiziramo ter določimo njen okoljski vpliv.
- **Marketing.** LCA se lahko uporablja, kot marketinško orodje. Dejstvo je, da se LCA uporablja pri razvoju izdelka, kaže na to, da je posledično izdelek ekološko izboljšan. Uporaba orodja LCA bi lahko bila gonilna sila za potrošnike, kateri bi raje posegali po okolju prijaznejših produktih.
- **Finančne koristi.** LCA, kot smo že omenili preučí življenjski cikel izdelka in ugotovi, kje se pojavljajo glavni vplivi na okolje. Te vplive na okolje je mogoče zmanjšati s povečanjem učinkovitosti naprave, z uporabo primernih materialov in tehnologijo proizvodnje. Povečanje učinkovitosti rabe virov bo privedlo do zmanjšanja količine uporabljenih surovin, posledično nastalih odpadkov ter tako zmanjšalo stroške.

Metoda LCA se lahko vključi v različne sisteme ravnanja z okoljem in okoljskega označevanja. Obstajajo tako konkurenčne kot gospodarske prednosti:

- **Sistemi ravnanja z okoljem.** Metodologija LCA se lahko uporablja v sistemu okoljskega ravnanja. Na primer, eden od ciljev okoljske politike podjetja je zmanjšati vplive na okolje, povezane z njegovimi izdelki. LCA zagotavlja sredstva za doseganje tega, saj omogoča oceno učinka povezanih s proizvodom v celotnem življenjskem ciklu.
- **Okoljsko označevanje.** Vsi nacionalni sistemi okoljskega označevanja, ki delujejo znotraj EU uporabljajo LCA, kot podlago za določitev meril, ki jih morajo izpolnjevati proizvodi, če so upravičeni do okoljske oznake.

6.3.2 Uporaba metode ocenitve življenjskega cikla elektronske naprave

LCA je tehnika, ki ocenjuje okoljsko učinkovitost in potencialne vplive, povezane z izdelkom, procesom ali storitvijo. Ta poteka na zelo analitičen način, ki lahko podjetju pomaga oceniti vse vhode in izhode njegovega proizvodnega procesa. LCA s postopnim postopkom zagotavlja celovit pregled vplivov na okolje.



- Izdelava seznama ustreznih vnosov energije, materiala in okoljskih izpustov (npr. emisije v zrak, odstranjevanje trdnih odpadkov, odvajanje odpadne vode).
- Ovrednotenje možnih vplivov na okolje, povezanih z opredeljenimi vhodi in izpusti.
- Tolmačenje rezultatov na osnovi katerih lahko sprejmemo odločitve.

Glavna področja LCA so:

- Preučevanje vira težav, povezanih s proizvodom ali storitvijo.
- Ocena in analiza možnosti za izboljšanje izdelka ali storitve.
- Oblikovanje novih naprav ter možnost primerjave izdelka z drugimi podobnimi izdelki.

Okoljska politika orientirana v proizvodnjo naprav usmerja podjetja k rabi metode analize življenjskega cikla. Z opisovanjem življenjskega cikla izdelka od zibke do groba je tako možno analizirati vse vplive, posledice ter udeležence v celotni življenjski verigi. Na ta način je lažje sprejeti določene rešitve in določiti optimalno zasnovo ter uporabo danega izdelka. Sistemi okoljskega ravnanja-EMS, kot so ISO14000 ali EMAS, se ukvarjajo z doseganjem okoljskih ciljev podjetja ter določajo kriterije, kdaj so cilji doseženi. LCA se izključno ukvarja z ocenjevanjem posledic na okolje v vseh stopnjah življenjske dobe naprave. Tako lahko proizvajalec z vključevanjem LCA in EMS zadovolji vse okoljsko zainteresirane strani v vsaki fazi življenjskega cikla naprave. LCA prav tako pomembno prispeva k zagotavljanju znanstvene in transparentne podlage za določitev ekoloških meril pri evropskem ekološkem označevanju. Znak za okolje se lahko dodeli za naprave, ki so v skladu s posebnimi ekološkimi merili. Merila so določena z uporabo pristopa zibke do groba in upoštevajo vse ustrezne okoljske vidike v vsaki fazi življenjskega cikla naprave.

Naslednja tabela prikazuje primer uporabo LCA v podjetju.

Application	Example
Establishment of Environmental Focus	Identification of areas for improvement. Product-oriented Environmental Policy Environmental Management.
Design Choice	Concept Selection. Component Selection. Material Selection. Process Selection.
Environmental Documentation	ISO 14000 Certification. Eco-labels.

Table 1. Primer uporabe LAC znotraj podjetja.

