

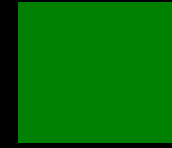
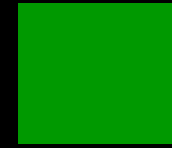
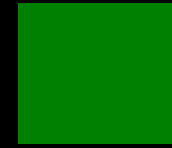
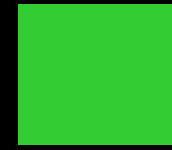
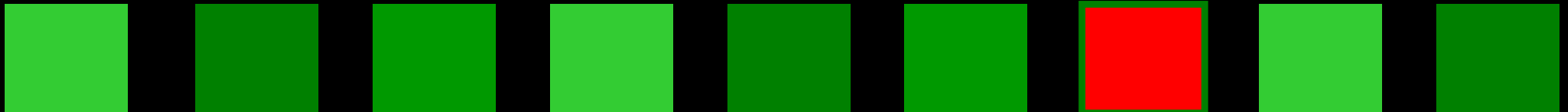
PROJEKTOVANJE EKOLOŠKI PODOBNIH PROIZVODA

(INDUSTRIJSKI EKO-DIZAJN)

INDUSTRIJSKA EKOLOGIJA

dr Srđan Glišović, dipl. ing.

srdjan.glisovic@znrfak.ni.ac.rs



Design for Environment – DfE

“Green” Design

Environmentally Friendly Design

ECO Design



*Industrijska ekologija
Univerzitet u Nišu, FZNR
dr Srđan Glišović*

✓
✓
✓
✓
✓ Realizacija takozvanog
"ekološki podobnog proizvoda" je
jedan od osnovnih preduslova
ostvarenja koncepta održivog
razvoja.

✓
✓
✓
✓ Ekološka podobnost ima
posebno značenje u kontekstu
proizvodnje potrošnih dobara.



Proizvodne strategije u periodu intenzivnog industrijskog razvoja: pri odlučivanju o primeni određene proizvodne tehnologije skoro u potpunosti su preovladavali ekonomski i tehnološki kriterijumi. Ekološki kriterijumi su smatrani za neto ekonomsko opterećenje.



U post-industrijskoj eri ekološki i energetske kriterijumi postaju dominantni.

Reinženjering postojećih tehnologija i procesa, treba da dovede do radikalno novog koncepta konstruisanja proizvoda, sa drugačijim vrednostima u fokusu.





- **Masovna produkcija zasnovana na dosadašnjim principima projektovanja dovodi do eksponencijalnog porasta količine otpadnih materija i ostataka isluženih proizvoda široke potrošnje.**
- **Postojeće tehnologije i preovladavajuće metode konstruisanja izložene su temeljitom preispitivanju usled uznemiravajućih saznanja o poražavajućim posledicama njihove primene na opstanak živog sveta, pa i samog čoveka.**



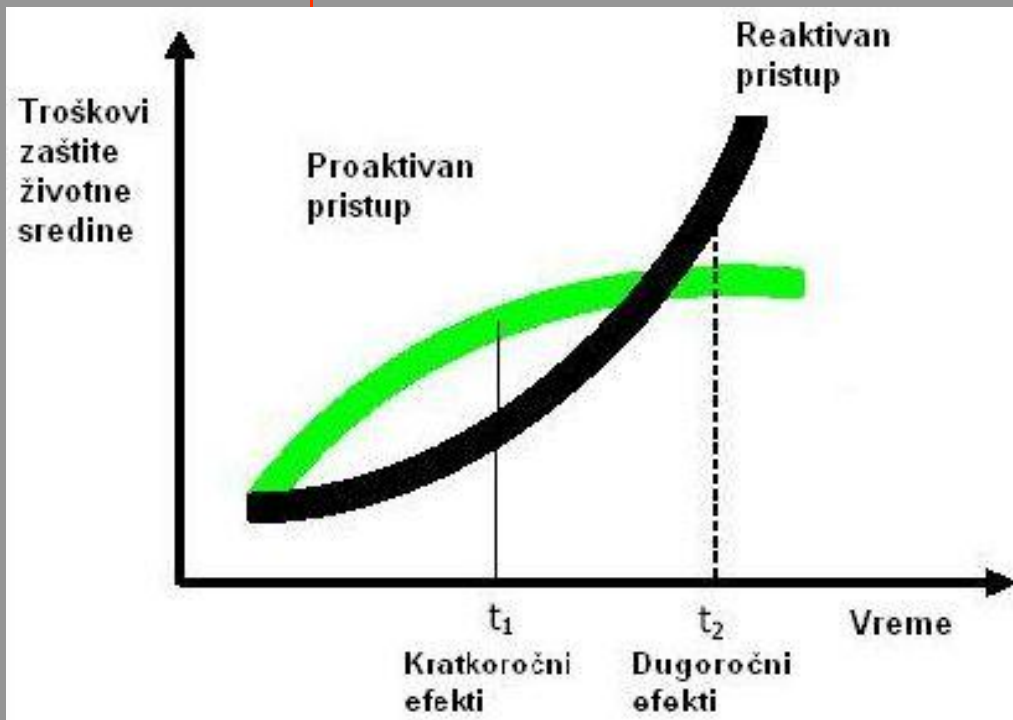
Nastojanje da se angažovanje u zaštiti životne sredine učini isplativim je proces koji objedinjuje tehnološke, pravne, ekonomske i ekološke aspekte koji u sinhronizmu treba da dovedu do stvaranja “ekološki podobnog proizvoda” kao bazične pretpostavke ostvarenja koncepta o održivom razvoju.

Potrebno je ponuditi nove proizvode čiji će koncept biti u potpunom saglasju sa nastojanjem da se zaštiti životna sredina.

Ekološki reinženjering, kao operativni segment zaštite životne sredine, predstavlja važan segment aktivnosti u oblasti upravljanja kvalitetom životne sredine. Ekološko inženjerstvo u svom najširem poimanju treba da dovede do ostvarenja koncepta “ekološki podobnog proizvoda”

Smanjenje količine otpada (proaktivni pristup):

- Produženim eksploatacionim periodom (servisni plan, modularna struktura, unapređenje performansi)
- Ponovnom upotrebom proizvoda za istu ili drugačiju namenu
- Recikliranjem materijala i komponenata



Najnoviju etapa u evoluciji strateškog
ovladavanja ekoloških problemima

- proaktivni i sistemski pristup -
poboljšanje interakcije tehnoloških
sistema sa biosferom uz simultano
sniženje troškova proizvodnje i
distribucije dobara.

UTICAJ INDUSTRIJSKIH PROIZVODA NA ŽIVOTNU SREDINU

Delovanje industrijskog proizvoda na okruženje:

1. dejstvo procesa nastajanja proizvoda (uključujući ekstrakciju i proizvodnju)
2. dejstvo eksploatacije proizvoda
3. dejstvo ostataka proizvoda po isteku upotrebne vrednosti

REŠENJA:

1. **Razvoj bezotpadnih tehnologija, optimizacija proizvodnje i projektovanje zatvorenih ciklusa su neke od sfera inženjerstva životne sredine koje mogu da dovedu do prevazilaženja ekoloških problema u fazi nastajanja industrijskog proizvoda.**
2. **Energetskom analizom, rekonstrukcijom i optimizacijom strukturnih elemenata se mogu značajno unaprediti ekološke performanse u fazi eksploatacije proizvoda.**
3. **Potrebno je ova dejstva preusmeriti i primenom odgovarajućih organizaciono-tehničkih mera vratiti deo energetskog i/ili materijalnog sadržaja u cirkulaciju. Tretman ostataka zahteva angažovanje prostora (za odlaganje ostataka) ili utrošak energije (za uklanjanje, recikliranje ili rekuperaciju). Ovi se uticaji mogu umanjiti skoro isključivo preventivno, u fazi konstruisanja.**

Recikliranje predstavlja optimalni tretman otpada, ali je njegova cena u velikoj meri zavisna od mogućnosti separacije komponenata i materijala. Nastupajuće razvojne koncepcije se moraju bazirati na saznanju da recikliranje počinje projektovanjem.

KRITERIJUMI EKOLOŠKE PODOBNOSTI INDUSTRIJSKOG PROIZVODA



- Ekološki podoban proizvod treba da bude koncipiran tako da svoju funkciju ostvari uz minimum materijala, minimum različitih materijala, minimum toksičnih supstanci i maksimalno učešće reciklata.
- Ekološki podoban proizvod treba da bude energetski i resursno efikasan u eksploataciji.
- Ekološki podoban proizvod treba da bude reciklabilan (sačinjen od međusobno rastavljivih, monomaterijalnih i reciklabilnih komponenata).
- Resursi i energija potrebni za formiranje ovakvog proizvoda, kao i energija neophodna za njegovo recikliranje, treba da predstavljaju optimalni minimum koji se može postići na nivou datog tehnološkog razvoja.
- Tehnološki proces primenjen za proizvodnju ovakvog proizvoda treba da bude ostvaren uz minimalno nastajanje nusproizvoda i polutanata (emisija, efluenta, toplotnih emisija jonizujućih i nejonizujućih zračenja, čvrstog otpada).

RECIKLABILNOST I PRINCIPI PROJEKTOVANJA

Reciklabilnost industrijskih proizvoda je zahtev savremene civilizacije koji proizilazi iz sve rasprostranjenije svesti javnog mnjenja o problemima zaštite životne sredine i perspektivama globalnog opstanka.

Na opredeljenja konstruktora često utiču faktori koji su delimično ili potpuno izvan sfere tehnike i tehnologije, a prioriteti se menjaju u skladu sa razvojem tržišta i opštim okolnostima u društvenoj sredini.

RECIKLABILNI DIZAJN:

- izbor modularnih rešenja, sa spojevima predviđenim za odvajanje raznorodnih materijala, što olakšava postupke demontaže.
- primena materijala izraženije reciklabilnosti.
- smanjena upotreba kompozitnih materijala.
- prednost metodama asembliranja rastavljivim vezama zasnovanim na tehnikama uklapanja, u odnosu na spajanje klasičnim vijčanim vezama i nerastavljivim spojevima.
- smanjenje broja "hibridnih" komponenata, i favorizovanje "monomaterijalnih" rešenja.



SMERNICE ZA KONSTRUISANJE SA ASPEKTA PROIZVODNJE

Minimizacija zaostalih materijala iz proizvodnog procesa: Treba birati takve proizvodne operacije kod kojih posle završenog proizvodnog procesa nema zaostalog materijala, ili je količina zaostalog materijala svedena na najmanju moguću meru.

Treba težiti svim onim proizvodnim operacijama koje se do potpunog formiranja proizvoda pretežno odvijaju bez razdvajanja materijala (npr. obrada deformacijom, fino livenje, precizno kovanje ili presovanje) i upotrebi poluproizvoda čije dimenzije najpribližnije odgovaraju potrebama proizvodnje.

Raznovrsnost proizvodnog materijala: U principu, treba primenjivati što manji broj različitih proizvodnih materijala.

Reciklabilnost zaostalih materijala: Zaostali materijal iz proizvodnog ciklusa treba da bude reciklabilan uz najmanje moguće ulaganje i gubitak vrednosti.

Problemi nastaju pre svega kod limova prevučenih zaštitnim i/ili dekorativnim slojem, i sličnih kombinovanih materijala. Plastični i bojeni namazi se mogu ukloniti primenom visokih ili niskih temperatura, ali su postupci često na granici ekonomičnosti.

Termoplastične polimere treba sakupljati odvojeno po vrstama ili u kombinacijama koje ne ometaju dodatno korišćenje, a onda ih reciklirati direktno ili topljenjem.

Predvideti tretman otpadaka pogonskih i pomoćnih materijala (ostatak rashladnog fluida pri operacijama rezanja i glodanja, ulja, galvanski mulj, pare, itd).

Fundamentalni principi DfE koncepta i ekološke implikacije primene

REDUKCIJA POTROŠNJE ENERGIJE	Proizvodi sa minimalnom potrošnjom energije u aktivnom i pasivnom režimu rada na zadatom stepenu tehnološkog razvoja značajno doprinose očuvanju energetske rezerve. Aktivnosti na redukciji potrošnje energenata imaju svoje ekonomske implikacije koje se tiču potrošača, a ekološki značaj se ogleda u smanjenju zagađenja pri konverziji fosilnih goriva u energiju, redukciji površinskih kopova i efluenta, kao i u smanjenom riziku od akcidenata u proizvodnji i/ili transportu energenata.
RASTAVLJIVOST / DEKOMPOZICIJA STRUKTURE	Iskustva iz različitih centara i sistema za recikliranje industrijskih proizvoda, sa stanovišta efikasne rastavljalivosti u vremenskom i mehaničkom pogledu, sadržana su u novim principima projektovanja. Okosnicu novog pristupa čini planiranje tretmana ostataka proizvoda na kraju životnog ciklusa, kao i planiranje i projektovanje sekundarne upotrebe proizvoda, komponenata i materijala.
RECIKLABILNOST I UPOTREBA SEKUNDARNIH MATERIJALA	Ekološki podobni proizvodi sastoje se od materijala koji se na jednostavan način mogu <u>identifikovati i reciklirati postojećim metodima i standardnom opremom</u> . Informacije o sastavu i postupcima prerade sklopova i materijala koje se upućuju centrima za recikliranje i potrošačima, predstavljaju osnovni ekološko-ekonomski motivacioni faktor za efikasnu i široku primenu platforme o proširenoj odgovornosti proizvođača.
RECIKLABILNOST AMBALAŽE	Ambalaža predstavlja inicijalnu kategoriju otpada koji potiče od industrijskog proizvoda u post-proizvodnoj fazi. Principi eko-projektovanja primenljivi su kako na proizvod, tako i na njegovu ambalažu, i nameću upotrebu recikliranih materijala, eliminaciju upotrebe boja sa sadržajem teških metala, kao i primenu standardizovanih sistema označavanja u svrhu pojednostavljene indentifikacije i izbora postupka prerade.
MODULARNE STRUKTURE	Projektovanjem modularnih struktura i subsistema produžava se vreme eksploatacije proizvoda i sprečava njegovo prerano zastarevanje usled ubrzanja tehnološkog ciklusa.

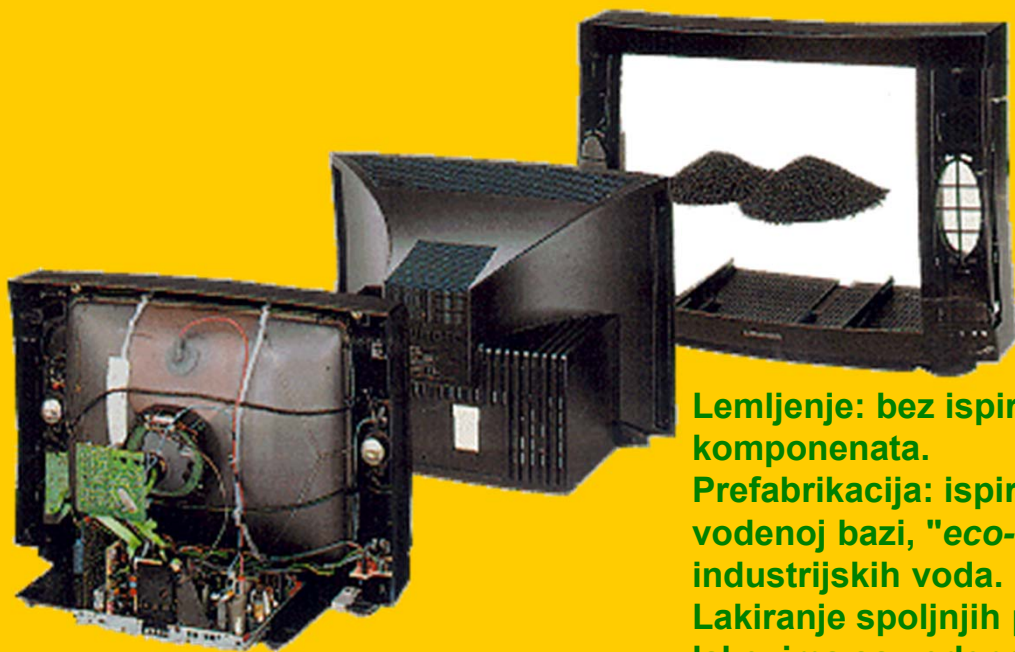
PRINCIPI DfE U INŽENJERSKOJ PRAKSI

SMANJENJE BROJA I KOLIČINE UPOTREBLJENIH MATERIJALA	Minimizacija mase aparata Primena materijala sa uspostavljenim sistemima recikliranja (čelik, aluminijum, čisti termoplasti) Primena recikliranih, sekundarnih materijala (u prvom redu polimera) Supstitucija retkih ili ograničeno dostupnih materijala Smanjenje količine otpadnih materijala izborom optimalnih priprema i formi
POVEĆANJE ENERGETSKE EFIKASNOSTI	Projektovanje sektorskog napajanja uređaja Predviđanje funkcija automatskog isključenja i prelaza u pasivni mod Razmatranje energetske efikasnosti pri izboru komponenata i podsklopova i blokova napajanja Eko-projektovanje sa percepcijom o kaskadnim ekološko-ekonomskim koristima: smanjenje potrošnje energije - smanjenje radne temperature aparata, smanjenje ili eliminisanje zaštitnih i rashladnih sklopova - poboljšanja pouzdanosti i trajnosti uređaja - smanjenje troškova održavanja i eksploatacije
SELEKTIVNA UPOTREBA HEMIKALIJA	Projektnim rešenjima postepeno eliminisati upotrebu hemikalija navedenih u listama materija sa restriktivnom primenom (izbor supstanci uskladiti i sa internim listama kooperanta) Izvršiti alokaciju i evaluaciju upotrebe hemikalija i njihovog uticaja na zdravstvene i bezbednosne aspekte u toku projektovanja proizvodnog procesa (sredstva za odmašćivanje, lemljenje, lepljenje, zavarivanje, rashladne fluide, i sl.). Iste aktivnosti zahtevati od kooperanata u lancu nabavke repromaterijala i komponenata.
REDUKCIJA OTPADA	Formiranje modularne strukture - mogućnošću popravke, dogradnje i inovirane upotrebe Projektovanje reciklabilnosti: - rastavljivost strukture - jednostavnost razdvajanja čistih frakcija materijala za recikliranje - jednostavnost odvajanja komponenata koje je neophodno tretirati na različite načine - redukciju broja upotrebljenih materijala - označavanje materijala za pojednostavljeno sortiranje - izbegavanje naknadnih operacija površinske zaštite i kontaminacije osnovnog materijala

PRIMER STRUKTURE EKOLOŠKI KONCIPIRANOG PROIZVODA

Elementi i materijali:

bez otrovnih ili kancerogenih supstanci, (kadmijum, živa i sl.),
bez samogasivih sredstava sa sadržajem polibromovanih bifenil etera,
bez toksičnih supstanci (polihlorovani bifenili i sl.)



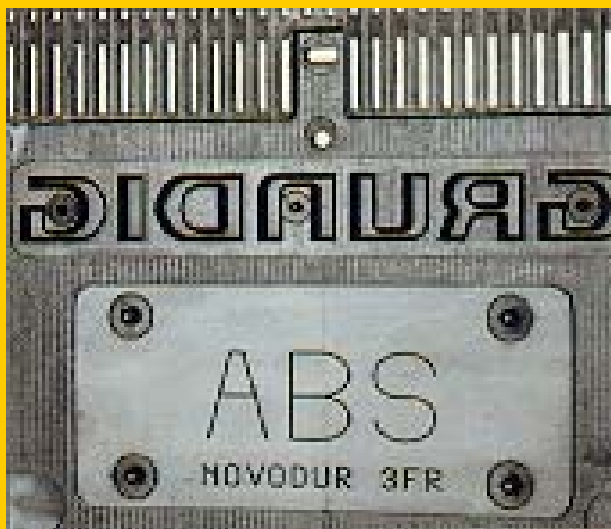
Lemljenje: bez ispiranja elektronskih komponentata.

Prefabrikacija: ispiranje metala na vodenoj bazi, "eco-clean" tretman industrijskih voda.

Lakiranje spoljnjih površina: lakovima sa vodenom bazom.

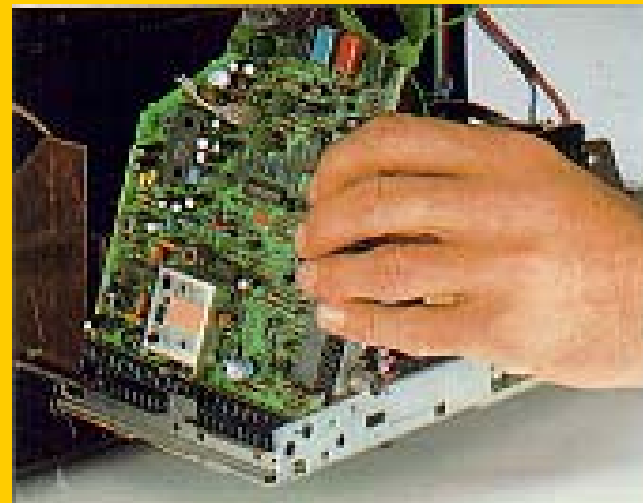
Plastika:

- usitnjavanje na nivo granulata
- međusobno kompatibilne plastike i lakovi
- označavanje delova mase veće od 100g utiskivanjem oznake upotrebene plastike (tehnički i trgovački naziv, šifra)



Konstrukcija i struktura aparata:

- sistem za klizno odvajanje elemenata kućišta
- sistem uskočnika za monta`u unutrašnjih elemenata
- spajanje elemenata šasije bez upotrebe vijaka
- fiksiranje neophodnih vijčanih veza standardnim uniformnim vijcima

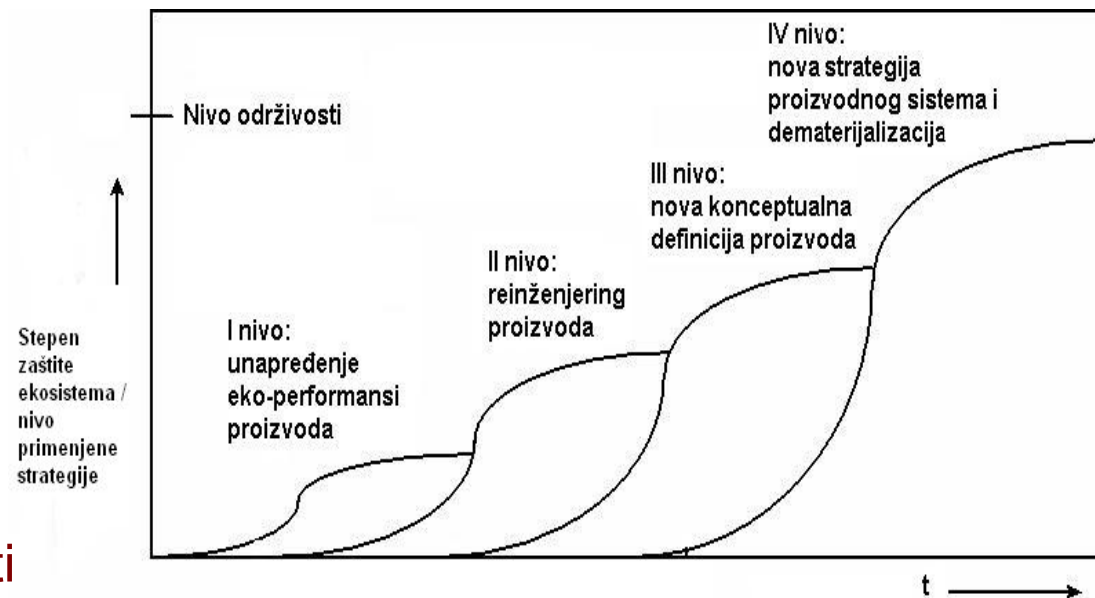


Pakovanja: od 100% recikliranog papira, biorazgradljiva, ambalaža smanjene zapremine

Potrošnja energije: minimalna potrošnja energije u "stand by" režimu (manja od 5W)



4 nivoa postizanja ekološke podobnosti



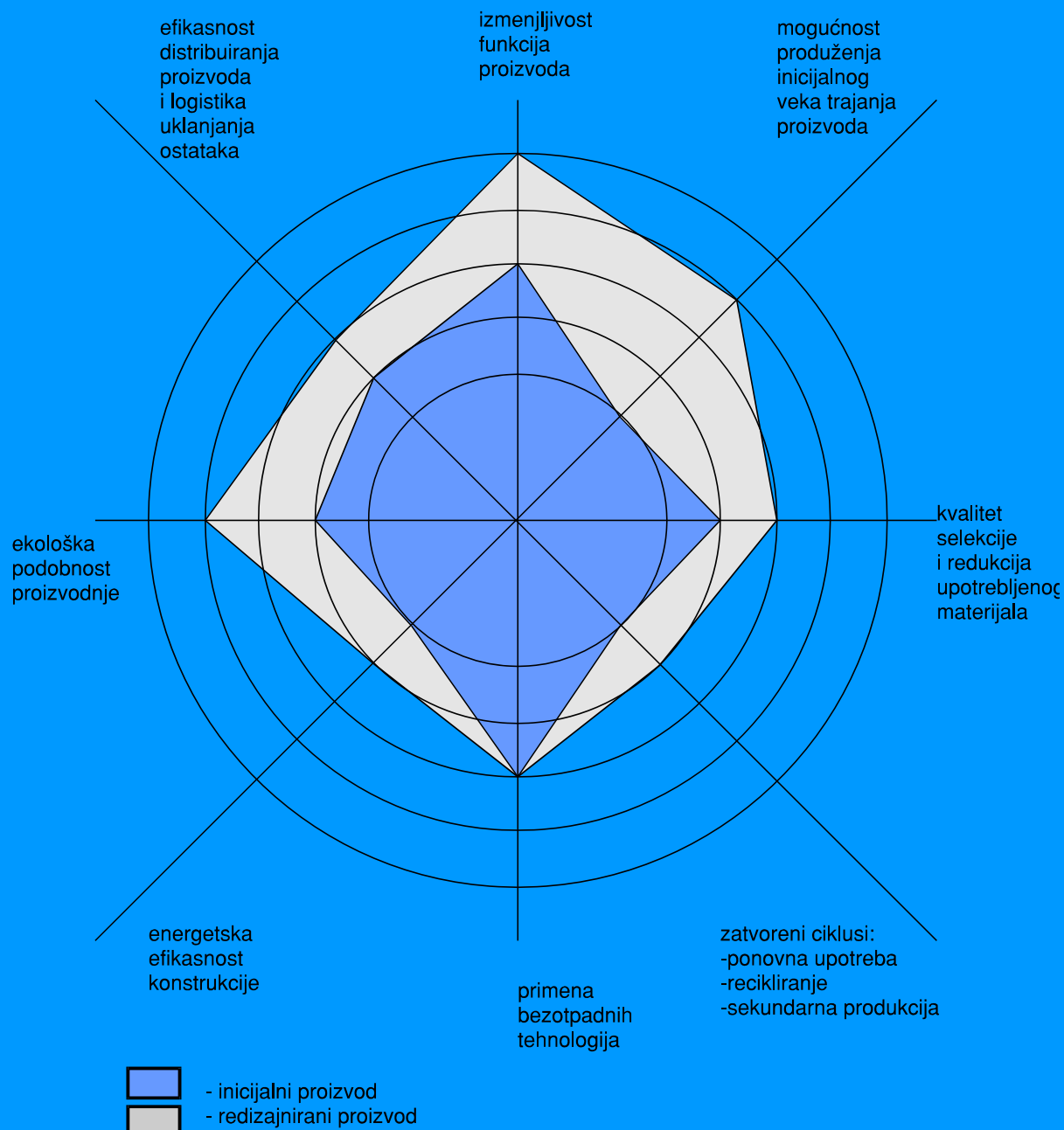
Modifikovano prema /Stevels '96, Brezet '97/

Prvi nivo – poboljšanje eko-karakteristika proizvoda – inkrementalno unapređenje eko-performansi u pravcu optimalnog korišćenja resursa, broja i karaktera mehaničkih veza i komplementarnosti upotrebljenih materijala

Drugi nivo – reinženjering proizvoda – prepoznavanje izraženih ekoloških uticaja u fragmentima životnog ciklusa, tehnološka intervencija nad postojećim konceptom u pravcu poboljšanja performansi

Treći nivo – nova konceptualna definicija proizvoda – inovativni pristup funkcionalnost proizvoda se postiže novim strukturno – tehničkim elementima

Četvrti nivo – nova strategija proizvodnog sistema – inovacija proizvodnog sistema nastaje u trenutku kada promene u konceptu proizvoda prevaziđu mogućnosti realizacije u postojećem projektno – proizvodnom poretku.



Analiza konstrukcije i komparacija - brojne mogućnosti za unapređenje konstrukcija sa ekološkim stanovišta dolaze do izražaja upoređivanjem proizvoda i konstrukcionih rešenja. Postoji više predloženih metoda za kvantifikaciju ekološkog kvaliteta proizvoda, ali se usled multidimenzionalnosti problema najverodostojniji rezultati dobijaju u komparaciji rekonstrukcije i prvobitne konstrukcije poznatog produkta.

Eko - krug: Vizuelizacija multidimenzionalne kvantitativne ocene rekonstrukcije proizvoda



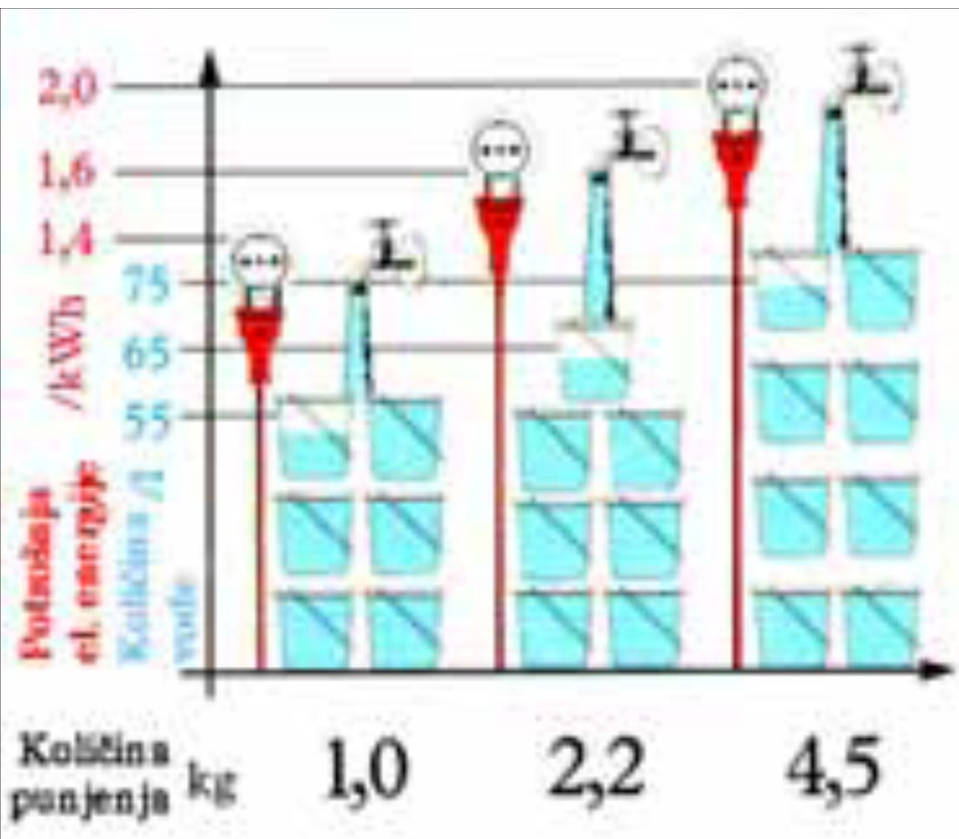
AquaSpar sistem za recirkulaciju i uštedu vode, *Bosh*

Sektor zaštite životne sredine *Bosh-Siemens* - koncept mašine za pranje sa reciklabilnim modularnim grupama.

Broj upotrebljenih materijala sveden na neophodni minimum u cilju pojednostavljenog tretmana pri recikliranju - aparati mogu da se rastave na 10 grupa za recikliranje.

Proces demontaže - 10 minuta; nivo reciklabilnosti od 90 do 94% - 63% upotrebljene plastike obnovljeno za ponovnu upotrebu.

Kada bi se ovi aparati podvrgli klasičnom tretmanu i usitnili drobilicom bez prethodnog rastavljanja, nivo reciklabilnosti bi opao na 64 do 82%, bez mogućnosti recikliranja plastike.



Potrošnja energije i vode uz primenu AMS sistema, Whirlpool/Philips

„AEG” - zatvoren sistema protoka u proizvodnji mašina za pranje - potrošnje vode smanjena 69% (potrošnja vode sa 530 / po jedinici u 1984., spala na 165 / u 1994.).

„Brandt” - za ciklus pranja na 60°C troši 59 / vode 1,1 kWh električne energije. Novijim generacijama mašina za pranje pamuka na 60 C potrebno svega 50 / vode i 1kWh energije.

Potrošnja energije i vode kod domaćih aparata u ovoj kategoriji - 60% veća od optimalnih performansi koje su publikovane.

„Maytag” - upotrebom aparata visoke efikasnosti u prosečnom domaćinstvu godišnje moguća ušteda od 13 000 do 22 000 litara vode.

Poboljšanje energetske efikasnosti u proizvodnji komponenata: za proizvodnju betonskog kontratega za balansiranje mašine pri centrifugiranju kojim je zamenjen pređašnji od livenog gvožđa, potrebno je 20 puta manje energije.

OSNOVE RECIKLIRANJA INDUSTRIJSKIH PROIZVODA I USLOVI RECIKLABILNOSTI

Svrha recikliranja

recikliranje: ponovno kori{}enje dora| enog proizvoda ili proizvodnih materijala iz starog proizvoda.

prvi oblik:

- nastavak upotrebe - dora| eni proizvod zadr`ava svoju prvobitnu funkciju
- inovirana upotreba, proizvod u izmenjenoj funkciji (recikliranje proizvoda)

drugi oblik:

- nastavak kori{}enja - iz starih proizvodnih materijala posle prerade dobijaju se isti proizvodni materijali
- inovirano kori{}enje - posle prerade se dobijaju drugi sekundarni proizvodni materijali (recikliranje materijala).
- recikliranje otpadaka proizvodnih materijala i pomo}nih i pogonskih materijala

Energija (GJ/Mg) neophodna za dobijanje razli~itih metala

METAL	A: Primarna proizvodnja	B: Sekundarna proizvodnja	Odnos A/B
^elik	31	9	3,45
Bakar	91	13	7,00
Aluminijum	270	17	15,88
Cink	61	24	2,54
Olovo	39	9	4,33
Titanijum	430	140	3,071

ekolo{ki, energetski i ekonomski kriterijumi
tehnolo{ki razvoj, pona{anje
tr`i{ta, socijalni pritisci

simultani efekti na "input" i "output" strani industrijske aktivnosti.

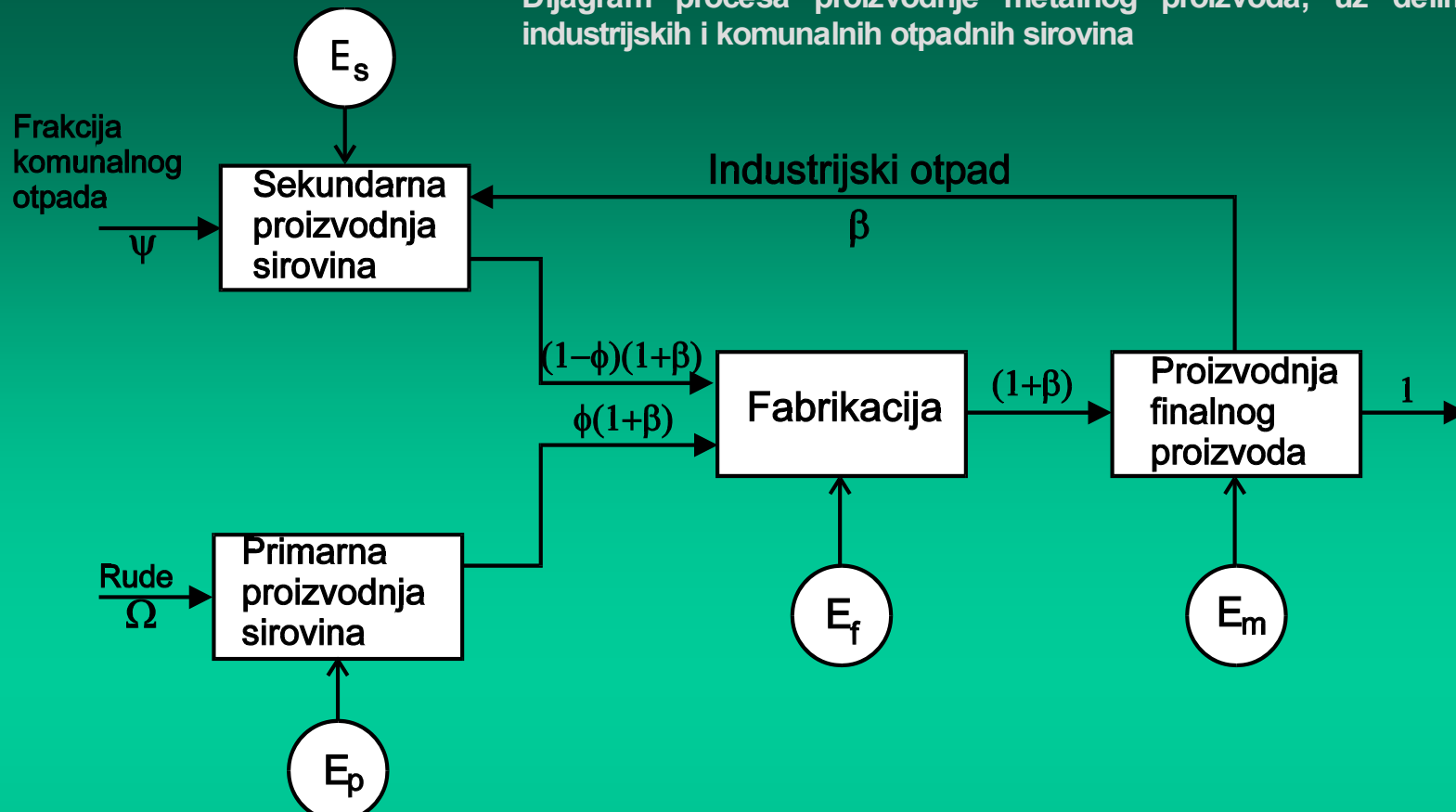
Primarni efekat na "input" strani - supstitucija sirovina sekundarnim materijalima, tj. smanjenje optere}enja materijalnih resursa.

Sekundarni efekat na "input" strani - ~uvanje energetskih resursa,.

Primarni efekat na "output" strani - smanjenje ili eliminisanje deponijskih ostataka.

Sekundarni efekat - rekuperacija energije incineracije ostataka koje na datom nivou tehnologije nije mogu}e vratiti u ciklus.

Dijagram procesa proizvodnje metalnog proizvoda, uz delimičnu upotrebu industrijskih i komunalnih otpadnih sirovina



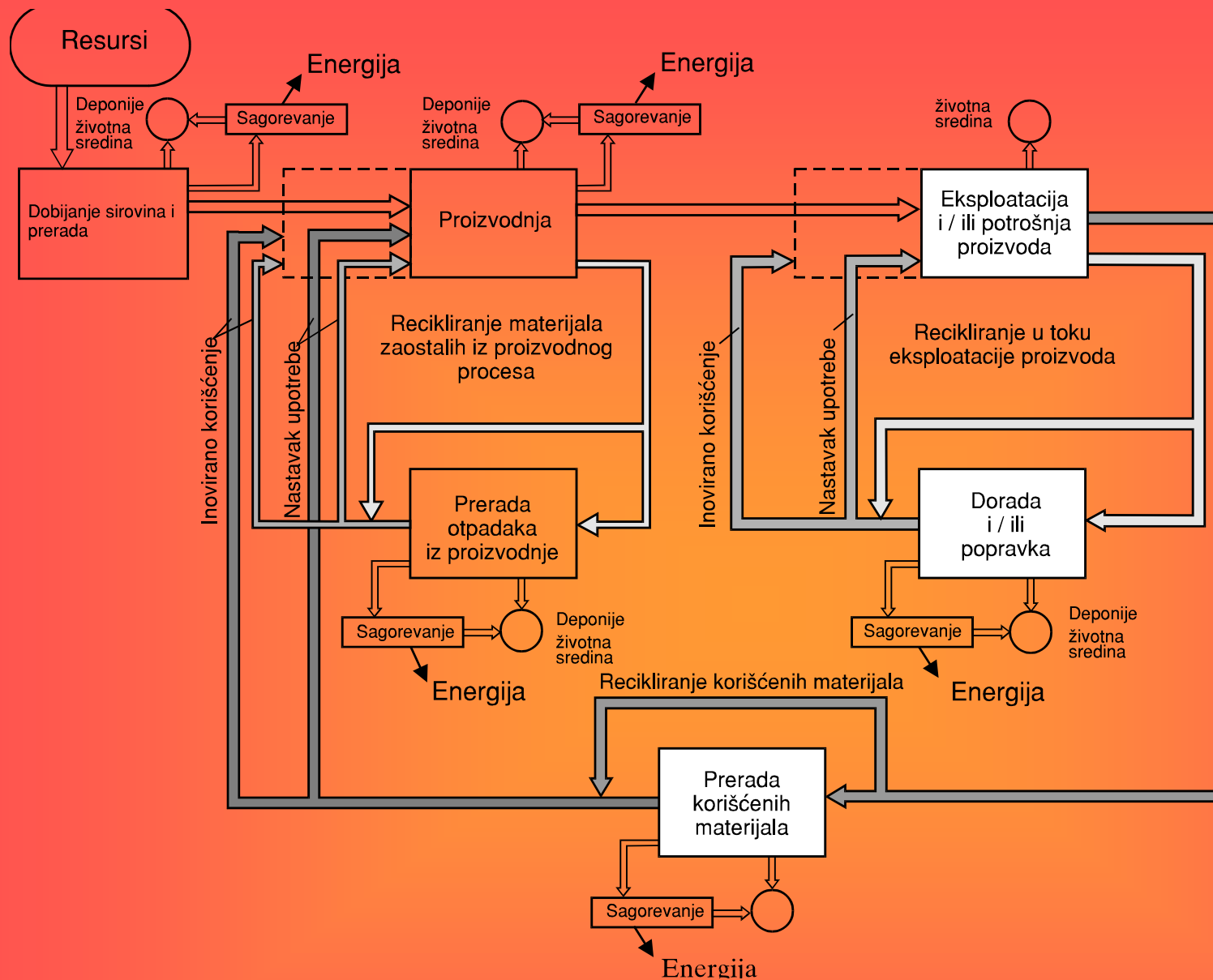
$$\Phi = E_p(\phi)(1+\beta) + E_s(1-\phi)(1+\beta) + E_f(1+\beta) + E_m(1+\beta)$$

$$= [\phi E_p + (1-\phi)E_s + E_f + E_m](1+\beta)$$

gde je:

- Φ - upotrebljena energija po jedinici proizvedenog materijala
- E_p - energija koja se troši u primarnoj proizvodnji sirovina
- E_s - energija koja se troši u sekundarnoj proizvodnji sirovina
- E_f - energija koja se troši u proizvodnji poluproizvoda
- E_m - energija koja se troši u proizvodnji finalnog proizvoda
- ϕ - procenat dobijenog materijala iz primarne proizvodnje sirovina
- β - procenat materijala koji postaje otpad u proizvodnji finalnog proizvoda
- Ω - količina materijala koji u sistem ulazi u formi rude
- Ψ - količina materijala koji u sistem ulazi u formi frakcije komunalnog otpada

$E_p \gg E_s$, $\Rightarrow$ ukupna potrošnja energije može se minimalizovati smanjenjem faktora ϕ i β do krajnjih granica. paradigma "bezotpadne tehnologije" - pravac delovanja u oblasti projektovanja proizvoda i procesa.



Recikliranje u proizvodnji:

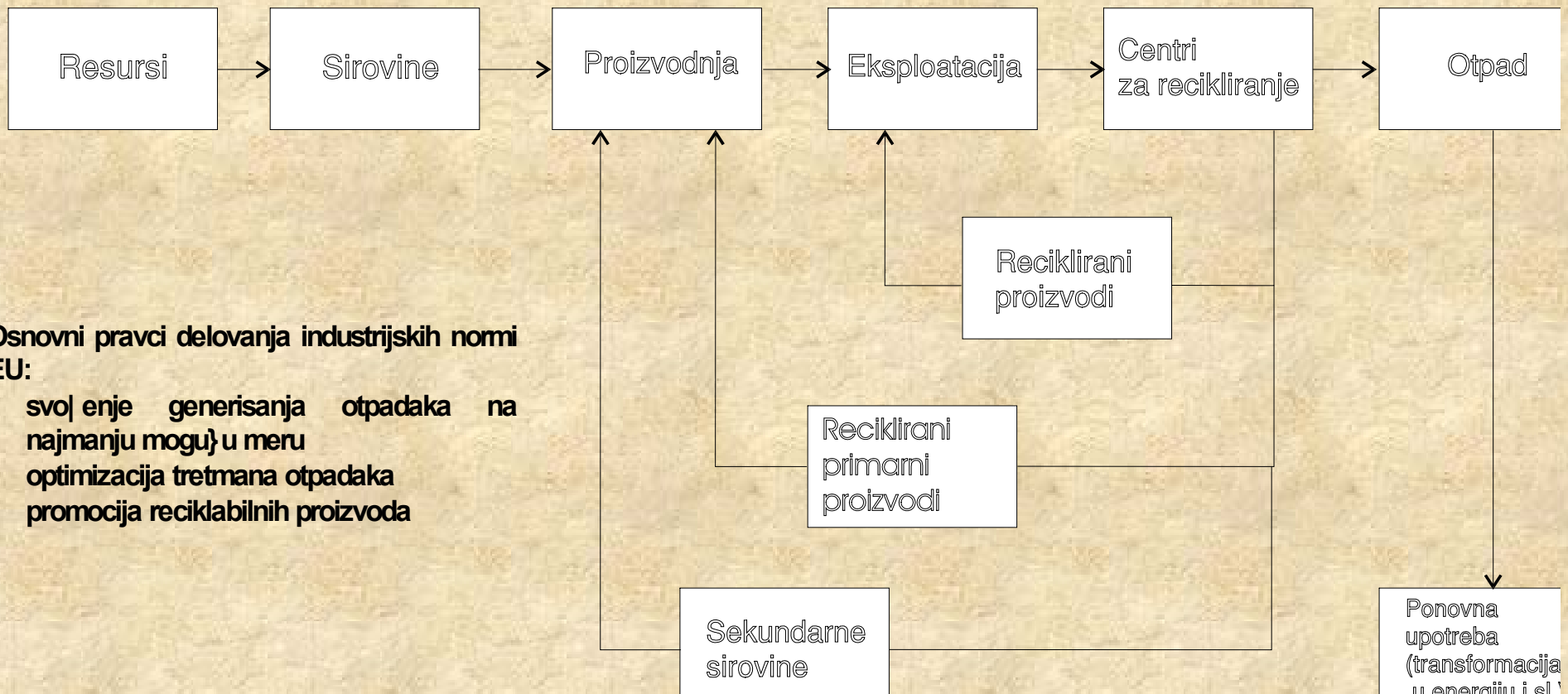
- iskustva u recikliranju motornih vozila i aparata za doma}instvo
- uspo}no vra}anje pogonskih materijala u recirkulaciju
- pogonski materijali - u te}ko razdvojivim me}avinama

Recikliranje u eksploataciji:

- nastavak upotrebe i inovirana upotreba
- zavisnost od tehnologija dorade i pona}anja tr}i{ta i konzumenata
- koncept stvaranja modela za du}im }ivotnim ciklusom

Vrste kru`nih tokova u recikliranju

- U prora}un ekonomi}nosti moraju u}i i tro}kovi za otklanjanje otpada, prate}i tro}kovi konvencionalnog odlaganja na deponije i tro}kovi incineracije.
- Ukupni bilans }ivotnog veka jednog proizvoda uz uzimanje u obzir svih oblika njegovog delovanja na ekosistem naziva se "ekobilans"
- Ne postoji jedinstvena solucija za reciklabilni proizvod



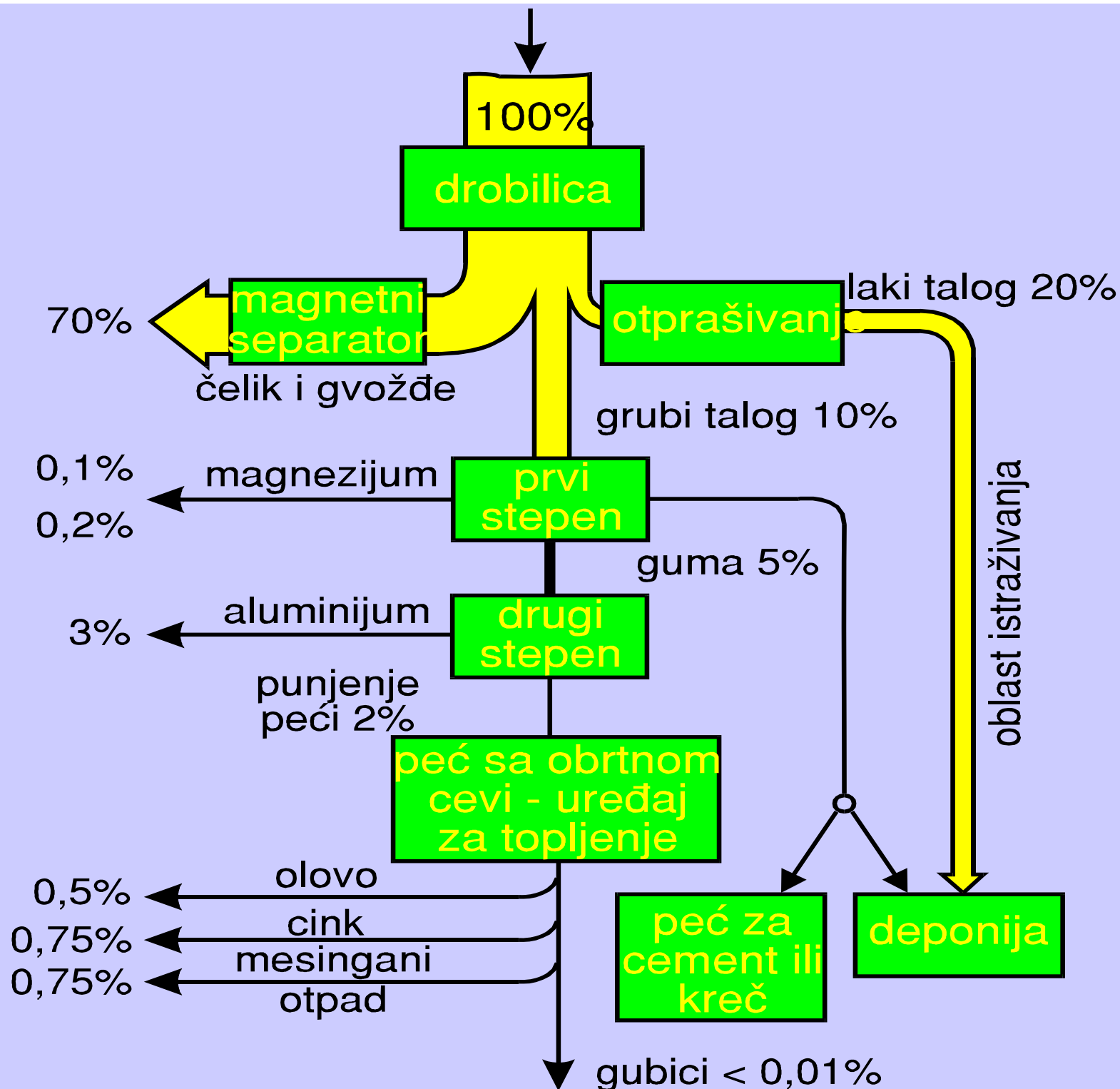
Osnovni pravci delovanja industrijskih normi EU:

- smanjenje generisanja otpadaka na najmanju moguću meru
- optimizacija tretmana otpadaka
- promocija reciklabilnih proizvoda

Potpuni sistem recikliranja materijala (Wasa 1994.)

Intervencije u okviru produkcije i projektovanja:

- odgovarajuća selekcija upotrebljenih materijala
- eliminacija ili redukcija opasnih supstanci
- projektovanje sa anticipiranim deasemblianjem i/ili usitnjavanjem
- informisanje potrošača i distributera o valjanom tretmanu proizvoda
- određivanje obima recikliranja (lepeza aktivnosti, od recikliranja materijala do incineracije)



KOMPATIBILNOST TERMOPOLASTA

OSNOVNI MATERIJAL	PRIMESE												
	Važni konstrukcioni plastični materijali	PE	PVC	PS	PC	PP	PA	POM	SAN	ABS	PBTP	PETP	PMMA
	PE	●	○	○	○	●	○	○	○	○	○	○	○
	PVC	○	●	○	○	○	○	○	●	◐	○	○	●
	PS	○	○	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	PC	○	◐	○	●	○	○	○	●	●	●	●	●
	PP	◐	○	○	○	●	○	○	○	○	○	○	○
	PA	○	○	◐	○	○	●	○	○	○	◐	◐	○
	POM	○	○	○	○	○	○	●	○	○	◐	○	○
	SAN	○	●	○	●	○	○	○	●	●	○	○	●
	ABS	○	◐	○	●	○	○	◐	○	●	◐	◐	●
	PBTP	○	○	○	●	○	◐	○	○	◐	●	○	○
	PETP	○	○	◐	●	○	◐	○	○	◐	○	●	○
	PMMA	○	●	◐	●	○	○	◐	●	●	○	○	●

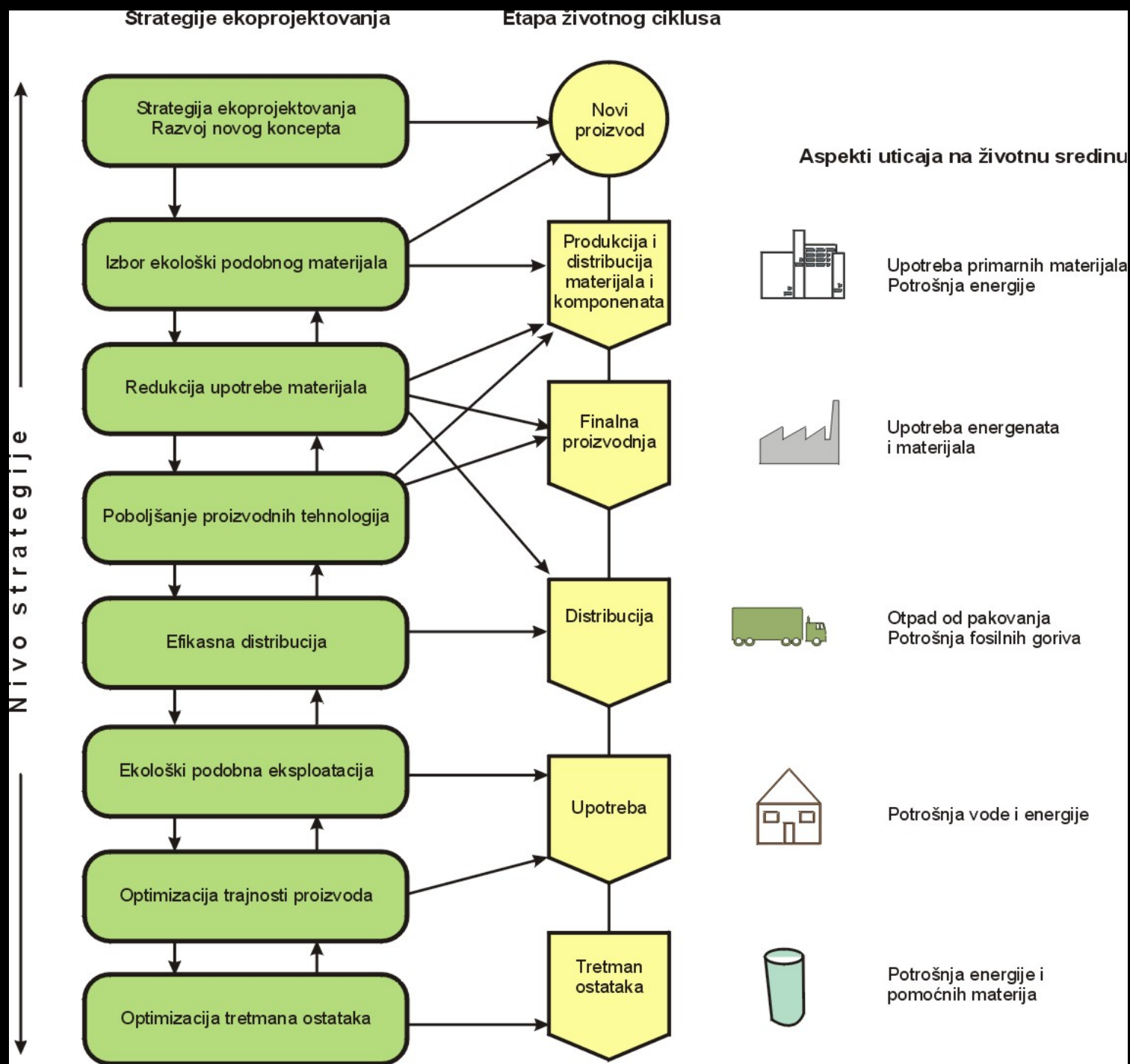
- PODNOŠLJIVO
- ◐ OGRANIČENO PODNOŠLJIVO
- ◑ U MALIM KOLIČINAMA PODNOŠLJIVO

Kompatibilnost materijala: treba težiti samo onim kombinacijama materijala (uključujući boje i sredstva za površinsku zaštitu) za nerastavljive celine koje se mogu ekonomično i veoma kvalitetno uvesti u nastavak korišćenja ili inovirano korišćenje. Potrebno je razmišljanje konstruktora dovesti u sklad sa podelom otpadaka na grupe.

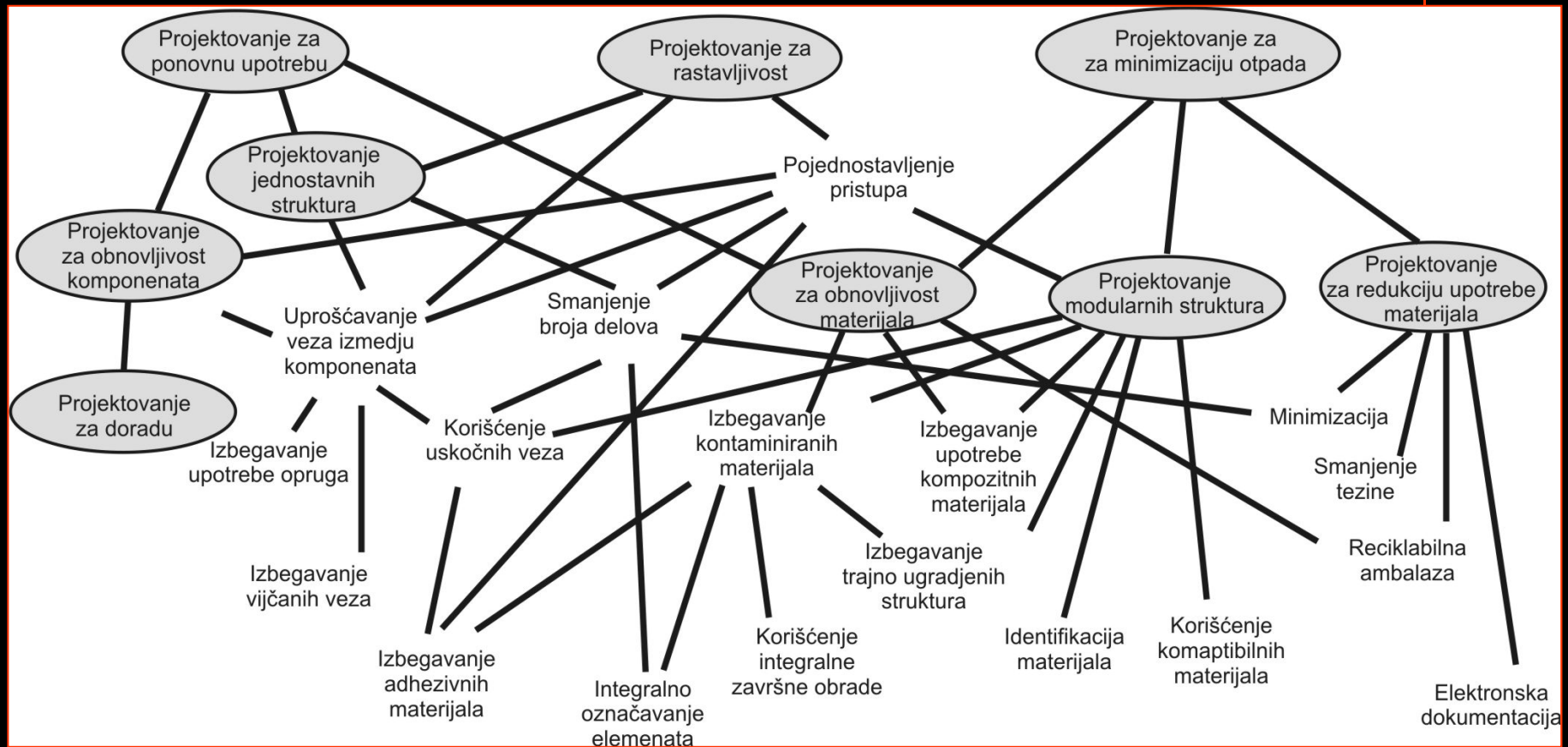
Moguće je obraditi i mešane frakcije ukoliko se materijal koji dominira definiše kao osnovni, kome se dodaju drugi materijali dobre podnošljivosti.

Razdvajanje materijala: Ako se u okviru nerastavljivih delova i sklopova jednog proizvoda ne može ostvariti međusobna kompatibilnost materijala, onda se oni u toku konstruisanja moraju rastaviti na manje celine.

Strategije DFE po fazama životnog ciklusa i aspekti uticaja



Mrežna struktura i elementi strategije DfE



Nivoi primene principa DfE i odgovarajuće strategije

Nivo primene principa DfE	Strategija	Opcije
Komponente proizvoda	Selekcija materijala sa nižim intenzitetom uticaja na životnu sredinu	• upotreba recikliranih materijala • stvaranje reciklabilnih struktura • primena čistijih proizvodnih procesa • projektovanje izmenljivosti komponenata • projektovanje energetski efikasnih komponenata
	Redukcija potrošnje materijala promenom načina upotrebe poluproizvoda	• redukcija mase • redukcija zapremine (reperkusije na transport)
Struktura proizvoda	Optimizacija proizvodnih procesa	• redukcija broja proizvodnih koraka i etapa u procesu • primena alternativnih tehnika povezivanja • smanjenje potrošnje energije i upotreba čistijih energenata • smanjenje upotrebe retkih ili teško dostupnih materijala • redukcija otpada iz proizvodnog procesa
	Optimizacija sistema distribucije	• primena redukovanih, reciklabilnih pakovanja i ambalaže za višekratnu upotrebu • primena transportnih sredstava sa efikasnom upotrebom energenata • razvoj energetski efikasne logistike distribucije
	Smanjenje uticaja na životnu sredinu u fazi eksploatacije	• projektovanje energetski efikasnih struktura • predviđanje upotrebe ekološki čistijih energenata • redukcija upotrebe potrošnih materijala i njihova selekcija po kriterijumima ekološke podobnosti • sprečavanje disperzije energije i materijala u toku upotrebe

Nivoi primene principa DfE i odgovarajuće strategije

Nivo primene principa DfE	Strategija	Opcije
Sistemska nivo proizvoda	Optimizacija veka trajanja proizvoda	•projektovanje pouzdanih i trajnih proizvoda •pojednostavljenje održavanja i popravke •formiranje modularnih struktura •primena eko-tehničkih, a ne masovno potrošačkih načela dizajna •stvaranje interaktivnih relacija između potrošača i proizvoda
	Optimizacija sistema postaplikativnog tretmana	•planiranje ponovne upotrebe proizvoda, po završetku primarnog tehnološkog ciklusa •formiranje infrastrukture za refabrikaciju - preradu i doradu •planiranje recikliranja materijala •rekuperacija energije strogo kontrolisanim incineracionim sistemima
Sistem sa antropocentričnog aspekta	Razvoj novih koncepata proizvoda i potrošačkih modela	•dematerijalizacija proizvoda •kolektivna upotreba dobara •funktionalna optimizacija proizvoda •integracija funkcija i namena