

## 1. Razvoj i proučavanje proizvoda

Veoma značajni aspekt poslovanja svakog poslovnog sistema je proizvodni program. U najširem smislu proizvodni program se definiše vrstom i količinom pojedinih proizvoda koje PPS, odnosno kompanija, ima u sopstvenoj ponudi. U savremenoj literaturi, proizvodni program se javlja i kao portfolio proizvoda kompanije. Kako je već ranije naglašeno, proizvod se javlja u funkciji «generatora» poslovnih tokova, koji su usmereni ka ostvarenju proizvodnje, da bi se podmirile odgovarajuće potrebe potrošnje i postigli ekonomski efekti koji bi obezbedili permanentnost cikličnog poslovnog procesa u sistemu. Pri tome se u proizvodu prelamaju glavne linije uticaja:

- Primene naučnih dostignuća,
- Tehnoloških i proizvodnih zbivanja,
- Zadovoljavanje rastućih potreba korisnika po strukturi i po količini.

Obzirom da proizvodni program najčešće obuhvata veći broj različitih proizvoda, tokom proučavanja i praćenja generišuće linije proizvoda neophodno je uključiti brojne interakcije koje nastaju između pojedinih proizvoda kroz sve faze životnog ciklusa, jer se u ovoj sferi nalaze značajne mogućnosti za razne vidove racionalizacije pojedinih segmenata procesa proizvodnje.

Opšti ciljevi poslovnog sistema orijentišu njegovu sveukupnu delatnost. Na osnovu opštih ciljeva poslovnog sistema definiše se odgovarajuća strategija i taktika. Pri tome, strategija kompanije je dugoročni plan, dok se taktički planira na srednjoročnom nivou. Programska orijentacija jedan je od ključnih elemenata u nastojanjima poslovnog sistema ka ostvarenju ciljeva definisanih strategijskim planiranjem. Tokom vremena programska orijentacija je podložna dodatnim uticajima, koji proističu iz promenljivog karaktera pojedinih uticajnih činilaca i uslova u kojima se ostvaruje. Samim time, i strategijski plan kompanije je podložan izvesnim promenama u toku planskog perioda. U procesu nastanka konkretnog proizvodnog programa razlikuju se tri nivoa:

1. Predviđanje budućih zbivanja u okruženju PPS-a, na tržištu, koji su od uticaja na programsku orijentaciju sa utvrđivanjem ključnih elemenata ka kojima treba usmeriti delatnost poslovnog sistema – dugoročno planiranje;
2. Izrada polaznog proizvodnog programa na bazi elemenata predviđanja sa ciljem da se konkretizuju odgovarajući elementi u vremenu i prostoru – izrada plana proizvodnje za duži vremenski period (npr. 3-5 godina);
3. Kratkoročno planiranje proizvodnog programa u skladu sa postavkama dugoročnog plana i realno sagledanih mogućnosti u cilju definisanja neposrednog proizvodnog programa kao podloge za akciju, odnosno, operativno delovanje – kratkoročno planiranje, odnosno izrada operativnog plana proizvodnje.

Prema tome, očigledno je da odeljenje za planiranje proizvodnje i kontrolu (PP&C) poslovno proizvodnog sistema prvenstveno vrši analizu tržišta i definiše potrebe za određenim proizvodom u budućem periodu, koji može biti 3 – 5 godina. Potom, zavisno od izabranog tipa proizvodnje (o tipovima proizvodnje će biti više reči u narednim poglavljima), definiše dugoročni plan proizvodnje za taj vremenski period. Potom, vrši se segmentacija dugoročnog plana proizvodnje do nivoa vremena trajanja jednog ciklusa proizvodnje. Odnosno, pravi se operativni plan proizvodnje za svaki pojedinačni ciklus.

Sam proces proizvodnje se potom realizuje upravo na osnovu operativnog plana. Razlog za to leži u činjenici da je budućnost neizvesna, te se ne mogu sa velikim nivoom tačnosti predvideti tržišna kretanja za period od 5 ili više godina. Samim time, zavisno od opštih i specifičnih uslova u kojima se ostvaruje poslovanje, postoje relativne razlike u pogledu egzaktnosti primenjivanih metoda i tehnika predviđanja, odnosno planiranja. To ima dalje posledice i u pogledu vremenskog horizonta, dugoročnog, odnosno srednjoročnog planiranja koje se razlikuje od slučaja do slučaja. Dugoročni planovi imaju sadržaje na bazi predviđanja, pored onih koji su posledica primena metoda i tehnike planiranja.

Projektovanje programa proizvodnje sažima i prelama u sebi sve stvarne i prividne protivurečnosti savremenog poslovanja, a koje se pretežno odnose na:

- veoma visoko izraženu neizvesnost budućih zbivanja zbog intenzivne promene uslova na tržištu,
- neophodnost dugotrajnih priprema radi ostvarenja kompleksnih zadataka,
- neophodnost uključivanja različitih vidova ulaznih materijala i energenata u proces proizvodnje, pre početka realizacije planova, koji generišu troškove poslovanja.

Samim time, dugoročna programska orijentacija, predstavlja u izvesnom smislu interpretaciju dugoročne razvojne koncepcije preduzeća, a što je u neposrednijoj sprezi sa stratejskim ciljevima. Prema tome, dugoročni program proizvodnje, deo je stratejskog planiranja u okviru PPS-a i rezultat je vizije definisane od strane top menadžmenta kompanije.

Proizvodni program srednjoročno i kratkoročno, predstavlja dalju razradu u smislu konkretizacije stratejskog koncepta razvoja poslovnog sistema, na nivou srednjih i nižih hijerarhija menadžment struktura.

Realizacija srednjoročnih i kratkoročnih proizvodnih programa povratno utiče na koncepte dugoročnih programa. Naime, kada se krene sa realizacijom procesa proizvodnje na nivou proizvodnih ciklusa, može se doći do zaključka da se proces ne odvija prema planu, te se ta povratna informacija koristi za korekciju procesa proizvodnje u narednim ciklusima, što na kraju može dovesti i do korekcija dugoročnog plana.

Izuzetna dinamičnost inovacija postojećih proizvoda, kao i brzo kreiranje novih, potvrđuje tezu o izuzetnoj ulozi proizvoda u okviru tekuće delatnosti i razvoja poslovno-proizvodnog sistema. Kao pokazatelj navedenog stanovišta, karakterističan je podatak da 95% industrijskih proizvoda u SAD nisu stariji od 5 godina. Visoka frekvencija zamene proizvoda nameće potrebu ubrzanog rešavanja brojnih problema, od kojih zavisi snižavanje troškova proizvodnje i unapređenje kvaliteta proizvoda.

Samim time, treba imati u vidu da svaki proizvod ima određeni životni ciklus. Pozicija proizvoda u okviru pojedinih faza životnog ciklusa, od velikog je značaja u planiranju aktivnosti u okviru planiranja i kontrole procesa proizvodnje. Jedan od korisnih instrumenata dugoročnog planiranja razvoja preduzeća je kriva životnog ciklusa proizvoda (Slika 1.1). To je instrument koji može i treba da inicira proizvodnu orijentaciju, a na osnovu marketing istraživanja. Konkretno ova kriva je osnov preduzeća za kontrolu prilagođenosti proizvodnog i prodajnog programa, kao i asortimana preduzeća tržištu i potražnji na njemu.

Pod životnim ciklusom proizvoda, podrazumeva se vremenski period od uvođenja proizvoda na tržište, pa sve do njegovog povlačenja iz prometa, sa stanovišta njegove realizacije, a posmatrano po fazama kretanja proizvoda na tržištu. Prema teorijskom – idealnom - obliku krive životnog veka proizvoda (koja se u literaturi sreće i kao kriva životnog ciklusa proizvoda iz ugla potražnje), u životnom veku jednog proizvoda treba razlikovati sledeće faze (Slika 1.1.a): fazu «uvođenja» (1), fazu «rasta» (2), fazu «zrelosti» (3), fazu «opadanja» (4) i eventualno fazu «preporoda» (5), tj «regeneracije» proizvoda.

Elementi koji utiču na dužinu životnog ciklusa proizvoda, odnosno brzinu kojom proizvod prolazi kroz pojedine faze, iz ugla potrošača se mogu definisati stavom: nabaviti što kvalitetniji proizvod odgovarajućih karakteristika, po što nižoj ceni.

Svi proizvodi koje kompanija planira da proizvodi u nekom dužem ili kraćem vremenskom periodu svrstavaju se u proizvodni program, odnosno predstavljaju tzv. „portfolio proizvoda“ kompanije. Planiranje vrste i količine proizvoda se prvenstveno radi na dugoročnom (strategijskom nivou) a potom se odluke spuštaju na niže nivoe planiranja – do nivoa jednog ciklusa proizvodnje, čime se formira operativni plan proizvodnje. Prema tome, plan proizvodnje je u svakom slučaju usko povezan sa programom proizvodnje. Prema tome, može se reći da u okviru poslovnog sistema, dugoročni i kratkoročni proizvodni programi definišu radne zadatke na dizajnu i proizvodnji odabranih proizvoda u portfolio. Na taj način, usvojena struktura asortimana proizvoda i odgovarajuće količine u najvećoj meri predodređuju zadatke pojedinih organizacionih jedinica u okviru realizacije odabranih programa.

Svojstva proizvoda bliže određuju obim i vrstu poslova i operacije koje treba obaviti da bi se sa uspehom obavljali predviđeni zadaci. Shodno tome, svaki proizvod

predstavlja generišući elemenat poslovnog procesa.

Na taj način, izuzetno značajan segment upravljanja proizvodnjom predstavljaju aktivnosti razvoja i proučavanja proizvoda.

Oblast razvoja proizvoda podrazumeva sve aktivnosti na dizajnu „novih“ proizvoda, dok se proučavanje proizvoda najčešće odnosi na kvalitativnu analizu postojećih proizvoda u cilju njihovog daljeg unapređenja.

### **1.1. Razvoj proizvoda**

Prilikom isticanja pojma „novi“ proizvod, treba imati u vidu, da je iz ugla upravljanja proizvodnjom moguće razlikovati sledeće pojavne oblike novih proizvoda. Naime, to može biti apsolutno nov proizvod, koji se do tada nije javljao na tržištu (kakvih je zapravo veoma malo, postoje podaci da se svega 1% aktuelnih proizvoda na svetskom tržištu mogu okarakterisati na ovaj način, dok su ostali proizvodi zapravo modifikacija već postojećih) ili je to nov proizvod iz ugla posmatranog PPS-a (naime, proizvod kakav je već postojao na tržištu, ali ga razmatrani PPS nije imao u svojem proizvodnom programu). Iz ugla planiranja i operativnog menadžmenta rad na razvoju obe dimenzije „novih“ proizvoda je zapravo identičan. Takođe, treba istaći da je operacije razvoja i proučavanja proizvoda, nemoguće razdvojiti od operacija razvoja i proučavanja procesa proizvodnje, koji će biti u upotrebi za proizvodnju odabranih proizvoda kompanije. Kod planiranja vrste proizvoda u proizvodnom programu, treba imati u vidu da proizvodi koji se nude tržištu moraju biti na zahtevanom nivou kvaliteta. Pri čemu, kvalitet proizvoda predstavlja nivo uspeha sinteze:

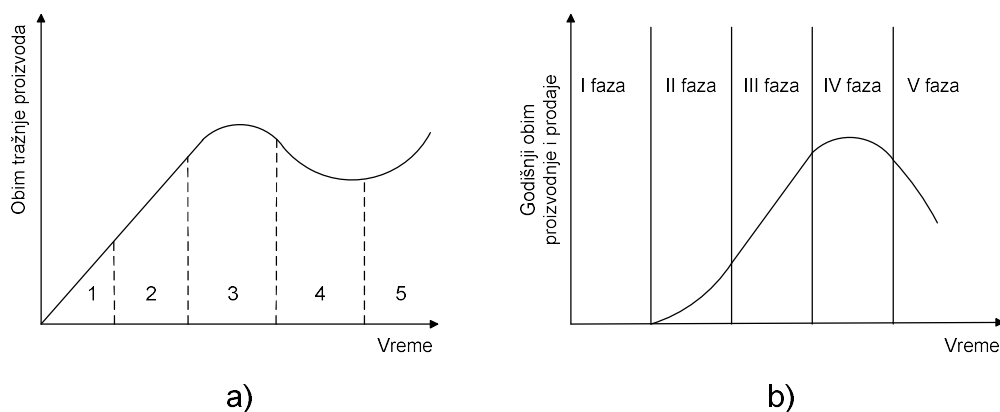
- potreba korisnika (potražnja)
- poslovnih potencijala (ponuda)
- tehničko-tehnoloških i proizvodnih mogućnosti (ponuda).

Dinamičan karakter navedenih determinanti tokom vremena, kao i prisutna uzajamna uslovljenost, uzrokuju izuzetno složen proces u kome se proizvod proizvodi, inovira, prodaje i povlači sa tržišta. Samim time, neophodno je svaki od proizvoda kompanije posmatrati i prema poziciji koju trenutno zauzima u životnom veku, za šta je korisni alat kriva životnog veka proizvoda.

Na slici 1.1. predstavljen je izgled idealnog i realnog oblika krive životnog ciklusa proizvoda (koja se naziva i kriva životnog veka proizvoda iz ugla ponude). Razlika je u tome što se kod krive realnog oblika životnog ciklusa proizvoda u obzir mora uzeti i period idejne razrade i razvoja novog proizvoda, pre njegove zvanične pojave na tržištu (pre faze uvođenja). Takođe, u realnim okolnostima nije čest slučaj da se pojavi, tzv. regeneracija istog proizvoda. Da bi proizvod ponovo postao interesantan istom tržištu, neophodno je raditi na njegovom proučavanju i modifikaciji njegovih

svojstva, što često rezultuje totalnom transformacijom proizvoda. Iz tog razloga, na slici 1.1.b, takođe nema faze „preporoda“.

S obzirom da proizvod prolazi kroz različite faze od ideje do povlačenja sa tržišta, pa shodno tome i odgovarajuće sadržaje aktivnosti transformacije, što se podvodi pod "životni vek" proizvoda, u nastavku će biti izložena karakteristična problematika u tom procesu.



*Slika 1.1. Kriva živornog veka proizvoda u slučaju bez a) i sa b) uzetim u obzir periodom idejne razrade i razvoja novog proizvoda*

Na taj način, realnom treba posmatrati situaciju datu na slici 1.1.b, koja se karakteriše sledećim fazama:

U I fazi - idejna razrada i razvoj novog proizvoda - dolaze do izražaja -kreativni potencijali PPS sa osnovnim ciljem da se dođe do rešenja koje na optimalan način usaglašava potrebe korisnika i poslovne, tehničko-tehnološke i proizvodne mogućnosti datog sistema,

U II fazi - uvođenje proizvoda - razvijen proizvod se suočava sa korisnicima jer putem prodaje dospeva u eksploataciju,

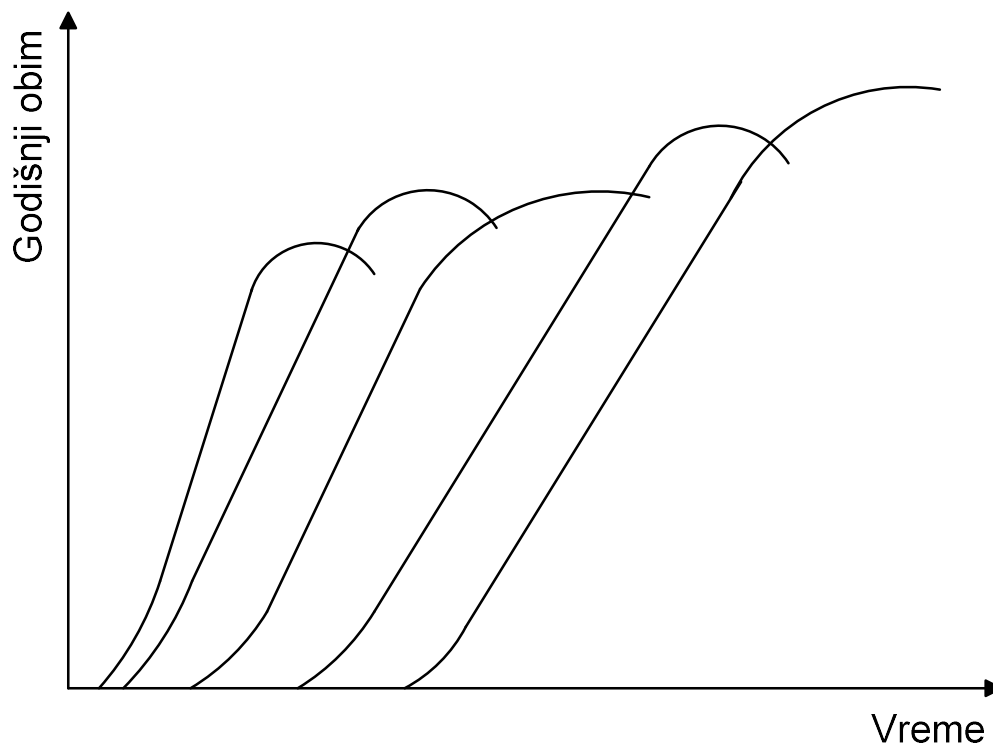
U III fazi - rast - obim proizvodnje pokazuje izraziti porast, pa posledično i prihod od prodaje čime se manifestuje prihvatanje proizvoda od novih korisnika,

U IV fazi – zasićenje (zrelost) - dati proizvod doseže kulminaciju prihvatanja od strane korisnika bez tendencija daljeg rasta,

U V fazi - odumiranje - proizvod biva postepeno potisnut pojavom novih kvalitetnijih proizvoda ili usled postupnog prestanka potreba korisnika za tom vrstom proizvoda a što se izražava padom prihoda i, konačno, prestankom proizvodnje date vrste proizvoda.

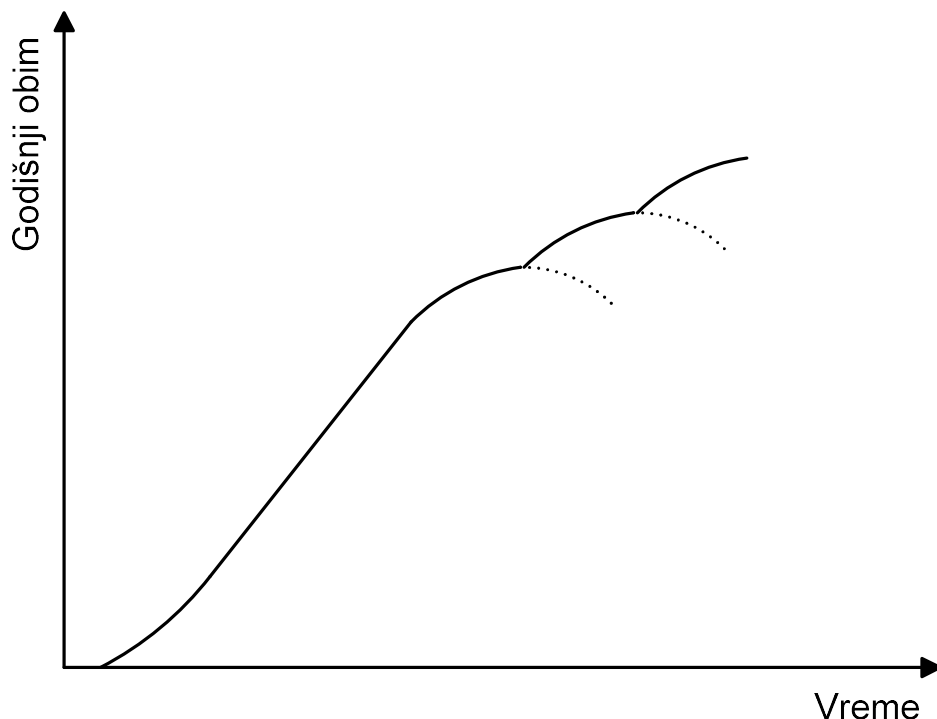
Naravno situaciju sa planiranjem razvoja i proučavanjem proizvoda dodatno kompleksnom čini i činjenica da veliki broj kompanija zapravo u isto vreme proizvodi veći broj različitih proizvoda. Pored toga, u okviru poslovnog sistema normalno je da postoje više proizvoda u različitim fazama svog "životnog veka",

čime se i inače složen karakter zbivanja usložnjava. Na taj način, na slici 1.2. su predstavljene krive životnog veka više različitih proizvoda.



*Slika 1.2..Krive životnog veka više različitih proizvoda*

Kako je već rečeno, nije isključeno da isti proizvod na neki način i bude ponovno ponuđen tržištu. Međutim, da bi se to ostvarilo, neophodno je da se u fazi maksimalnog profita koji se ostvaruje prodajom datog proizvoda (faza III), deo tog profita upravo usmerava na proučavanje i unapređenje samog proizvoda u cilju zadovoljenja novih potreba kupaca. Samim time, relativno je usamljen slučaj da proizvod proživi svoj vek u početnoj varijanti. Usled simultanog dejstva spoljasnih i unutrašnjih faktora, ponude i potražnje, dolazi do transformacije usvojenog prvobitnog rešenja, što se odražava kroz odgovarajuće inovacije. Na slici 1.3. dat je grafički prikaz "životnog veka" proizvoda sa inovacijama.



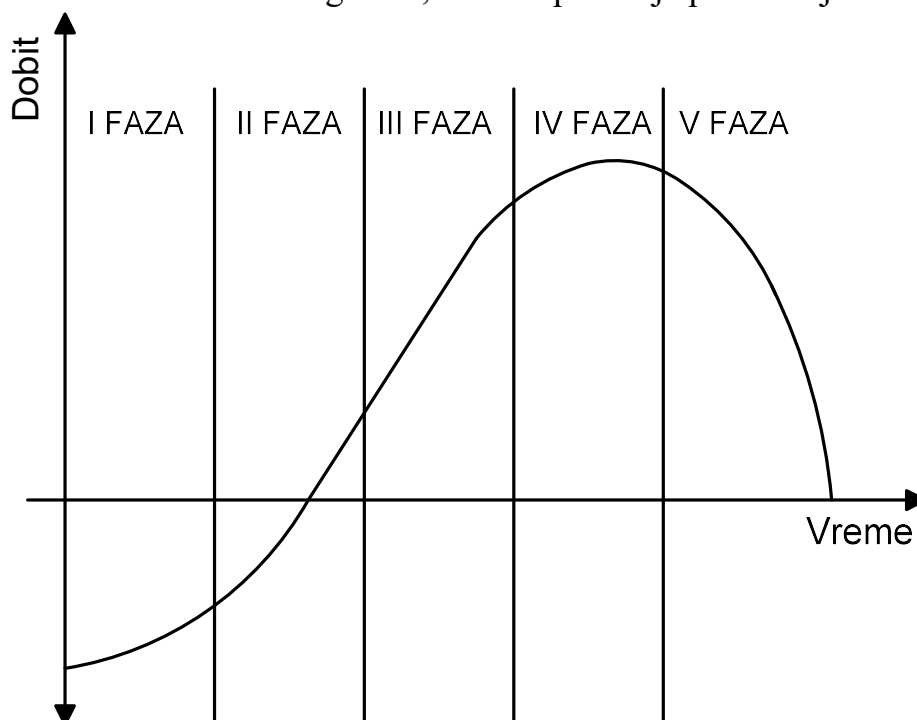
*Slika 1.3.. Životni vek proizvoda sa uključenim stadijumom inovacija*

Naime, u toku eksploatacije datog proizvoda na tržištu, predstavnici kompanije mogu posredstvom marketing istraživanja tržišta, doći do podataka o izmenjenim potrebama korisnika – izmena potražnje. Takođe, može doći i do promene u tehničko tehnološkim karakteristikama procesa u samoj kompaniji (uvođenje nove tehnologije proizvodnje, uvođenje novih – savremenijih materijala za proizvodnju, modifikacija proizvodnje opreme ili alata – što rezultuje izmenjenom ponudom), te su svakako veoma česte modifikacije na samom proizvodu u toku njegovog životnog veka, kako bi se životni ciklus proizvoda produžio. Kao jednostavan primer može se pomenuti razvoj računara novije generacije. Naime, globalna PC era je započela sa konfiguracijom 286, koja je potom modifikacijama prerasla u 386, potom 486, Pentijum 1, Pentijum 2, ..... Na taj način, opšte posmatrano, proizvod o kojem je reč je u svim slučajevima zapravo personalni računar. Međutim, modifikacije koje su rezultovale produženjem njegovog životnog veka su tolike da je teško bilo uporediti karakteristike PC 286 sa karakteristikama P2 konfiguracija, a nezamislivo bi ih bilo porediti sa karakteristikama savremenih kompjutera. Ipak, svi navedeni nivoi zapravo predstavljaju samo modifikacije bazirane na inovacijama, u načelu istog proizvoda.

Sve navedene inovativno razvojne aktivnosti se čine sa namerom da se promene pozitivno odražavaju na prihode poslovnog sistema, što samo po sebi iziskuje razradu poslovne strategije koja bi na optimalan način pokrenula i održavala

odgovarajuće aktivnosti. Pored strategije, veoma je značajno organizovati rad brojnih funkcija, grupa i pojedinaca kako bi se ostvarili očekivani efekti poslovne strategije. Tu je svakako od značaja postojanje adekvatnog odeljenja za planiranje proizvodnje i kontrolu (PP&C), kao značajnog segmenta odeljenja istraživanja i razvoja (R&D) u okviru PPS-a.

Interesantno je krivu životnog veka pratiti paralelno sa krivom ostvarene dobiti u funkciji vremena tokom životnog veka, ovakav prikaz je predstavljen na slici 1.4.

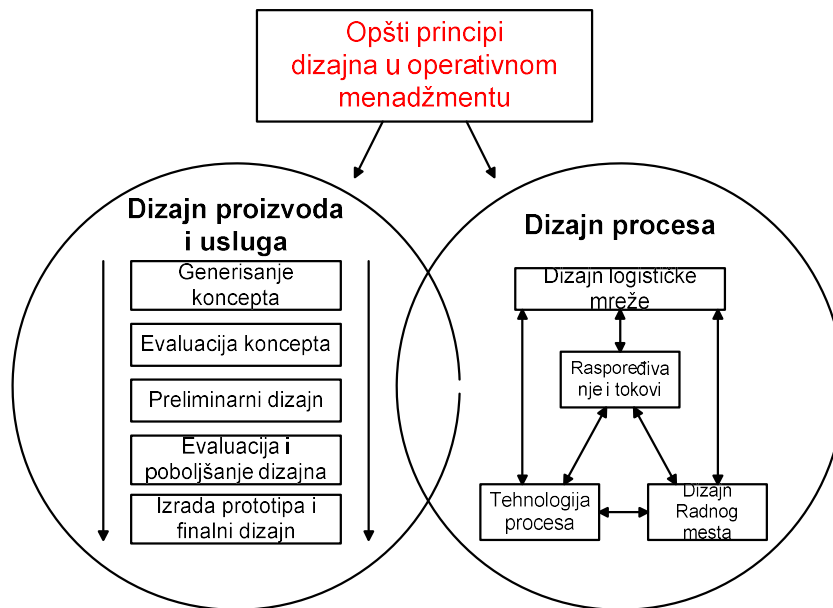


*Slika 1.4. Ostvarena dobit PPS-a od proizvoda u toku vremena prisustva na tržištu*

### ***1.1.1. Operativni pristup razvoju proizvoda***

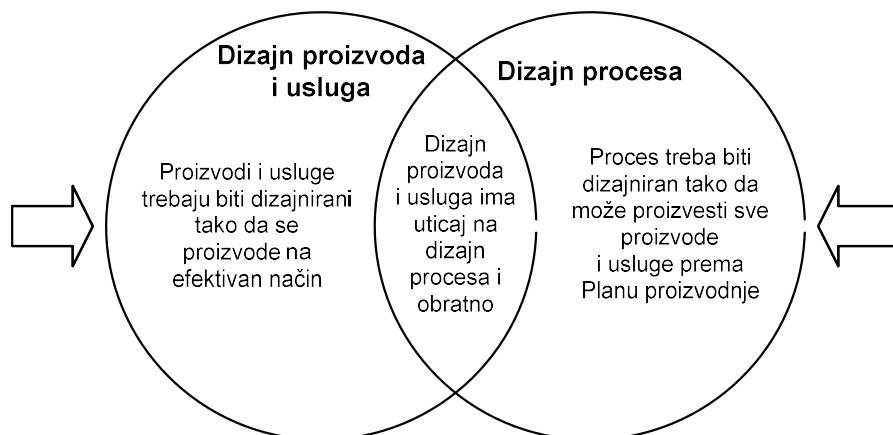
Iz ugla operativnog menadžmenta, razvoj i dizajn proizvoda i usluga se ne može razdvojiti od razvoja i dizajna tehnoloških procesa za njihovo generisanje, Slika 1.5.





Slika 1.5. Razvoj proizvoda i usluga kao operativna aktivnost kompanije

Značaj interakcije između dizajna proizvoda i dizajna procesa, predstavljen je na slici 1.6.



Slika 1.6. Interakcija dizajna proizvoda i procesa

Kako bi se sumirao koncept razvoja izlaza procesa proizvodnje, u narednom tekstu će biti ukratko opisan proces dizajna proizvoda i usluga, iz ugla menadžmenta operacija kompanije.

Sama reč „Dizajn“ podrazumeva zamišljanje izgleda, uređenja i rada na nekom objektu pre nego što je on zaista kreiran. Samim time, ovde se radi o apstraktnom nivou razmišljanja, odnosno o apstraktnim sistemima, što dovodi do povećane kompleksnosti samih operacija dizajna.

Kako bi se donela finalna odluka o novom produktu ili usluzi, aktivnosti dizajna moraju proći kroz nekoliko ključnih faza, slika 1.7.



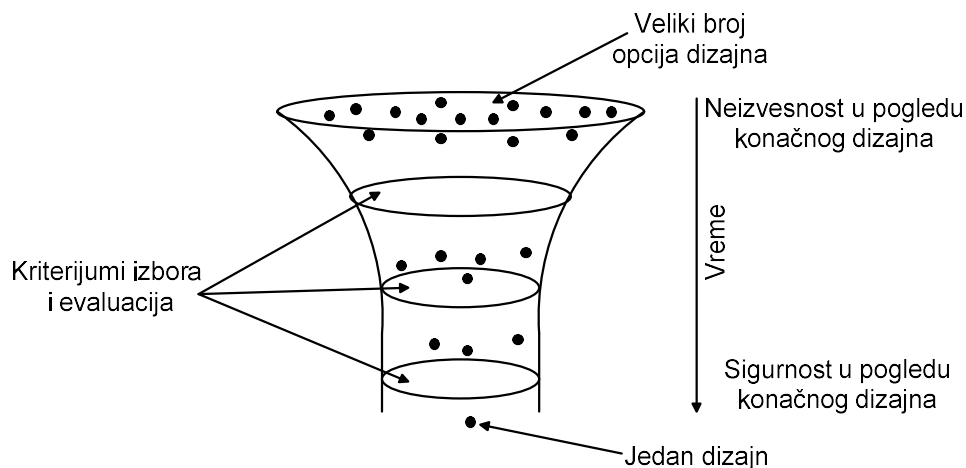
*Slika 1.7. Ključne faze u dizajnu novih proizvoda*

Stadijum **generisanja koncepta** novog proizvoda počinje sa idejom o proizvodu ili usluzi. Ideja može doći od izvora van kompanije (kupci, konkurencija, snabdevači, ...) ili od izvora unutar kompanije (prodavci, operateri, marketing, R&D, ...). Ipak, u suštini, stručnjaci za marketing kompanije su odgovorni za sakupljanje ideja iz ovih izvora i da ih transformišu u ideje za nove proizvode/usluge. Sakupljanje samih podataka može se obaviti primenom brainstorminga, upitnika, intervjua, fokusnih grupa, Delfi metode – mišljenja eksperata, analizom primedbi korisnika, sakupljanjem podataka od servisera, ....

Takođe, marketing mora pratiti aktivnosti konkurencije i razmišljati o mogućnosti kreiranja sličnih proizvoda u budućnosti, ukoliko u datom momentu konkurencija ima inovativnije ili bolje rešenje za svoje proizvode. Ovo je zapravo vrsta benchmarking aktivnosti upoređivanja sopstvenih proizvoda sa proizvodima konkurencije.

Takođe, u savremenom poslovnom svetu veoma je zastupljen koncept selekcije inovativnih ideja primenom „open-sourcing“ odnosno pristupa otvorene inovacije. Ovaj pristup se zasniva na intenzivnom korišćenju društvenih mreža, interneta, web anketa ili tematskih internet grupa u okviru LinkedIn, Facebook, ResearchGate ili drugih online platformi. Na kraju, predstavnici marketinga kompanije su zaduženi i da formiraju brainstorming skupove za svoje osoblje angažovano u proizvodnji, kako bi se generisale ideje o novim proizvodima. Takođe, saradnja marketinga sa odeljenjem za R&D ima izuzetan značaj u adekvatnoj selekciji ideja o novim proizvodima.

Ipak, sve ideje koje su sakupljene u toku generisanja koncepta novog proizvoda neće zaista i postati novi proizvodi. U sledećoj fazi se vrši **evaluacija koncepta**. U ovoj fazi se vrši kvalitativna i kvantitativna analiza svakog od predloženih konceptata iz prethodnog stadijuma, kako bi se broj konceptata sveo na svega nekoliko, ili jedan, finalni koncept koji će se dalje razvijati do novog proizvoda kompanije. U literaturi se može naći veliki broj tehnika za evaluaciju koncepta. Često korišćen sinonim je tzv. „innovation funnel“ – ili „levak inovacija“, koji slikovito prikazuje proces evaluacije (Slika 1.8).

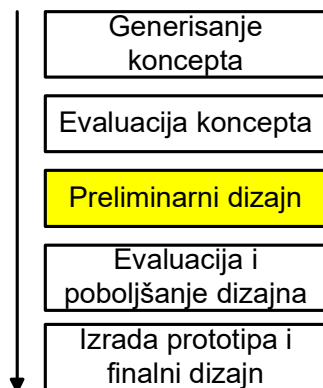


Slika 1.8. Proces selekcije ideja kroz evaluaciju koncepta novog proizvoda

U suštini, svi koncepti sakupljeni u prvoj fazi, u fazi evaluacije se analiziraju iz ugla održivosti, prihvatljivosti i osetljivosti na rizik. U samom procesu učestvuju predstavnici departmana za marketing, operacije (proizvodnju) i finansije. Na slici 1.9 je predstavljena evaluacija kroz bitne kriterijume po kojima treba analizirati sve ideje o novim proizvodima.

		<b>Marketing</b>	<b>Operacije</b>	<b>Finansije</b>
Generisanje koncepta				
<b>Evaluacija koncepta</b>	<b>Izvodljivost</b> (Može li se to uraditi?)	Da li je tržište dovoljno veliko?	Ima li PPS veštine i mogućnosti da to proizvede?	Ima li dovoljno finansijskih sredstava za razvoj i lansiranje proizvoda?
Preliminarni dizajn				
<b>Evaluacija i poboljšanje dizajna</b>	<b>Prihvatljivost</b> (Da li se to želi uraditi?)	Koliki tržišni udeo to može doneti?	Koliko se PPS mora reorganizovati da bi se to proizvodilo?	Koliki će biti povraćaj finansijskih sredstava?
Izrada prototipa i finalni dizajn				
	<b>Ranjivost</b> (Da li je taj rizik prihvatljiv?)	Šta je rizik gubitka tržišta?	Šta je rizik nemogućnosti da se to proizvede na prihvatljiv način?	Koliko novca se može izgubiti ako stvari krenu loše?

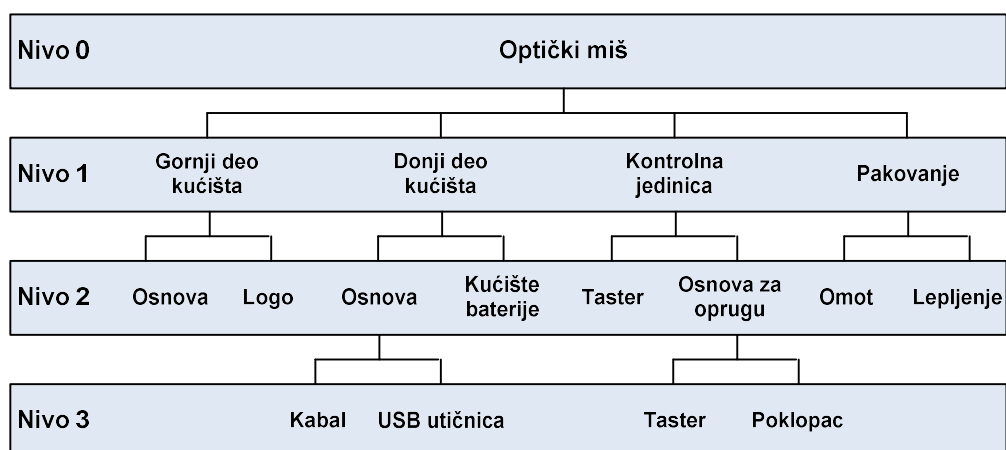
Slika 1.9. Kriterijumi evaluacije ideja o novim proizvodima



U fazi **preliminarnog dizajna**, koja se dešava nakon što je selektovana ideja o proizvodu koji je prihvatljiv za razmatranu kompaniju, mora se razmišljati o sledećem:

1. Definirati specifikaciju svih komponenti proizvoda i usluga koji će činiti razmatrani paket proizvod-usluga;
2. Definirati proces kojim će se kreirati dati paket proizvod – usluga.

U toku definisanja specifikacija svih komponenti proizvoda i usluga u paketu zapravo se razmišlja o svim sklopovima, podsklopovima i delovima koji čine sastav samog proizvoda, zatim o strukturi proizvoda (redosledu aktivnosti na sklapanju novog proizvoda – definisanih sastavnicom proizvoda), kao i o vrsti i količini neophodnih repromaterijala od kojih će se proizvoditi komponente i delovi finalnog proizvoda. Sastavni elementi proizvoda se predstavljaju takozvanom listom materijala (Bill of materials – BOM, slika 1.10).

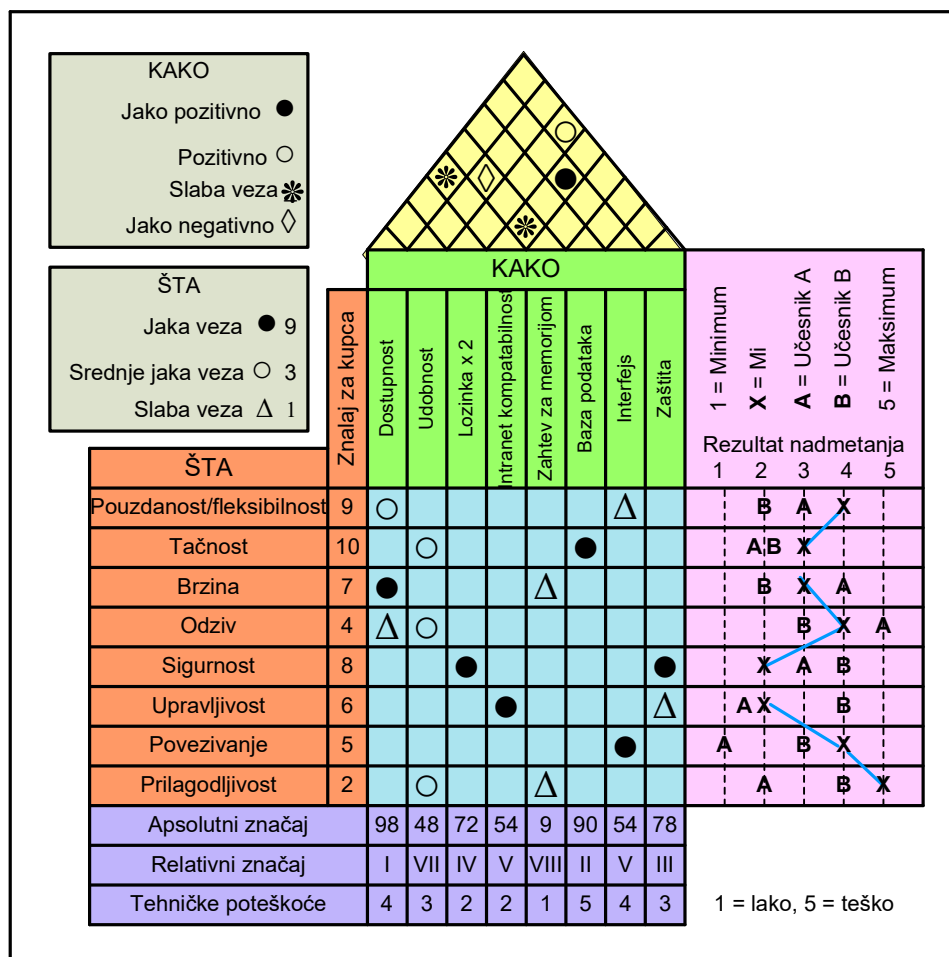


Slika 1.10. Predstavljanje strukture proizvoda „optički miš“ po principu BOM

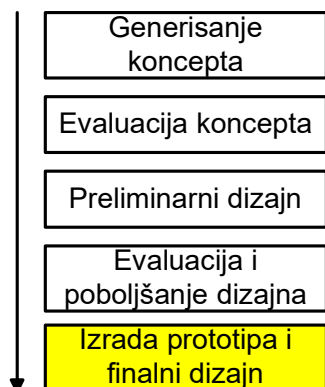
Tokom razvoja procesa proizvodnje novog proizvoda razmišlja se o redosledu kojim delovi i komponente proizvoda trebaju da se proizvedu i ugrade u finalni proizvod. Takođe, ovde se razmišlja o najadekvatnijem tehnološkom procesu koji se treba koristiti za dobijanje novih proizvoda, bilo da je u pitanju modifikacija postojeće tehnologije u kompaniji ili selekcija raspoloživih tehnologija koje treba nabaviti.

Sledeća faza u dizajnu novog proizvoda je **Evaluacija i poboljšanje dizajna**. U ove svrhe je razvijen veliki broj metodologija koje se mogu primeniti kako bi se preliminarni dizajn poboljšao. Jedna od najpopularnijih metoda je Quality Function Development (QFD), koja je razvijena u Japanu u Mitsubishi's Kobe brodogradilištu a potom je široko primenjena u Toyota kompaniji. Ova metoda pokušava da uveća

sigurnost proizvođača da će finalni dizajn proizvoda zaista odgovarati potrebama kupaca ali i da je, sa druge strane, u skladu sa proizvodnim potencijalima PPS-a. Sama tehnika uključuje analizu potreba i želja kupaca i određivanje načina na koji se ove želje mogu postići. QFD tehnika je u literature prisutna i sa nazivom “kuće kvaliteta” zbog samog oblika matrice koja se primenjuje kao osnovni alat metode. Takođe, ima je i pod nazivom “glas kupaca” zbog svoje osnovne uloge. Na slici 1.11. predstavljen je oblik matrice koja se primenjuje za evaluaciju dizajna u okviru QFD metode. Na ovoj slici je predstavljen „website“ kao finalni proizvod. Ipak, na nivou ovog kursa sama metoda neće biti šire razmatrana, obzirom da će biti proučavana u okviru drugih predmeta na studijskom programu Industrijskog inženjerstva. Više podataka o samoj metodi može se naći u knjizi „QFD – Step by Step“, autora John Terninko.



Slika 1.11. “Kuća kvaliteta” osnovini alat QFD tehnike



Izrada prototipa i finalni dizajn je finalna faza dizajna novog proizvoda. Zavisno od tipa proizvoda i proizvodnog procesa, ponekad je moguće pre početka proizvodnje finalne proizvodne serije uraditi jedan (ili manji broj proizvoda) u vidu prototipa. Najčešće se za izradu prototipa koriste specijalne metode, koje se razlikuju od tehnologije koja će se koristiti za masovnu proizvodnju, što utiče na visoku cenu samog procesa dobijanja prototipa. Ipak, u uslovima industrije kao što je automobilska, aero, farmaceutska, gde postoje investiciona sredstva, ovaj se

koncept često primenjuje. U ovom stadijumu aktivnosti dizajna, unapređeni dizajn se transformiše u prototip koji se može testirati. U uslovima skupe proizvodnje, suviše je rizično započeti serijsku proizvodnju pre testiranja prototipa. Kao dokaz tome može se uzeti činjenica da mnogi prototipovi automobila poznatih svetskih proizvođača nikada nisu doživeli serijsku proizvodnju. Na taj način, iako je izrada prototipa skupa, stvara manje gubitke nego što bi stvorila investicija u tehnološki proces i dobijanje čitave serije automobila koji se ne bi ostvarili na tržištu. Sami prototipovi proizvoda mogu biti fizički, napravljeni od različitih savremenih materijala, o čemu će biti više reči u poglavlju – Brz razvoj prototipa; ali mogu biti i virtualni - napravljeni putem 3D CAD (Computer-Aided-Design) softverskih rešenja kao što su AutoCad, Catia, itd. U savremenom pristupu, svakako, najčešća je kombinacija gde se prvo generiše 3D CAD prototip koji se potom materijalizuje pomoću savremenih 3D štampača ili neke od drugih dostupnih savremenih tehnika brze izrade prototipa.

Kako se u savremenom poslovanju sve više koriste tehnike brzog razvoja proizvoda, samim time, prisutan je i koncept brzog razvoja prototipa, koji se sastoji u integraciji 3D CAD i savremenih tehnika za dobijanje materijalnog oblika prototipa. Brz razvoj prototipa (Rapid prototyping **RP**) je relativno nova klasa tehnologija koja može automatski proizvesti fizičke modele i delove prototipa direktno od 3D CAD podataka. RP mašine imaju mogućnost proizvodnje čvrstih modela od različitih materijala uključujući različite vrste plastike, keramiku, drvo i metale na osnovu tankih horizontalnih poprečnih preseka kompjuterskog modela (3D CAD) i na taj način konstruiše fizički model sloj po sloj. U suštini, ove tehnike se u velikoj meri zasnivaju na 3D štampi. U poređenju sa klasičnim, parcijalnim metodima izrade, RP nudi sledeće prednosti:

- objekti se mogu formirati bez obzira na geometrijsku kompleksnost bez potrebe za komplikovanim mašinskim alatima,

- RP sistemi transformišu konstrukciju kompleksnih objekata u relativno brz proces jednostavan za rukovanje.

RP sistemi su sada u širokoj upotrebi kod inženjera i proizvođača kao način smanjenja proizvodnog vremena, za bolje razumevanje i dizajn produkta uz mogućnost upotrebe metoda brze mašinske obrade (Rapid Tooling).

## **Tehnike brzog razvoja prototipa**

U narednom tekstu biće razmatreno šest različitih, komercijalno dostupnih, često korišćenih tehnika RP-a:

*Stereolitografija* (Stereolithography Apparatus **SLA**) je početni ali i dalje široko primenjiv sistem RP-a. Tehnika proizvodi fizički 3D model od fotosenzitivnih tečnih polimera koji očvršćavaju kada se izlože ultraljubičastom zračenju.

Model se razvija na platformi smeštenoj ispod same površine tečne epoksi smole. Kompjuterski kontrolisani UV laser formira prvi sloj, očvršćavanjem poprečnog preseka modela. Kada se prvi sloj završi cela platforma se uranja dublje u tečnost, te opet novi sloj tečnosti pokriva formirani čvrsti sloj. Proces se ponavlja stvaranjem novih slojeva na već postojećem, do formiranje konačnog modela. Nakon toga, očvršli komad se izvlači iz tečnosti i smešta u UV komoru radi završetka procesa očvršćavanja. Instrukcije za kretanje samog lasera se generišu na osnovu prethodno konstruisanog 3D CAD modela.

*Proizvodnja slojevitih objekata* (Laminated Object Manufacturing **LOM**) ova tehnika povezuje slojeve listova materijala premazanih lepkom i na taj način formira prototip. U počecima ove metode koristio se termoaktivni sloj prevučen preko papira. Kasnije je upotrebljena platforma na kojoj se smeštao prvi sloj od papira, na njega se pomoću posebnog uređaja nanosila dvostrana lepljiva traka a potom naredni sloj i tako redom. Nakon toga preko slojeva je prelazio zagrejeni valjak da bi se slojevi objedinili. Kompjuterom navođeni laser opseca konture sloja nanetog na osnovu i nakon toga se nanosi novi i svaki sledeći sloj. Proces se ponavlja dovoljan broj puta do završetka modela. Obzirom da se modeli izrađuju od papira oni se potom premazuju farbom ili lakom da bi se sprečilo prodiranje vlage ili drugi vid oštećenja.

*Selektivno lasersko sinterovanje* (Selective laser sintering **SLS**) koristi laserski zrak da selektivno spoji praškasti materijal u čvrsti objekat. Tehnika SLS-a upotrebljava različite sprašene materijale kao što su najlon, elastomeri, soli metala i metali. I u ovom slučaju prah se nanosi na platformu na kojoj laser navođen računarom formira prvi sloj, potom se nanosi prah za naredni sloj i tako redom.

*Model depozicije rastopa* (Fused deposited model **FDM**) koristi ispune stopljene termoplastike koja se istiska iz zagrejanog pika (glave) da bi se formirali slojevi novog modela. Glava (pik) uređaja za istiskanje se može kretati u x-y ravni i

kontrolira se u smislu nanosa veoma tankih slojeva rastopa na polaznoj platformi. Platforma se hlađenjem održava na niskoj temperaturi čime naneta termoplastika brzo očvršćava. Spojevi slojeva se omogućuju konstrukcijom posebnih spojnica unutar samih slojeva u koje se smestaju bušenjem.

*Formiranje čvrste osnove* (Solid Ground Curing **SGC**), donekle je slično kao SLA tehnika jer takođe koristi UV zrake za selektivno očvršćavanje fotoosetljivih polimera. Na početku, fotoosetljivi rastvor se sprejom nanese na platformu. RP mašina razvija fotomasku sloja koji se treba formirati. Fotomaska se potom izlaže UV zračenju, koje samo prolazi kroz providne delove maske i na taj način se selektivno očvršćava sloj.

Kada se formira željeni sloj RP mašina uklanja višak tečnosti vakuumom i na njegovo mesto nanosi vosak. Površina se poravna i proces ponavlja onoliko puta, koliko je slojeva potrebno za formiranje konačnog modela.

*3D Printing*, za razliku od gore navedenih metoda, 3D Printing se odnosi na celu klasu RP mašina koje koriste print tehnologiju. I ovde se komadi izrađuju na platformi smeštenoj ispod posude napunjene prahom. Glava 3D printera selektivno «printa» vezivo koje sjedinjava prah u odabranim zonama i tako stvara prvi sloj. Platforma se potom spušta, ili glava printera podiže, i na nju se nanosi nova količina praha, i proces «printanja» se ponavlja. Nakon završetka, deo se sinteruje i uklanja se višak praha.

Neke 3D Printing tehnološke mašine za RP koriste dvostruke print-jet uređaje: jedan za distribuciju niskotopive termoplastike od koje se model pravi i drugi koji distribuira vosak koji povezuje slojeve. Nakon nanosa svakog sloja sam uređaj vrši poravnavanje površinskog sloja.

Prednosti RP tehnika leže u visokom kvalitetu proizvedenih delova. Proces daje visoko precizne modele sa odličnim kvalitetom površina. Ovakvi kvaliteti čine RP modele pogodne za vizualnu prezentaciju. Ipak, RP sistemi zahtevaju sofisticiranu opremu, visoke cene materijala i održavanja i specijalizovane operatere.

RP se široko koristi u automobilske, aero i medicinske industriji. Iako su moguće primene takoreći neograničene, gotovo sve su iz oblasti izrade prototipa, brze izrade alata ili brze proizvodnje.

Osnovna namena RP je da brzo formira prototipove za komunikacijske i test namene. Prototipovi veoma unapređuju komunikaciju jer je većini ljudi lakše da razumeju 3D objekte od 2D CAD tehničkih crteža, posebno u fazi traženja investitora za projekat razvoja novog proizvoda, jer vlasnici kapitala najčešće nisu tehnička lica kojima bi bili jasni ravanski CAD crteži, dok su 3D modeli jasni svakom. Prototipovi su takođe korisni za testiranje dizajna da bi se ustanovilo da li on može obavljati određenu funkciju.



## 1.2. Proučavanje proizvoda

Proučavanje proizvoda ima za cilj razmatranje već postojećih proizvoda PPS-a u cilju njihovog daljeg unapređenja, u skladu sa novim ili izmenjenim željama korisnika. Ovaj proces se najčešće događa na proizvodima koji su blizu faze stagnacije u svom životnom ciklusu. Postojeći proizvodi su materijalne prirode, te za razliku od dizajna i razvoja novih proizvoda, ovde se ne govori o apstrakciji i apstraktnim sistemima već o realnim proizvodima koji su predmet proučavanja. Samim time, koncept proučavanja proizvoda je delimično različit od koncepta razvoja novih proizvoda. Na taj način, problematiku proučavanja postojećih proizvoda treba razmotriti sa stanovišta:

- Uprošćavanja ili,
- standardizacije.

Uprošćavanje i standardizaciju treba široko shvatiti, do te mere da se odnosi na:

- projektovanje,
- konstruisanje,
- razradu tehnoloških postupaka,
- specifikaciju materijala,
- snabdevanje materijalom,
- izradu alata,
- podešavanje i reglažu mašina,
- manipulaciju materijalom,
- montažu proizvoda,
- kontrolne postupke.
- pakovanje i ambalažiranje.

Međutim, pre no što se pobliže definiše koncept uprošćavanja i standardizacije postojećih proizvoda, neophodno je predstaviti način na koji će biti selektovani proizvodi koji će biti predmet proučavanja u cilju unapređenja. Naime, nisu svi proizvođači kompanije podjednako značajni, te ne trebaju svi biti predmet proučavanja u cilju unapređenja performansi, jer je sam taj proces skup i podrazumeva značajnu investiciju. Jedna od metoda klasifikacije proizvoda po značaju je ABC – analiza.

### ***1.2.1. ABC - metoda selekcije programa proizvodnje***

Kako je već rečeno, sastaviti optimalni program proizvodnje, za naredni planski period, znači izabrati, između velikog broja proizvoda, onaj asortiman proizvoda koji će obezbediti maksimalne ekonomske efekte uz ograničene količine proizvodnih resursa.

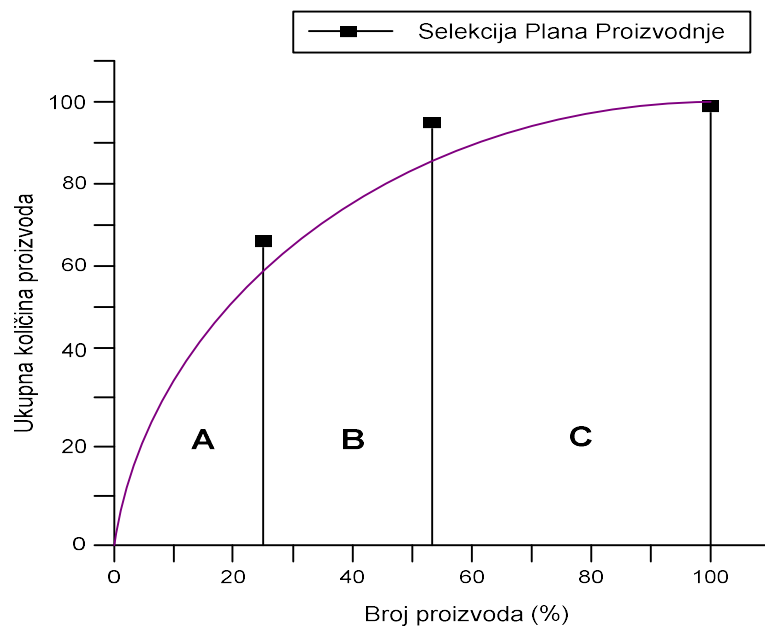
Za konstruisanje matematičkih modela proizvodnje potrebno je pripremiti podatke o kapacitetima proizvodnih resursa, o normativima utrošaka proizvodnih resursa po jedinici svakog proizvoda, o ekonomskim efektima koje obezbeđuje svaki proizvod, o eventualnim ograničenjima koje postavlja tržište, itd.

Selekcija odgovarajućeg programa proizvodnje, kao i selekcija najznačajnijih proizvoda za koje vredi investirati u njihovu dalju optimizaciju, obično se vrši na osnovu zadatog kvantitativno ili kvalitativno definisanog kriterijuma. Jedna od često korišćenih metoda za te svrhe je ABC metoda. Ova metoda je zapravo alat takozvane Pareto analize.

ABC- metoda se sastoji u određivanju kvantitativnih karakteristika grupacija proizvoda, na osnovu zadatih kriterijuma, te nakon toga formiranja prioriteta proizvoda u okviru datih grupa.

Kao primer biće uzet poslovno proizvodni sistem kod koga je na osnovu sagledavanja prodajnih mogućnosti i raspoloživih kapaciteta utvrđen preliminarni plan proizvodnje za godinu dana.

Za vršenje selekciju finalnog plana proizvodnje, po kriterijumu prethodno ostvarenog obima proizvodnje, prodajne cene u prethodnom periodu prodaje ili potražnje na tržištu, u razmatranom sličaju grupu A čine 65% proizvoda od ukupno planiranog obima, dok su u grupi B i C raspodeljeni ostali proizvodi. Nakon određivanja grupacije proizvoda A, B i C, uz pretpostavku da su proizvodi u grupi A, prioritet novog asortimana preduzeća, vrši se analiza novog plana proizvodnje koji se dobija povećanjem obima proizvodnje proizvoda grupe A do ukupnog planiranog obima proizvodnje, što je predstavljeno je na slici 1.12. Drugim rečima, proizvodi u grupi A su oni koji donose najveći profit kompanije, te je u njih ekonomski opravdano investirati u cilju njihovog daljeg unapređenja u skladu sa zahtevima kupaca. Proizvodi grupe B su potencijalni kandidati za eventualnu dalju investiciju, dok su proizvodi grupe C oni koji će sa velikim stepenom pouzdanosti biti povučeni sa tržišta u bliskoj budućnosti.



*Slika 1.12. Primer primene ABC metode na selekciju plana proizvodnje*

Inače, ova metoda ima svoju široku primenu i često se primenjuje i kod optimizacije zaliha PPS-a, o kojima će više reči biti u narednim poglavljima.

Samo proučavanje proizvoda grupe A se sastoji u sledećem. Pošto su to proizvodi koji se već određeno vreme plasiraju na tržište od strane PPS-a, pre nego što dođe do stagnacije tražnje, logično je uraditi analizu zadovoljstva kupaca tim proizvodima. Ova analiza se može ostvariti direktnim kontaktom sa kupcima proizvoda čije podatke imamo u bazi kupaca, kao anonimna anketa, ili posredstvom servisa u kojima kupci servisiraju proizvode. Na taj način, mogu se dobiti podaci o zadovoljstvu kupaca datim proizvodima ali i njihove želje za daljom optimizacijom proizvoda. Samim time, razmatrani proizvodi će se modifikovati i njihovo prisustvo na tržištu se može promeniti. Često se sama modifikacija, nakon proučavanja, sastoji u uprošćavanju i usaglašavanju sa novim normativima i standardima (tzv. Standardizacija proizvoda).

### ***1.2.2. Uprošćavanje proizvoda***

Ukoliko se analizom proizvoda, u periodu tokom njegove eksploatacije, dođe do zaključka da je proizvod moguće pojednostaviti, a da on i dalje ispunjava svoje osnovne funkcije, tada se radi tzv. uprošćavanje proizvoda. Između brojnih mogućnosti koje stoje na raspolaganju za sprovođenje uprošćavanja proizvoda i njihovih delova, napor treba usredsrediti na sledeće slučajeve:

- zameniti složene sklopove ili delove sa drugim prostijim uz obezbeđenje zahtevane funkcije,

- za obavljanje iste funkcije koristiti po mogućstvu manji broj jednostavnijih delova,
- složena i komplikovana konstruktivna rešenja pojednostaviti sa stanovišta proizvodnje,
- zameniti ili izmeniti delove, koji se teško nabavljaju,
- skupe materijale smenjivati jeftinijim materijalom,
- velike i teške elemente proizvoda pojednostaviti,
- delove proizvoda za čiju je izradu potrebno više operacija na više mašina treba pojednostaviti,
- delove i proizvode koji se proizvode u većim serijama treba uprostiti do krajnjih granica,
- uprošćavati delove pri čijoj izradi nastaje mnogo otpadaka ili škarta,
- konstrukciju delova treba prilagoditi zahtevima sto je moguće jednostavnije montaže.

Za rešavanje postavljenih mogućih problema suština metodološkog postupka sastoji se u sledećem:

- proučiti proizvod kao celinu,
- razložiti proizvode na sastavne delove (primenom BOM predstavljanja) i svaki deo (podsklop, sklop) proučiti posebno,
- sklopiti celinu od izmenjenih delova uz proučavanje novodobivenog usavršenog proizvoda sa aspekta zadovoljenja osnovnih zahteva funkcionalnosti, kvaliteta i sl.

U cilju sistematizacije postupaka analiziranja, najprikladnije je služiti se internim upitnicima, koji bi sadržavali ključna pitanja o cilju uprošćavanja i samom proizvodu.

#### *Analiza proizvoda u celini*

Koristiti sledeća suštinska pitanja:

- može li se poboljšati simetrija proizvoda,
- mogu li se uprostiti ili odstraniti izvesna kretanja,
- postoji li mogućnost da se efikasno odstrane uočeni negativni efekti u radu (zagrevanje, vibracije, deformacije),
- mogu li se koristiti izvesna kretanja za više svrha,
- može li se uprostiti način rukovanja,
- mogu li se pojednostaviti zahtevi u vezi sa održavanjem (naročito manje intervencije),
- može li se pojednostaviti proces sklapanja proizvoda.

### *Analiza delova proizvoda*

Za svaki deo posebno postaviti sledeća pitanja:

- kakve sve funkcije razmatrani deo ima,
- da li su funkcije delova proizvoda međusobno nezavisne,
- mogu li se neke funkcije preneti na druge delove i kako će se to odraziti na njih,
- nastaviti proizvodnju posmatranog dela sa modifikacijom (i kakvom),
- nastaviti proizvodnju posmatranog dela bez modifikacije,
- može li se odstraniti taj deo bez negativnih posledica na funkcionalnost proizvoda,
- koje su sve operacije predviđene na izradi tog dela, kojim redosledom i zbog čega,
- šta sve uslovljava dimenzije i oblik (otpornost, sklapanje, snabdevanje i sl.).

### *Analiza sklapanja proizvoda*

U okvir ove analize ulazi i proučavanje - upoređenje, samog procesa sklapanja polaznog proizvoda (pre uprošćavanja) kao i sklapanje novodobijene celine (nakon uprošćavanja). Da bi se to proverilo treba dati odgovore na sledeća pitanja:

- da li je proces sklapanja u celini pojednostavljen,
- da li su potrebni specijalni alati za montažu i koji,
- da li je smanjen broj operacija montaže,
- može li se uočiti još neki elemenat kao podloga za uprošćavanje,
- funkcionise li uprošćeni proizvod u granicama predviđenih zahteva.

Opisani metodološki postupak za uprošćavanje proizvoda omogućiće svestrano i dovoljno detaljno proučavanje i iznalaženje svih mogućnosti koje treba da dovedu do optimalnog rešenja u pogledu pojednostavljenja proizvoda sa stanovišta konstrukcije i izrade, a da se pri tome obezbedi zadovoljenje zahteva u vezi sa primenom i korišćenjem.

### **1.2.3. Standardizacija proizvoda**

Prema definiciji "standardizacija je sporazumno ili zakonsko utvrđivanje normi i uslova koje mora da zadovolji određeno rešenje u privredi i van nje". Pri čemu poštovanje standarda nije zakonom obavezno. Sa stanovišta proučavanja proizvoda, standardizacija, pod kojom se podrazumeva tipizacija, unifikacija i uopšte bilo kakva normalizacija, se obavlja paralelno sa uprošćavanjem, pri čemu se uzajamno upotpunjavaju ostvarajući racionalnije rešenje proizvoda.

Sprovođenje standardizacije u odnosu na jedan proizvod ili više proizvoda treba kanalisati u dva smera:

1. standardizovanje oblika,
2. standardizovanje materijala, postupaka izrade, kontrole i drugog.

Slično kao i uprošćavanje, metodološki postupak analiziranja mogućnosti uvođenja standardnih rešenja zasniva se na proučavanju:

- proizvoda u celini,
- jednog po jednog sklopa, podsklopova odnosno dela.

U svakom slučaju, standardizacija treba da dovede do pojednostavljenja segmenata procesa proizvodnje samih proizvoda, mogućnosti korišćenja standardnih materijala u proizvodnji, mogućnosti korišćenja standardne proizvodne opreme i alata. Takođe, standardizacija je značajna jer obezbeđuje kompatibilnost kod nadogradnje procesa proizvodnje. Naime, ukoliko se tokom vremena odluči za investiciju u dodatni segment proizvodnje (preuzimanje proizvodnje nekih komplementarnih delova koji su se ranije kupovali od drugih proizvođača ili dodatak pratećih elemenata postojećem proizvodu), ukoliko je izvršena standardizacija procesa i proizvoda, lako je obezbediti neophodne materijale i opremu za dodatni segment procesa, koji će odgovarati istom standardu. Takođe, standardizacija proizvoda omogućuje i korišćenje standardnih – univerzalnih sredstava unutrašnjeg i spoljašnjeg transporta, sredstava rukovanja materijalom, kao i njihovu spregu.

Međutim, u savremenom menadžmentu nije dovoljno samo imati jaku želju da se udovolji zahtevima krajnjih korisnika kroz modifikaciju proizvoda zasnovanu na uprošćavanju i standardizaciji. Paralelno sa time je neophodno izvršiti analizu odnosa troškova i dobiti (cost – benefit analizu), koji su skopčani sa bilo kojim zahvatom na proizvodu.