Kriteriji identifikacije zajedničkih komponenata familije proizvoda

Pavlić, Davor

Doctoral thesis / Disertacija

2008

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:235:806893

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-14**

Repository / Repozitorij:

Repository of Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture University of Zagreb

DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

KRITERIJI IDENTIFIKACIJE ZAJEDNIČKIH KOMPONENATA FAMILIJE PROIZVODA

DOKTORSKI RAD

Mentor:

Dr. sc. Dorian MARJANOVIĆ, red. prof.

Pristupnik:

Mr. sc. Davor PAVLIĆ, dipl. inž.

ZAGREB, 2008.

PODACI ZA BIBLIOGRAFSKU KARTICU

UDK:	62 – 11
Ključne riječi:	familija proizvoda, varijanta proizvoda, arhitektura familije proizvoda, modul, indeks istovjetnosti, ponovno korištenje
Znanstveno područje:	Tehničke znanosti
Znanstveno polje:	Strojarstvo
Institucija u kojoj je rad izrađen:	Sveučilište u Zagrebu Fakultet strojarstva i brodogradnje
Mentor rada:	Dr. sc. Dorian Marjanović, red. prof.
Broj stranica:	134
Broj slika:	61
Broj tablica:	69
Broj korištenih bibliografskih jedinica:	75
Datum obrane:	

Povjerenstvo:

Dr. sc. Dragutin Ščap, redoviti profesor – predsjednik povjerenstva

Dr. sc. Dorian Marjanović, redoviti profesor - voditelj

Dr. sc. Bojan Jerbić, redoviti profesor – član povjerenstva

Dr. sc. Neven Pavković, docent – član povjerenstva

Dr. sc. Jože Duhovnik, redoviti profesor Fakulteta za strojništvo, Ljubljana – član povjerenstva

Institucija u kojoj je rad pohranjen:	Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb Nacionalna i sveučilišna knjižnica, Zagreb

SADRŽAJ

POPIS SLIKA V
POPIS TABLICA VIII
POPIS OZNAKA XI
SAŽETAK RADA XII
KLJUČNE RIJEČI XII
SUMMARY XIII
KEYWORDS XIII
1 UVODNA RAZMATRANJA 1-1
1.1 MOTIVACIJA ZA ISTRAŽIVANJE 1-1
1.2 HIPOTEZA RADA 1-3
1.3 OČEKIVANI ZNANSTVENI DOPRINOS 1-3
1.4 METODOLOGIJA ISTRAŽIVANJA 1-4
1.5 STRUKTURA DISERTACIJE 1-5
2 FAMILIJA PROIZVODA 2-1
2.1 OD POJEDINAČNOG PROIZVODA DO FAMILIJE PROIZVODA 2-1
2.1.1 Karakteristike proizvodnih procesa s obzirom na promjene u procesima i kod proizvoda 2-2
2.1.2 Klasifikacija proizvoda 2-4
2.1.3 Klasifikacija familije proizvoda 2-6
2.1.4 Smjernice za odabir vrste proizvoda ili familije proizvoda 2-7
2.2 POJAM FAMILIJA PROIZVODA 2-9
2.3 POJMOVI VEZANI UZ FAMILIJU PROIZVODA 2-10
2.3.1 Platforma proizvoda 2-11
2.3.2 Konfiguracijski model 2-14
2.4 ISTOVJETNOST MEĐU PROIZVODIMA 2-15
2.5 RAZNOLIKOST PROIZVODA 2-18
2.5.1 Vrste raznolikosti proizvoda 2-20
2.6 ARHITEKTURA PROIZVODA 2-22
2.6.1 Integralna arhitektura proizvoda 2-23
2.6.2 Modularna arhitektura proizvoda 2-24
2.6.3 Modularnost proizvoda 2-25
3 KRITERIJI I POSTUPAK IDENTIFIKACIJE I ANALIZE ZAJEDNIČKIH KOMPONENATA SKUPA PROIZVODA 3-1
3.1 ODREĐIVANJE VANJSKE RAZNOLIKOSTI 3-3
3.2 ODREĐIVANJE UNUTARNJE RAZNOLIKOSTI 3-5
3.3 ODREĐIVANJE FUNKCIJA POJEDINIH PROIZVODA 3-5
3.4 ODREĐIVANJE FUNKCIJSKE STRUKTURE SKUPA PROIZVODA 3-7
3.5 FUNKCIJSKO-SKLOPNA STRUKTURA PROIZVODA 3-8
3.6 PRIKAZ ZAVISNOSTI FUNKCIJA I KOMPONENTA 3-10
3.7 TABLICA PODATAKA SKUPA PROIZVODA 3-10
3.8 IZRAČUN STUPNJEVA ISTOVJETNOSTI POJEDINIH FUNKCIJA 3-12
3.9 ODREĐIVANJE KOMPONENATA S PADAJUĆOM VRIJEDNOŠĆU INDEKSA ISTOVJETNOSTI 3-13
3.10 ODREĐIVANJE PROIZVODA S PADAJUĆOM VRIJEDNOŠĆU INDEKSA ISTOVJETNOSTI 3-15
4 PRIMJENA KRITERIJA I POSTUPKA IDENTIFIKACIJE I ANALIZE ZAJEDNIČKIH KOMPONENATA NA INDUSTRIJSKOM PRIMJERU 4-1
4.1 OPĆENITO O STRUJNIM MJERNIM TRANSFORMATORIMA 4-1
4.2 ODREĐIVANJE VANJSKE RAZNOLIKOSTI 4-3
4.2.1 Prikaz vanjske raznolikosti s obzirom na nazivnu primarnu struju 4-3
4.2.2 Prikaz vanjske raznolikosti s obzirom na broj zavoja na primarnoj strani 4-6
4.2.3 Prikaz vanjske raznolikosti s obzirom na broj jezgri na sekundarnoj strani 4-7
4.2.4 Prikaz vanjske raznolikosti s obzirom na snagu jezgri 4-8
4.3 ODREĐIVANJE UNUTARNJE RAZNOLIKOSTI 4-9
4.4 ODREĐIVANJE FUNKCIJSKE STRUKTURE SKUPA PROIZVODA 4-10

4.5 FUNKCIJSKO-SKLOPNA STRUKTURA PROIZVODA 4-11
4.6 PRIKAZ ZAVISNOSTI FUNKCIJA I KOMPONENATA 4-12
4.7 TABLICA PODATAKA VARIJANATA PROIZVODA 4-12
4.8 IZRAČUN STUPNJA ISTOVJETNOSTI 4-13
4.8.1 Stupanj istovjetnosti za funkciju broj 1 4-14
4.8.2 Stupanj istovjetnosti za funkciju broj 2 4-14
4.8.3 Stupanj istovjetnosti za funkciju broj 3 4-15
4.8.4 Stupanj istovjetnosti za funkciju broj 4 4-16
4.8.5 Stupanj istovjetnosti za funkciju broj 5 4-16
4.8.6 Stupanj istovjetnosti za funkciju broj 6 4-17
4.8.7 Stupanj istovjetnosti za funkciju broj 7 4-18
4.8.8 Stupanj istovjetnosti za funkciju broj 8 4-19
4.8.9 Stupanj istovjetnosti za funkciju broj 9 4-20
4.8.10 Stupanj istovjetnosti za funkciju broj 10 4-20
4.8.11 Stupanj istovjetnosti za funkciju broj 11 4-20
4.8.12 Usporedba izračunatih vrijednosti stupnjeva istovjetnosti 4-21
4.9 IDENTIFICIRANJE I ANALIZA KOMPONENATA S RASTUĆOM I PADAJUĆOM VRIJEDNOŠĆU INDEKSA ISTOVJETNOSTI 4-23
4.9.1 Funkcija provesti el. struju primara 4-24
4.9.2 Funkcija zaštita aktivnih dijelova s gornje strane 4-27
4.9.3 Funkcija zaštita aktivnih dijelova s donje strane 4-29
4.9.4 Funkcija ostvariti pozicioniranje sekundara 4-31
4.9.5 Funkcija ostvariti smještaj sekundara 4-32
4.9.6 Funkcija izolirati aktivne komponente od okoline 4-34
4.9.7 Funkcija prenijeti silu na okolinu 4-37
4.9.8 Funkcija omogućiti širenje i mjerenje razine ulja 4-40
4.10 OPRAVDANOST KORIŠTENJA KOMPONENATA S NOVIM VRIJEDNOSTIMA PARAMETRA 4-42
4.10.1 Komponenta glave 1. veličine 4-42
4.10.2 Komponenta glave 2. veličine 4-43
4.10.3 Komponenta glave 3. veličine 4-44
4.10.4 Komponenta vrat 1. veličine 4-45
4.10.5 Komponenta vrat 2. veličine 4-46
4.10.6 Komponenta vrat 3. veličine 4-47
4.10.7 Komponenta primarni namot 1. veličine 4-48
4.10.8 Komponenta primarni namot 2. veličine 4-49
4.10.9 Komponenta primarni namot 3. veličine 4-50
4.10.10 Komponenta torus 1. veličine 4-51
4.10.11 Komponenta torus 2. veličine 4-52
4.10.12 Komponenta torus 3. veličine 4-54
4.10.13 Analiza troškova novih i postojećih verzija komponenata 4-55
5 ZAKLJUČAK 5-1
5.1 DISKUSIJA REZULTATA 5-1
5.1.1 Dobiveni rezultati iz industrijskog primjera 5-1
5.1.2 Dobiveni rezultati iz kriterija za identifikaciju zajedničkih komponenata 5-2
5.2 POTVRĐIVANJE HIPOTEZE RADA 5-3
5.3 SMJEROVI DALJNJEG ISTRAŽIVANJA 5-7
6 LITERATURA 6-1
ŽIVOTOPIS XIV
BIOGRAPHY XV

Slika 1-1. Metodologija istraživanja u Znanosti o konstruiranju 1-4
Slika 2-1. Četiri osnovne proizvodne paradigme 2-3
Slika 2-2. Pojedinačni proizvod 2-4
Slika 2-3. Evoluirani pojedinačni proizvod 2-5
Slika 2-4. Mutirani pojedinačni proizvodi 2-5
Slika 2-5. Evoluirano-mutirani pojedinačni proizvodi 2-5
Slika 2-6. Familija proizvoda s istovremenim razvojem varijanata proizvoda 2-6
Slika 2-7. Familija proizvoda s evoluiranim razvojem varijanta proizvoda 2-7
Slika 2-8. Familija proizvoda s kombiniranim razvojem varijanata proizvoda 2-7
Slika 2-9. Dijagram toka odabira vrste proizvoda ili familije proizvoda (prilagođeno iz [23]) 2-8
Slika 2-10. Prikaz pojmova korištenih u familiji proizvoda 2-11
Slika 2-11. Primjer VW modularne A platforme [35] 2-13
Slika 2-12. Odnos grupe proizvoda i inteziteta promjene proizvoda 2-19
Slika 2-13. Tri različite grupacije modula ovisno o promatranim životnim fazama proizvoda 2-26
Slika 2-14. Modularnost proizvoda s obzirom na proizvodnju 2-27
Slika 2-15. Modularnost proizvoda s obzirom na opskrbni lanac 2-28
Slika 3-1. Primjer prikaza ponuđene raznolikosti 3-3
Slika 3-2. Primjer prikaza ponuđene i ostvarene raznolikosti 3-4
Slika 3-3. Primjer idealne vanjske raznolikosti 3-5
Slika 3-4. Prikaz (prema IDEF0 standardu) razine funkcija kod pojedinih proizvoda 3-6
Slika 3-5. Funkcijska struktura skupa proizvoda (prikaz prema IDEF0 standardu) 3-8
Slika 3-6. Funkcijsko-sklopna struktura skupa proizvoda 3-8
Slika 3-7. Matrični prikaz funkcija i rješenja funkcija korištena u proizvodima .. 3-10
Slika 3-8. Tablica podataka skupa proizvoda 3-11
Slika 3-9. Usporedba indeksa istovjetnosti 3-12
Slika 3-10. Povećanje ili smanjenje indeksa istovjetnosti s povećanjem troškova komponenata 3-14
Slika 3-11. Idealni prikaz stupnja istovjetnosti 3-15

Slika 3-12. Povećanje ili smanjenje indeksa istovjetnosti s povećanjem količine varijanata proizvoda 3-16

Slika 4-1. Strujni mjerni transformator 4-2

Slika 4-2. Prikaz cjelokupne ostvarene vanjske raznolikosti strujnih mjernih transformatora u ovisnosti o nazivnoj primarnoj struji 4-4

Slika 4-3. Prikaz cjelokupne ostvarene vanjske raznolikosti strujnih mjernih transformatora u ovisnosti o nazivnoj primarnoj struji i broju zavoja primara 4-5

Slika 4-4. Prikaz cjelokupne ostvarene vanjske raznolikosti strujnih mjernih transformatora u ovisnosti o broju zavoja na primarnoj strani za napon opreme 24 – 123 kV 4-6

Slika 4-5. Prikaz cjelokupne ostvarene vanjske raznolikosti strujnih mjernih transformatora u ovisnosti o broju zavoja na primarnoj strani za napon opreme 145 – 450 kV 4-7

Slika 4-6. Prikaz cjelokupne ostvarene vanjske raznolikosti strujnih mjernih transformatora u ovisnosti o broju jezgri na sekundarnoj strani za napon opreme 24 – 123 kV 4-8

Slika 4-7. Prikaz cjelokupne ostvarene vanjske raznolikosti strujnih mjernih transformatora u ovisnosti o broju jezgri na sekundarnoj strani za napon opreme 145 – 450 kV 4-8

Slika 4-8. Prikaz cjelokupne ostvarene vanjske raznolikosti strujnih mjernih transformatora u ovisnosti o snazi jezgri 4-9

Slika 4-9. Funkcijska struktura skupa proizvoda 4-10

Slika 4-10. Funkcijsko-sklopna struktura proizvoda 4-11

Slika 4-11. Prikaz zavisnosti funkcija i komponenata 4-12

Slika 4-12. Tablica podatka varijanata proizvoda za izračunavanje stupnja istovjetnosti 4-13

Slika 4-13. Prikaz vanjske raznolikosti mjernih jezgri 4-17

Slika 4-14. Prikaz vanjske raznolikosti zaštitnih jezgri 4-18

Slika 4-15. Usporedba vrijednosti stupnjeva istovjetnosti 4-22

Slika 4-16. Prikaz komponente primarnog namota 4-24

Slika 4-17. Utjecaj povećanja troškova primarnih namota na vrijednost stupnja istovjetnosti 4-24

Slika 4-18. Prikaz komponente glave 4-27

Slika 4-19. Utjecaj povećanja troškova glave na vrijednost stupnja istovjetnosti 4-27

Slika 4-20. Prikaz komponente glave 4-29

Slika 4-21. Utjecaj povećanja troškova vrata na vrijednost stupnja istovjetnosti 4-30

Slika 4-22. Prikaz komponente torusa 4-32

Slika 4-23. Utjecaj povećanja troškova torusa na vrijednost stupnja istovjetnosti 4-32

Slika 4-24. Prikaz komponente izolatora 4-34

Slika 4-25. Utjecaj povećanja troškova izolatora na vrijednost stupnja istovjetnosti 4-35

Slika 4-26. Prikaz komponente postolja 4-37

Slika 4-27. Utjecaj povećanja troškova postolja na vrijednost stupnja istovjetnosti 4-37

Slika 4-28. Prikaz komponente membrane 4-40

Slika 4-29. Utjecaj povećanja troškova membrane na vrijednost stupnja istovjetnosti 4-40

Slika 4-30. Razlika u vrijednostima konstrukcijskih parametara torusa i troškova 4-53

Tablica 2-1. Pregled metoda izračuna indeksa istovjetnosti 2-15

Tablica 2-2. Vrste raznolikost proizvoda 2-20

Tablica 2-3. Odnos arhitekture proizvoda o funkcijama proizvoda 2-22

Tablica 2-4. Primjeri proizvoda s integralnom i modularnom arhitekturom 2-23

Tablica 3-1. Vrijednosti indeksa istovjetnosti za pojedine varijante proizvoda 3-15

Tablica 4-1. Raspodjela napona opreme kod nazivnih stupnjeva izolacije za primarne namote transformatora 4-3

Tablica 4-2. Parametri i vrijednosti unutarnje raznolikosti za strujne mjerne transformatore 4-9

Tablica 4-3. Vrijednosti dobivenih podataka za funkciju "provesti električnu struju primara" 4-14

Tablica 4-4. Vrijednosti dobivenih podataka za funkciju "zaštita aktivnih dijelova s gornje strane" 4-15

Tablica 4-5. Vrijednosti dobivenih podataka za funkciju "zaštita aktivnih dijelova s donje strane" 4-15

Tablica 4-6. Vrijednosti dobivenih podataka za funkciju "ostvariti smještaj sekundara" 4-16

Tablica 4-7. Vrijednosti dobivenih podataka za funkciju "ostvariti pozicioniranje sekundara" 4-17

Tablica 4-8. Parametri i vrijednosti unutarnje raznolikosti mjerne jezgri 4-18

Tablica 4-9. Parametri i vrijednosti unutarnje raznolikosti zaštitne jezgri 4-19

Tablica 4-10. Vrijednosti dobivenih podataka za funkciju "omogućiti širenje i mjerenje izolatora" 4-19

Tablica 4-11. Vrijednosti dobivenih podataka za funkciju "izolirati aktivne komponente od okoline" 4-20

Tablica 4-12. Vrijednosti dobivenih podataka za funkciju "prenijeti silu na okolinu" 4-21

Tablica 4-13. Popis komponenata primarnih namota koje utječu na smanjenje vrijednosti stupnja istovjetnosti 4-25

Tablica 4-14. Grupirane vrijednosti parametara primarnih namota 4-26

Tablica 4-15. Nove vrijednosti komponente primarnih namota 4-26

Tablica 4-16. Popis komponenata glava koje utječu na smanjenje vrijednosti stupnja istovjetnosti 4-28

Tablica 4-17. Grupirane vrijednosti parametara primarnih namota 4-28

Tablica 4-18. Nove vrijednosti komponente glave 4-29
Tablica 4-19. Popis komponenata vrata koje utječu na smanjenje vrijednosti stupnja istovjetnosti 4-30
Tablica 4-20. Grupirane vrijednosti parametara primarnih namota 4-31
Tablica 4-21. Nove vrijednosti komponente vrata 4-31
Tablica 4-22. Popis komponenata torusa koje utječu na promjenu vrijednosti stupnja istovjetnosti 4-33
Tablica 4-23. Grupirane vrijednosti parametara primarnih namota 4-33
Tablica 4-24. Nove vrijednosti komponente torus 4-34
Tablica 4-25. Popis komponenata izolatora koje utječu na promjenu vrijednosti stupnja istovjetnosti 4-35
Tablica 4-26. Grupirane vrijednosti parametara izolatora 4-36
Tablica 4-27. Nove vrijednosti komponente izolatora 4-36
Tablica 4-28. Popis komponenata postolja koje utječu na promjenu vrijednosti stupnja istovjetnosti 4-38
Tablica 4-29. Grupirane vrijednosti parametara postolja 4-39
Tablica 4-30. Nove vrijednosti komponente izolatora 4-40
Tablica 4-31. Popis komponenata membrana koje utječu na promjenu vrijednosti stupnja istovjetnosti. 4-41
Tablica 4-32. Grupirane vrijednosti parametara membrana 4-41
Tablica 4-33. Nove vrijednosti komponente postolja 4-41
Tablica 4-34. Prikaz troškova postojećih komponenata glave 4-42
Tablica 4-35. Procijenjeni ukupni trošak nove komponente glave 1. veličine 4-43
Tablica 4-36. Razlika ukupnog troška postojećih glava i ukupnog troška nove komponente 4-43
Tablica 4-37. Prikaz troškova postojećih komponenata glave 4-43
Tablica 4-38. Procijenjeni ukupni trošak nove komponente glave 4-44
Tablica 4-39. Razlika ukupnog troška postojećih glava i ukupnog troška nove komponente 4-44
Tablica 4-40. Prikaz troškova postojećih komponenata glave 4-44
Tablica 4-41. Procijenjeni ukupni trošak nove komponente glave 4-45
Tablica 4-42. Razlika ukupnog troška postojećih glava i ukupnog troška nove komponente 4-45
Tablica 4-43. Prikaz troškova postojećih komponenata vrata 4-45

Tablica 4-44. Procijenjeni ukupni trošak nove komponente vrata 4-46
Tablica 4-45. Razlika ukupnog troška postojećih vratova i ukupnog troška nove komponente 4-46
Tablica 4-46. Prikaz troškova postojećih komponenata vrata..... 4-46
Tablica 4-47. Procijenjeni ukupni trošak nove komponente vrata 4-47
Tablica 4-48. Razlika ukupnog troška postojećih vratova i ukupnog troška nove komponente 4-47
Tablica 4-49. Prikaz troškova postojećih komponenata vrata..... 4-47
Tablica 4-50. Procijenjeni ukupni trošak nove komponente vrata 4-48
Tablica 4-51. Razlika ukupnog troška postojećih vratova i ukupnog troška nove komponente 4-48
Tablica 4-52. Prikaz troškova postojećih komponenata primarnog namota 4-48
Tablica 4-53. Procijenjeni ukupni trošak nove komponente primarnog namota ... 4-49
Tablica 4-54. Razlika ukupnog troška postojećih primarnih namota i ukupnog troška nove komponente..... 4-49
Tablica 4-55. Prikaz troškova postojećih komponenata primarnog namota 4-49
Tablica 4-56. Procijenjeni ukupni trošak nove komponente primarnog namota ... 4-49
Tablica 4-57. Razlika ukupnog troška postojećih primarnih namota i ukupnog troška nove komponente..... 4-50
Tablica 4-58. Prikaz troškova postojećih komponenata primarnog namota 4-50
Tablica 4-59. Procijenjeni ukupni trošak nove komponente primarnog namota ... 4-50
Tablica 4-60. Razlika ukupnog troška postojećih primarnih namota i ukupnog troška nove komponente..... 4-50
Tablica 4-61. Prikaz troškova postojećih komponenata torusa 4-51
Tablica 4-62. Procijenjeni ukupni trošak nove komponente torusa 1. veličine 4-51
Tablica 4-63. Razlika ukupnog troška postojećih torusa i ukupnog troška nove komponente 4-51
Tablica 4-64. Prikaz troškova postojećih komponenata torusa 4-52
Tablica 4-65. Prikaz troškova postojećih komponenata torusa 4-54
Tablica 4-66. Procijenjeni ukupni trošak nove komponente torusa 3. veličine 4-55
Tablica 4-67. Razlika ukupnog troška postojećih torusa i ukupnog troška nove komponente 4-55
Tablica 4-68. Usporedba troškova novih i postojećih komponenata 4-55

d – broj jedinstvenih dijelova u svim varijantama proizvoda

f_{1i} – omjer najvećeg broja varijanata proizvod koje sadrže komponentu *i* identičnog oblika i dimenzija, s najvećim mogućem brojem varijanta koje bi mogle sadržavati komponentu *i* s identičnim oblikom i dimenzijama

f_{2i} – omjer najvećeg broja varijanata proizvod koje sadrže komponentu i s identičnim materijalom i proizvodnim procesom, s najvećim mogućem brojem varijanta koje bi mogle sadržavati komponentu i s identičnim materijalom i proizvodnim procesom

f_{3i} – omjer najvećeg broja varijanata proizvod koje sadrže komponentu *i* s identičnim procesom sklapanja, s najvećim mogućem brojem varijanta koje bi mogle sadržavati komponentu *i* s identičnim procesom sklapanja

i – indeks varijante proizvoda

m – ukupni broj varijanata proizvoda

$\max p_j$ – najveći broj jedinstvenih dijelova u jednoj varijanti *j*

n_i – broj varijanata proizvoda koje sadrže komponentu *i*,

p_j – broj jedinstvenih dijelova u jednoj varijanti proizvoda *j*

P – ukupni broj jedinstvenih dijelova familije proizvoda

P_j – trošak komponente

u – broj jedinstvenih dijelova u svim varijantama proizvoda

v_j – ukupni broj varijanata proizvoda

V_i – količina proizvedenih varijanata proizvoda

Φ_j – broj različitih nadređenih sklopova koji sadrže jedinstveni dio

Q_{ij} – količina upotrebe komponente *j* u varijanti proizvoda *i*

$\sum_{i=1}^{m} \Phi_{ij}$ – ukupan broj nadređenih sklopova koje komponenta *j* ima u svim varijantama proizvoda

CI – indeks istovjetnosti

TCCI – Ukupna konstanta indeksa istovjetnosti

PCI – Indeks istovjetnosti linije proizvoda

%C – Postotni indeks istovjetnosti

$CI^{(C)}$ – Indeks istovjetnosti dijela komponente

Ključne riječi: familija proizvoda, varijanta proizvoda, arhitektura familije proizvoda, modul, indeks istovjetnosti, ponovno korištenje

Raznolikost potrošačkih potreba, povećanje konkurencije, brza izmjena tehnologije te skraćivanje vremena pojave proizvoda na tržištu dio su zahtjeva s kojima se susreću današnje tvrtke na globalnom tržištu prilikom razvoja i konstruiranja proizvoda. Jedan od načina zadovoljavanja zahtjeva potrošača i tržišta je u široj ponudi asortimana proizvoda. Nekontrolirana šira ponuda asortimana proizvoda ima za posljedicu i veće troškove. Povećanje udjela jednakih komponenata u asortimanu proizvoda omogućuje tvrtkama smanjenje troškova uz istovremeno ostvarivanje šire ponude asortimana proizvoda. Takvim pristupom tvrtke su orijentirane prema razvoju familije proizvoda.

Provedeno teorijsko i primijenjeno istraživanje rezultiralo je definiranjem kriterija i postupka identifikacije i analize zajedničkih komponenata skupa proizvoda. Postupak započinje određivanjem vanjske i unutarnje raznolikosti među proizvodima. Vanjska raznolikost određuje se na temelju postojeće grupe proizvoda i opisuje raznolikost funkcija proizvoda vidljivu sa strane kupca. Unutarnja raznolikost temelji se na određenoj vanjskoj raznolikosti i predstavlja način realizacije vanjske raznolikosti.

Za potrebe analize grupe proizvoda, sa ciljem određivanja stupnja istovjetnosti, definira se funkcijsko-sklopna struktura proizvoda. Za funkcije na najnižim nivoima u funkcijsko-sklopnoj strukturi računa se pojedinačni stupanj istovjetnosti prema metodi „Ukupne konstante indeksa istovjetnosti". Na temelju dobivenih vrijednosti, razvrstavaju se funkcije koje imaju niži stupanj istovjetnosti od onih funkcija koje imaju viši stupanj istovjetnosti.

Kod funkcija s nižim vrijednostima stupnja istovjetnosti potrebno je identificirati komponente koje najviše utječu na smanjenje stupnja istovjetnosti. Identifikacija komponenata vrši se pomoću metode „Indeksa istovjetnosti dijela komponente". Identificirane komponente potrebno je dalje analizirati i rekonstruirati. Rezultat analize i rekonstrukcije takvih komponenata je nova verzija komponente kojom će se zamijeniti više postojećih verzija komponenti.

Kod funkcija koje imaju viši stupanj istovjetnosti potrebno je identificirati komponente koje se višestruko koriste u varijantama proizvoda. Komponente koje povećavaju stupanj istovjetnosti potrebno je zadržati ili djelomično rekonstruirati kako bi se komponente još više ponovno koristile.

Definirani kriteriji i postupak identifikacije i analize zajedničkih komponenata skupa proizvoda primijenjeni su i detaljno opisani na industrijskom primjeru strujnog mjernog transformatora tvrtke KONČAR – Mjerni transformatori.

Keywords: product family, product variant, product family architecture, module, commonality index, reuse

Variety in customers' demands, increasing competition, rapidly changing technologies and shortening time to market describes driving forces for product development process. Manufacturing companies respond with different approaches on those driving forces. One of the approaches is to offer a wider range of product assortments. If the potential of component commonality is neglected, the explosion of product assortments leads to high costs in design, production, assembly etc. Therefore, companies need to design a wider range of product assortments with the less variations in design by increasing the reuse of components. With that approach companies are focusing to the development of product family.

Conducted theoretical and practical research has resulted in definition of the criteria and process of identification and analysis of common components in group of products. The process begins with the analysis of internal and external variety among the group of products. External variety is defined from the existing group of products and it represents the necessary functional variety seen from the customers', i.e. market, viewpoint. The required internal variety is defined based on the external variety, so that it represents the necessary variety seen from the company's viewpoint.

To analyse a group of products the function-assembly decomposition structure was established. For the functions at the lowest levels of each branch in the function-assembly decomposition structure the value of commonality index was calculated using the method "Total Constant Commonality Index". Based on the calculated data the functions are classified as the functions with the lower and higher values of commonality index.

The identification of components which have a stronger influence on the reduction of the commonality value has to be applied to the set of functions with the lower value of commonality index. Identification of components is applied using the method Component Part Commonality Index. Identified components have to be further analyzed and redesigned. The result of redesign process is a new version of component which will replace existing components.

The identification of components which are more often reused in the group of products has to be applied to the set of functions with the higher value of commonality index. Those components have to be kept or partially redesigned in order to achieve higher reuse of components.

The defined criteria and process of identification and analysis of common components in group of products are applied and detailed described on the industrial example of current transformer of company KONČAR – Instrument transformers, Inc.

1

Uvodna razmatranja

1.1 Motivacija za istraživanje

Skraćivanje razvoja i procesa konstruiranja proizvoda, povećanje konkurencije, brza izmjena tehnologije i raznolikost potrošačkih potreba dio su zahtjeva s kojima se susreću današnje tvrtke na globalnom tržištu prilikom razvoja i konstruiranja proizvoda. Pritom tvrtke različito odgovaraju na zahtjeve potrošača i tržišta. Jedan od načina zadovoljavanja navedenih zahtjeva je u široj ponudi asortimana proizvoda. Nekontrolirana šira ponuda asortimana proizvoda ima za posljedicu i veće troškove razvoja, proizvodnje, montaže i održavanja ([1], str. 2.). Stoga tvrtke moraju zadovoljiti kontradiktorne zahtjeve: ostvarivanje šire ponude asortimana proizvoda na tržištu uz istovremeno smanjenje troškova. Jedna od metoda smanjenja troškova je povećanje udjela jednakih komponenata čime se smanjuju troškovi razvoja, proizvodnje, montaže i održavanja. Takvim pristupom tvrtke su orijentirane prema razvoju familije proizvoda umjesto individualnom konstruiranju proizvoda.

Familiju proizvoda čini grupa proizvoda koja je, zbog određene namjene, sačinjena od zajedničkih komponenata sa ciljem postizanja asortimana varijanata proizvoda koje pokrivaju određeni tržišni segment ([2], str. 20.). Svaki član familije proizvoda naziva se varijanta proizvoda. Ciljevi razvoja familije proizvoda su ostvarivanje raznolikosti među varijantama proizvoda zbog zadovoljavanja zahtjeva određenog tržišnog segmenta, povećavanje sličnosti među varijantama proizvoda ponovnim korištenjem komponenata i smanjivanje kompleksnosti između ostalih faza životnog vijeka varijanata proizvoda [3].

U literaturi su opisani različiti modeli prikaza familije proizvoda. Hegge [4] opisuje familiju proizvoda na temelju općenite sastavnice. Općenitom sastavnicom opisane su komponente varijanata proizvoda, međusobni odnos između komponenata te

parametri korišteni za njihovo opisivanje. Erens [5] je proširio općenitu sastavnicu s funkcijskom i tehnološkom strukturom familije proizvoda. Funkcijskom strukturom opisane su funkcije varijanata proizvoda dok su tehnološkom strukturom opisana tehnološka rješenja korištena za ostvarivanje navedenih funkcija. Jiao i Tseng [6] su predložili korištenje triju prikaza za opisivanje familije proizvoda: funkcijski prikaz, prikaz ponašanja i prikaz strukture. Funkcijski prikaz familije proizvoda predstavlja pogled sa strane kupca, prodaje i marketinga. U ovom prikazu uključena je analiza zahtjeva i funkcijska struktura. Prikaz ponašanja opisuje primijenjena tehnološka rješenja u familiji proizvoda. Prikaz strukture opisuje komponente korištene u fizičkom proizvodu. Sivard [7] predlaže opis familije proizvoda na temelju opće informacijske platforme. Predložena informacijska platforma opisuje model familije proizvoda za potrebe konfiguracijskog procesa zasnovanom na STEP standardu 10303-214.

U izloženim istraživanjima razvijeni su modeli za opisivanje familije proizvoda s primjenom u procesu konstruiranja varijanata proizvoda. Navedeni modeli opisuju potrebne atribute proizvoda i strukture proizvoda koji se koriste u procesu konstruiranja. Opisana istraživanja ne razmatraju metodologiju razvoja familije proizvoda.

Pojmovi vezani uz razvoj familije proizvoda koji se koriste u literaturi su arhitektura proizvoda, arhitektura familije proizvoda, platforma proizvoda i konfigurabilni proizvodi. U literaturi postoji suglasnost između značenja pojmova platforme proizvoda i konfigurabilnih proizvoda, dok se značenja pojmova arhitekture proizvoda i arhitekture familije proizvoda često poistovjećuju.

Rittahuhta i Andreasen [3] opisuju arhitekturu kao skup elemenata i njihovih veza koje definiraju proizvod. Elemente arhitekture proizvoda čine gradivne jedinice, tijekom i nakon restrukturiranja proizvodnog programa zbog utjecaja koji su proizašli s tržišta ili zbog pojedine faze životnog vijeka proizvoda (proizvodnje, održavanje, recikliranje itd.). Iz ovog opisa arhitekture nije jasno objašnjeno da li se pojam arhitekture odnosi na arhitekturu proizvoda (što bi se moglo zaključiti s obzirom da arhitektura opisuje skup elemenata koje definiraju proizvod) ili arhitekturu familije proizvoda (s obzirom da je namjena restrukturiranje proizvodnog programa). Upravo nepostojanje jasnih razlika i definicija pojmova arhitekture proizvoda i arhitekture familije proizvoda rezultira istovjetnim korištenjem pojmova u literaturi. U istraživanjima iz područja arhitekture proizvoda koristi se definicija arhitekture proizvoda kao sheme po kojoj su funkcijski elementi proizvoda raspoređeni u fizičke komponente i na temelju koje komponente međusobno djeluju [8]. Značenje ove definicije je u razumijevanju klasifikacije arhitekture proizvoda na integralnu i modularnu arhitekturu [9] koja je napravljena s obzirom na preslikavanje funkcija u fizičke komponente.

Preduvjet definiranju arhitekture familije proizvoda je analiza karakterističnih komponenata na promatranom skupu proizvoda. Jedan od načina analize karakterističnih komponenata je primjena postojećih indeksa istovjetnosti na

promatranom skupu proizvoda. Primjena postojećih indeksa istovjetnosti omogućuje identifikaciju, analizu te ukazuje smjernice rekonstrukcije postojećih komponenata sa ciljem povećanja ponovnog korištenja jednakih komponenata u varijantama familije proizvoda.

1.2 Hipoteza rada

Hipoteza je predložene disertacije da se primjenom indeksa istovjetnosti unutar definiranog skupa proizvoda iste ukupne funkcije mogu identificirati karakteristične komponente koje je opravdano analizirati i rekonstruirati sa ciljem povećanja udjela zajedničkih komponenata.

Pretpostavlja se da se postojeće metode izračuna indeksa istovjetnosti mogu primijeniti za povećanje udjela korištenja pojedinih komponenata tijekom razvoja familije proizvoda. Primjenom indeksa istovjetnosti moguće je identificirati komponente iz skupa individualnih proizvoda iste ukupne funkcije, koje značajno utječu na promjenu indeksa istovjetnosti. Prepoznavanjem komponenata koje smanjuju vrijednost indeksa istovjetnosti određuju se ciljane komponente koje je potrebno rekonstruirati. Rezultat rekonstruiranja izdvojenih komponenata usmjeren je na povećanje vrijednosti indeksa istovjetnosti. Povećanjem vrijednosti indeksa istovjetnosti ostvaruje se veći broj ponovnog korištenja istih komponenata u varijantama proizvoda.

Povećanjem ponovnog korištenja istih komponenata u varijantama proizvoda ostvaruju se prednosti familije proizvoda. Očekivane prednosti izražene su kroz smanjenje troškova pojedinih komponenta zbog povećanja obima proizvodnje što direktno utječe na smanjenje ukupnih troškova varijante proizvoda. Ostale prednosti koje se očekuju s povećanjem ponovnog korištenja jednakih komponenata jesu u jednostavnijem upravljanju podacima o proizvodu, smanjenjem količine komponenata na skladištu i jednostavnije upravljanje materijalom i opskrbnim lancem u proizvodnji.

1.3 Očekivani znanstveni doprinos

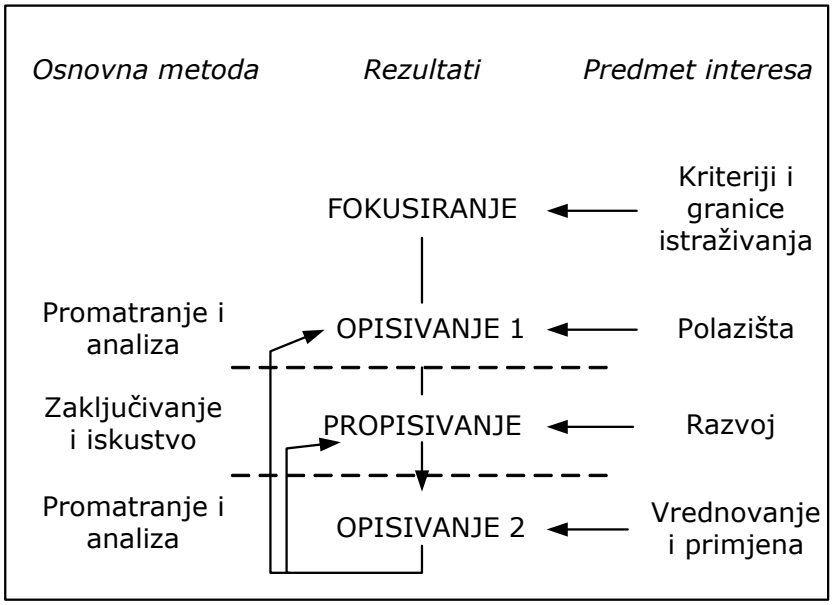
U sklopu istraživanja koje je predstavljeno ovim radom očekuju se doprinosi u teorijskom i primijenjenom dijelu koji se odnose na razvoj familije proizvoda. U okviru teorijskog doprinosa definirani su kriteriji identifikacije komponenata iz grupe individualnih proizvoda. Definirani kriteriji odnose se na primjenu postojećih metoda za određivanje stupnja istovjetnosti. Pravilnim redoslijedom upotrebe, postojeće metode za određivanje stupnja istovjetnosti koriste se sa ciljem povećanja ponovnog korištenje komponenata u varijantama familije proizvoda. Određivanje redoslijeda primjene metoda za računanje stupnja istovjetnosti predstavlja dodatni teorijski doprinos ovog istraživanja.

Doprinos u okviru primijenjenog dijela očekuje se u primjeni kriterija na

industrijskom primjeru sa ciljem identifikacije i analize postojećih komponenata. Detaljan opis primjene kriterija na industrijskom primjeru omogućuje ponovljivost primjene kriterija na drugim skupovima proizvoda.

1.4 Metodologija istraživanja

U znanstvenom istraživanju, metodologija istraživanja se koristi za razvoj novih teorija, metoda i alata kojima se proširuje postojeće znanje, te stvara novo [10]. Istraživanje prikazano ovom disertacijom pripada velikom istraživačkom području koje se općenito naziva Znanost o konstruiranju. Priroda istraživanja u ovom području nužno uključuje multidisciplinarni pristup, obuhvaćajući velik broj različitih znanstvenih disciplina. Metodologija istraživanja koja je primijenjena tijekom izrade ove disertacije prikazana na slici (Slika 1-1), a slijedi deskriptivnu metodologiju predloženu od Blessing i ostalih [11].



Slika 1-1. Metodologija istraživanja u Znanosti o konstruiranju

Pojedine faze u disertaciji prikazanog istraživanja mogu se pobliže opisati sljedećim aktivnostima:

1. Fokusiranje: Pregled postojeće problematike kroz stručnu i znanstvenu literaturu omogućio je fokusiranje istraživanja, definiranje hipoteze i granica istraživačkog projekta. Istraživanje je fokusirano na povećanje udjela jednakih komponenata u varijantama proizvoda. Hipoteza rada definirana je u poglavlju 1.2 u kojoj su postavljene i granice istraživačkog projekta.
2. Opisivanje 1: Obzirom na temu istraživanja, sačinjena je analiza postojećih metoda određivanja indeksa istovjetnosti i odabrane su metode koje će se primijeniti za povećanje udjela korištenja pojedinih komponenata u varijantama proizvoda.

3. Propisivanje: Na temelju odabranih metoda određivanja indeksa istovjetnosti i istraživanja provedeno na industrijskom primjeru mosnog granika provedenog u suradnji s tvrtkom KCI Konecranes, Hyvinkää, Finska, definirani su kriteriji i postupak identifikacije zajedničkih komponenata skupa proizvoda.
4. Opisivanje 2: Definirana metodologija u aktivnosti „Propisivanje" primijenjena je na drugom industrijskom primjeru strujnog mjernog transformatora tvrtke KONČAR – Mjerni transformatori. Industrijski primjer strujnog mjernog transformatora poslužio je kao primjer potvrđivanja hipoteze disertacije.

1.5 Struktura disertacije

Struktura disertacije sastoji se od šest glava, od kojih svaka opisuje pojedinačna područja vezana uz postavljenu hipotezu. Prva glava započinje analizom motiva zbog kojih je provedeno istraživanje. Nastavlja se postavljenom hipotezom disertacije nakon koje slijedi očekivani znanstveni doprinosi. Na kraju prve glave opisana je metodologija koja je bila primijenjena tijekom izrade istraživanja.

Tema disertacije usredotočena je na familiju proizvoda, posebno na jednu od faza razvoja familije proizvoda. Zbog postojećih razlika između proizvoda i familije proizvoda, u drugoj su glavi analizirani pojmovi vezani uz proizvod i familiju proizvoda. Opisana je strategija za ostvarivanje konkurentnosti na tržištu s aspekta utjecaja proizvodnje, vrste proizvoda i količine proizvoda na odabir strategije. Opisane su smjernice za odabir proizvoda ili familije proizvoda sa ciljem određivanja strategije postizanja konkurentnosti na tržištu. Izloženi je pregled literature vezan uz postojeće definicije familije proizvoda. Istaknute su terminološke razlike vezane uz familiju proizvoda te su prikazane različite metode izračuna stupnja istovjetnosti. Određeni su i objašnjeni pojmovi istovjetnost i raznolikost proizvoda unutar proizvodnog programa. U nastavku druge glave razmatra se arhitektura proizvoda. Posebna pažnja usmjerena je prema modularnoj arhitekturu i vrstama modularne arhitekture. Opisane su značajke modularne arhitekture i modula. Pritom se modularnost proizvoda razmatra kao relacijsko svojstvo, a ne kao vlastito svojstvo proizvoda.

Provedeno teorijsko i primijenjeno istraživanje rezultiralo je definiranjem kriterija i postupaka identifikacije i analize zajedničkih komponenata skupa proizvoda. Postupci identifikacije i analize zajedničkih komponenata opisani su u trećoj glavi i obuhvaćaju: određivanje vanjske i unutarnje raznolikosti, određivanje funkcija pojedinih proizvoda, određivanje funkcijske strukture skupa proizvoda, određivanje funkcijsko-sklopne strukture temeljem prikaza ovisnosti funkcija i komponenata i tablice podataka skupa proizvoda. Izračunom stupnjeva istovjetnosti pojedinih funkcija omogućena je identifikacija i analiza komponenata s padajućom vrijednošću indeksa istovjetnosti te identifikacija pripadnih proizvoda s padajućom vrijednošću

indeksa istovjetnosti.

Temeljem predložene metodlogije u četvrtoj je glavi detaljno opisana primjena na industrijskom primjeru strujnog mjernog transformatora tvrtke KONČAR – Mjerni transformatori.

U petoj glavi prikazani su zaključci istraživanja temeljeni na rezultatima dobivenim primjenom predloženih kriterija na industrijskom primjeru te razmatranja istraživanjem predloženih kriterija i postupaka za identifikaciju zajedničkih komponenata. Potvrđivanje hipoteze rada autor razmatra temeljem slijedećih stajališta [12]: postignuti rezultati utemeljeni su na poznatim i prihvaćenim teorijama i postoji povezanost između polazišta, hipoteze i rezultata; rezultati teorijskog i primijenjenog istraživanja mogu se koristiti za objašnjavanje stvarnih pojava u realnom proizvodnom programu; drugi istraživači prihvaćaju teorije korištene u istraživanju, a poznavaoci koriste alat temeljen na teoriji; primjenom predložene metodologije mogu se postići mjerljivo bolji rezultati u usporedbi s polaznom situacijom; opisana su nova rješenja ili su prikazani novi načini traženja određenog problema.

Na kraju glave opisani su mogući smjerovi budućih istraživanja.

2

Familija proizvoda

2.1 Od pojedinačnog proizvoda do familije proizvoda

Konstruiranje je proces osmišljavanja objekata koji posjeduju određenu funkciju ([13] citirano iz [14], str. 2). Takvi objekti, koji su proizvod ljudske inteligencije i truda nazivaju se artefakti [15]. Artefakt predstavlja skupni naziv za umjetne tvari, umjetna tvoriva (materijale) i stvari (materijalne tvorevine) koje je čovjek stvorio svojim znanjem i voljom ([16], str. 17). U daljnjem dijelu disertacije pojam materijalne tvorevine zamijeniti će se pojmom proizvod. Pojam proizvod koristiti će se u skladu s definicijom proizvoda ([17], str. 5-10), a predstavlja materijalnu tvorevinu koja je: nastala djelovanjem ljudske inteligencije, proizvedena korištenjem proizvodnih tehnologija te koja se koristi na tržištu. Proizvod se sastoji od grupe elemenata koje se nazivaju komponente ([18], str. 106). Komponenta proizvoda predstavlja sklop ili dio. Sklop je fizički objekt koji je sastavljen od dva ili više drugih fizičkih objekata, koji mogu biti sklopovi ili dijelovi ([19], str 68). Dio predstavlja jednostavni element proizvoda koji se ne može raščlaniti na manje dijelove te je proizveden jednom ili s više proizvodnih tehnologija. U ovoj disertaciji, pojam komponente koristiti će u kontekstu koji se neodređeno odnosi ili na sklop ili na dio.

U početnim fazama procesa konstruiranja, osim definiranja zahtjeva i želja potrošača kojima je određen proizvod, potrebno je poznavati odgovore i na sljedeća pitanja. To su:

- koja vrsta proizvoda se konstruira s obzirom na tip proizvodnje kojom će se proizvod izraditi i
- kolika je potrebna količina proizvoda.

Ovisno o odgovorima na navedena pitanja proizlaze i različite strategije kojima tvrtke

ostvaruju konkurentnost na današnjem globalnom tržištu. U nastavku poglavlja analizirati će se utjecaj proizvodnje, vrste proizvoda i količine proizvoda na odabir strategije za ostvarivanje konkurentnosti na tržištu.

2.1.1 Karakteristike proizvodnih procesa s obzirom na promjene u procesima i kod proizvoda

Odabir načina proizvodnje kojom će se proizvoditi određeni proizvod, ovise pored ostalog o potrebnim količinama proizvoda koji će se proizvoditi ali i o promjenama koje se očekuju na tržištima tijekom životnog vijeka proizvoda. Promjene na tržištu utječu na ([20], str. 42):

- promjene kod proizvoda i
- promjene u procesima.

Promjene u procesima odnose se na promjene u tehnologijama za razvoj i proizvodnju proizvoda. *Promjene kod proizvoda* obuhvaćaju promjene u konstrukciji uzrokovane novim zahtjevima.

Ove dvije vrste promjena mogu biti stabilne ili dinamičke. Stabilne promjene su spore i često predvidljive dok su dinamičke promjene učestale i nepredvidljive. Uzimajući u obzir međusobni utjecaj promjene proizvoda i procesa, Boynton i ostali [20] definirali su četiri karakteristike proizvodnih procesa (Slika 2-1):

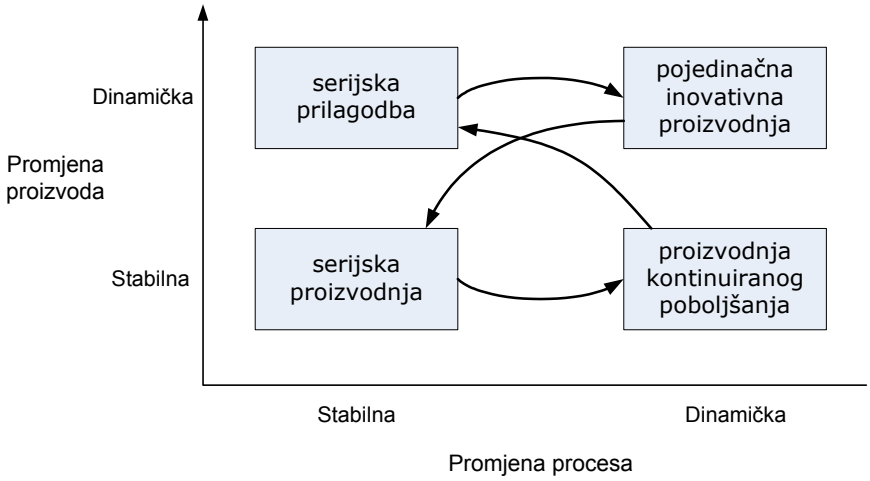
1. inovativnost,
2. serijska proizvodnja,
3. kontinuirano poboljšanje,
4. serijska prilagodba.

Pojedinačna inovativna proizvodnja rezultira malim brojem proizvoda ali s kontinuiranom primjenom inovativnih rješenja u procesima razvoja i proizvodnje proizvoda. Ova vrsta proizvodnje primjenjuje se kod proizvoda podložnim učestalim promjenama u zahtjevima i procesima. Inovativnim proizvodima ostvaruje se konkurentnost na tržištu zahvaljujući jedinstvenim, inovativnim rješenjima kojima se takvi proizvodi razlikuju od ostalih proizvoda. Kada se razvije tržište za inovativne proizvode tvrtke prelaze s pojedinačne inovativne proizvodnja na serijsku proizvodnju.

Serijska proizvodnja obuhvaća proizvodnju velike količine proizvoda sa stabilnim promjenama u procesima i kod proizvoda. Time se omogućuje normiranje proizvoda u tvrtkama, razvoj i primjenu normiranih pravila i procedura u proizvodnji i dodjeljivanje poslova specijaliziranim opskrbljivačima. Ostvarivanje konkurentnosti korištenjem serijske proizvodnje omogućeno je smanjivanjem troškova po jedinici proizvoda zbog proizvodnje veće količine proizvoda.

Prelazak između pojedinačne inovativne proizvodnje i serijske proizvodnje karakteriziran je obostranom potrebom između tvrtki koje posjeduju takve vrste

proizvodnje. Tvrtke sa serijskom proizvodnjom ovise o tvrtkama koje proizvode inovativne proizvode zbog osiguravanja novih proizvoda koja će se serijski proizvoditi. Tvrtke koje proizvode inovativne proizvode ovise o tvrtkama sa serijskim proizvodnjom zbog mogućnosti proizvodnje i plasmana njihovih proizvoda na tržište.



Slika 2-1. Četiri osnovne proizvodne paradigme

Dok je prijelaz s pojedinačne proizvodnje na serijsku proizvodnju karakteriziran kao industrijska revolucija početkom prošlog stoljeća, u drugoj polovici prošlog stoljeća evidentan je prelazak tvrtki iz serijske proizvodnje na proizvodnju kontinuiranog poboljšanja. Proizvodnjom kontinuiranog poboljšanja, tvrtke kontinuirano mijenjaju i poboljšavaju procese te time povećavaju kvalitetu proizvoda a ujedno zadržavaju niske troškove proizvodnje zbog proizvodnje veće količine proizvoda ([21], str. 10). Primjenom dinamičkih promjena u procesima ostvareno je poboljšanje kvalitete proizvoda i time ostvarena konkurentnost u odnosu na proizvode proizvedene serijskom proizvodnjom. Svaki nova serija proizvoda proizvedena kontinuiranim poboljšanjem drugačija je i bolja od prethodne.

Pine i ostali ([22], str. 6) navode da se 'Potrošači više ne mogu sagledati kao homogena cjelina na tržištu, već kao individue čiju se individualnost želi i treba spoznati i ispuniti'. Pristup potrošaču kao individui karakterističan je za zadnje desetljeće prošlog stoljeća i pritom tvrtke prelaze s proizvodnje kontinuiranog poboljšanja na serijsku prilagodbu. Serijska prilagodba omogućuje prilagodbu proizvoda individualnim zahtjevima naručitelja pri čemu su promjene u procesima stabilne. Konkurentnost na tržištu osigurava se identificiranjem i ispunjavanjem individualnih zahtjeva i želja potrošača.

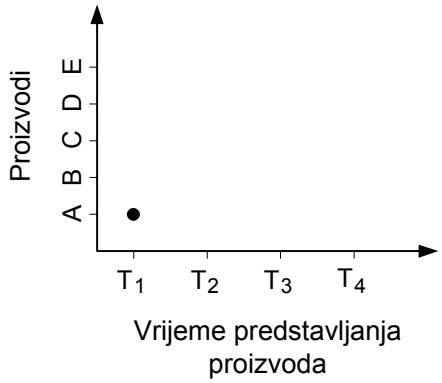
Uz prikazanu klasifikaciju proizvodnje objašnjeni je i put od proizvodnje pojedinačnog proizvoda do proizvodnje grupe proizvoda. U sljedećim glavama detaljnije će se opisati klasifikacije pojedinačnog proizvoda i grupe proizvoda koji sačinjavaju familiju proizvoda.

2.1.2 Klasifikacija proizvoda

Klasifikacija proizvoda koja je predstavljena u ovoj glavi napravljena je s obzirom na dva kriterija: vremenu pojave proizvoda na tržištu i broju različitih proizvoda. Ovisno o ova dva kriterija razlikujemo četiri vrste proizvoda [23]:

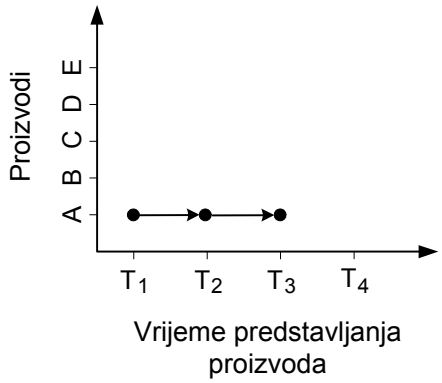
- pojedinačni proizvodi,
- evoluirani pojedinačni proizvodi,
- mutirani pojedinačni proizvodi,
- evoluirano-mutirani pojedinačni proizvodi.

Prvu vrstu proizvoda čini *pojedinačni proizvodi* koji su konstruirani samo jednom i čija se konstrukcija više ne mijenja tijekom životnog vijeka proizvoda (Slika 2-2). Pojedinačni proizvodi rezultat su individualnih projekata dogovorenih za poznatog naručitelja. Cilj ovih proizvoda je ispunjavanje zahtjeva individualnog naručitelja koji su jedinstveni za jednu narudžbu. Primjer ovakvih proizvoda su energetska postrojenja, lučke dizalice itd.



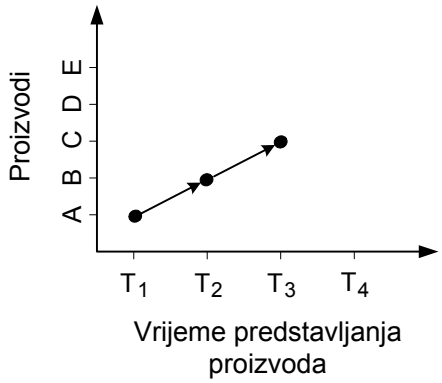
Slika 2-2. Pojedinačni proizvod

Češći primjeri pojedinačnih proizvoda na tržištu su *evoluirani pojedinačni proizvodi*. Evoluirani pojedinačni proizvodi konstruirani su i proizvedeni jednom ali se njihova konstrukcija periodički poboljšava tijekom životnog vijeka proizvoda (Slika 2-3). Razlozi mijenjanja konstrukcije tijekom životnog vijeka proizvoda su u nadogradnji i zamjeni postojećih komponenata novima, razvoju tehnologije i periodičkim promjenama na tržištu. Često takvi proizvodi u potpunosti ne zadovoljavaju sve zahtjeve prilikom prvog pojavljivanja na tržištu nego se radije svi zahtjevi ispunjavaju tijekom životnog vijeka proizvoda. Pritom nastaju nove verzije konstrukcije i proizvoda. Svaka nova verzija proizvoda zamjenjuje postojeću verziju proizvoda na tržištu. Različite verzije istog proizvoda ispunjavaju isti skup zahtjeva ([19], str. 64). Primjer ovakvih proizvoda su turbine, generatori, transformatori itd.



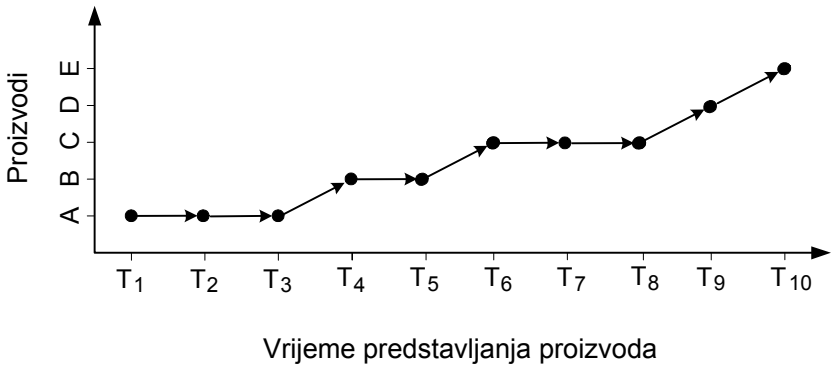
Slika 2-3. Evoluirani pojedinačni proizvod

Treću vrstu proizvoda čine *mutirani pojedinačni proizvodi*. Mutirani pojedinačni proizvodi čine proizvode koji su konstruirani i proizvedeni jednom ali se njihova konstrukcija periodički mijenja u nove varijante proizvoda (Slika 2-4). Za razliku od verzija istog proizvoda kod evoluiranih pojedinačnih proizvoda, varijante proizvoda ne ispunjavaju isti skup zahtjeva već svaka varijanta proizvoda ispunjava različite zahtjeve ([19], str. 64).



Slika 2-4. Mutirani pojedinačni proizvodi

Četvrtu vrstu proizvoda čine evoluirano-mutirani pojedinačni proizvodi. Kod evoluirano-mutiranih pojedinačnih proizvoda postoji nekoliko verzija pojedinačnih proizvoda prije nego što mutiraju u nove varijante proizvoda.



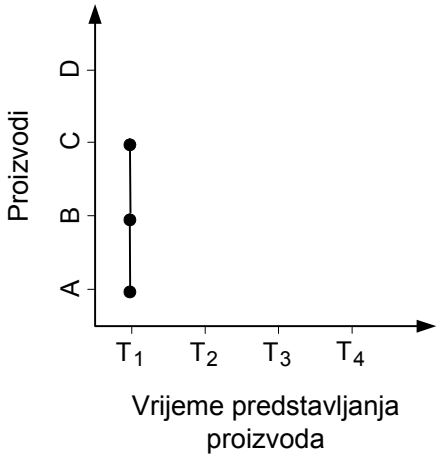
Slika 2-5. Evoluirano-mutirani pojedinačni proizvodi

2.1.3 Klasifikacija familije proizvoda

Klasifikacija familije proizvoda koja je predstavljena u ovoj glavi napravljena je s obzirom na promjene u konstrukciji familije proizvoda[1] i vremena pojava članova familije proizvoda na tržištu [23]. Ovisno o ova dva kriterija razlikujemo familiju proizvoda s:

- istovremenim razvojem varijanata proizvoda,
- evoluiranim razvojem varijanata proizvoda,
- kombiniranim razvojem varijanata proizvoda.

Familija proizvoda s istovremenim razvojem varijanata proizvoda opisuje varijante proizvoda koje su istovremeno konstruirane i čija se konstrukcija ne mijenja tijekom vremena (Slika 2-6). Primjer ovakve familija proizvoda čine varijante proizvoda koje se razlikuju na temelju varijacije geometrije.



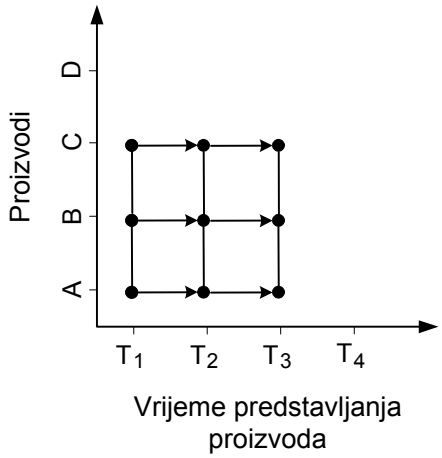
Slika 2-6. Familija proizvoda s istovremenim razvojem varijanata proizvoda

Osnovna razlika između ove vrste familije proizvoda i konstruiranja pojedinačnih proizvoda je u broju ponavljanja procesa konstruiranja. Razvojem familije proizvoda s istovremenim varijantama proizvoda jednim procesom su planirane sve varijante proizvoda koje će egzistirati na tržištu. Konstruiranjem pojedinačnih proizvoda, pojedine faze procesa konstruiranja se moraju ponoviti za svaki pojedinačni proizvod. Familije proizvoda s istovremenim razvojem varijanata proizvoda najčešće su predmet razmatranja u literaturi prilikom istraživanja familije proizvoda te će se u ovoj disertaciji razmatrati ova vrsta familije proizvoda.

Familija proizvoda s evoluiranim razvojem varijanata proizvoda opisuje varijante proizvoda koje su istovremeno konstruirane ali se konstrukcija familije proizvoda kontinuirano mijenja i poboljšava (Slika 2-7). Primjer familija proizvoda s

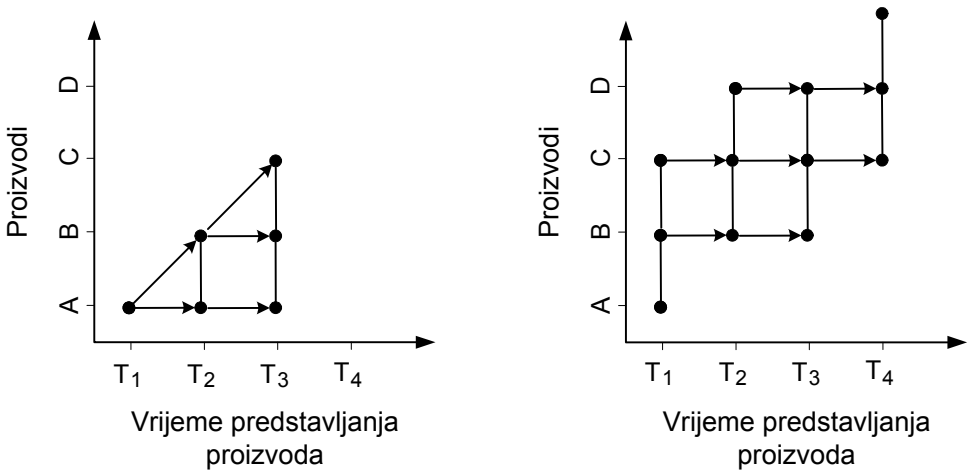
[1] Maier i Fadel (2005.) koriste riječ konstrukcija prilikom opisa promjene kod familije proizvoda, ali prema mišljenju autora disertacije familija proizvoda nije opisana konstrukcijom. Familija proizvoda opisana je arhitekturom familije proizvoda i promjene koje se dešavaju kod familije proizvoda rezultat su promjena u arhitekturi familije proizvoda.

evoluiranim varijantama proizvoda je walkman ([24], str. 45).



Slika 2-7. Familija proizvoda s evoluiranim razvojem varijanta proizvoda

Familija proizvoda s kombiniranim razvojem varijanta proizvoda opisuje familije proizvoda kod kojih se istovremeno razvijaju varijante proizvoda koje tijekom razvoja evoluiraju u nove varijante proizvoda. Tijekom vremena dolazi do poboljšavanja konstrukcije familije proizvoda i proširenja familije proizvoda na nove segmente tržišta te tako nastaju nove varijante proizvoda. Primjeri familija proizvoda s kombiniranim razvojem varijanata proizvoda mogu se naći prilikom evolucije automobila u autobuse, prijenosnih računala u tablet i pocket računala ili mobilnih telefona u mobilne komunikatorske uređaje [24].



Slika 2-8. Familija proizvoda s kombiniranim razvojem varijanata proizvoda

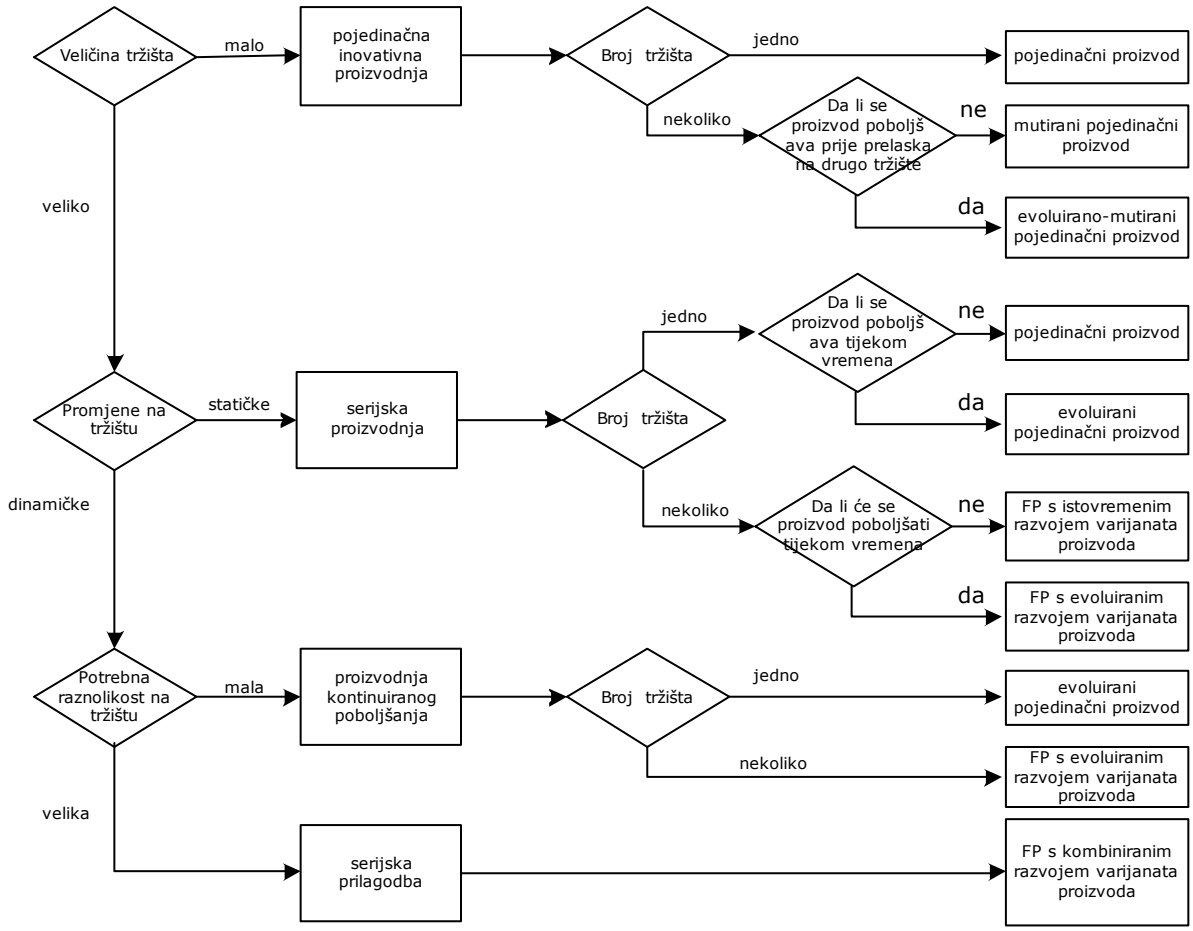
U navedenim klasifikacijama, primjeri su navedeni kao ilustracija i u stvarnosti je moguće da pojedini primjeri pripadaju različitim vrstama proizvoda i/ili familiji proizvoda.

2.1.4 Smjernice za odabir vrste proizvoda ili familije proizvoda

U prethodne tri glave objašnjene su klasifikacije proizvodnje, proizvoda i familije proizvoda. Na slici (Slika 2-9) prikazan je dijagram toka odabira vrste proizvoda ili

familije proizvoda. Prvi dio dijagrama toka na slici (Slika 2-9) odnosi se na odabir vrste proizvodnje. Odabir vrste proizvodnje ovisi o veličini tržišta, promjenama na tržištu i potrebnoj raznolikosti proizvoda na tržištu.

Tržištima na kojima je potrebna mala količina proizvoda, koristi se pojedinačna proizvodnja. Pojedinačnom proizvodnjom proizvodi se pojedinačni proizvod, mutirani pojedinačni proizvod ili evoluirano-mutirani pojedinačni proizvodi. Pojedinačni proizvod namijenjen je samo jednom naručitelju. Mutirani pojedinačni proizvod koristi se na više tržišta, ali prije prelaska s jednog na drugo tržište pojedinačni proizvod ne evoluira. Evoluirano-mutirani pojedinačni proizvodi evoluira prije nego što pojedinačni proizvod pređe na drugo tržište.



Slika 2-9. Dijagram toka odabira vrste proizvoda ili familije proizvoda (prilagođeno iz [23])

Za plasiranje proizvoda na tržišta s većim količinama proizvoda potrebno je poznavati promjene koje se dešavaju na tržištu. Serijska proizvodnja karakteristična je za tržišta sa stabilnim promjenama. Pritom su proizvodi namijenjeni za jedno ili više tržišta. Pojedinačni proizvodi namijenjeni su samo za jedno tržište na kojemu nije potrebno poboljšavati proizvod tijekom životnog vijeka. Evoluirani pojedinačni proizvodi također su namijenjeni samo za jedno tržište ali na kojemu postoji potreba za poboljšanjem proizvoda tijekom životnog vijeka. Varijante proizvoda proizvode se serijskom proizvodnjom prilikom plasiranja varijanata na više tržišta. Familije

proizvoda s istovremenim razvojem varijanata proizvoda koriste se na tržištima na kojima nije potrebno poboljšanje varijanata tijekom životnog vijeka. Familije proizvoda s evoluiranim razvojem varijanata proizvoda koriste se na tržištima na kojima je potrebno poboljšanje varijanata tijekom životnog vijeka.

Ukoliko su promjene na tržištu dinamične potrebno je poznavati potrebnu raznolikost proizvoda. Za tržišta na kojemu nisu potrebne velike raznolikosti između proizvoda karakteristična je proizvodnja kontinuiranog poboljšanja. Kontinuiranim poboljšanjem proizvoditi će se evoluirani pojedinačni proizvodi namijenjeni samo jednom tržištu. Za više tržišta, kontinuiranim poboljšanjem proizvoditi će se familije proizvoda s evoluiranim razvojem varijanata proizvoda.

Za tržišta na kojima su potrebne velike razlike između proizvoda karakteristična je proizvodnja serijskom prilagodbom. Serijskom prilagodbom proizvodi se familija proizvoda s kombiniranim razvojem varijanata proizvoda.

2.2 Pojam familija proizvoda

U dosadašnjem dijelu disertacije, koristio se je termin familije proizvoda ali se nije odredilo što je familija proizvoda. Pojam familije proizvoda nije jednoznačno određen i prihvaćen u literaturi. Razlike su vidljive iz sljedećih definicija familije proizvoda koje se koriste u literaturi:

- Familija proizvoda je određena kao grupa srodnih proizvoda čija je ukupna funkcija ista [25];
- Familija proizvoda određuje sličnost i raznolikost između zasebnih proizvoda koji sačinjavaju asortiman proizvoda ([19], str. 64);
- Familija proizvoda je koncept koji je razvijen za tržište ali obuhvaća individualne želje potrošača pomoću raznolikosti definirane arhitekturom proizvoda i proizvodnim procesima ([5], str. 8);
- Familija proizvoda je grupa zasebnih proizvoda koja dijele zajedničku tehnologiju i namijenjena su srodnim primjenama na tržištu. ([26], str. 35);
- Familije proizvoda je grupa proizvoda koja dijeli zajedničke značajke oblika i funkcija, a namijenjena su za jedno ili nekoliko tržišta ([27], str.6.)
- Familiju proizvoda sačinjava grupa proizvoda koja je, zbog određene koristi, sačinjena od zajedničkog skupa komponenata sa ciljem postizanja asortimana varijanata proizvoda koji pokrivaju određeni tržišni segment ([2], str 20.)

Iz navedenih definicija opaža se korištenje familije proizvoda za opisivanje grupe proizvoda koje su slične na temelju značajki proizvoda kao npr. funkcija, komponenata ili procesa i tehnologija korištenih za njihovu proizvodnju. Posljednje

navedena definicija familije proizvoda ističe važnost zbog koje se definira familija proizvoda. Autori pritom naglašavaju da razlozi definiranju familije proizvoda proizlaze s tržišta te zbog snižavanja troškova koji se očekuju u jednoj ili više faza životnog vijeka proizvoda.

U ovom radu, u skladu s zadnjom navedenom definicijom, familija proizvoda razmatra se kao grupa proizvoda koja je sačinjena od zajedničkog skupa komponenata sa ciljem postizanja asortimana varijanata proizvoda koji pokrivaju određeni tržišni segment.

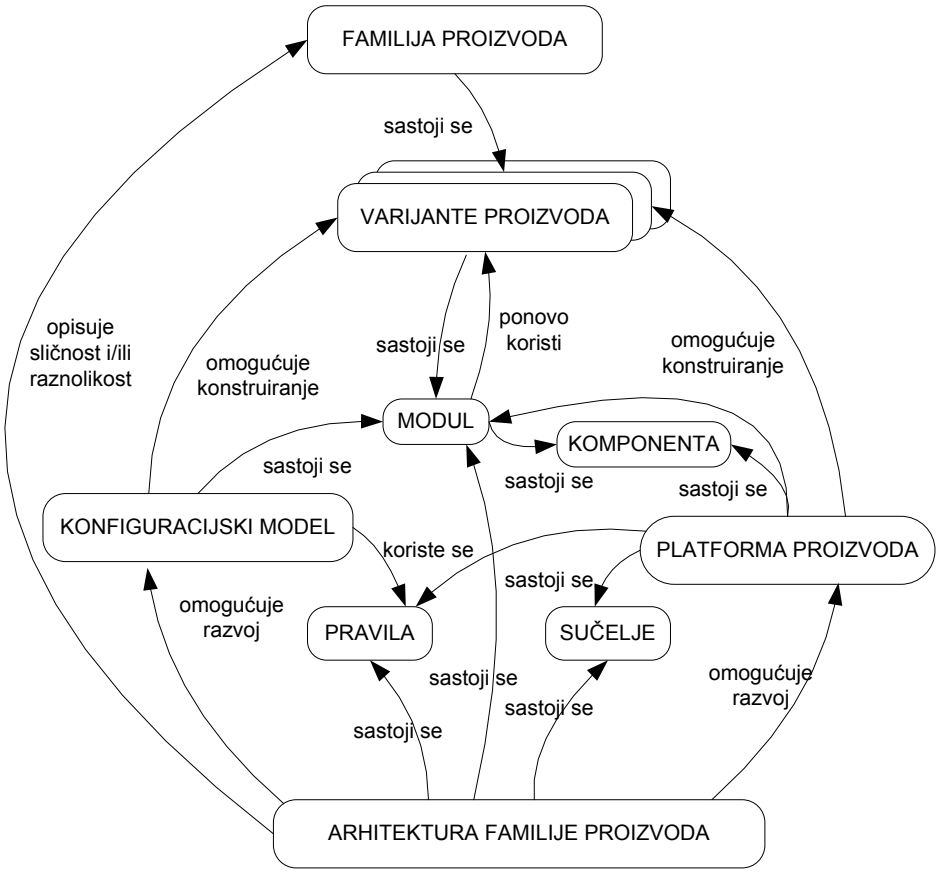
2.3 Pojmovi vezani uz familiju proizvoda

Zbog jednostavnijeg prikaza pojmova vezanih uz familiju proizvoda, na slici (Slika 2-10) grafički su pokazani pojmovi i njihovi odnosi vezani uz familiju proizvoda. Razvoj familije proizvoda i konstruiranje varijanata proizvoda predstavljaju dva zasebna procesa. Procesu konstruiranja varijanata proizvoda prethodi razvoj familije proizvoda. Razvoj familije proizvoda je proces koji je podijeljen u dvije faze. Prva faza obuhvaća definiranje arhitekture familije proizvoda [28], a druga definiranje računalnog modela za konstruiranje varijanata proizvoda. Rezultati analize potrebne raznolikosti i istovjetnosti u arhitekturi familije proizvoda koriste se za definiranje dvaju modela za konstruiranje varijanata proizvoda. To su *konfiguracijski model* i *model platforme proizvoda*.

Konfiguracijski model koristi se u konstruiranju varijanata proizvoda kada je arhitekturom familije proizvoda opisana planirana raznolikost i istovjetnost među varijantama proizvoda. Pritom su vrijednosti zahtjeva koje pojedine varijante proizvoda mogu poprimiti unaprijed određene. Vrijednosti zahtjeva mogu biti opisane konkretnim vrijednostima ili područjem vrijednosti.

Ukoliko se arhitekturom familije proizvoda planira samo istovjetnost među varijantama proizvoda bez definiranja raznolikosti, za konstruiranje varijanata proizvoda koristi se *model platforme proizvoda*. Model platforme proizvoda opisuje dva pristupa konstruiranju varijanata proizvoda ([29], str. 10). Prvi pristup obuhvaća konstruiranje varijanata proizvoda na osnovu varijacije geometrije, a drugi pristup na ponovnom korištenju istog skupa komponenata u svim varijantama proizvoda.

Kod konstruiranja varijanata proizvoda na osnovu varijacije geometrije ne postoji funkcionalna raznolikost između varijanata proizvoda. Sve varijante proizvoda zadovoljavaju istu ukupnu funkciju i sastoje se od istih parcijalnih funkcija pa ne postoje razlike u funkcijama između varijanata proizvoda. Varijante proizvoda međusobno se razlikuju samo po dimenzijama.



Slika 2-10. Prikaz pojmova korištenih u familiji proizvoda

Kod drugog pristupa korištenja platforme proizvoda definirani je skup komponenata koje su identične u svim varijantama proizvoda ali koje ne čine cijeli proizvod. Skup komponenata koji je isti u svim varijantama proizvoda naziva se platforma proizvoda. Raznolikost među varijantama proizvoda nije unaprijed definirana, a varijante se međusobno razlikuju ovisno o zahtjevima. Ovakav pristup konstruiranju varijanata proizvoda omogućuje veću slobodu u konstruiranju varijanta proizvoda uz istovremeno ostvarivanje prednosti ponovnog korištenja istog skupa komponenata u svim varijantama proizvoda. Komponente koje su dijelovi platforme proizvoda grupirane su zbog određenih razloga u platformu. Neki od razloga grupiranja komponenata u platformu proizvoda jesu:

- u skupom razvoju pojedinačnih komponenata,
- komponente međusobno utječu na ukupne karakteristike proizvoda te ih nije moguće individualno razvijati,
- komponente ne utječu direktno na odabir proizvoda od strane kupaca.

U sljedeća dva poglavlja navesti će se definicije i primjeri navedenih pristupa konstruiranju varijanata proizvoda.

2.3.1 Platforma proizvoda

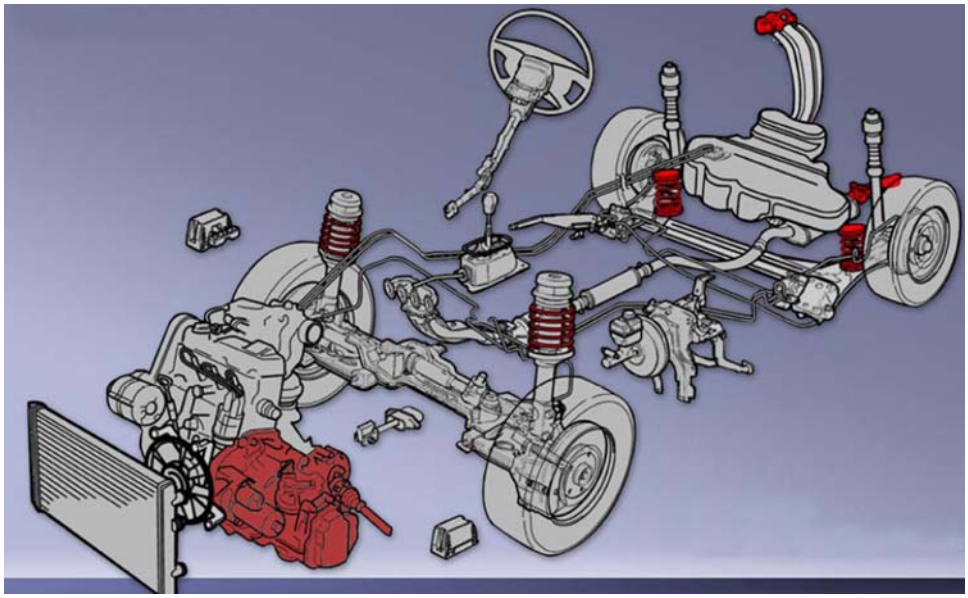
Pojam platforme ima različito značenje ovisno o kontekstu u kojemu se koristi. Tako

razlikujemo naftnu platformu, brodsku platformu, platformu na željezničkoj stanici, platformu kao deklaraciju ciljeva i načela političkih stranaka. U svim ovim primjerima pojam platforme ima jasno određeno značenje. U kontekstu razvoja familije proizvoda, u literaturi je ustaljeno korištenje pojma platforme proizvoda. Pojam platforme proizvoda nije jednoznačno određen u literaturi te se definira kao:

- skup podsustava i sučelja koji sačinjavaju zajedničku strukturu na temelju koje se efikasno razvijaju i proizvode varijante proizvoda ([26], str. 39),
- skup pravila o elementima i odnosima od kojih se sačinjavaju varijante proizvoda [30],
- skup vrijednosti koje su zajedničke unutar grupe proizvoda ([31], str. 3). Te vrijednosti grupirane su u četiri kategorije: *komponente* - dijelovi proizvoda, strojevi potrebni za njihovu izradu te računalni programi; *procesi* - korišteni za izradu ili sklapanje komponenata u proizvod te pridruženi proizvodni procesi; *znanje* - konstrukcijsko znanje, tehnologija, matematički modeli i metode za testiranje, osobe; *odnosi* - timovi, odnosi među članovima timova i odnosi među timovima.
- skup osnovnih vrijednosti koje se ponovno koriste za ostvarivanje konkurentnosti ([32], str 328).

Najpoznatiji i najčešće citirani primjer konstruiranja varijanata proizvoda na osnovu platforme proizvoda je Volkswagenova A platforma ([33], str. 4). Volkswagen je 1990. godine proizvodio 20 individualnih modela koji su bili temeljeni na 17 različitih platformi. Nakon 1993. i primjene strategije platforme proizvoda, 1999. Volkswagen je proizvodio 53 individualna modela temeljena na četiri različite platforme ([24], str. 36). Prilikom razvoja varijanata na temelju platforme proizvoda Volkswagen je podijelio automobil na dva bitna dijela: platformu i pokrov (*eng.* hat). Platforma obuhvaća "nevidljive" komponente od strane kupca a koje su zajedničke u različitim varijantama proizvoda te nemaju utjecaja na vizualni identitet automobila. Pokrov obuhvaća komponente po kojima se varijante proizvoda međusobno razlikuju i koje daju identitet automobilu uključujući interijer i eksterijer.

Ovakvim pristupom konstruiranju varijanata proizvoda, Volkswagen je ostvario jednaki broj proizvedenih komponenata platforme proizvoda kao i ukupan broj proizvedenih automobila temeljenih na jednoj platformi. Sljedeći korak u razvoju platforme proizvoda je prelazak s platforme proizvoda sastavljene od komponenata na platformu proizvoda sastavljenu od modula [34]. Modularna "A" platforma sastoji se od 11 modula: hladnjaka, kombinacije motora i reduktora, prednja i stražnja osovina s amortizerima, upravljačkog uređaja, kočionog sustava, okvira za sjedala, ispušnog sustava i rezervoara (Slika 2-11).



Slika 2-11. Primjer VW modularne A platforme [35]

Iz navedenog Volkswagenovog primjera platforma proizvoda može biti sastavljena od komponenata i/ili modula.

Platforma proizvoda sastavljena od komponenata predstavlja pristup konstruiranju varijanata proizvoda u kojemu su sve varijante konstruirane na temelju te platforme. Komponente iste platforme koriste se u svim varijantama proizvoda nastale na toj platformi.

Platforma proizvoda sastavljena od modula predstavlja pristup konstruiranju varijanata proizvoda kod kojeg se moduli dijele između više različitih platformi proizvoda. Modularnim pristupom platformi proizvoda želi se povećati broj ponovnog korištenja modula i time smanjiti troškove modula u pojedinim fazama životnog vijeka proizvoda (razvoju, proizvodnji, održavanju itd.)

Drugi pristup konstruiranju varijanta na temelju platforme proizvoda obuhvaća korištenje varijacije geometrije za postizanje raznolikosti između varijanata proizvoda. Varijacija geometrije znači poduzimanje promjena na geometrijskom obliku, položaju, broju i dimenzijama značajki proizvoda ([36], str 617). Takve varijante proizvoda sastavljene su od komponenata istih funkcija i jednakih unutrašnjih i vanjskih kontura proizvoda, a razlikuju se samo po vrijednostima značajki. Karakteristika ovih proizvoda je u sposobnosti geometrijske proporcionalnosti među komponentama proizvoda, ostvarene mijenjanjem konstrukcijskih parametara komponenata a sa ciljem ostvarivanja različitih zahtjeva naručitelja ([37], str. 3). Neki od primjera varijanata proizvoda konstruiranih na osnovu varijacije geometrije su Black & Decker univerzalni motor ([26], str. 7), Airbus A330/A340 familija aviona ([38], str. 1).

Prilikom razmatranja platforme proizvoda, kao skupa fizičkih komponenata koje se ponovno koriste u varijantama proizvoda, potrebno je naglasiti da se komponente proizvoda ponovno koriste u varijantama proizvoda zbog odluka donesenih tijekom

razvoja familije proizvoda. Zbog toga komponente proizvoda ne predstavljaju platformu proizvoda, već predstavljaju fizički model platforme proizvoda ([33], str. 4). Platforma proizvoda rezultat je razvoja familije proizvoda nastale na arhitekturi familije proizvoda kojom su opisane i određene smjernice ponovnog korištenja komponenata i sučelja u konstruiranju varijanata proizvoda.

2.3.2 Konfiguracijski model

Konfiguracijski model predstavlja informacijski model proizvoda kojim su opisane moguće varijante proizvoda i propisuje način određivanje varijante proizvoda za određenu listu zahtjeva ([39], str. 39). Konfiguracijski modeli koriste se za razvoj računalnih konfiguracijskih sustava. Konfiguracijski sustavi predstavljaju računalne sustave koji se primjenjuju u procesu konfiguriranja varijanata proizvoda. Proces konfiguriranja je vrsta konstrukcijskog procesa, kojim se određuje, do određenog nivoa, struktura varijante proizvoda prilagođene zahtjevima naručitelja, unutar ograničenja koja su postavljena arhitekturom familije proizvoda ([40], str. 33). Rezultat procesa konfiguriranja je konfiguracija kojom je opisana varijanta proizvoda koja će se proizvoditi za određenu narudžbu. Varijanta proizvoda predstavlja jedinstveni proizvod, čija se struktura proizvoda razlikuje po funkcijama i/ili geometriji od ostalih varijanata proizvoda, a nastala je na temelju poznate narudžbe naručitelja. Često rezultat procesa konfiguriranja nije samo jedna konfiguracija, već ih može biti i više. Isto tako, proces konfiguriranja je iterativni postupak kod kojeg rezultat ne mora u potpunosti zadovoljiti zadane zahtjeve. Zadatak procesa konfiguriranja je, da iz zadanog skupa elemenata proizvoda odredi varijantu proizvoda, koristeći poznata pravila i ograničenja između odabranih elemenata koji zadovoljavaju tražene zahtjeve [41].

Konfiguracijsko znanje svrstano je u tri kategorije [42], [43]:

- znanje o konfiguriranju rješenja,
- znanje o konfiguracijskom modelu i
- znanje o zahtjevima.

Znanje o konfiguriranju rješenja odnosi se na načine pronalaženja rješenja tj. sadrži informacije vezane uz način izvođenja procesa konfiguriranja. Znanje o konfiguracijskom modelu sadrži informacije o entitetima koji se koriste u procesu konfiguriranja, njihova svojstva te pravila i ograničenja na temelju kojih se entiteti konfiguriraju. Znanje o zahtjevima sadrži informacije o zahtjevima na temelju kojih se izvršava proces konfiguriranja.

Konfiguracijski sustavi dijele se na [2]: prodajne konfiguracijske sustave i konstrukcijske konfiguracijske sustave. Zadaće i aktivnosti prodajnih konfiguracijskih sustava namijenjene su prodavačima i izradi narudžbe naručitelja. Zadaće i aktivnosti konstrukcijskih konfiguracijskih sustava namijenjene su konstruktorima i realizaciji narudžbe naručitelja u konstrukcijskim uredima.

2.4 Istovjetnost među proizvodima

Istovjetnost, sličnost i ponovno korištenje pojmovi su koji se koriste prilikom usporedbe varijanata proizvoda. Pahl i Beitz ([44], str 406) navode postojanje sličnosti među proizvodima ukoliko je odnos između najmanje jedne karakteristike opisane fizikalnom veličinom nepromjenjiv. Razmatrajući proizvode samo po sličnosti nedovoljno su istaknuti kriteriji po kojima su proizvodi slični. Prilikom definiranja sličnosti, Pahl i Beitz ([44], str 406) razmatraju fizikalne veličine kojima se opisuju karakteristike proizvoda, a koje su identične među proizvodima. Prilikom razvoja familije proizvoda tvrtke žele primjenom istovjetnosti među proizvodima povećati ponovno korištenje, ali ne u smislu ponovnog korištenja proizvoda nakon što je postigao svoju osnovnu primjenu, već ponovnog korištenje komponenata, dokumentacije, procesa proizvodnje u razvoju familije proizvoda i/ili različitim fazama životnog vijeka proizvoda.

Pojmovi istovjetnost i ponovno korištenje međusobno su povezani u razvoju familije proizvoda. Značenje pojma istovjetnosti među proizvodima opisuje postojanje nepromjenjivih elemenata (dijelova, dokumentacije, procesa, itd.) među postojećim promatranim proizvodima, a pojam ponovnog korištenje opisuje mogućnost korištenja tih elemenata u budućem razvoju, eksploataciji itd. ([45], str. 176.).

Prilikom razvoja familije proizvoda, istovjetnost unutar familije proizvoda određuje se indeksom istovjetnosti, koji ovisi o parametrima kao što su: broj identičnih komponenata ponovno korištenih u varijantama proizvoda, ukupnom broju varijanata proizvoda, troškovima proizvodnje komponenata, proizvodnim tehnologijama itd. Vrijednost indeksa istovjetnosti označava postotak korištenja identičnih dijelova u varijantama proizvoda. Postoji nekoliko metoda za izračunavanje indeksa istovjetnosti (Tablica 2-1).

Tablica 2-1. Pregled metoda izračuna indeksa istovjetnosti

Naziv metode		*Autori*	*Granice vrijednosti stupnja istovjetnosti*
CI	Indeks istovjetnosti	Martin i Ishii, [46]	0 ⟷ 1
TCCI	Ukupna konstanta indeksa istovjetnosti	Wacker i Trelevan, [47]	0 ⟷ 1
PCI	Indeks istovjetnosti linije proizvoda	Kota i ostali, [48]	0 ⟷ 100
%C	Postotni indeks istovjetnosti	Siddique i ostali, [49]	0 ⟷ 1
$CI^{(C)}$	Indeks istovjetnosti dijela komponente	Jiao i Tseng, [50]	1 ⟷ $\alpha = \sum_{j=1}^{d}\sum_{i=1}^{m}\Phi_{ij}$

Pomoću metoda „Indeks istovjetnosti" (CI) i „Ukupna konstanta indeksa istovjetnosti" (TCCI) vrijednost stupnja istovjetnosti izračunava se na osnovu broja

identičnih dijelova unutar familije proizvoda. Identični dijelovi su dijelovi koji imaju potpuno isti oblik i iste dimenzije. Metoda „Indeks istovjetnosti linije proizvoda" (PCI) uzima u obzir procese koji se koriste u izradi dijelova te materijal od kojih su proizvodi izrađeni. Procesi koji se koriste u PCI metodi obuhvaćaju procese proizvodnje i sklapanja. Metoda „Postotni indeks istovjetnosti" (%C) temelji se na tri pogleda s obzirom na stupanj istovjetnosti. To su: pogled na dijelove, pogled na sučelja između dijelova i pogled sklapanja dijelova. Metoda „Indeks istovjetnosti dijela komponente" ($CI^{(C)}$) uključuje troškove pojedinih dijelova i količinu proizvedenih dijelova. Međusobna usporedba navedenih metoda dostupna je u literaturi [38] i [45].

Indeks istovjetnosti (*CI*), [46] predstavlja udio dijelova koji se ponovno koriste u varijantama proizvoda,

$$CI = 1 - \frac{u - \max p_j}{\sum_{j=1}^{v_j} p_j - \max p_j} \qquad (1)$$

gdje je:

u = broj jedinstvenih dijelova u svim varijantama proizvoda,

p_j = broj jedinstvenih dijelova u jednoj varijanti proizvoda *j*

v_j = ukupni broj varijanata proizvoda

$\max p_j$ = najveći broj jedinstvenih dijelova u jednoj varijanti *j.*

Ukupna konstanta indeksa istovjetnosti (TCCI), [47] predstavlja udio istih dijelova u varijantama proizvoda,

$$TCCI = 1 - \frac{d - 1}{\sum_{j=1}^{v_j} \Phi_j - 1} \qquad (2)$$

gdje je:

$d =$ broj jedinstvenih dijelova u svim varijantama proizvoda,

v_j = ukupni broj varijanata proizvoda,

$\Phi_j =$ broj različitih nadređenih sklopova koji sadrže jedinstveni dio.

Indeks istovjetnosti i ukupna konstanta indeksa istovjetnosti relativni su indeksi i njihove se vrijednosti kreću između nula i jedan. Nula označava da nema istih dijelova u varijantama proizvoda, a jedan označava da se svi dijelovi koriste u svim varijantama. Navedene metode ne uzimaju u obzir količinu pojedinih dijelova niti trošak pojedinih dijelova u ukupnom trošku varijante proizvoda. Zbog toga su vrijednosti indeksa istovjetnosti visoki ukoliko se u varijanti proizvoda koriste standardni dijelovi. Međutim korištenje tih dijelova može neznatno utjecati na ukupni trošak varijanata proizvoda ako dijelovi koji su različiti imaju dominaciju u ukupnom

trošku varijante proizvoda.

Indeks istovjetnosti linije proizvoda (PCI) [48] predstavlja postotak identičnih komponenata u familiji proizvoda.

$$PCI = \frac{\sum_{i=n}^{P} n_i \cdot f_{1i} \cdot f_{2i} \cdot f_{3i} - \sum_{i=1}^{P} \frac{1}{n_i^2}}{P \cdot N - \sum_{i=1}^{P} \frac{1}{n_i^2}} \cdot 100 \qquad (3)$$

gdje je,

$P =$ ukupni broj jedinstvenih dijelova familije proizvoda,

$N =$ ukupni broj varijanata proizvoda,

$n_i =$ broj varijanata proizvoda koje sadrže komponentu i,

$f_{1i} =$ omjer najvećeg broja varijanata proizvod koje sadrže komponentu *i* identičnog oblika i dimenzija, s najvećim mogućem brojem varijanta koje bi mogle sadržavati komponentu *i* s identičnim oblikom i dimenzijama

$f_{2i} =$ omjer najvećeg broja varijanata proizvod koje sadrže komponentu *i* s identičnim materijalom i proizvodnim procesom, s najvećim mogućem brojem varijanta koje bi mogle sadržavati komponentu *i* s identičnim materijalom i proizvodnim procesom

$f_{3i} =$ omjer najvećeg broja varijanata proizvod koje sadrže komponentu *i* s identičnim procesom sklapanja, s najvećim mogućem brojem varijanta koje bi mogle sadržavati komponentu *i* s identičnim procesom sklapanja

Za razliku od indeksa istovjetnosti i ukupne konstante indeksa istovjetnosti, indeks istovjetnosti linije proizvoda uzima u obzir identične dijelove koji bi se mogli koristiti u varijanti proizvoda a ne koriste se. Korištenjem ovog indeksa u određivanju indeksa istovjetnosti iskazane su razlike koje ne bi trebale postojati u familiji proizvoda, tako što se smanjuje vrijednost indeksa. Vrijednosti indeksa istovjetnosti linije proizvoda u rasponu su od nula do sto. Konstanta 100 u formuli (3) omogućuje prikaz vrijednosti indeksa istovjetnosti linije proizvoda u postotnom obliku. Zbog mogućnosti uspoređivanja rezultata računanim po metodama CI, TCCI i PCI, indeksa istovjetnosti linije proizvoda neće biti prikazan u postotnom obliku tj. neće se koristiti konstanta 100 u formuli (3) u daljnjem računanju.

Indeks istovjetnosti dijela komponente [50] predstavlja troškove identičnih dijelova koji su distribuirani u svim varijantama proizvoda jedne familije proizvoda.

$$CI^{(C)} = \frac{\sum_{j=1}^{d} \left[P_j \sum_{i=1}^{m} \Phi_{ij} \sum_{i=1}^{m} \left(V_i Q_{ij} \right) \right]}{\sum_{j=1}^{d} \left[P_j \sum_{i=1}^{m} \left(V_i Q_{ij} \right) \right]} \qquad (4)$$

gdje je:

$d =$ ukupni broj jedinstvenih komponenata familije proizvoda,

$j =$ indeks komponente,

$P_j =$ trošak komponente,

$m =$ ukupni broj varijanata proizvoda,

$i =$ indeks varijante proizvoda,

$V_i =$ količina proizvedenih varijanata proizvoda,

$\sum_{i=1}^{m} \Phi_{ij} =$ ukupan broj nadređenih sklopova koje komponenta *j* ima u svim varijantama proizvoda,

$Q_{ij} =$ količina upotrebe komponente *j* u varijanti proizvoda *i*.

Indeks istovjetnosti dijela komponente je jedini indeks koji u izračunavanju stupnja istovjetnosti koristi trošak pojedinih komponenata, korištenu količinu komponenata u varijanti proizvoda kao i količinu proizvedenih varijanata proizvoda u određenom vremenskom razdoblju. Vrijednosti ovog indeksa se kreću u granicama od 1 do maksimalne vrijednosti. Ovo ujedno predstavlja i nedostatak ovog indeksa jer se njegova vrijednost ne može uspoređivati s vrijednostima prethodnih indeksa.

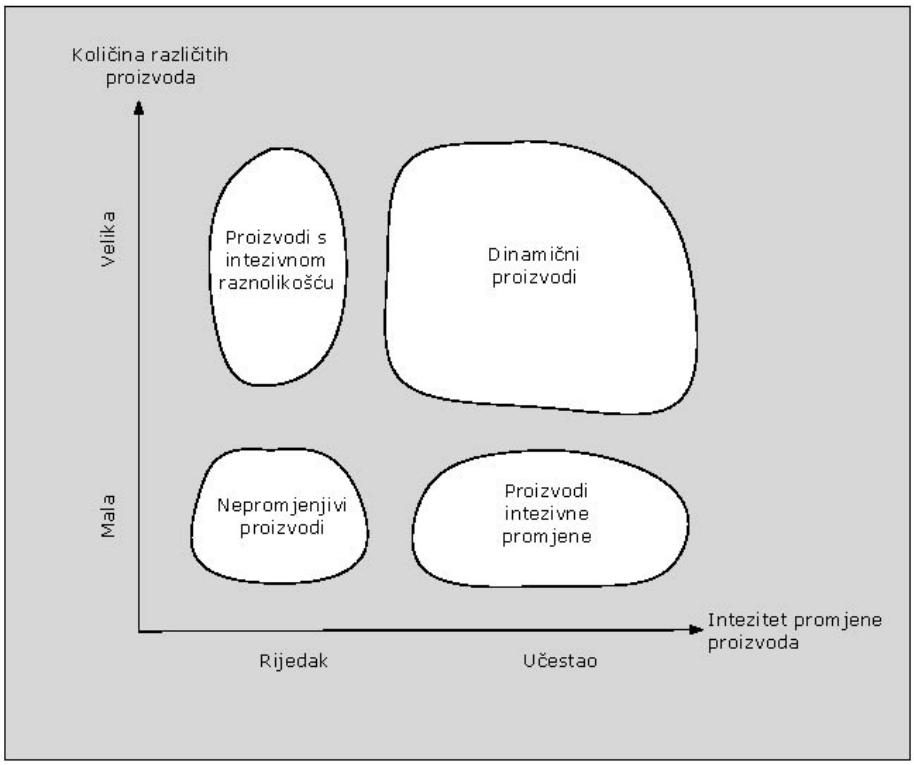
2.5 Raznolikost proizvoda

Današnje konkurentno i visoko zahtjevno globalno tržište uvelike mijenja način poslovanja proizvodnih tvrtki. Više nije dovoljno imati samo proizvod visoke kvalitete. Umjesto toga, mogućnost zadovoljavanja individualnih potreba potrošača postao je ključan faktor uspjeha na današnjem tržištu. Kao odgovor na ovaj pristup, proizvodne tvrtke orijentirale su se na ostvarivanje veće raznolikosti između proizvoda. Povećanje raznolikosti između proizvoda vodi i prema većim troškovima u konstruiranju, proizvodnji i ostalim fazama životnog vijeka proizvoda [1]. Zato su tvrtke suočena s izazovom ostvarivanja šire raznolikosti među proizvodima na tržištu ali s što manjom razlikom (u konstrukciji, proizvodnji, održavanju i dr.) između samih proizvoda ([38], str. 1). Takvim pristupom tvrtke su orijentirane prema razvoju familije proizvoda. Prilikom razvoja familije proizvoda potrebno je odrediti ravnotežu između osiguravanja dovoljne raznolikosti među proizvodima i zadržavanja niskih troškova u pojedinim fazama životnog vijeka proizvoda.

Ulrich i Eppinger ([8], str. 168) razmatraju pojam raznolikosti unutar asortimana proizvoda kao količinu različitih proizvoda koju tvrtka može proizvesti unutar određenog vremenskog perioda kao odgovor na zahtjeve tržišta. Osim sposobnosti tvrtke za proizvodnjom različitih proizvoda, Fisher i ostali ([51], str. 297) proširili su pojam raznolikosti, uvođenjem kriterija intenziteta promjene kojom tvrtka zamjenjuje postojeći proizvod na tržištu s novim.

Uspoređujući navedena dva kriterija u grafičkom prikazu, Sanderson i Uzumeri ([52], citirano iz [53]) prikazali su raznolikost proizvoda u ovisnosti o količini različitih proizvoda i intenzitetu promjene proizvoda. Na grafičkom prikazu (Slika 2-12) razlikujemo:

- nepromjenjive proizvode,
- proizvode s intenzivnom raznolikošću,
- proizvode intenzivne promjene i
- dinamične proizvode.



Slika 2-12. Odnos grupe proizvoda i intenziteta promjene proizvoda

Nepromjenjivi proizvodi predstavljaju skup proizvoda s malom količinom različitih proizvoda i rijetkim intenzitetom promjena. Stvarni skup proizvoda s malom količinom različitih proizvoda i rijetkim intenzitetom promjene skoro da danas i ne postoji, premda postoje proizvodi kod kojih nema velike raznolikosti i dugog vremena promjene, npr. električna energija.

Proizvodi s intenzivnom raznolikošću predstavljaju skup proizvoda s velikom količinom različitih proizvoda i s rijetkim intenzitetom promjene. To su najčešće relativno usavršeni proizvodi, kao npr. ručni alati, električne žarulje.

Proizvodi intenzivne promjene predstavljaju skup proizvoda koji su opisani malom količinom različitih proizvoda i s učestalim intenzitetom promjene. Svaki novi proizvod se u vrlo kratkom roku predstavlja tržištu i svaki put zamjenjuje svog prethodnika, ostavljajući samo jedna proizvod na tržištu u isto vrijeme. Primjer ovakvih proizvoda jesu žileti za brijanje, kod kojih je proizvođač usmjeren na

kontinuirano predstavljanje novih žileta tržištu, pri čemu radije zamjenjuje stare proizvode novima, nego da istovremeno nudi potrošačima veliku raznolikost proizvoda.

Dinamični proizvodi predstavljaju skup proizvoda koji su opisani s velikom količinom različitih proizvoda i učestalim intenzitetom promjene. Primjere takvih proizvoda nalazimo općenito u tehnici, kao npr. u automobilskoj industriji, računalnoj industriji itd.

2.5.1 Vrste raznolikosti proizvoda

Definicija raznolikosti proizvoda koju se definirali Ulrich i Epinger [8] (vidi poglavlje 2.5) orijentirana je na proizvodne mogućnosti tvrtke da u određenom vremenskom intervalu proizvede različite proizvode. Raznolikost proizvoda moguće je sagledati sa dva stajališta ([54], str. 214.). To su:

- potreba za raznolikošću i
- ostvarivanje raznolikosti.

Potreba za raznolikošću proizvoda motivirana je s jednim ili više sljedećih faktora [55]:

1. koliko široku raznolikost potrošač očekuje,
2. sagledavanjem neostvarenih zahtjeva,
3. generiranjem dodatnog profita,
4. potrebom za inovacijom kao načinom zadržavanja konkurentnosti.

Analizirajući potrebu za raznolikošću tvrtke traže odgovor na pitanje: Zašto je potrebna raznolikost?. Analizirajući načine primjene raznolikosti tvrtke traže odgovor na pitanje: Kako se raznolikost proizvoda može ostvariti?. Ovisno o stajalištu s kojega se razmatra raznolikost proizvoda, raznolikost proizvoda klasificira se na (Tablica 2-2):

- vanjsku i unutarnju ([21], str. 45.),
- funkcijsku i tehničku ([50], str. 475),
- stratešku i taktičku ([56], str. 2.).

Tablica 2-2. Vrste raznolikost proizvoda

Autori	*Stajališta*	
	Potreba za raznolikošću	*Ostvarivanje raznolikosti*
Anderson i Pine	Vanjska	Unutarnja
Jiao i Tseng	Funkcijska	Tehnička
Martin i Ishii	Strateška	Taktička

Vanjska, funkcijska i strateška raznolikost opisuju različite potrebe za raznolikošću. Vanjska raznolikost opisuje raznolikost koja je vidljiva potrošaču. Vanjska raznolikost dijeli se još i na korisnu i na nekorisnu raznolikost ([21], str 45). Korisna raznolikost odnosi se na raznolikost koja je cijenjena od strane potrošača. Nekorisna raznolikost odnosi se na raznolikost na temelju koje potrošači ne mogu razlikovati karakteristike, kvalitetu ili vrijednosti između proizvoda te je kao takva zbunjujuća za potrošača. Primjer nekorisne raznolikosti vidljiv je u slučaju Nissan kada potrošači nisu željeli osamdesetsedam varijanti upravljača ([20] citirano u [57], str. 9). Funkcijska raznolikost podrazumijeva razliku u funkcijama između proizvoda od koje potrošač očekuju različitu primjenu ili korištenje proizvoda. Strateška raznolikost odnosi se na određivanje potrebne količine različitih proizvoda te odabir vrsta tržišta za plasman proizvoda.

Unutarnja, tehnička i taktička raznolikost opisuju načine ostvarivanja raznolikosti unutar tvrtke. Raznolikost unutar tvrtke može se primijeniti na ([51], 1999. str 297.):

- procese ili
- proizvode.

Primjenom raznolikosti među procesima tvrtke žele omogućiti fleksibilnost u procesima (npr. proizvodnji, distribuciji itd.). Primjer ove raznolikosti je u New Toyota Lean production gdje je jedna dugačka proizvodna linija zamijenjena s više manjih, individualnih linija. Time je ostvareno da zamjena proizvodnog procesa u jednoj liniji ne uzrokuje zastoj cijele proizvodne linije. ([58], str. 268).

Ostvarivanjem raznolikosti temeljene na proizvodu, tvrtke su usmjerena prema konstrukcijama proizvoda koja će omogućiti raznolikost na tržištu s istovremenom niskom razinom raznolikosti u proizvodnji, sklapanju, distribuciji i održavanju komponenata. Unutarnja raznolikost opisuje raznolikost između dijelova, alata, sirovina ili procesa. Tehnička raznolikost upućuje na različite tehnologije, konstrukcijske metode, proizvodne procese itd. potrebnu za ostvarivanje određene funkcionalnosti proizvoda zahtijevane od strane potrošača. Taktička raznolikost odnosi se na raznolikost među proizvodima koja nije vidljiva potrošačima ali je potrebna tvrtci za ostvarivanje strateške raznolikosti.

Realizacija navedenih stajališta direktno utječe na primjenu različitih strategija ostvarivanja konkurentnosti u tvrtkama. Fokusiranjem samo na tehničku raznolikost, tvrtke su orijentirane razvoju pojedinačnih proizvoda i smanjenju njihovih troškova u pojedinim fazama životnog vijeka proizvoda. Fokusiranjem na funkcijsku raznolikost, tvrtke su orijentirane na razvoj familije proizvoda. Prilikom razvoja familije proizvoda, potrebno je analizirati vanjsku i funkcijsku raznolikost između pojedinih varijanata proizvoda. Nakon određivanja vanjske i funkcijske raznolikosti, tvrtke moraju analizirati i unutarnju i tehničku raznolikost kako prilikom razvoja familije proizvoda ne bi došlo do povećanja troškova.

2.6 Arhitektura proizvoda

Ulrich i Eppinger ([8], str. 165) definirali su arhitekturu proizvoda kao shemu po kojoj su funkcijski elementi proizvoda raspoređeni u fizičke komponente i na temelju koje komponente međusobno djeluju. Preciznija definicija arhitekture proizvoda dana je ([9], str. 420) u smislu da arhitektura sadrži:

1. strukturu funkcija,
2. preslikavanje funkcija u fizičke komponente,
3. specifikaciju sučelja između fizičkih komponenata koje međusobno djeluju.

Prema navedenoj definiciji svaki tehnički proizvod sadrži sve tri karakteristike arhitekture proizvoda. Za svaki tehnički proizvod može se opisati struktura funkcija, preslikavanje između funkcija i komponenata te definirati sučelja između komponenata. Lanner i Malmqvist ([59], str. 1) navode da svi proizvodi posjeduju određenu vrstu arhitekture proizvoda bez obzira da li je arhitektura korištena tijekom konstruiranja ili ne.

Ovisno o pridruživanju funkcija komponentama, Ulrich ([9], str. 422) razlikuje:

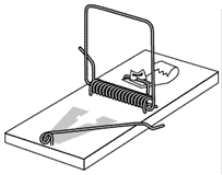
- integralnu i
- modularnu arhitekturu proizvoda.

Tablica 2-3. Odnos arhitekture proizvoda o funkcijama proizvoda

1 : 1	Jedna funkcija sadržana je u jednom elementu	Modularna arhitektura
1 : N	Jedna funkcija sadržana je u više elemenata	Integralna arhitektura
N : 1	Nekoliko funkcija sadržano je u jednom elementu	Modularna arhitektura
N : M	Nekoliko funkcija sadržano je u više elemenata	Integralna arhitektura

Kod modularne arhitekture je bitno da su jedna ili više određenih funkcija sadržane u jednom modulu, dok je kod integralne arhitekture jedna funkcija sadržana u više elemenata. Takva podjela prikazana je u tablici (Tablica 2-3) [60]. Korištenje modularne ili integralne arhitekture proizvoda ovisi o različitim zahtjevima koji su postavljeni razvoju familije proizvoda. Za ostvarivanje fleksibilnosti i raznolikosti proizvoda upotrebljava se modularna arhitektura, dok se za postizanje stabilnosti i optimizacije proizvoda upotrebljava integralna arhitektura.

Tablica 2-4. Primjeri proizvoda s integralnom i modularnom arhitekturom

Vrsta	*Proizvodi*
Integralna arhitektura	
Modularna arhitektura	

U tablici (Tablica 2-4) prikazani su primjeri proizvoda integralne i modularne arhitekture proizvoda. Proizvodi koji posjeduju integralnu arhitekturu su mišolovka, alati ili noževi. Kod ovih proizvoda karakteristično je da se ne može zamijeniti niti jedna komponenta iz proizvoda s drugom komponentom različite funkcije, jer se tada ukupna funkcija neće moći ispuniti. Do neispunjenja ukupne funkcije dolazi zbog toga što je za realizaciju jedne funkcije potrebno više komponenata (odnos funkcija i komponenata je u omjeru 1:N), pa nedostatak jedne komponente uzrokuje nedostatkom potrebnih funkcija čime je onemogućena realizacije ukupne funkcije.

Primjeri modularne arhitekture su grijači kruha s jednom ili više utora za kruh, set ručnog alata ili osobno računalo. Kod ove skupine proizvoda, mijenjanjem određenih modula mijenjanju se i karakteristike proizvoda, a moguće je promijeniti i ukupnu funkciju proizvoda (npr. kod seta ručnog alata, zamjenom modula glave alata). Navedeni modul glave posjeduje odnos funkcija i komponenata u omjeru N:1.

2.6.1 Integralna arhitektura proizvoda

U prethodnom poglavlju, navedeno je kako je kod integralne arhitekture proizvoda većina funkcija sadržana u više fizičkih elemenata. Nije namjera da se pojedine funkcije izoliraju u pojedine fizičke elemente, već da pojedini elementi dijele funkcije proizvoda. Posljedica ovakvog pristupa je da promjene na jednom elementu utječu na promjene drugih, ako ne i svih fizičkih elemenata. Kao primjer proizvoda s integralnom arhitekturom, u tablici (Tablica 2-4). navedeni su sljedeći proizvodi: mišolovka, ručni alati i noževi. Karakteristično je za ovakve proizvode da su izrađeni u serijskoj proizvodnji. Zbog toga njihovu cijenu nije potrebno smanjivati na način da više različitih proizvoda sadrži iste komponente kako bi se postigla konkurentnost na tržištu. Zbog serijske proizvodnje takvih proizvoda, nastoje se minimizirati svi troškovi vezani uz proces sklapanja takvih proizvoda, čime se automatski povećava kompleksnost komponenata.

Integralna arhitektura proizvoda sačinjena je od elemenata s [72]:

- nepromjenjivim fizičkim komponentama i
- jednom ili više promjenjivom fizičkom komponentom.

Pomoću integralne arhitekture s promjenjivim fizičkim komponentama dobivaju se varijante proizvoda različitih geometrijskih izvedbi. Takvi proizvodi definirani su [37] kao proizvodi širokog spektra upotrebe koji zadovoljavaju istu funkciju, koji su zasnovani na istom principu, koji su napravljeni u različitim veličinama i proizvedeni su istim proizvodnim procesima. Osnova za promjenjivost geometrijskih veličina je korištenje zakona sličnosti prilikom razvoja varijanata. Za strojarske proizvode, ti zakoni sličnosti ne moraju se zasnivati samo na geometrijskoj proporciji, već mogu biti zasnovani na temperaturnoj, elastičnoj i drugim sličnostima.

2.6.2 Modularna arhitektura proizvoda

Iz tablice (Tablica 2-3) proizlazi da modularna arhitektura proizvoda podrazumijeva povezivanje jedne ili više funkcija u funkcijskoj strukturi s jednim elementom u hijerarhijskoj strukturi komponenata proizvoda. Korištenjem modularne arhitekture, proizvod je podijeljen u module koji se mogu mijenjati i kojima je moguće promijeniti geometrijsku veličinu ili funkcije sa ciljem dobivanja različitih varijanata proizvoda.

Moduli se najčešće opisuju kao grupa funkcionalno ili strukturalno neovisnih komponenata čije međudjelovanje je pretežno usmjereno unutar svakog modula, a interakcija između modula svedena je na minimum. Premda funkcija ili struktura pojedinog modula mora biti povezana s funkcijom/strukturom cijelog proizvoda, moduli ne mogu biti potpuno neovisni o drugim modulima i moraju se definirati zajedno sa proizvodom kojemu pripadaju.

Korištenje modularne arhitekture u konstruiranju i proizvodnji proizvoda nosi mnoge prednosti kako za proizvođače tako i za naručitelje, a to su [61], [62], [44]:

- snižavanje cijena varijanti proizvoda - s obzirom da se moduli proizvode u većoj količini nego varijante proizvoda, cijene modula a ujedno i varijanata sačinjenih od modula su manje nego cijene proizvoda koji nisu sačinjeni od modula;
- povećanje mogućnosti zamjene modula - s obzirom da su sučelja modula točno određena, promjena jednog modula moguća je neovisno od ostalih modula;
- povećanju varijantnosti proizvoda - povećanje broja varijanta ostvareno je različitim kombinacijama modula;
- brža isporuka proizvoda - korištenjem gotovih modula u proizvodnji skraćuje se vrijeme potrebno za izradu proizvoda, a time i vrijeme potrebno da se proizvod pojavi na tržištu;

- jednostavnost održavanja i rasklapanja - s obzirom da je proizvod sastavljen od modula, potrebno je zamijeniti samo pojedine module kada je potreban popravak. Iz istog razloga, nadogradnja, održavanje i rasklapanje proizvoda na kraju životnog ciklusa proizvoda, bitno su jednostavniji.

Korištenje standardiziranih sučelja između modula, podrazumijeva definiranje funkcionalnih i "susjedskih" veza između modula koja ostaju nepromijenjena u procesu razvoja proizvoda [63]. Glavni smjerovi istraživanja modularne arhitekture proučavaju ([61], str 5):

- identificiranje modula,
- konstruiranje modula i
- konstruiranje s modulima.

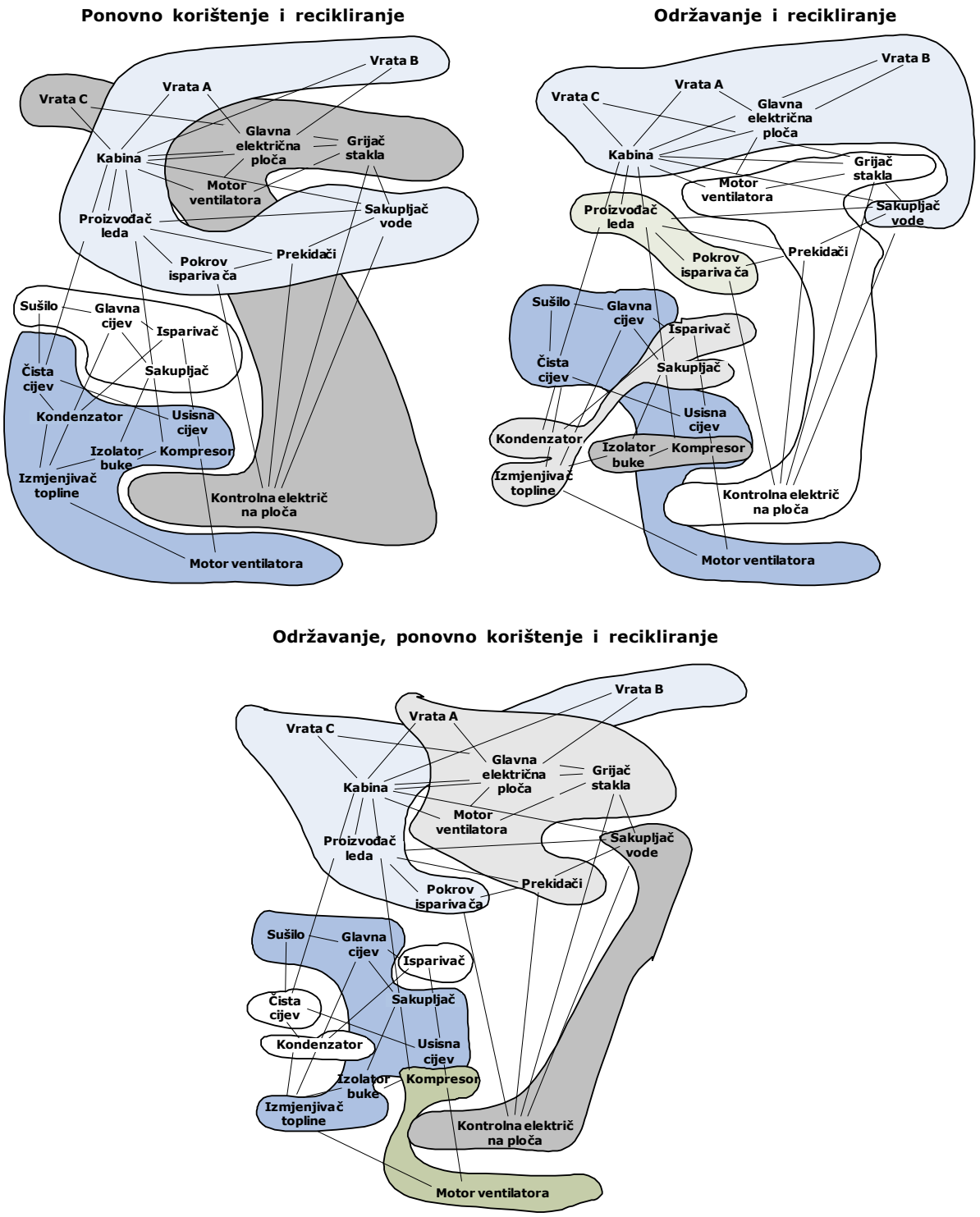
2.6.3 Modularnost proizvoda

U prethodnim poglavljima opisani je pojam arhitektura proizvoda s posebnim naglaskom o modularnoj arhitekturi proizvoda, ali se nije dala definicija što je modul i u kakvom je odnosu modul s modularnosti proizvoda.

Moduli predstavljaju grupu strukturalno neovisnih komponenata čije međudjelovanje je pretežno usmjereno unutar svakog modula, a djelovanje između modula svedeno je na minimum ([14], str 63). Ovom definicijom modula, moduli nisu u direktnoj vezi s funkcijama, a što bi se moglo zaključiti s obzirom na klasifikaciju arhitekture proizvoda prema [9].

Definiranje modula ne može se temeljiti samo na funkcijama proizvoda nego bi se trebalo temeljiti na različitim kriterijima i ponašanjima konstrukcije u različitim fazama životnog vijeka proizvoda. Posebno u onim fazama u kojima se očekuje koristi od modularnosti. Nonomura i ostali [64] opisali su na primjeru frižidera tri različite modularne strukture frižidera kada su promatrali frižider u različitim fazama životnog vijeka proizvoda (Slika 2-13).

Ulrich i Eppinger ([8], str. 166.) ističu da je modul relacijsko svojstvo arhitekture proizvoda, a ne vlastito svojstvo proizvoda. Relacijsko svojstvo konstrukcije definirano je kao svojstvo koje opisuje ponašanje susreta između tehničkog proizvoda i drugih sustava tijekom njegovog životnog ciklusa ([17], str. 5-22). Zbog definiranja modula kao relacijskog svojstva arhitekture proizvoda korištenje modula u familije proizvoda nije samo zbog ponovnog korištenja. Ponovno korištenje modula je posljedica koja proizlazi iz koristi koja se očekuje u jednoj od životnih faza proizvoda. Zbog toga je za definiranje modula potrebno poznavati životnu fazu u kojoj se očekuje korist.

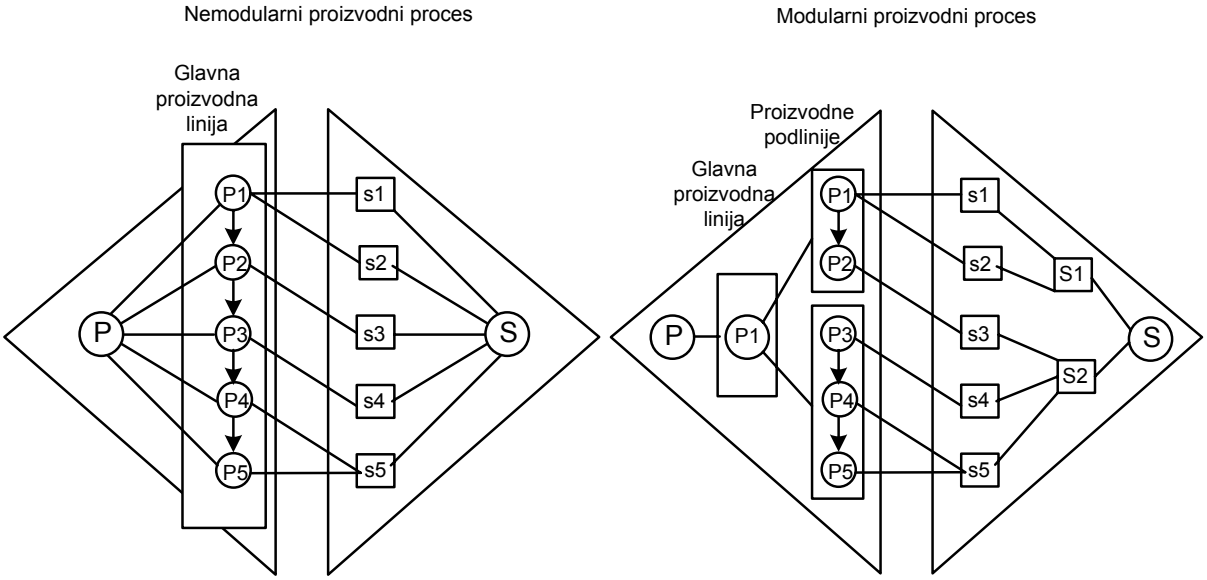


Slika 2-13. Tri različite grupacije modula ovisno o promatranim životnim fazama proizvoda

Ako se želi povećati ponovno korištenje komponenata i time ostvariti prednost u fazi proizvodnje, onda moduli predstavljaju grupu dijelova i sklopova koji se nepromjenjivi u svim varijantama proizvoda. Proizvodnja takve vrste modula snižava troškove ukupnog proizvoda na način da su troškovi proizvodnje modula niži jer se moduli proizvode u većoj količini. Proizvodnjom nepromjenjivih modula omogućuje se dodjeljivanje proizvodnje modula opskrbnim lancima. Pritom opskrbni lanci ne

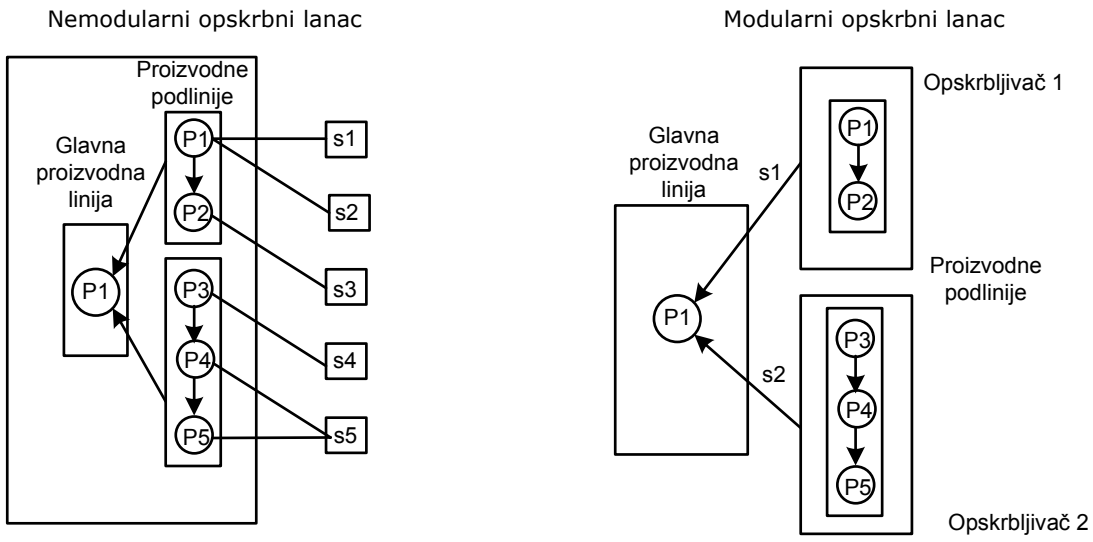
moraju nužno biti blizu proizvodnje završnog proizvoda, jer proizvodnja nepromjenjivih modula omogućuje duži vijek isporuke proizvoda. Time se proizvodnja modula može dislocirati (premjestiti) na zemljopisno udaljena tržišta na kojima su manji troškovi proizvodnje.

Takeishi i Fujimoto opisali su dva slučaja modularnosti proizvoda ovisno o pojedinim fazama životnog vijeka proizvoda. To su modularnost proizvoda s obzirom na proizvodnju (Slika 2-14) i modularnost proizvoda s obzirom na opskrbni lanac (tehnologiju izrade proizvoda) (Slika 2-15).



Slika 2-14. Modularnost proizvoda s obzirom na proizvodnju

Modularnost proizvoda s obzirom na proizvodnju razmatra definiranje modula proizvoda u ovisnosti o proizvodnim tehnologijama korištenih u proizvodnji. Lijevi dio slike (Slika 2-14) prikazuje nemodularan proizvodni proces u kojemu se proizvod, sastavljen od pet dijelova, sklapa na jednoj glavnoj proizvodnoj liniji. Na desnom dijelu slike (Slika 2-14) prikazani je isti proizvod koji se sastoji od dva modula. Moduli su definirani u ovisnosti o proizvodnim linijama na kojima se izrađuju dijelovi modula. Umjesto jedne glavne linije, proizvodni proces se sada sastoji od dvije manje proizvodne linije i jedne glavne proizvodne linije koja sklapa dva modula u proizvod. U ovom primjeru moduli proizvoda određeni su s obzirom na proizvodnju, jer se upravo u toj fazi životnog vijeka proizvoda očekuje korist od modularnosti proizvoda.



Slika 2-15. Modularnost proizvoda s obzirom na opskrbni lanac

Lijevi dio slike (Slika 2-15) prikazuje shematski prikaz proizvodne linije s visokim udjelom vlastito proizvedenih komponenata u konačnom proizvodu. U komponente koje se proizvode u tvrtci ugrađuju se i manji dijelovi koji tvrtka nabavlja preko opskrbljivača. Desni dio slike prikazuje modularni proizvod koji se zasniva na modularnom opskrbnom lancu. Cijeli moduli se proizvode na proizvodnim linijama opskrbljivača te se kao gotovi proizvodi dostavljaju od strane opskrbljivača. Tvrtka posjeduju samo glavnu proizvodnu liniju na kojoj se vrši sklapanje proizvoda od isporučenih modula. U ovom primjeru moduli proizvoda određeni su s obzirom na opskrbljivače i njihove mogućnosti proizvodnje modula. U ovakvim primjerima, opskrbljivači imaju puno veću utjecaj na konačni proizvod te su česta i pomaganja u istraživanjima novih proizvoda od strane opskrbljivača (kao u primjeru SMART automobila ([58], str. 271)).

3

Kriteriji i postupak identifikacije i analize zajedničkih komponenata skupa proizvoda

Na temelju teorijskog istraživanja i analize dostupne literature izvršeno je inicijalno primijenjeno istraživanje na industrijskom primjeru mosnog granika provedenog u suradnji s tvrtkom KCI Konecranes, Hyvinkää, Finska. Provedeno teorijsko i primijenjeno istraživanje, rezultiralo je definiranjem postupka identifikacije i analize zajedničkih komponenata skupa proizvoda iz kojeg su proizašli kriteriji identifikacije i analize zajedničkih komponenata.

Postupak identifikacije i analize zajedničkih komponenata skupa proizvoda sastoji se iz sljedećih koraka:

- Određivanje vanjske i unutarnje raznolikosti među proizvodima;

Vanjska raznolikost određuje se na temelju postojeće grupe proizvoda i opisuje raznolikost proizvoda vidljivu sa strane kupca. Unutarnja raznolikost temelji se na određenoj vanjskoj raznolikosti i predstavlja način realizacije vanjske raznolikosti. Nakon određivanja vanjske i unutarnje raznolikosti pristupa se određivanju stupnja istovjetnosti.

- Određivanje funkcijsko-sklopne strukture proizvoda;

Za potrebe analize grupe proizvoda sa ciljem određivanja stupnja istovjetnosti definira se funkcijsko-sklopna struktura proizvoda. Rezultati analize proizvoda izvršene na temelju funkcijsko-sklopne strukture proizvoda prikazuju se u tablicu podataka.

- Određivanje stupnja istovjetnosti;

Za funkcije na najnižim nivoima u funkcijsko-sklopnoj strukturi određuje se pojedinačni stupanj istovjetnosti prema metodama Martin i Ishii [46] i Wacker i

Trelevan [47].

- Identifikacija funkcija s nižim i višim vrijednostima stupnja istovjetnosti;

Na temelju vrijednosti dobivenim određivanjem stupnja istovjetnosti za pojedine funkcije identificiraju se funkcije koje imaju niži stupanj istovjetnosti od onih funkcija koje imaju viši stupanj istovjetnosti. Funkcije s nižim vrijednostima stupnja istovjetnosti potrebno je analizirati na način da se identificiraju komponente koje najviše utječu na smanjenje stupnja istovjetnosti. Kod funkcija koje imaju viši stupanj istovjetnosti potrebno je identificirati komponente koje su višestruko koriste u varijantama proizvoda.

- Identifikacija komponenata koje utječu na promjenu stupnja istovjetnosti;

Identifikacija komponenata za pojedine funkcije vrši se pomoću metode Jiao i Tseng [50]. Komponente koje su identificirane kao komponente koje smanjuju vrijednost stupnja istovjetnosti računatom po metodi Jiao i Tseng, potrebno je dalje analizirati i rekonstruirati.

- Analiza i rekonstrukcija postojećih komponenata;

Rezultat analize i rekonstrukcije takvih komponenata je nova verzija komponente kojom će se zamijeniti više postojećih verzija komponenti koje će se višestruko koristiti u varijantama proizvoda. Komponente koje povećavaju stupanj istovjetnosti potrebno je zadržati ili djelomično rekonstruirati kako bi se komponente još više ponovno koristile.

- Identifikacija proizvoda koji utječu na promjenu stupnja istovjetnosti;

Metoda Jiao i Tseng [50] koristi se i za identifikaciju proizvoda koji utječu na promjenu stupnja istovjetnosti. Analiza promjene indeksa istovjetnosti na temelju promjene količine proizvoda primjenjuje se kod već postojećih familija proizvoda i to posebno kod familija proizvoda koje posjeduju kataloge za odabir varijanata proizvoda. Identifikacija proizvoda koji utječu na promjenu indeksa istovjetnosti provodi se s obzirom na indeks istovjetnosti za svaki proizvod u odnosu na ukupni indeks istovjetnosti skupa proizvoda.

- Analiza postojećih proizvoda;

Rezultati identifikacije proizvoda koji utječu na promjenu stupnja istovjetnosti ukazuju na proizvode koje je opravdano zadržati u familiji proizvoda kao i proizvode koje je potrebno rekonstruirati i povećati udio korištenja komponenata u tim proizvodima.

Na temelju opisanog postupka, definirani su sljedeći kriteriji identifikacije i analize zajedničkih komponenata:

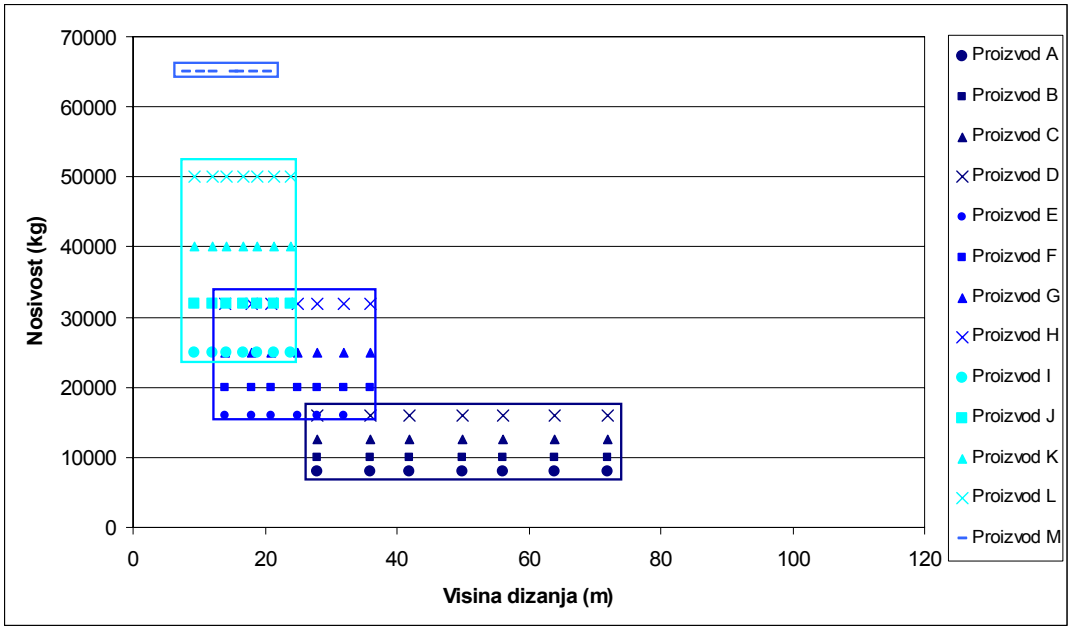
- interval najčešćih korištenih vrijednosti karakteristika proizvoda,
- skup vrijednosti unutar definiranog intervala karakteristike proizvoda,

- vrijednosti stupnja istovjetnosti za funkcije na najnižim nivoima u funkcijsko-sklopnoj strukturi,
- gradijent promjene stupnja istovjetnosti s obzirom na troškove komponente,
- gradijent promjene stupnja istovjetnosti s obzirom na količinu proizvoda.

Postupak identifikacije i analize zajedničkih komponenata s primjenom kriterija u postupku identifikacije i analize, detaljnije će se objasniti u idućim poglavljima.

3.1 Određivanje vanjske raznolikosti

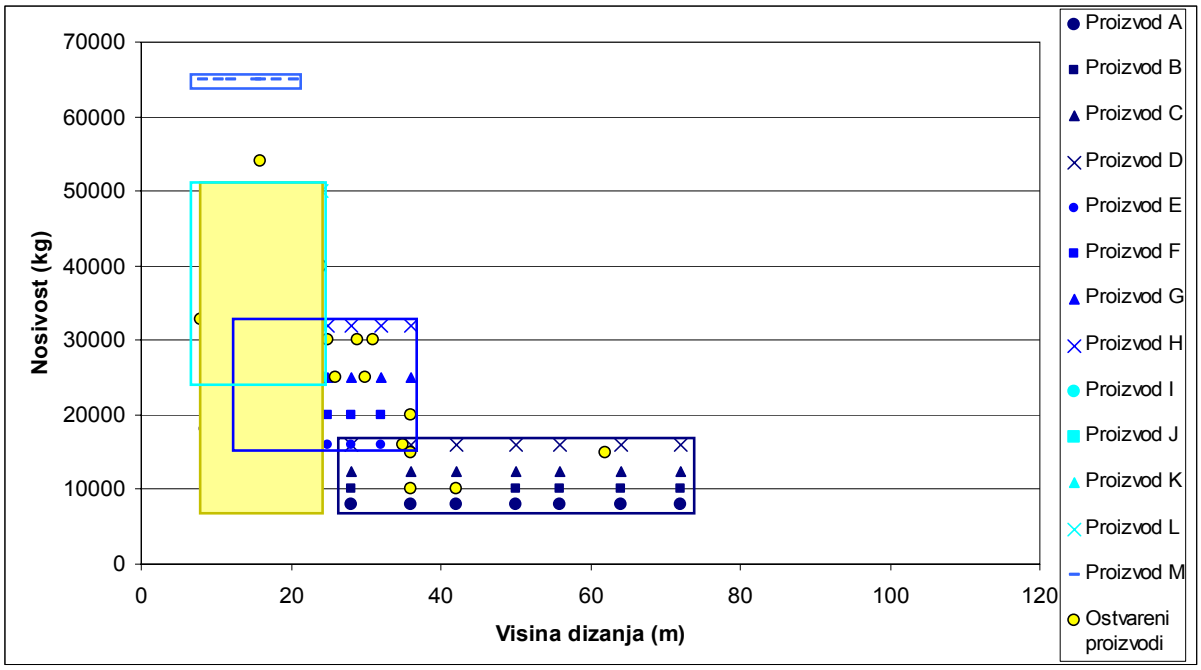
Analiza raznolikosti proizvoda obuhvaća analizu postojeće raznolikosti između proizvoda na tržištu i potrebne buduće raznolikosti. Analiza postojeće raznolikosti provodi se na temelju ponuđene i ostvarene raznolikosti između proizvoda. Ponuđenom raznolikošću opisana je raznolikost proizvoda koju tvrtke ostvaruju na tržištu i između koje potrošač odabire vrijednosti ili funkcije proizvoda. Ponuđena raznolikost dokumentirana je u obliku kataloga, smjernica, tehničkih specifikacija i sl. Ostvarena raznolikost opisuje raznolikost između proizvedenih proizvoda. Za potrebe prikaza postojeće raznolikosti potrebno je odrediti parametre kojima će se prikazati raznolikost. Parametri prikaza raznolikosti proizvoda predstavljaju zahtjeve naručitelja i grupirani su u dva skupa. Prvi skup parametara predstavlja zahtjeve koji ne utječu na ostale zahtjeve te predstavljaju nezavisne parametre. Drugi skup parametara predstavlja zavisne parametre tj. parametri koji predstavljaju zahtjeve čije vrijednosti utječu na vrijednosti drugih zahtjeva. Ponuđena raznolikost proizvoda prikazuje se u obliku dijagrama u kojemu su prikazane vrijednosti zavisnih i/ili nezavisnih parametara (Slika 3-1).



Slika 3-1. Primjer prikaza ponuđene raznolikosti

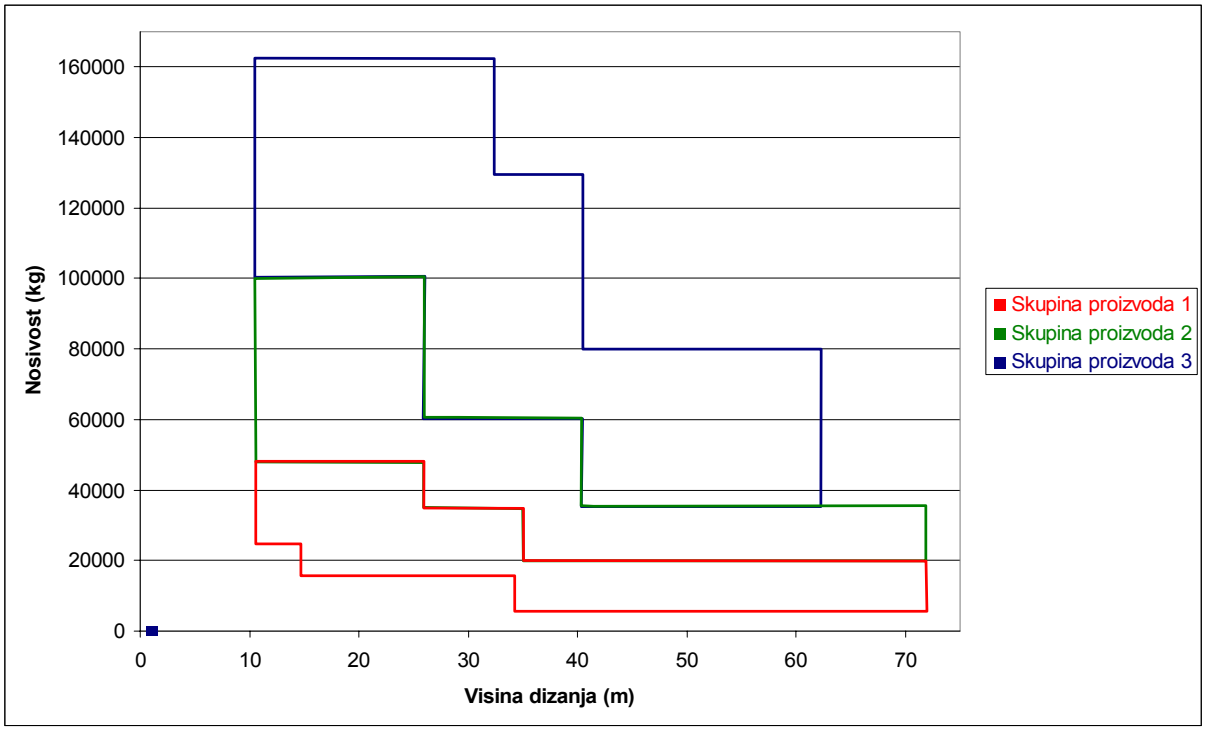
Preklapanje pojedinih područja kod ponuđene raznolikosti rezultira postojanjem nekorisne raznolikosti te je potrebno nekorisnu raznolikost smanjiti. Postojanje nekorisne raznolikosti uzrokuje neodlučnost kod potrošača, a na strani tvrtke povećava troškove postojanja i održavanja nekorisne raznolikosti.

Na dijagramu koji prikazuje ponuđenu raznolikost pridodaje se ostvarena raznolikost zbog utvrđivanja podudarnosti između ponuđene i ostvarene raznolikosti (Slika 3-2). Ponuđena raznolikost može biti veća ili manja od ostvarene raznolikosti. Ukoliko je ponuđena raznolikost veća od ostvarene raznolikosti potrebno je razmotriti potrebu postojanja veće ponuđene raznolikosti. Ukoliko ponuđena raznolikost ne zadovoljava ostvarenu raznolikost, potrebno je proširiti granice ponuđene raznolikosti.



Slika 3-2. Primjer prikaza ponuđene i ostvarene raznolikosti

Nakon završetka analize postojeće raznolikosti slijedi određivanje potrebne buduće raznolikosti između proizvoda. Pritom tvrtka planira nova tržišta za plasman varijanata proizvoda te se predviđaju zahtjevi koji se očekuju na tim tržištima. Rezultati analize postojeće i buduće raznolikosti proizvoda predstavljaju zahtjeve prema budućoj familiji proizvoda te tvore vanjsku raznolikost. Vanjska raznolikost sastoji se od područja definiranih za familiju proizvoda. Definirana područja određena su vrijednostima početnih i krajnjih granica parametara vanjske raznolikosti. Na slici (Slika 3-3) prikazana je idealna vanjska raznolikost za buduću familiju proizvoda. Kod idealne vanjske raznolikosti nema preklapanja pojedinih područja između početnih i krajnjih granica parametara vanjske raznolikosti.



Slika 3-3. Primjer idealne vanjske raznolikosti

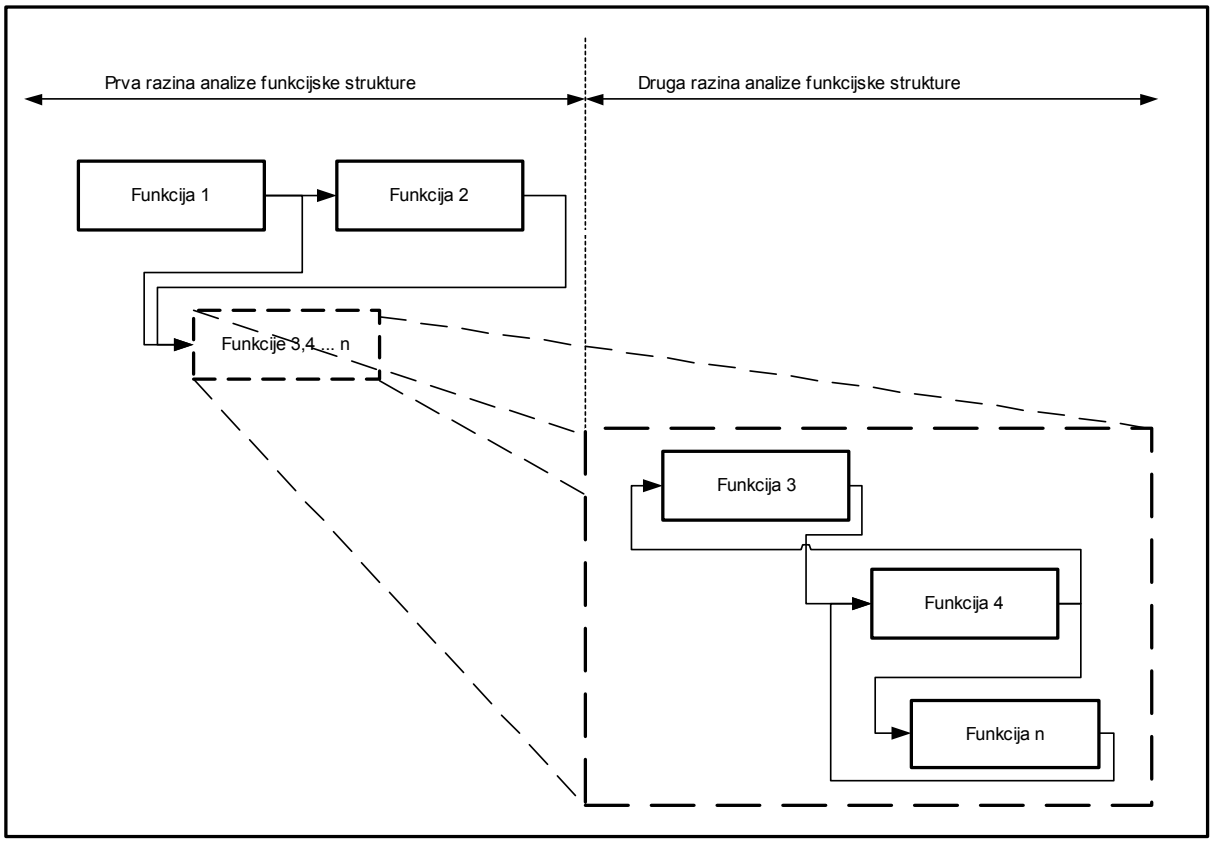
Nakon određivanja vanjske raznolikosti slijedi određivanje unutarnje raznolikosti.

3.2 Određivanje unutarnje raznolikosti

Unutarnja raznolikosti opisuje način ostvarivanja vanjske raznolikosti. Definiranjem vanjske raznolikosti određene su granice unutar kojih je potrebno izvršiti analizu zajedničkih komponenata. Vrijednosti unutar navedenih granica nisu određene te je zadatak unutarnje raznolikosti odrediti vrijednosti između početnih i krajnjih granica vanjske raznolikosti. Inicijalne vrijednosti predstavljaju vrijednosti između početnih i krajnjih granica vanjske raznolikosti, koje se koriste u analizi zajedničkih komponenata skupa proizvoda. Konačne vrijednosti unutarnje raznolikosti utvrđuju se prilikom određivanja novih komponenata familije proizvoda. Rezultat definiranja unutarnje raznolikosti prikazuje se u obliku tablica u kojoj su definirane vrijednosti pojedinih parametara.

3.3 Određivanje funkcija pojedinih proizvoda

Postupak identifikacije zajedničkih komponenata primjenjuje se na skupu proizvoda koju je potrebno analizirati na temelju funkcija. Zbog toga se za svaki proizvod iz skupa proizvoda određuju pripadajuće funkcije. Razina do koje se određuju funkcije ovisi o međusobnim razlikama između proizvoda.



Slika 3-4. Prikaz (prema IDEF0 standardu) razine funkcija kod pojedinih proizvoda

Prvu razinu analize funkcija obuhvaćaju sve funkcije čija su rješenja identična u svim proizvodima promatrane funkcije. Rješenje funkcije predstavlja fizičku komponentu koja je sastavljena od sklopova i/ili dijelova, poznatog geometrijskog oblika i materijala. Ukoliko pojedina rješenja predstavljaju sklopove, nije potrebna daljnja analiza parcijalnih funkcija od kojih se sastoji sklop. Razlog zaustavljanja daljnje analize je što su rješenja parcijalnih funkcija također identična u ostalim proizvodima promatranog skupa. Ovakav zaključak proizlazi iz činjenice korištenja identičnih sklopova u ostalim varijantama proizvoda za istu funkciju.

Drugu razinu analize funkcija obuhvaćaju funkcije čija su rješenja različita od proizvoda do proizvoda. Takva rješenja dalje se rastavljaju na parcijalne funkcije. Pritom je potrebno odrediti koje su parcijalne funkcija identične među proizvodima, a koje su parcijalne funkcije jedinstvene među proizvodima. Jedinstvene parcijalne funkcije su one funkcije koje se koriste samo u jednoj varijanti proizvoda. Rješenja parcijalnih funkcija, koje su identične među proizvodima, međusobno se razlikuju u proizvodima. Pritom razlika u rješenjima može biti u geometrijskoj proporcionalnosti ili u materijalu. Ukoliko se rješenja razlikuju po geometrijskoj proporcionalnosti tada je geometrijski oblik rješenja isti, a različite su samo vrijednosti dimenzija koje opisuju geometrijski oblik.

3.4 Određivanje funkcijske strukture skupa proizvoda

Funkcije identificirane u skupu proizvoda predstavljaju osnovu za određivanje funkcijske strukture skupa proizvoda (Slika 3-5). Funkcijska struktura skupa proizvoda sastoji se od tri vrste funkcija ([44], str. 435):

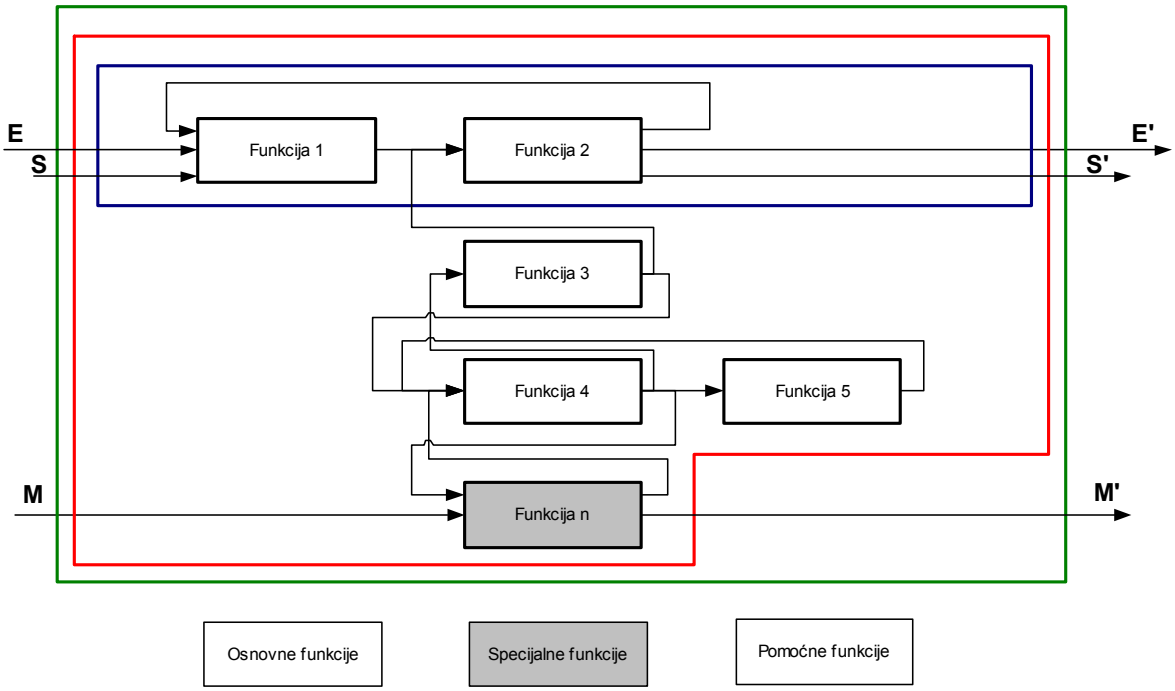
- osnovne funkcije,
- specijalne funkcije,
- pomoćne funkcije.

Osnovne funkcije predstavljaju funkcije koje se nalaze u svim proizvodima. Ukupna funkcija proizvoda može se ispuniti sa grupom osnovnih funkcija ili u kombinaciji s ostalim vrstama funkcija.

Specijalne funkcije predstavljaju dopunske funkcije te su određene posebnim (specijalnim) zahtjevima za određene proizvode. Specijalne funkcije ne moraju se pojavljivati u svim proizvodima. Korištenjem specijalnih funkcija ostvaruje se funkcionalna raznolikost među proizvodima.

Pomoćne funkcije predstavljaju funkcije koje se koriste u kombinaciji s osnovnim i specijalnim funkcijama a sa ciljem ostvarivanja ukupne funkcije proizvoda. Specijalne funkcije zahtijevaju korištenje pomoćnih funkcija kako bi se u potpunosti ostvarila ukupna funkcija određena posebnim zahtjevima.

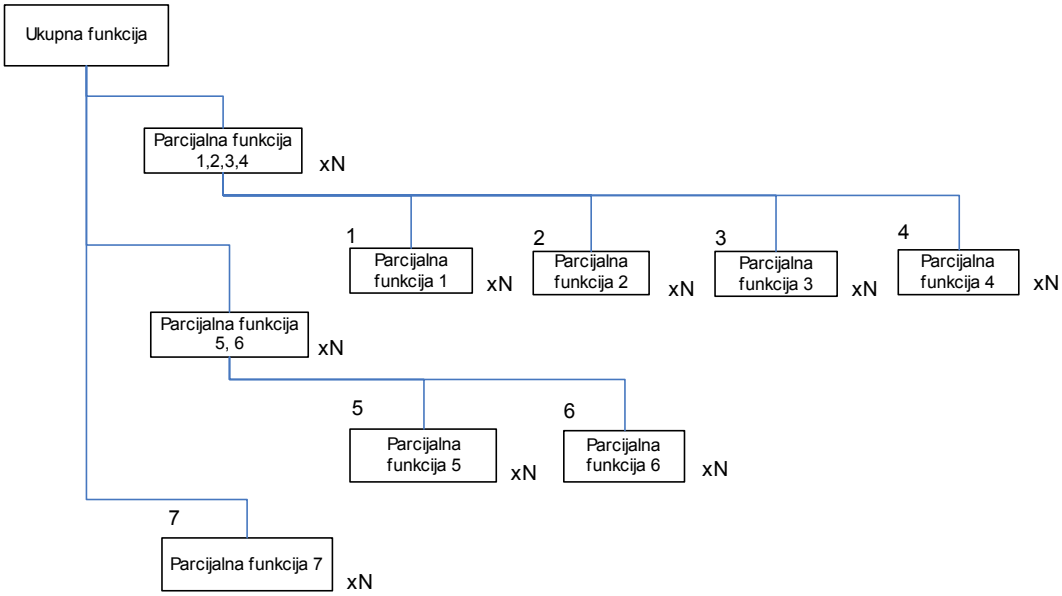
Prilikom određivanja funkcijske strukture skupa proizvoda potrebno je obratiti pažnju na funkcije koje se koriste više puta u jednom proizvodu. Takve funkcije mogu imati različita rješenja koja se koriste u jednom proizvodu. Ukoliko se za istu funkciju u proizvodu koriste različita rješenja, tada je potrebno u funkcijskoj strukturi skupa proizvoda prikazati istu funkciju više puta. Ako se koriste ista rješenja za jednu funkciju u proizvodu, dovoljno je istu funkciju prikazati samo jednom u funkcijskoj strukturi skupa proizvoda. Ovakav zaključak proizlazi iz činjenice da se korištenjem istih rješenja za određenu funkciju unutar skupa proizvoda povećava ukupni broj korištenja iste komponente, čime se ne doprinosi povećanju raznolikosti između komponenata skupa proizvoda. Korištenjem različitih rješenja iste funkcije u skup proizvoda povećava se raznolikost među komponentama skupa proizvoda. Povećanje raznolikosti među komponentama utječe na izračun stupnja istovjetnosti, te je stoga pravilno određivanje funkcijske strukture preduvjet određivanju stupnja istovjetnosti skupa proizvoda.



Slika 3-5. Funkcijska struktura skupa proizvoda (prikaz prema IDEF0 standardu)

3.5 Funkcijsko-sklopna struktura proizvoda

Prema opisu u prethodnom poglavlju, funkcijska struktura skupa proizvoda prikazuje međusobne odnose između funkcija proizvoda. Funkcijskom strukturom skupa proizvoda ne prikazuje se način realizacije funkcija u konačnim proizvodima. Stoga je potrebno na temelju funkcijske strukture skupa proizvoda odrediti funkcijsko-sklopnu strukturu proizvoda kojom se prikazuje hijerarhijska struktura funkcija kod proizvoda (Slika 3-6).



Slika 3-6. Funkcijsko-sklopna struktura skupa proizvoda

Definiranju funkcijsko-sklopne strukture pristupilo se je nakon što u literaturi nije pronađen zadovoljavajući prikaz koji se može koristiti sa ciljem uspoređivanja proizvoda. Funkcijsko-sklopna struktura nastala je na temelju prikaza stabla funkcija/rješenja (eng. function/means tree) [65]. Stablo funkcija/rješenja opisuje hijerarhijski poredak između razina funkcija i razina rješenja povezanih s linijama koje odgovaraju konstrukcijskom procesu i uzročnom odnosu između funkcija i rješenja ([66], str. 123.). Rješenja koja se koriste u prikazu stabla funkcija/rješenja jesu apstraktna, a stablo funkcija/rješenja primjenjuje se prilikom određivanja funkcija novog proizvoda.

Funkcijsko-sklopna struktura predstavlja vrstu strukture koja posjeduje karakteristike funkcijske strukture i hijerarhijske strukture sklopova i dijelova kod proizvoda. Sastoji se od osnovnih, specijalnih i pomoćnih funkcija kao i funkcijska struktura skupa proizvoda. Za razliku od funkcijske strukture skupa proizvoda, funkcijsko-sklopna struktura proširena je s funkcijama sklopova tj. s funkcijama koje grupa komponenata posjeduje prilikom zajedničkog međudjelovanja. Takve grupe komponenata prikazane su kao sklopovi u varijantama proizvoda.

Pravila za izradu funkcijsko-sklopne strukture podijeljena su s obzirom na razinu funkcija u strukturi. Funkcijsko-sklopna struktura sastoji se od funkcija na prvoj razini i funkcija na nižim razinama.

Za funkcije na prvoj razini vrijedi:

- pojavljuju se sve funkcije čija su rješenja ista u svim proizvodima skupa,
- pojavljuju se funkcije čija su rješenja drugačija u skupu proizvoda
- ako se isto rješenje jedne funkcije koristi više puta na istoj razini, pored oznake funkcije stavlja se broj korištenja rješenja.

Za funkcije na nižim razinama vrijedi:

- funkcije na nižim razinama postoje ako se za funkcije na višoj razini koriste različita rješenja,
- strukturu je potrebno razdijeliti na onoliko razina koliko je potrebno da se obuhvate sve parcijalne funkcije čija su rješenja dijelovi tj. koje se ne mogu dalje rastaviti.

Cilj definiranja funkcijsko-sklopne strukture je da se sve varijante proizvoda mogu prikazati istom strukturom pogodnom za međusobnu analizu. Međusobna analiza skup proizvoda obuhvaća utvrđivanje raznolikosti i istovjetnosti među funkcijama i korištenim rješenjima u skupu proizvoda. Za utvrđivanje raznolikosti i istovjetnosti skupa proizvoda potrebno je prikazati sve proizvode pomoću funkcijsko-sklopne strukture.

3.6 Prikaz zavisnosti funkcija i komponenta

Nakon određivanja funkcijsko-sklopne strukture, funkcije i njihova rješenja prikazuju se u obliku matrice (Slika 3-7). Redovi u matrici označuju funkcije identificirane u funkcijskoj strukturi. Stupci u matrici označuju komponente korištene u proizvodima koje predstavljaju fizička rješenja određenih funkcija.

		Komponenta 1			Komponenta 2			Komponenta 3			Komponenta 4
		Varijanta 1	Varijanta 2	Varijanta 3	Varijanta 1	Varijanta 2	Varijanta 3	Varijanta 1	Varijanta 2	Varijanta 3	
1	Funkcija 1	■	■	■							
2	Funkcija 2				■	■	■				
3	Funkcija 3							■	■	■	
4	Funkcija 4										■
5	Funkcija 5										

Slika 3-7. Matrični prikaz funkcija i rješenja funkcija korištena u proizvodima

Ovisno o raznolikosti i istovjetnosti između komponenata korištenih u varijantama proizvoda, razlikuju se tri vrste komponenata [73]:

- jedinstvene komponente,
- identične komponente i
- različite komponente.

Jedinstvene komponente jesu komponente koje su korištene samo u jednom proizvodu. Identične komponente predstavljaju komponente koje su identične po obliku i materijalu te se koriste u više proizvoda. Identične komponente ispunjavaju jednu vrstu funkcija u skupu proizvoda. Različite komponente opisuju grupu komponenata koje se razlikuju po obliku i/ili materijalu ali sve ispunjavaju istu vrstu funkcije u skupu proizvoda.

3.7 Tablica podataka skupa proizvoda

Izrada funkcijsko-sklopne strukture za sve proizvode promatranog skupa proizvoda omogućuje detaljnu analizu raznolikosti i istovjetnosti skupa proizvoda na temelju funkcija i korištenih rješenja. Podaci prikupljeni analizom na temelju funkcijsko-sklopne strukture pohranjuju se u tablicu podataka. Tablica podataka skupa proizvoda sastoji se od redova u kojima se nalaze funkcije proizvoda s pripadajućim rješenjima (komponentama) te stupaca koji sadrže podatke o proizvodima (Slika 3-8).

Za svaku komponentu korištenu u skupu proizvoda nalazi se i podatak o troškovima. Podatak o troškovima predstavlja ukupni trošak određene komponente, kao što su troškovi sirovog materijala, troškovi proizvodne tehnologije, troškovi radne snage itd.

Podaci o proizvodu klasificirani su na podatak o količini proizvoda i podatke o komponentama proizvoda. Podatak o količini proizvoda obuhvaća količinu proizvoda koji se je proizveo u promatranom vremenskom intervalu. Promatranim vremenskim intervalom obuhvaćeni su svi proizvodi koji su temeljeni na istom konceptu.

Postojanje komponente u proizvodu i broj nadređenog sklopa

Količina nadređenih sklopova određenoj komponenti u proizvodu

Količina određene komponente u nadređenom sklopu

			Proizvoda A			Proizvod B			Proizvod C			Proizvod C			Broj razlicitih nadredenih sklopova	Broj korištenja komponente u svim proizvodima
		Količina proizvoda	20			1			1			51				
		Trošak														
Parcijalna funkcija 1	Komponenta 1, var. 1	320	A1	1	2							A1	1	2	1	3
	Komponenta 1, var. 2	500				A2	1	2							1	3
	Komponenta 1, var. 3	660							A3	1	2				1	3
Parcijalna funkcija 2	Komponenta 2, var. 1	176	A4	1	1							A4	1	1	1	3
	Komponenta 2, var. 2	256				A5	1	1							1	3
	Komponenta 2, var. 3	320							A6	1	1				1	3
Parcijalna funkcija 3	Komponenta 3, var. 1	13	A7	1	2							A7	1	2	1	3
	Komponenta 3, var. 2	23,2				A8	1	2							1	3
	Komponenta 3, var. 3	32							A9	1	2				1	3
Parcijalna funkcija 4	Komponenta 4	24	A10	1	2	A11	1	2	A12	1	2	A13	1	2	4	9
				9			**9**			**9**			**15**			

Slika 3-8. Tablica podataka skupa proizvoda

Podatci o komponentama proizvoda podijeljeni su u tri podstupca. Prvi podstupac označava postojanje komponente u varijanti proizvoda te označava broj nadređenog sklopa za komponentu iz tog reda. Drugi podstupac označava količinu nadređenih komponenti određenom dijelu u proizvodu. Treći podstupac označava ukupan broj korištenja određene komponente u proizvodu.

Vrijednosti podataka iz tablice sumiraju se u rezultate prikazane u zadnjim stupcima u tablicama. Rezultati podataka grupirani su u dva stupca. Prvi stupac označava broj različitih nadređenih sklopova za određenu komponentu. Broj različitih nadređenih sklopova dobije se zbrajanjem različitih nadređenih sklopova iz prvog podstupca. Drugi stupac označava ukupni broj korištenja određene komponente u sklopovima svih proizvoda. Ova vrijednost dobiva se zbrajanjem svih vrijednosti iz drugog podstupca.

Zadnji red u tablici označava broj jedinstvenih dijelova u jednom proizvodu.

3.8 Izračun stupnjeva istovjetnosti pojedinih funkcija

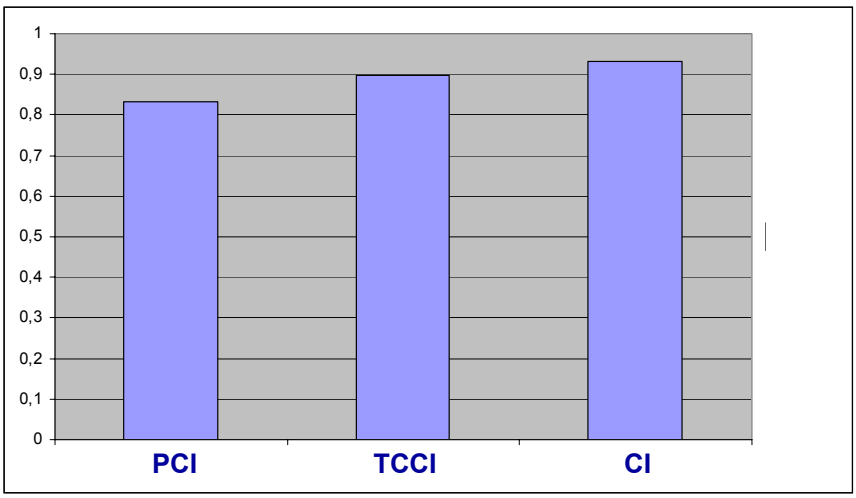
Stupnjevi istovjetnosti pojedinih funkcija računaju se pomoću formula opisanih u poglavlju 2.4, podacima iz tablice opisane u prethodnom poglavlju i funkcijsko-sklopne strukture. Za svaku od funkcija na najnižim nivoima u funkcijsko-sklopnoj strukturi izračunavaju se stupnjevi istovjetnosti.

Metode opisane u poglavlju 2.4 klasificirane su na metode za izračunavanje stupnja istovjetnosti na temelju raznolikosti između komponenata i na metodu koja objedinjuje raznolikost između komponenata s troškovima i količinom korištenih komponenata u skupu proizvoda. Indeks istovjetnosti, ukupna konstanta indeksa istovjetnosti i indeks istovjetnosti linije proizvoda spadaju u metode za izračunavanje stupnja istovjetnosti samo na temelju raznolikosti između komponenata. Vrijednosti ovih indeksa kreću se u granicama od nula do jedan te se vrijednosti indeksa istovjetnosti mogu međusobno uspoređivati (Slika 3-9).

Određivanjem indeksa istovjetnosti po metodi CI za funkcije na različitim nivoima u funkcijsko-sklopnoj strukturi dobivaju se male razlike između funkcija, a vrijednosti indeksa su redovito visoke. Zbog malih razlika između pojedinih vrijednosti stupnja istovjetnosti za različite funkcije, ne može se zaključiti koje je komponente pojedinih funkcija potrebno daljnje rekonstruirati a koje ne. Zbog nemogućnosti primjene metode CI u identifikaciji zajedničkih komponenata, ove metoda okarakterizirana je kao neprihvatljiva za daljnje korištenje u identifikaciji zajedničkih komponenata.

Metoda PCI sadrži faktore $f_{1i}, f_{2i}\, i\, f_{3i}$ koji opisuju mogućnosti zamjene korištenih komponenata, proizvodnih procesa i procesa sklapanja. S obzirom da vrijednosti faktora ovise o procjeni konstruktora vezanu uz moguću zamjenu komponenata, proizvodnih procesa i procesa sklapanja ova metoda nije primjenjiva za sistematizirani pristup identifikaciji zajedničkih komponenata.

Od navedenih triju metoda, jedino je metoda TCCI prihvatljiva za određivanje stupnja istovjetnosti prilikom identificiranja zajedničkih komponenata.



Slika 3-9. Usporedba indeksa istovjetnosti

Nakon dobivanja vrijednosti stupnja istovjetnosti za pojedine funkcije potrebno je analizirati koje funkcije imaju visok stupanj istovjetnosti a koje imaju nizak. Funkcije koje imaju nižu vrijednost stupnja istovjetnosti od ostalih funkcija, predstavljaju funkcije kod kojih je potrebno izvršiti identifikaciju i rekonstrukciju komponenata sa ciljem povećanja udjela zajedničkih komponenata. Funkcije koje imaju višu vrijednost stupnja istovjetnosti od ostalih funkcija, sadrže komponente koje se višestruko koriste u proizvodima, te je kod takvih funkcija potrebno identificirati takve komponente.

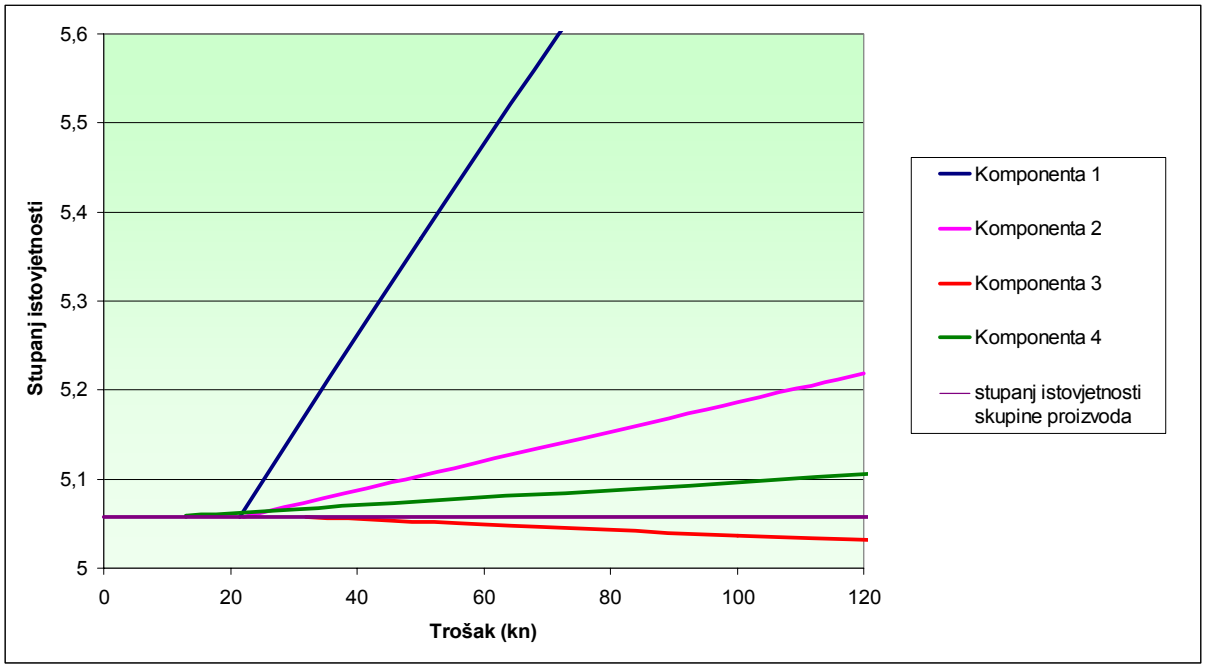
Metoda Indeksa istovjetnosti dijela komponente ($CI^{(C)}$), koristiti će se u daljnjem postupcima za identifikaciju komponenata i proizvoda koji doprinose povećanju ili smanjenu indeksa istovjetnosti. Navedena metoda obuhvaća troškove pojedinih komponenata i procesa sklapanja, količinu korištenih komponenata u jednoj varijanti proizvoda te koliko se varijanata proizvoda proizvodi u jednom vremenskom periodu. Stupanj istovjetnosti ove metode nije definiran kao relativni indeks te se njegove granice kreću u intervalu od 1 do maksimalne vrijednosti.

3.9 Određivanje komponenata s padajućom vrijednošću indeksa istovjetnosti

S obzirom da vrijednost indeksa istovjetnosti ovisi o troškovima pojedinih komponenata, povećanje ili smanjenje troškova komponenata utječe na promjenu indeksa istovjetnosti. Zbog toga je potrebno odrediti da li je potrebno povećati ili smanjiti troškove pojedinih komponenata.

Ukoliko se troškovi komponenata smanjuju tada se smanjuje i ukupni troškovi varijanata u kojima se koriste te komponente. S obzirom da ovakvo smanjenje već ima pozitivan učinak na varijante proizvoda nije potrebna daljnja analiza ovakvog utjecaja.

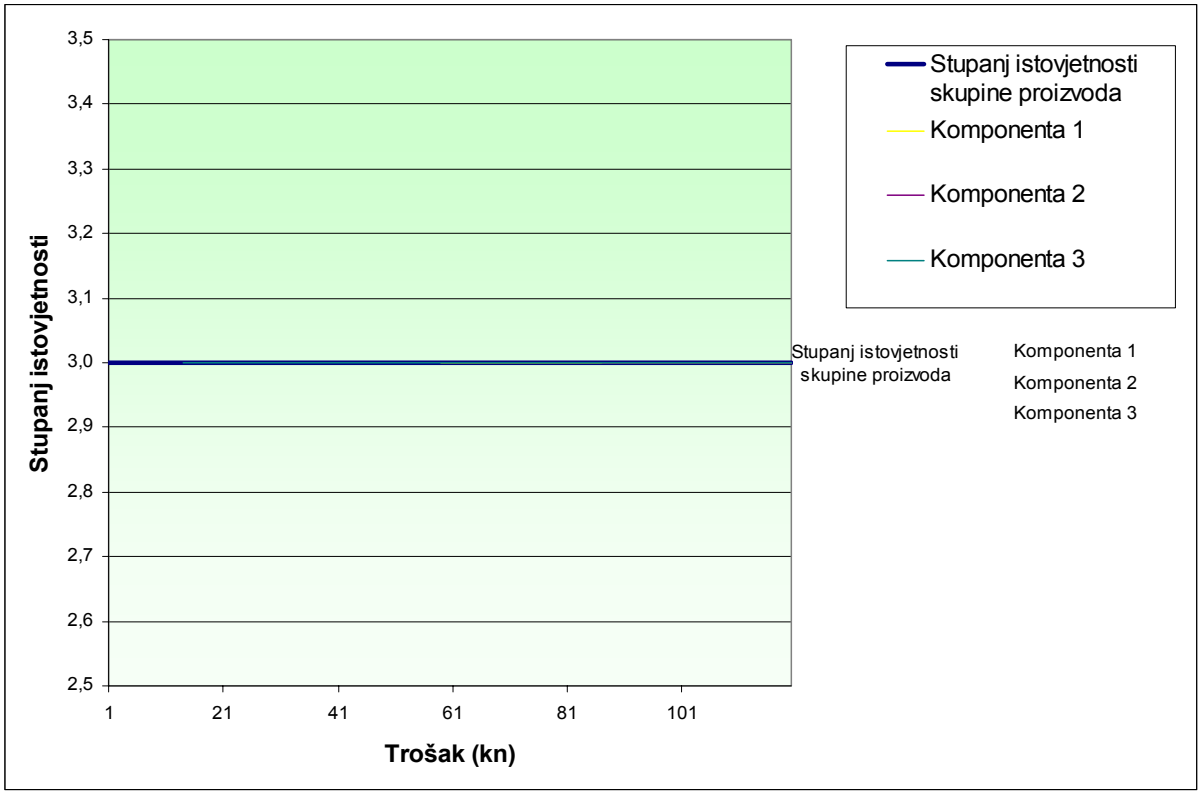
Suprotno pozitivnom utjecaju prilikom smanjenja troškova, povećanje troškova pojedinih komponenata utječe na povećanje troškova pojedinih varijanata proizvoda te je zbog toga potrebno ustanoviti da li povećanje troškova doprinosi povećanju ili smanjenju vrijednosti indeksa istovjetnosti. Ukoliko povećanje troškova doprinosi povećanju stupnja istovjetnosti to znači da postoji veći udio jednakih troškova po varijanti proizvoda. Ukoliko povećanje troškova doprinosi smanjenju stupnja istovjetnosti to znači da se udio troškova smanjuje po varijanti proizvoda. Zbog toga je potrebno identificirati sve komponente koje doprinose smanjenju indeksa istovjetnosti te ih je potrebno ponovno rekonstruirati kako bi se povećao njihov udio u ponovnom korištenju, a što rezultira povećanjem vrijednosti indeksa istovjetnosti.



Slika 3-10. Povećanje ili smanjenje indeksa istovjetnosti s povećanjem troškova komponenata

Na slici (Slika 3-10) prikazane su komponente koje doprinose povećanju ili smanjenju indeksa istovjetnosti s promjenom troškova komponenata. Horizontalna linija predstavlja vrijednost indeksa istovjetnosti izračunatog za skup proizvoda. Pojedinačne kose linije predstavljaju komponente kod kojih je došlo do promjene troškova. Kod određenih komponenata postoji karakteristika povećanja indeksa istovjetnosti s povećanjem troškova i smještene su s gornje strane u odnosu na indeks istovjetnosti skupa proizvoda. Ostale komponente smještene su s donje strane vrijednosti indeksa istovjetnosti skupa proizvoda i označavaju komponente koje doprinose smanjenju indeksa istovjetnosti. Nakon identificiranja komponenata koje doprinose smanjenju indeksa istovjetnosti i njihovog rekonstruiranja, vrijednost indeksa istovjetnosti familije proizvoda je veći u odnosu na prvobitnu vrijednost.

Idealni izgled grafa bio bi kada se vrijednost indeksa istovjetnosti ne bi mijenjala s povećanjem troškova. Tada bi sve linije bile horizontalne u grafu (Slika 3-11). Vrijednost indeksa istovjetnosti neće se mijenjati s povećanjem troškova pojedinih komponenata, ukoliko se sve komponente koriste u svim varijantama proizvoda i pritom ne postoje razlike između komponenata korištenih u različitim varijantama proizvoda. Do promijene u vrijednosti stupnja istovjetnosti ne dolazi zato što se svaka komponenta nalazi u svakoj varijanti te je pritom i trošak svake komponente sadržan u svakoj varijanti. To ne znaći da će sve varijante imati isti ukupni trošak, jer ukupni trošak svake varijante ovisi o količini korištenja pojedinih komponenata u varijanti proizvoda. Ali količina korištenja pojedinih komponenata u varijanti proizvoda ne utječe na promjenu vrijednosti stupnja istovjetnosti, ako sve varijante sadrže iste komponente. Zato i ne dolazi do promjene vrijednosti stupnja istovjetnosti s promjenom troška pojedinih komponenata.



Slika 3-11. Idealni prikaz stupnja istovjetnosti

3.10 Određivanje proizvoda s padajućom vrijednošću indeksa istovjetnosti

Kako pojedine komponente utječu na promjenu vrijednosti indeksa istovjetnosti tako i pojedini proizvodi utječu na povećanje ili smanjenje vrijednosti indeksa istovjetnosti. Neki proizvodi ako se proizvode u većim količinama povećavaju indeks istovjetnosti a neki proizvodi s povećanjem količine smanjuju vrijednosti indeksa istovjetnosti. Zbog toga je važno identificirati koji proizvodi povećavaju a koji smanjuju indeks istovjetnosti. Analiza povećanja ili smanjenja indeksa istovjetnosti na temelju promjene količine proizvoda primjenjuje se kod već postojećih familija proizvoda i to posebno kod familija proizvoda koje posjeduju kataloge za odabir varijanata proizvoda.

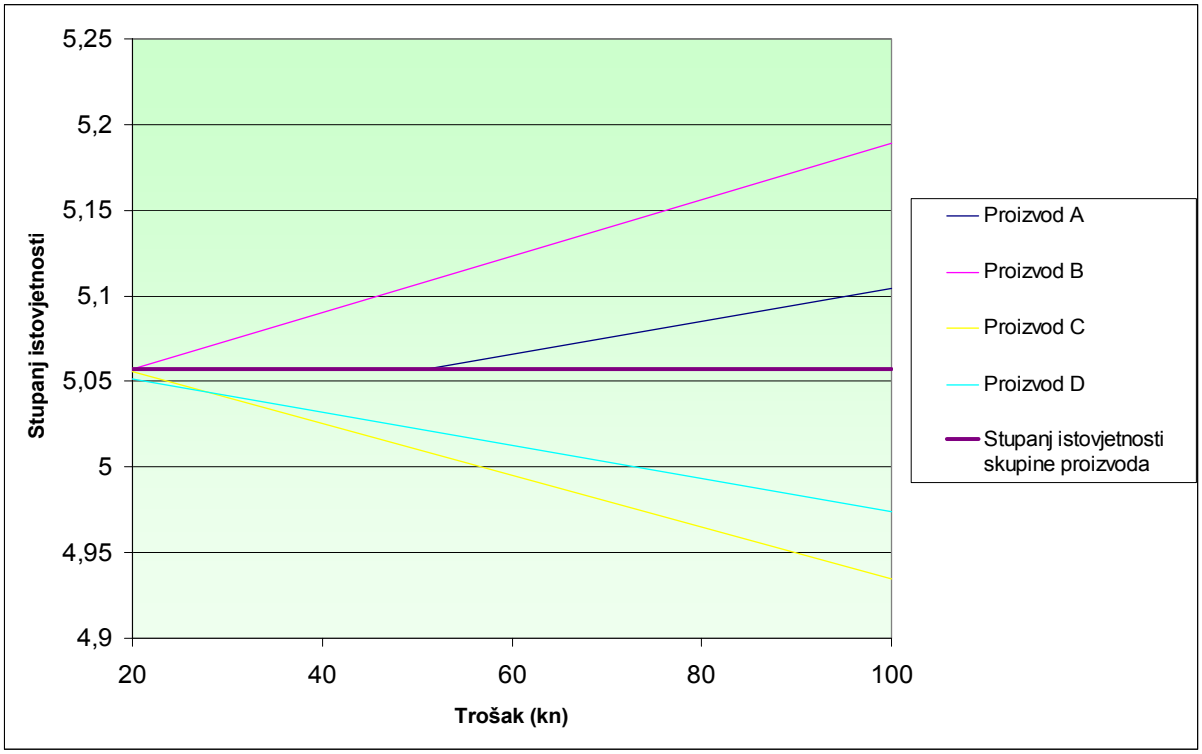
Za identificiranje varijanta proizvoda koje utječu na promjenu indeksa istovjetnosti potrebno je izračunati indeks istovjetnosti za svaku pojedinu varijantu (Tablica 3-1).

Tablica 3-1. Vrijednosti indeksa istovjetnosti za pojedine varijante proizvoda

$CI^{(C)}$ (1)	$CI^{(C)}$ (2)	$CI^{(C)}$ (3)	$CI^{(C)}$ (4)	$CI^{(C)}$ (5)	$CI^{(C)}$ (6)	$CI^{(C)}$ (7)
5,0094	4,4650	4,1830	5,2963	4,8216	4,5412	5,4462

Ukoliko su vrijednosti indeksa istovjetnosti pojedinih varijanta proizvoda niži od vrijednosti indeksa istovjetnosti za familiju proizvoda onda takve varijante proizvoda

imaju tendenciju smanjenja indeksa istovjetnosti svih varijanata proizvoda. Ukoliko su vrijednosti pojedinih varijanta proizvoda veće od ukupne vrijednosti onda takve varijante doprinose povećanju vrijednosti indeksa istovjetnosti.



Slika 3-12. Povećanje ili smanjenje indeksa istovjetnosti s povećanjem količine varijanata proizvoda

Na slici (Slika 3-12) prikazane su varijante proizvoda i kako se indeks istovjetnosti mijenja za određenu varijantu proizvoda prilikom promjene količine varijante proizvoda. Varijante proizvoda čiji je indeks istovjetnosti manji od indeksa istovjetnosti familije proizvoda pokazuju pad vrijednosti indeksa istovjetnosti s povećanjem proizvedenih količina varijanata proizvoda. Varijante proizvoda koje s povećanjem količine smanjuju vrijednost indeksa istovjetnosti potrebno je ponovno konstruirati i pritom uključiti komponente koje se višestruko koriste kako bi i ti proizvodi doprinijeli pozitivnom prirastu indeksa istovjetnosti.

4

Primjena kriterija i postupka identifikacije i analize zajedničkih komponenata na industrijskom primjeru

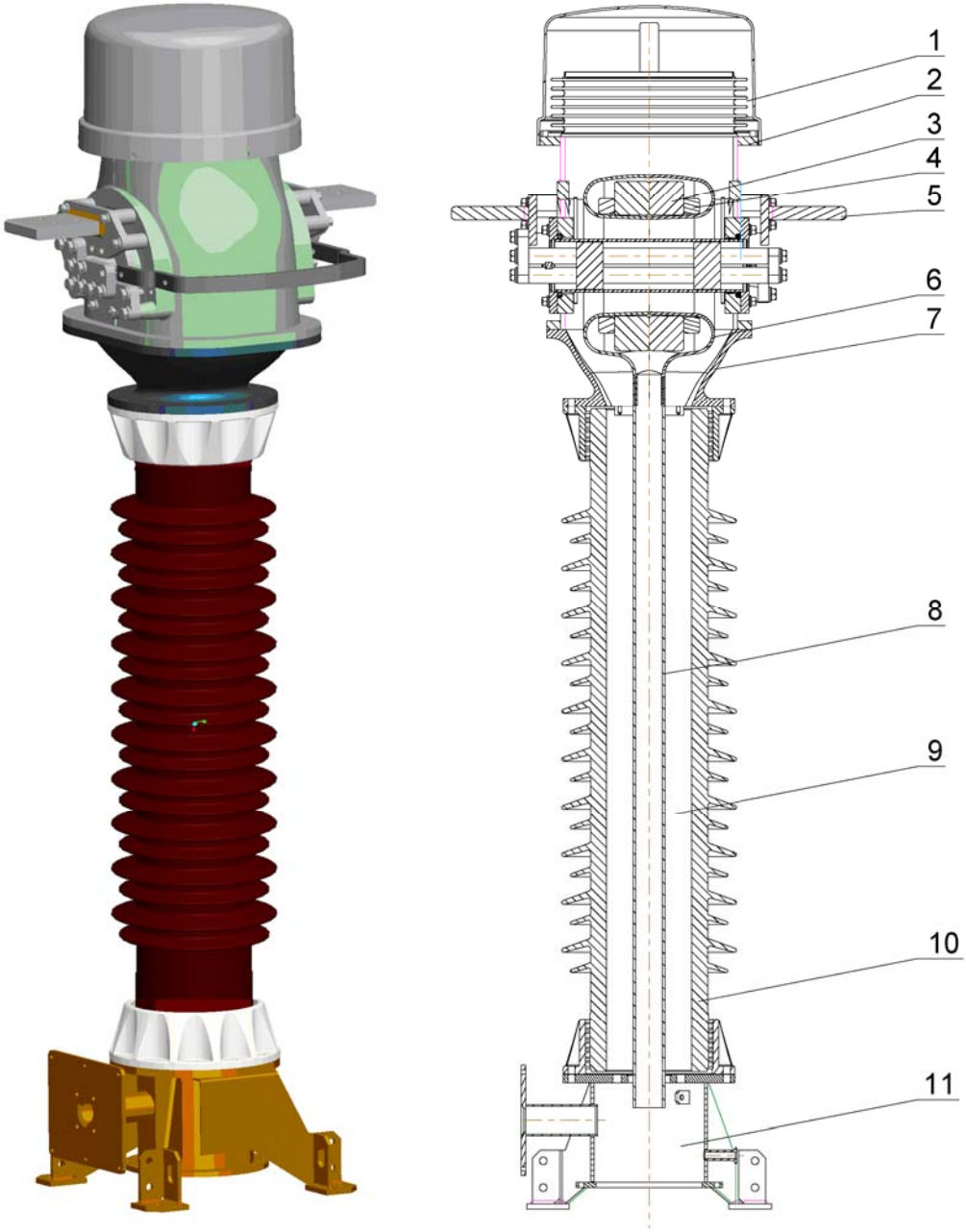
4.1 Općenito o strujnim mjernim transformatorima

Kriteriji identifikacije i analize zajedničkih komponenata primijenjeni su na strujnim mjernim transformatorima tvrtke KONČAR – Mjerni transformatori. Strujni mjerni transformatori transformiraju mjerenu struju u stalnom omjeru i bez faznog pomaka na vrijednost koja je prikladna za napajanje mjernih instrumenata te zaštitnih i regulacijskih uređaja ([67], str. 37). S obzirom na terete koji se priključuju na sekundarne stezaljke strujnih transformatora, razlikujemo strujne transformatore za mjerenje i strujne transformatore za zaštitu. Kod strujnih transformatora za mjerenje, sekundarna struja pri kratkom spoju poraste samo za ograničenu vrijednost, dovoljnu da ne dođe do uništenja instrumenata. Kod strujnih transformatora za zaštitu, sekundarna struja mora prenijeti i struje mnogostruko veće od nazivnih.

Postupak identifikacije zajedničkih komponenata primijenjen je na ukupno 283 različita transformatora koji su proizvedeni u vremenskom periodu od 2000. do 2006. godine. Na slici (Slika 4-1) prikazani je presjek strujnog mjernog transformatora. Strujni mjerni transformator sastoji se od sljedećih komponenata:

1. membrane s zaštitnikom,
2. glave,
3. jezgre za mjerenje,

4. jezgre za zaštitu,
5. primarnog namota,
6. torusa,
7. vrata,
8. sklopa cijevi,
9. ulja,
10. izolatora i
11. postolja.



Slika 4-1. Strujni mjerni transformator

4.2 Određivanje vanjske raznolikosti

Strujni mjerni transformatori kategorizirani su prema najvišim naponima opreme (naponskim nivoima) koji su standardizirani za nazivne stupnjeve izolacije. Razmatrani strujni mjerni transformatori imaju područje primjene napona opreme između 0,72 kV i 765 kV. Točna raspodjela napona opreme kod nazivnih stupnjeva izolacije prikazana je u Tablica 4-1., prema standardu [68].

Tablica 4-1. Raspodjela napona opreme kod nazivnih stupnjeva izolacije za primarne namote transformatora

Najviši napon opreme (efektivna vrijednost) (kV)								
0,72	1,2	3,6	7,2	12	17,5	24	38	52

Najviši napon opreme (efektivna vrijednost) (kV)									
72,5	123	145	170	245	300	362	420	525	765

Analiza vanjske raznolikosti za strujne mjerne transformatore napravljena je u ovisnosti o naponima opreme za sljedeća četiri parametra:

- Nazivnoj primarnoj struji,
- Broju zavoja na primarnoj strani,
- Broju jezgri na sekundarnoj strani i
- Snagama jezgre na sekundarnoj strani.

Navedena četiri parametra, s obzirom na koje će se vršiti analiza vanjske raznolikosti, ujedno predstavljaju i zahtjeve naručitelja.

4.2.1 Prikaz vanjske raznolikosti s obzirom na nazivnu primarnu struju

Prvi parametar za analizu vanjske raznolikosti kod strujnih mjernih transformatora je nazivna primarna struja. Nazivna primarna struja predstavlja nazivnu struju koja protječe kroz primarni namot. Ovisno o prespajanju transformatora, kroz primarni namot strujnog mjernog transformatora protječe nazivna struja različite jakosti. Zbog međusobnog uspoređivanja transformatora s različitim jakostima primarnih struja, potrebno je bilo odrediti, koje će se nazivne primarne struje koristiti kao referentne prilikom uspoređivanja transformatora za pojedinu vrstu prespajanja.

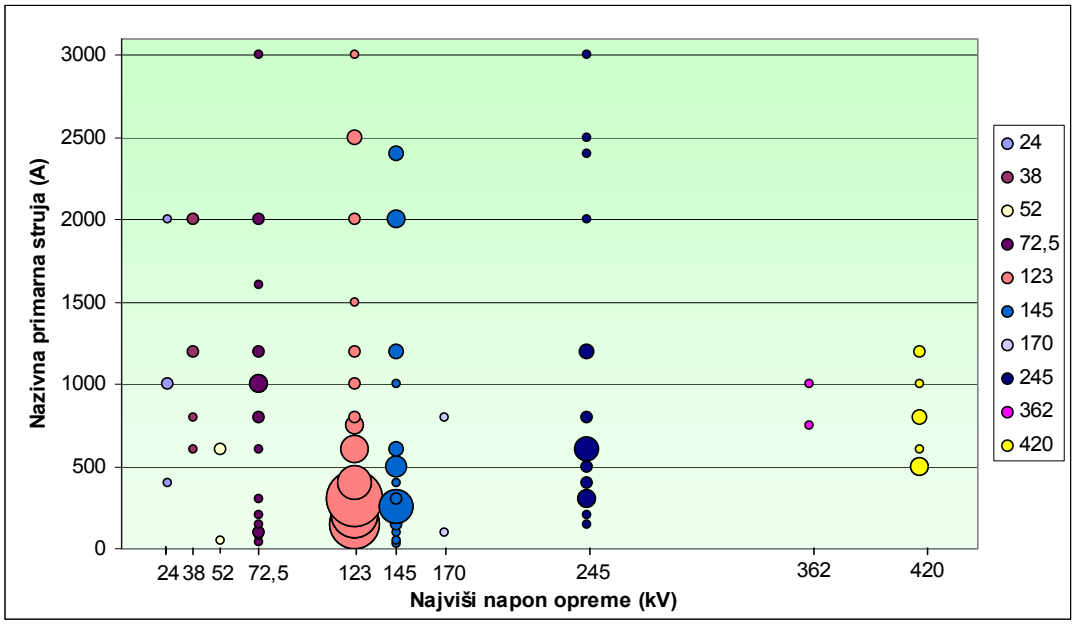
Razlikujemo tri vrste prespajanja strujnih mjernih transformatora:

- primarno prespojivi,
- sekundarno prespojivi i
- prespojivi s više od dva prespajanja.

Prvu vrstu prespojivih transformatora čine primarno prespojivi transformatori. Primarno prespojivi transformatori jesu transformatori kod kojih se promjena prijenosnog omjera ostvaruje prespajanjem primarnog namota. Prespajanjem primarnog namota ostvaruje se veća jakost struje kroz primarni namot i to u omjerima 1:2 ili 1:4. Za referentnu nazivnu struju, korištenu za uspoređivanje različitih transformatora, upotrebljava se nazivna primarna struja u trenutku kada transformator nije prespojen. S obzirom da se prespajanjem primarnog namota povećava jakost primarne struje, za referentnu nazivnu struju koristi se najmanja nazivna struja koja protječe kroz primarni namot transformatora.

Drugu vrstu prespojivih transformatora čine sekundarno prespojivi transformatori. Sekundarno prespojivi transformatori jesu transformatori koji posjeduju više sekundarnih namota. Korištenjem jednog ili više sekundarnih namota postižu se različiti prijenosni omjeri kod transformatora. Prilikom prespajanja sekundarnog namota, a uz povećanje broja zavoja na sekundarnom namotu, ostvaruje se smanjenje jakosti primarne struje. S obzirom da se prespajanjem sekundarnog namota smanjuje jakost primarne struje, za referentnu nazivnu struju koristi se najveća nazivna struja koja protječe kroz primarni namot transformatora.

Treću vrstu prespojivih transformatora predstavljaju transformatori s mogućnošću i većeg broja prespajanja od dva prespajanja. Mogućnost većeg broja prespajanja ostvarena je serijskim povezivanjem sekundarnih odcjepa. Kako se prespajanje vrši na sekundarnom namotu, povećanjem broja zavoja na sekundarnom namotu smanjuje se primarna struja. Zbog analogije sa sekundarno prespojivim transformatorima, za referentnu nazivnu struju koristi se najveća nazivna struja koja protječe kroz primarni namot transformatora.

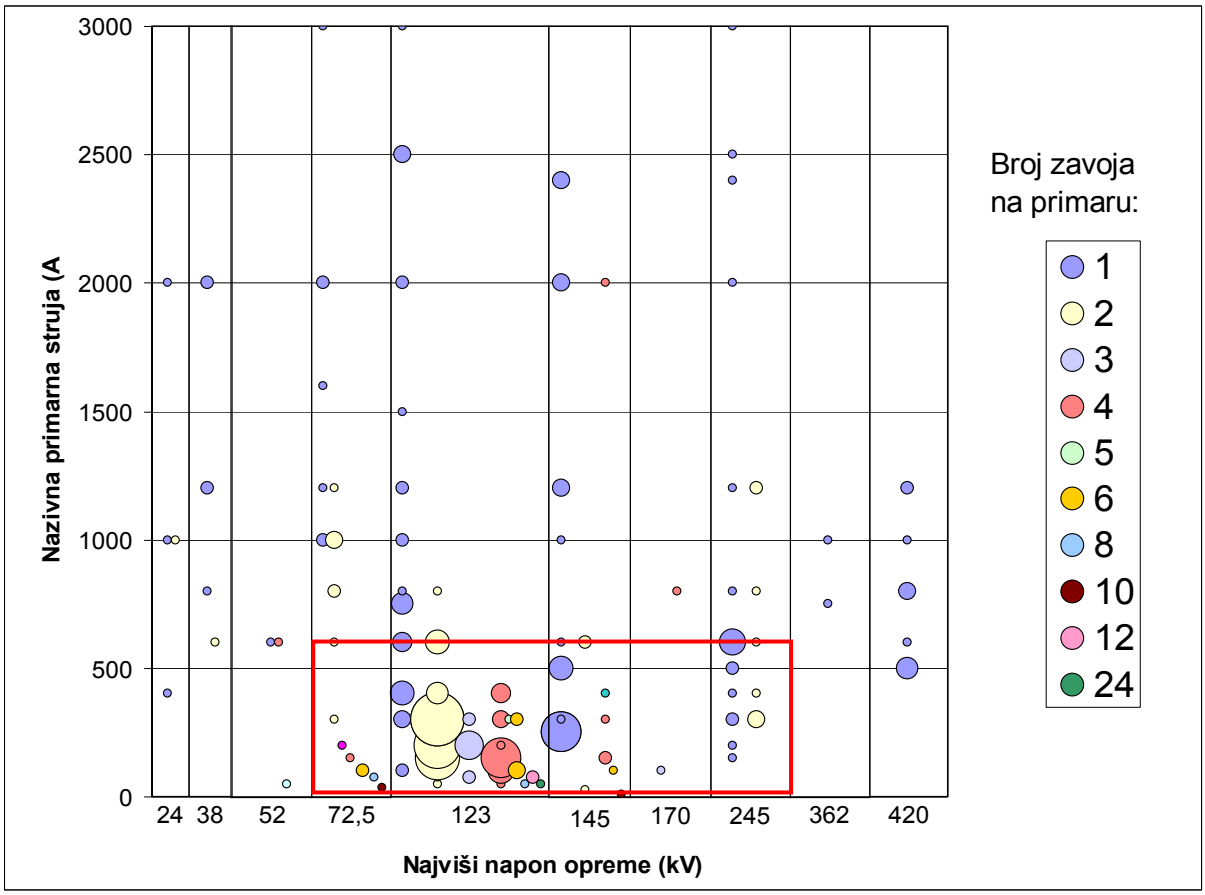


Slika 4-2. Prikaz cjelokupne ostvarene vanjske raznolikosti strujnih mjernih transformatora u ovisnosti o nazivnoj primarnoj struji

Određivanjem referentnih nazivnih primarnih struja za pojedine vrste prespajanja

transformatora analizirana je ostvarena vanjska raznolikost između proizvoda. Ostvarena vanjska raznolikost prikazana je na grafu (Slika 4-2), a u ovisnosti o najvišem naponu opreme, nazivne primarne struje i količini proizvedenih proizvoda. Parametri najviši napon opreme i nazivna primarna struja, prikazani su na apcisi i ordinati dijagrama, dok je količina proizvedenih proizvoda prikazana veličinom kruga na grafu. Transformatori koji su proizvedeni u većim količinama prikazani su s većim krugom na dijagramu od transformatora koji su proizvedeni u manjim količinama.

Detaljniji prikaz cjelokupne ostvarene vanjske raznolikosti dobije se uvođenjem parametra broja zavoja na primarnom namotu. Parametrom broj zavoja na primarnom namotu raščlanili su se transformatori koji imaju istu vrijednost nazivne primarne struje ali se razlikuju po broju zavoja na primarnoj strani. Time se je ostvario detaljniji prikaz vanjske raznolikosti (Slika 4-3).



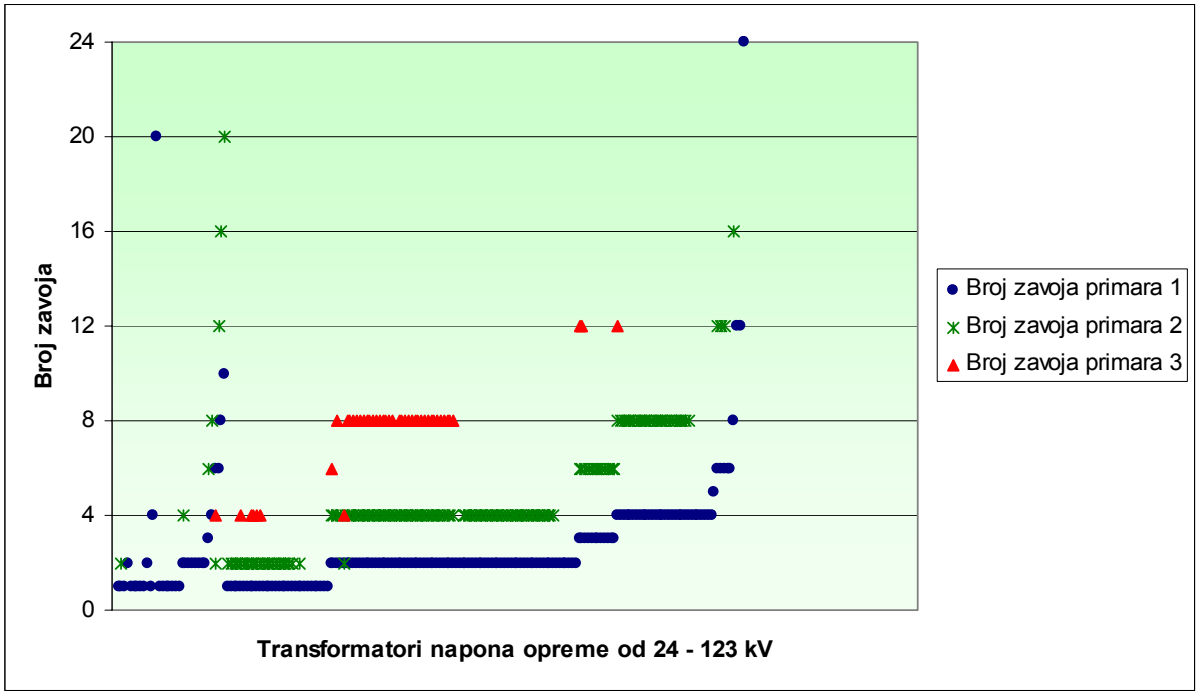
Slika 4-3. Prikaz cjelokupne ostvarene vanjske raznolikosti strujnih mjernih transformatora u ovisnosti o nazivnoj primarnoj struji i broju zavoja primara

Iz prikaza ostvarene vanjske raznolikosti (Slika 4-3) pravokutnikom je označeno područje koje sadrži najviše proizvedenih transformatora. Transformatori koji se nalaze izvan odabranog područja predstavljaju transformatore s nazivnim primarnim strujama čije se vrijednosti pojavljuju rjeđe u zahtjevima nego transformatori unutar označenog područja. Zbog toga se transformatori izvan označenog područja izuzimaju iz daljnje analize koja slijedi nakon analize vanjske raznolikosti. Po završetku cijelog postupka identifikacije zajedničkih komponenata i nakon definiranja

arhitekture familije proizvoda, kriteriji identifikacije se ponavljaju i na ostale transformatore koji su izuzeti u daljnjoj analizi. Ponovljivošću postupaka želi se definirana arhitektura familije proizvoda proširiti i na zahtjeve koji se ne javljaju redovito, ali koji također postoje.

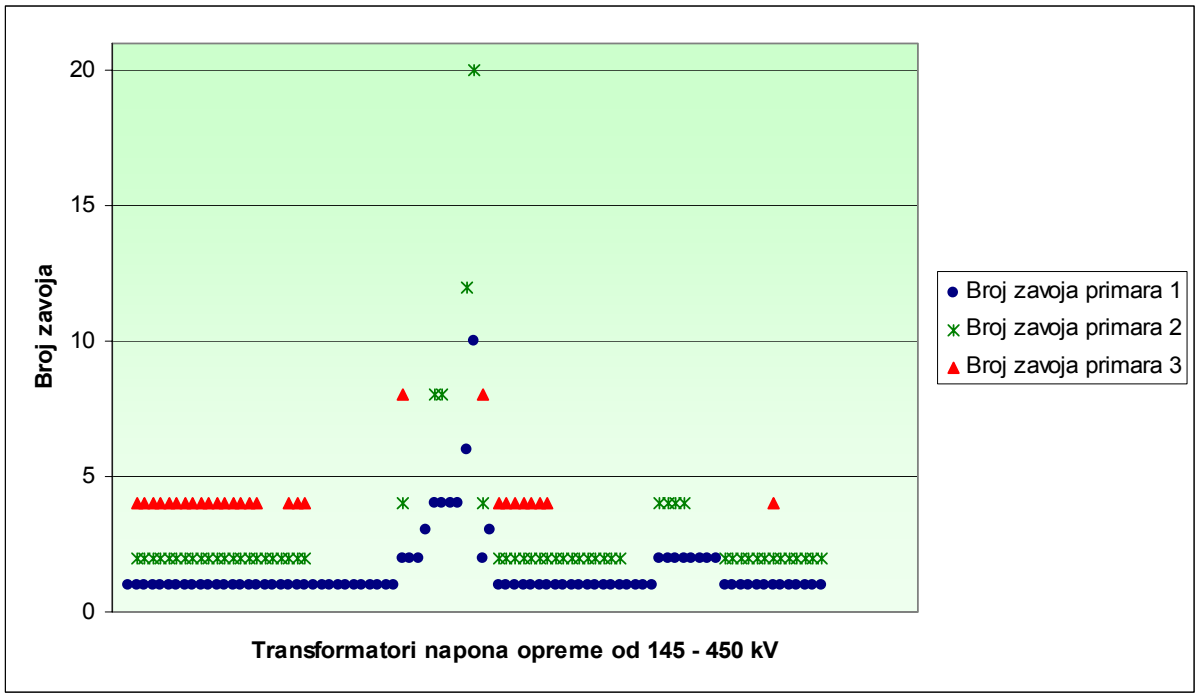
4.2.2 Prikaz vanjske raznolikosti s obzirom na broj zavoja na primarnoj strani

Drugi parametar za analizu vanjske raznolikosti kod strujnih mjernih transformatora je broj zavoja na primarnoj strani. Različit broj zavoja na primarnoj strani uvjetuje i različite konstrukcije primarnog namota kod transformatora. Na grafu (Slika 4-4) prikazani su brojevi zavoja primarnih namota za transformatore naponske opreme od 24 – 123 kV, a na grafu (Slika 4-5) transformatori naponske opreme 145 – 450 kV. Broj zavoja primara 1 označava broj zavoja kod transformatora koji nije prespojivi ili broj zavoja kod transformatora koji je prespojiv ali prespajanje nije izvedeno. Broj zavoja primara 2 označava broj zavoja kod prvog prespajanja, a broj zavoja primara 3 označava broj zavoj na primaru kod drugog prespajanja.



Slika 4-4. Prikaz cjelokupne ostvarene vanjske raznolikosti strujnih mjernih transformatora u ovisnosti o broju zavoja na primarnoj strani za napon opreme 24 – 123 kV

Kod transformatora s naponskim nivoima od 24 do 123 kV najčešće se koriste jedan do četiri zavoja na primarnoj strani, s ili bez prespajanja. Kod transformatora s naponskim nivoima od 145 do 450 kV također se najčešće koriste jedan do četiri zavoja na primarnoj strani.



Slika 4-5. Prikaz cjelokupne ostvarene vanjske raznolikosti strujnih mjernih transformatora u ovisnosti o broju zavoja na primarnoj strani za napon opreme 145 – 450 kV

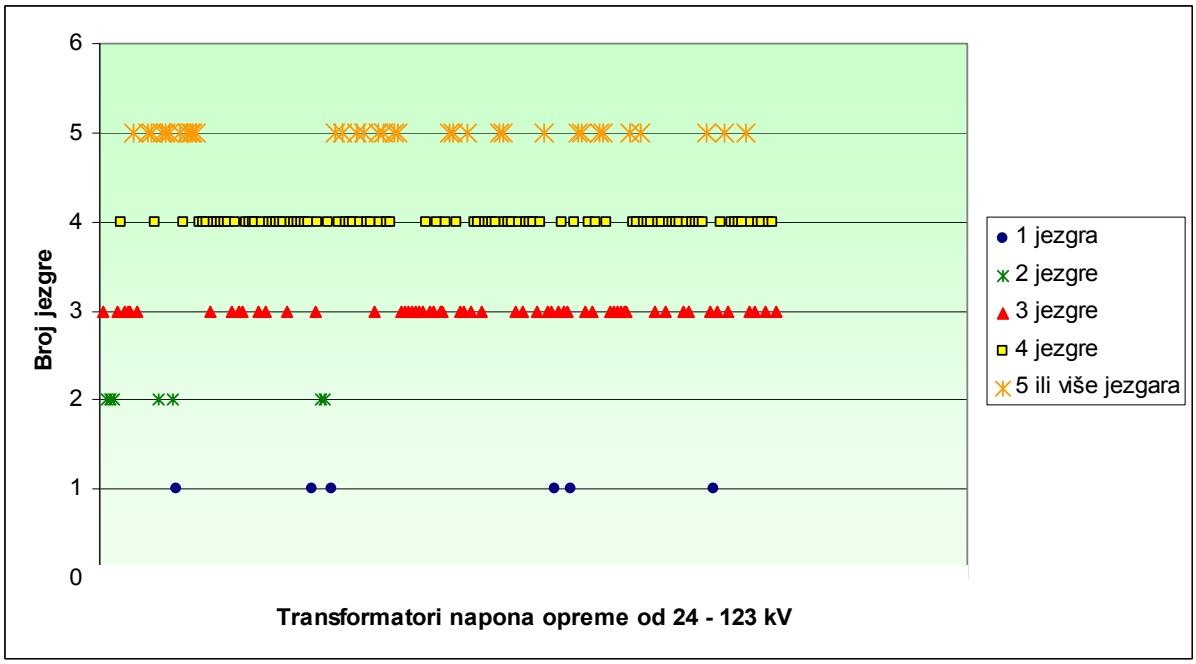
4.2.3 Prikaz vanjske raznolikosti s obzirom na broj jezgri na sekundarnoj strani

Strujni mjerni transformatori sadrže više jezgri na sekundarnoj strani. S povećanjem broja jezgri povećava se i ukupna širina transformatora. Ukupno postoje dvije vrste jezgre:

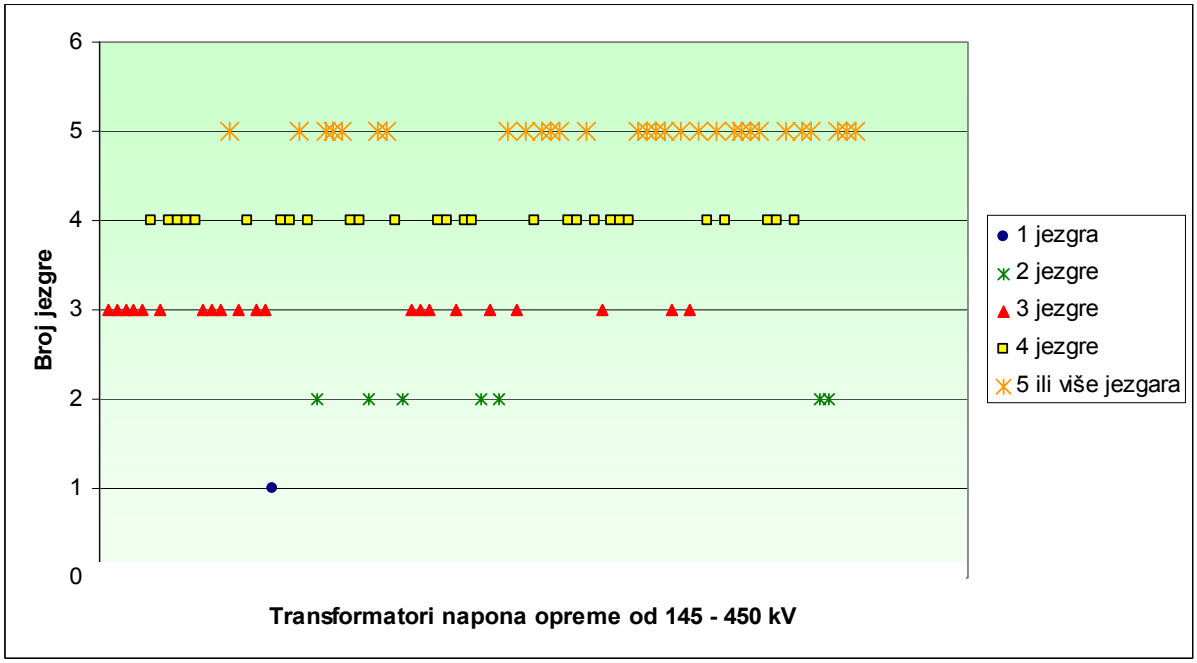
- mjerne jezgre,
- zaštitne jezgre.

Funkcija mjernih jezgri je transformiranje fizikalne veličine na vrijednost pogodnu za mjerenje instrumentom, dok zaštitna jezgra ima funkcija transformiranja fizikalne veličine u trenutku preopterećenja. Analiza vanjske raznolikosti s obzirom na broj jezgri nije se radila posebno za mjerne jezgre a posebno za zaštitne jezgre. Sa stanovišta utjecaja broja jezgri na konstrukciju transformatora, relevantni je podatak ukupnog broja jezgri. Zbog toga se je razmatrao ukupni broj mjernih i zaštitnih jezgri po transformatoru.

Na grafu (Slika 4-6) prikazani je broj jezgri na sekundarnoj strani za napon opreme od 24 do 123 kV, a na grafu (Slika 4-7) za napon opreme od 145 do 450 kV. Iz ovih grafikona vidljivo je da se većina transformatora sastoji od tri, četiri, pet ili više jezgri. Podatak o pet ili više jezgri se odnosi na pet ili šest jezgri po transformatoru. S obzirom da ne postoji posebni podaci o pet ili šest jezgri, koristio se je zajednički podatka za pet ili šest jezgri.



Slika 4-6. Prikaz cjelokupne ostvarene vanjske raznolikosti strujnih mjernih transformatora u ovisnosti o broju jezgri na sekundarnoj strani za napon opreme 24 – 123 kV

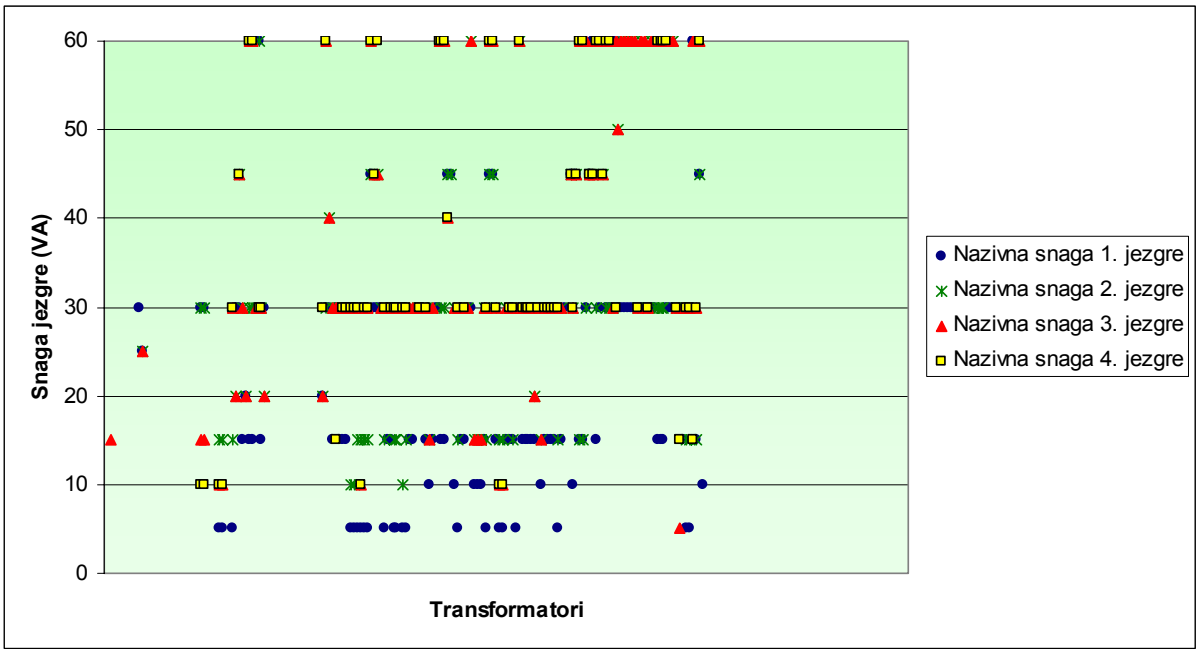


Slika 4-7. Prikaz cjelokupne ostvarene vanjske raznolikosti strujnih mjernih transformatora u ovisnosti o broju jezgri na sekundarnoj strani za napon opreme 145 – 450 kV

4.2.4 Prikaz vanjske raznolikosti s obzirom na snagu jezgri

Strujni mjerni transformatori međusobno se razlikuju i prema snazi pojedinih jezgri. Na grafu (Slika 4-8) prikazana je ostvarena vanjska raznolikosti u ovisnosti o snazi

jezgre.



Slika 4-8. Prikaz cjelokupne ostvarene vanjske raznolikosti strujnih mjernih transformatora u ovisnosti o snazi jezgri

Iz grafikona (Slika 4-8) vidljivo je da se snaga jezgre može podijeliti oko nekoliko vrijednosti. Najniža vrijednost snage jezgre iznosi 15 VA. Zatim slijedi snaga jezgri od 30 i 45 VA, a najviša snaga jezgri iznosi 60 VA.

4.3 Određivanje unutarnje raznolikosti

Iz grafikona dobivenih u analizi vanjske raznolikosti slijede okvirne vrijednosti koje se koriste u daljnjem tijeku identifikacija i analize zajedničkih komponenata. Rezultati definiranja unutarnje raznolikosti prikazani su u tablici (Tablica 4-2).

Tablica 4-2. Parametri i vrijednosti unutarnje raznolikosti za strujne mjerne transformatore

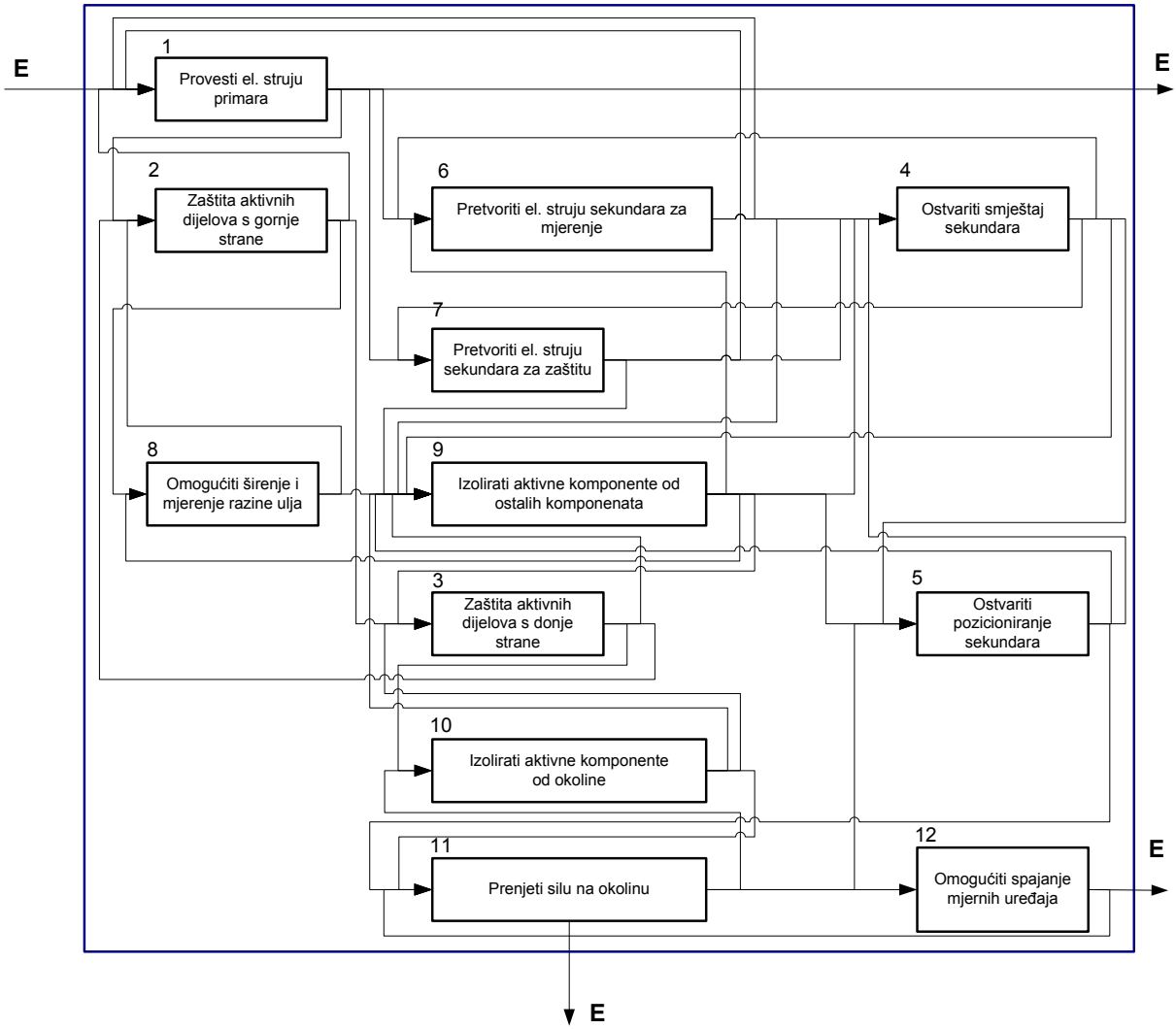
Parametri unutarnje raznolikosti	*Vrijednosti*
Nazivna primarna struja	0 – 600 A (za napon opreme 72.5, 123, 145 i 245 kV)
Broj zavoja na primaru	1, 2, 3 i 4 (za 0 – 600 A)
Broj jezgri	3, 4, 5 i više
Nazivna snaga jezgri	15, 30, 45 i 60 VA

Primjenom parametara unutarnje raznolikosti, smanjio se je ukupni broj transformatora koji se koriste u analizi. S ukupno 283 različitih transformatora, koji

su bili odabrani na početku, primjenom kriterija vanjske i unutarnje raznolikosti smanjio se je broj transformatora na 198. Smanjenje broja transformatora iznosi 30%. Daljnja analiza primijenjena je na preostalom broju transformatora.

4.4 Određivanje funkcijske strukture skupa proizvoda

Za skup proizvoda koji je određen vanjskom i unutarnjom raznolikosti, potrebno je napraviti funkcijsku strukturu. Razina do koje se određuje funkcijska struktura ovisi o korištenim rješenjima za pojedine funkcije. Funkcijska struktura skupa proizvoda koja je korištena u daljnjoj analizi prikazana je na slici (Slika 4-9).

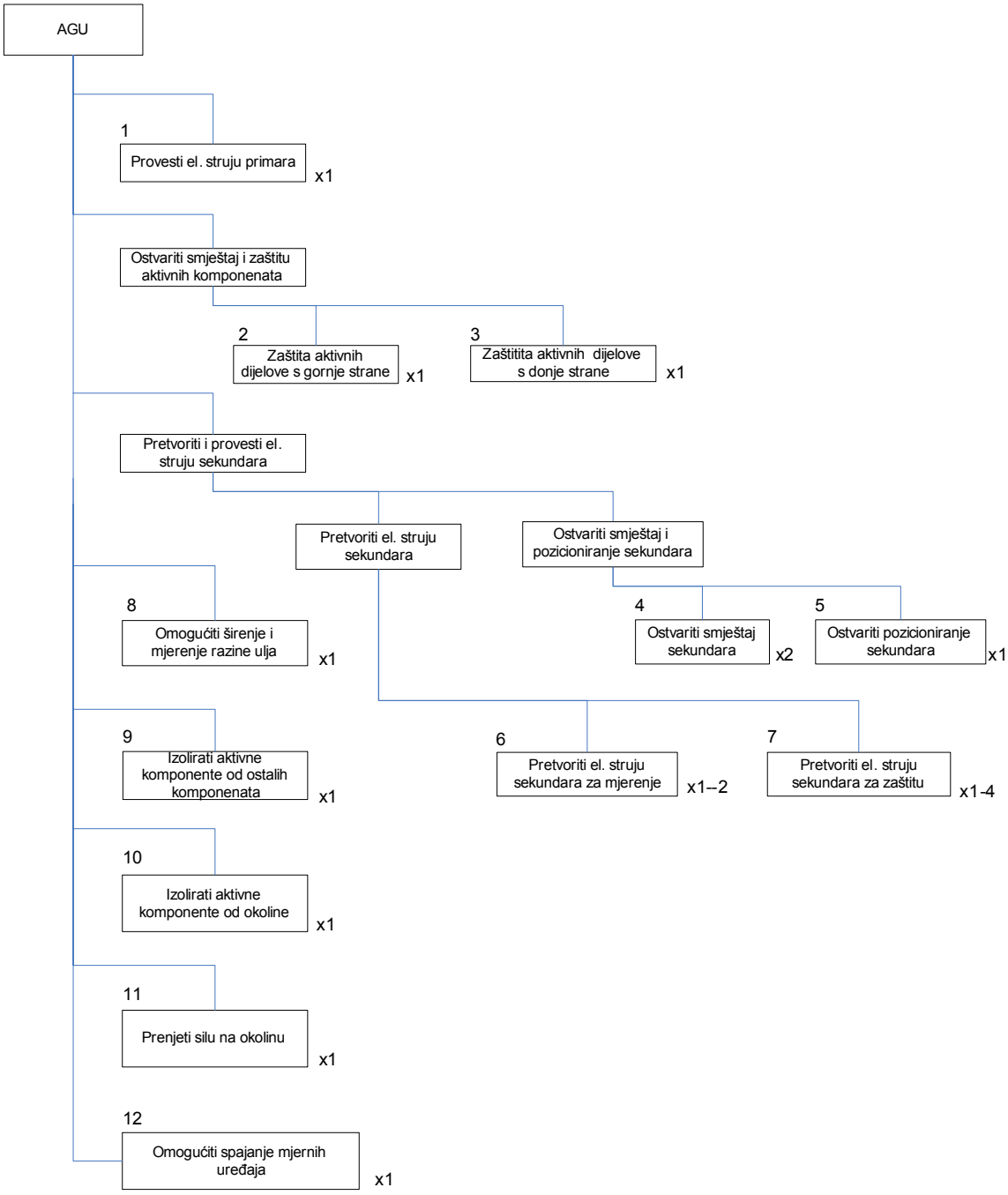


Slika 4-9. Funkcijska struktura skupa proizvoda

Funkcijska struktura strujnih mjernih transformatora sastoji se samo od osnovnih funkcija. Specijalne funkcije i pomoćne funkcije nisu korištene jer ne postoje dodatni zahtjevi na transformatore zbog kojih bi postojale specijalne i pomoćne funkcije.

4.5 Funkcijsko-sklopna struktura proizvoda

Na temelju funkcijske strukture proizvoda napravljena je funkcijsko-sklopna struktura proizvoda (Slika 4-10). Cilj definiranja funkcijsko-sklopne strukture proizvoda je da se svi proizvodi mogu prikazati istom strukturom zbog međusobnog uspoređivanja proizvoda te zbog prikupljanja podataka potrebnih za određivanje stupnja istovjetnosti. Potrebno je bilo analizirati 198 transformatora, ali za njih 46 nisu bili dostupni podaci. Zbog toga je ukupan broj analiziranih transformatora na temelju funkcijsko-sklopne strukture iznosi 152.



Slika 4-10. Funkcijsko-sklopna struktura proizvoda

Na slici (Slika 4-10) brojevima su označene funkcije čija su rješenja korištena u

matrici zavisnosti funkcija i komponenata. Funkcija koja je nadređena ostalim funkcijama nije označena s brojem, jer se za takvu funkciju nisu koristila rješenja koja bi se mogla uspoređivati. U donjem desnom kutu funkcije s oznakom broja nalazi se broj (xN) koji pokazuje koliko puta se neka komponenta koristi u proizvodu. Količina upotrebe komponenata prikazanih s funkcijama 6 i 7 razlikovale su se od varijante do varijante. Zbog toga je kod tih funkcija prikazana raspon korištenja komponenata (1-2 i 1-4).

4.6 Prikaz zavisnosti funkcija i komponenata

Funkcije korištene u funkcijskoj strukturi potrebno je prikazati u zavisnosti o komponentama korištenima u proizvodima. Za prikaz zavisnosti između funkcija i komponenata koristi se matrični prikaz (Slika 4-11). Redovi u matrici predstavljaju sve funkcije koje su identificirane u funkcijskoj strukturi. Stupci u matrici predstavljaju komponente korištene u proizvodima koje predstavljaju fizička rješenja pojedinih funkcija.

	KOMPONENTE	Primarni namot	Glava	Vrat	Torus	Sklop cijevi	Jezgra za mjerenje	Jezgra za zaštitu	Mambrana s zaštitnikom	Ulje	Izolator	Kučište	Sekundarna kutija s priključcima
	FUNKCIJE	98	23	37	16	55	113	96	9		21	39	1
1	Provesti el. struju primara	■											
2	Zaštita aktivnih dijelova s gornje strane		■										
3	Zaštita aktivnih dijelova s donje strane			■									
4	Ostvariti smještaj sekundara				■								
5	Ostvariti pozicioniranje sekundara					■							
6	Pretvoriti el. struju sekundara za mjerenje						■						
7	Pretvoriti el. struju sekundara za zaštitu							■					
8	Omogućiti širenje i mjerenje razine ulja								■				
9	Izolirati aktivne komponente od ostalih komponenata									■			
10	Izolirati aktivne komponente od okoline										■		
11	Prenjeti silu na okolinu											■	
12	Omogućiti spajanje mjernih uređaja												■

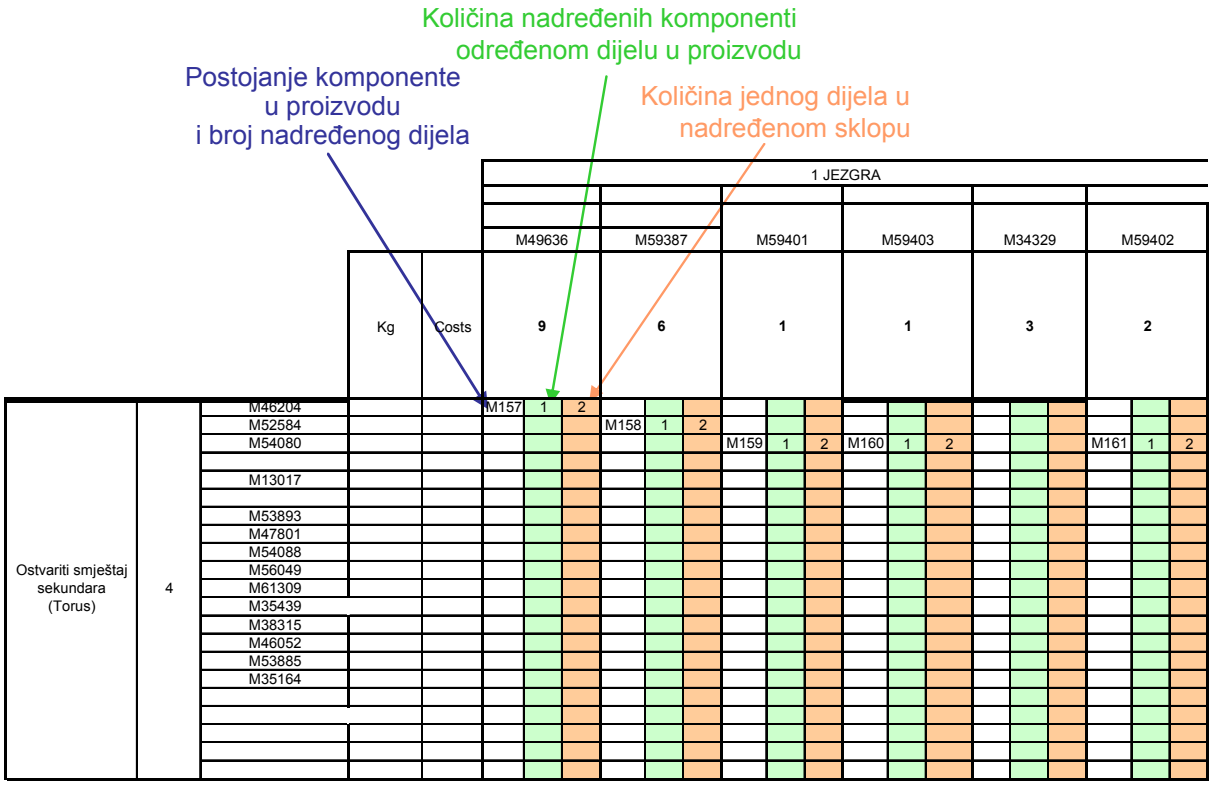
Slika 4-11. Prikaz zavisnosti funkcija i komponenata

Zbog prevelikog broja korištenih rješenja određenih funkcija, u tablici (Slika 4-11) prikazani je ukupan broj različitih korištenih varijanti komponenata za određene funkcije.

4.7 Tablica podataka varijanata proizvoda

Na temelju funkcijsko-sklopne strukture analizirani su svi proizvodi za koje su bili dostupni podaci. Prikupljeni podaci upisani su u tablicu podataka te su korišteni za izračunavanje stupnja istovjetnosti. Tablica podataka za određivanje stupnja istovjetnosti sadrži 309 redaka i 456 stupaca. Zbog nemogućnosti prikaza tako velike

tablice, na slici (Slika 4-12) prikazani su samo dijelovi tablice koji prikazuju strukturu tablice.



Slika 4-12. Tablica podatka varijanata proizvoda za izračunavanje stupnja istovjetnosti

Tablica podataka sastoji se od redova u kojima su upisane nazivi funkcija i komponenata koje predstavljaju fizička rješenja funkcija. Komponente su označene s brojevima dijela. Stupci predstavljaju varijante i također su označeni s brojevima dijela. Svaki stupac varijante proizvoda sastoji se od tri podstupca. Prvi podstupac ima dvostruko značenje. Prvo značenje predstavlja postojanje komponente u varijanti proizvoda. Drugo značenje prvog podstupca je da označava broj nadređenog sklopa za komponentu iz tog reda. Ovaj podatak važan je zbog izračunavanja ukupnog broja različito nadređenih sklopova za određenu komponentu tijekom određivanja vrijednosti stupnja istovjetnosti. Drugi podstupac označava količinu nadređenih komponenti određenom dijelu u proizvodu. Treći podstupac označava količinu jednog dijela u nadređenom sklopu.

4.8 Izračun stupnja istovjetnosti

Prema prikupljenim podacima iz tablice podataka varijanata proizvoda slijedi izračunavanje stupnja istovjetnosti za funkcije na najnižim nivoima u funkcijsko-sklopnoj strukturi. Za izračunavanje stupnja istovjetnosti koristile su se dvije od tri poznatih metoda. Korištene su metode izračuna stupnja istovjetnosti po metodi Martin i Ishii [46] i Wacker i Trelevan [47]. Od računanja po metodi Indeksa

istovjetnosti linije proizvoda [48] odustalo se je zbog korištenja faktora $f_{1i}, f_{2i}\, i\, f_{3i}$. Vrijednosti koje je potrebno upisati za navedene faktore ovise o osobnoj procjeni izvoditelja postupaka, pa zbog subjektivnog utjecaja na rezultat stupnja istovjetnosti ova metoda nije korištena. Korištenje dviju metoda za izračunavanje stupnja istovjetnosti primijenilo se je zbog korekcije i provjere dobivenih rezultata.

Stupanj istovjetnosti računa se zasebno za svaku funkciju označenu u funkcijsko-sklopnoj strukturi. Nakon dobivanja vrijednosti stupnja istovjetnosti za pojedine funkcije potrebno je analizirati koje funkcije imaju visok stupanj istovjetnosti a koje imaju nizak. Za one funkcije koje imaju nisku vrijednost stupnja istovjetnosti, potrebno se je primarno usredotočiti za daljnji tijek analize.

4.8.1 Stupanj istovjetnosti za funkciju broj 1

Funkcija "provesti električnu struju primara" predstavlja funkciju komponente primarnog namota strujnog mjernog transformatora. Podaci dobiveni iz tablice podataka za funkciju "provesti električnu struju primara" prikazani su u tablici (Tablica 4-3).

Tablica 4-3. Vrijednosti dobivenih podataka za funkciju "provesti električnu struju primara"

$u = d =$	broj jedinstvenih primarnih namota u svim varijantama proizvoda	109
$p_j =$	broj jedinstvenih primarnih namota u jednoj varijanti proizvoda	1
$v_j =$	ukupni broj primarnih namota u svim varijantama proizvoda	147
$\sum_{j=1}^{v_j} \Phi_j =$	Ukupni broj različito nadređenih sklopova komponenti primarnom namotu u svim varijantama proizvoda	147

Prema formulama iz (1) i (2), vrijednosti stupnjeva istovjetnosti za funkciju "provesti električnu struju primara" iznose:

$$CI = 1 - \frac{109-1}{147-1} \qquad CI = 0{,}260 \qquad (3)$$

$$TCCI = 1 - \frac{109-1}{147-1} \qquad TCCI = 0{,}260 \qquad (4)$$

4.8.2 Stupanj istovjetnosti za funkciju broj 2

Funkcija "zaštita aktivnih dijelova s gornje strane" predstavlja funkciju komponente glave strujnog mjernog transformatora. Podaci dobiveni iz tablice podataka za

funkciju "zaštita aktivnih dijelova s gornje strane" prikazani su u tablici (Tablica 4-4).

Tablica 4-4. Vrijednosti dobivenih podataka za funkciju "zaštita aktivnih dijelova s gornje strane"

$u = d =$	broj jedinstvenih glava u svim varijantama proizvoda	23
$p_j =$	broj jedinstvenih glava u jednoj varijanti proizvoda	1
$v_j =$	ukupni broj glava u svim varijantama proizvoda	139
$\sum_{j=1}^{v_j} \Phi_j =$	Ukupni broj različito nadređenih sklopova komponenti glavi u svim varijantama proizvoda	43

Prema formulama iz (1) i (2), vrijednosti stupnjeva istovjetnosti za funkciju " zaštita aktivnih dijelova s gornje strane"iznose:

$$CI = 1 - \frac{23-1}{139-1} \qquad CI = 0{,}841 \qquad (5)$$

$$TCCI = 1 - \frac{23-1}{43-1} \qquad TCCI = 0{,}476 \qquad (6)$$

4.8.3 Stupanj istovjetnosti za funkciju broj 3

Funkcija "zaštita aktivnih dijelova s donje strane" predstavlja funkciju komponente vrata strujnog mjernog transformatora. Podaci dobiveni iz tablice podataka za funkciju "zaštita aktivnih dijelova s donje strane" prikazani su u tablici (Tablica 4-5).

Tablica 4-5. Vrijednosti dobivenih podataka za funkciju "zaštita aktivnih dijelova s donje strane"

$u = d =$	broj jedinstvenih vratova u svim varijantama proizvoda	36
$p_j =$	broj jedinstvenih vratova u jednoj varijanti proizvoda	1
$v_j =$	ukupni broj vratova u svim varijantama proizvoda	139
$\sum_{j=1}^{v_j} \Phi_j =$	Ukupni broj različito nadređenih sklopova komponenti vratu u svim varijantama proizvoda	43

Prema formulama iz (1) i (2), vrijednosti stupnjeva istovjetnosti za funkciju "zaštita aktivnih dijelova s gornje strane" iznose:

$$CI = 1 - \frac{36-1}{139-1} \qquad CI = 0{,}746 \qquad (7)$$

$$TCCI = 1 - \frac{36-1}{43-1} \qquad TCCI = 0{,}167 \qquad (8)$$

4.8.4 Stupanj istovjetnosti za funkciju broj 4

Funkcija "ostvariti smještaj sekundara" predstavlja funkciju komponente torusa strujnog mjernog transformatora. Podaci dobiveni iz tablice podataka za funkciju "ostvariti smještaj sekundara" prikazani su u tablici (Tablica 4-6).

Tablica 4-6. Vrijednosti dobivenih podataka za funkciju "ostvariti smještaj sekundara"

$u = d =$	broj jedinstvenih torusa u svim varijantama proizvoda	15
$p_j =$	broj jedinstvenih torusa u jednoj varijanti proizvoda	1
$v_j =$	ukupni broj torusa u svim varijantama proizvoda	137
$\sum_{j=1}^{v_j} \Phi_j =$	Ukupni broj različito nadređenih sklopova komponenti torusu u svim varijantama proizvoda	68

Prema formulama iz (1) i (2), vrijednosti stupnjeva istovjetnosti za funkciju "ostvariti smještaj sekundara" iznose:

$$CI = 1 - \frac{15-1}{137-1} \qquad CI = 0{,}897 \qquad (9)$$

$$TCCI = 1 - \frac{15-1}{68-1} \qquad TCCI = 0{,}791 \qquad (10)$$

4.8.5 Stupanj istovjetnosti za funkciju broj 5

Funkcija "ostvariti pozicioniranje sekundara" predstavlja funkciju komponente sklopa cijevi strujnog mjernog transformatora. Podaci dobiveni iz tablice podataka za funkciju "ostvariti pozicioniranje sekundara" prikazani su u tablici (Tablica 4-7).

Tablica 4-7. Vrijednosti dobivenih podataka za funkciju "ostvariti pozicioniranje sekundara"

$u = d =$	broj jedinstvenih sklopova cijevi u svim varijantama proizvoda	55
$p_j =$	broj jedinstvenih sklopova cijevi u jednoj varijanti proizvoda	1
$v_j =$	ukupni broj sklopova cijevi u svim varijantama proizvoda	137
$\sum_{j=1}^{v_j} \Phi_j =$	Ukupni broj različito nadređenih sklopova komponenti sklopu cijevi u svim varijantama proizvoda	71

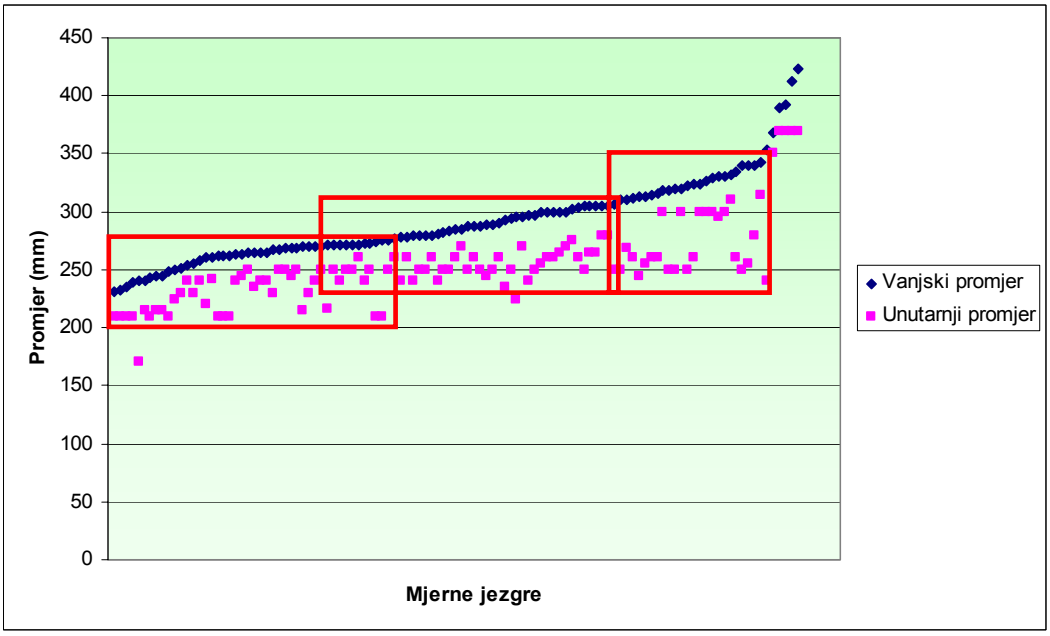
Prema formulama iz (1) i (2), vrijednosti stupnjeva istovjetnosti za funkciju "ostvariti pozicioniranje sekundara" iznose:

$$CI = 1 - \frac{55-1}{137-1} \qquad CI = 0{,}603 \qquad (11)$$

$$TCCI = 1 - \frac{55-1}{71-1} \qquad TCCI = 0{,}229 \qquad (12)$$

4.8.6 Stupanj istovjetnosti za funkciju broj 6

Funkcija "pretvoriti električnu struju sekundara za mjerenje" predstavlja funkciju komponente mjerne jezgre strujnog mjernog transformatora.



Slika 4-13. Prikaz vanjske raznolikosti mjernih jezgri

Mjerna jezgra je direktno određena zahtjevima naručitelja i pripada skupu komponenata koje su različite za svaki transformator. Upravo zbog toga što se za svaki transformator izrađuje nova mjerna jezgra čije su karakteristike određene zahtjevima naručitelja nije se računao stupanj istovjetnosti. Umjesto računanja stupnja istovjetnosti pristupilo se je analizi vanjske i unutarnje raznolikosti za parametre mjerne jezgre koji imaju utjecaj na ostale komponente u transformatoru. Kao parametri računanja vanjske raznolikosti koristili su se vanjski i unutarnji promjeri mjernih jezgri. Prikaz vanjske raznolikosti za mjernu jezgru vidljiv je na slici (Slika 4-13).

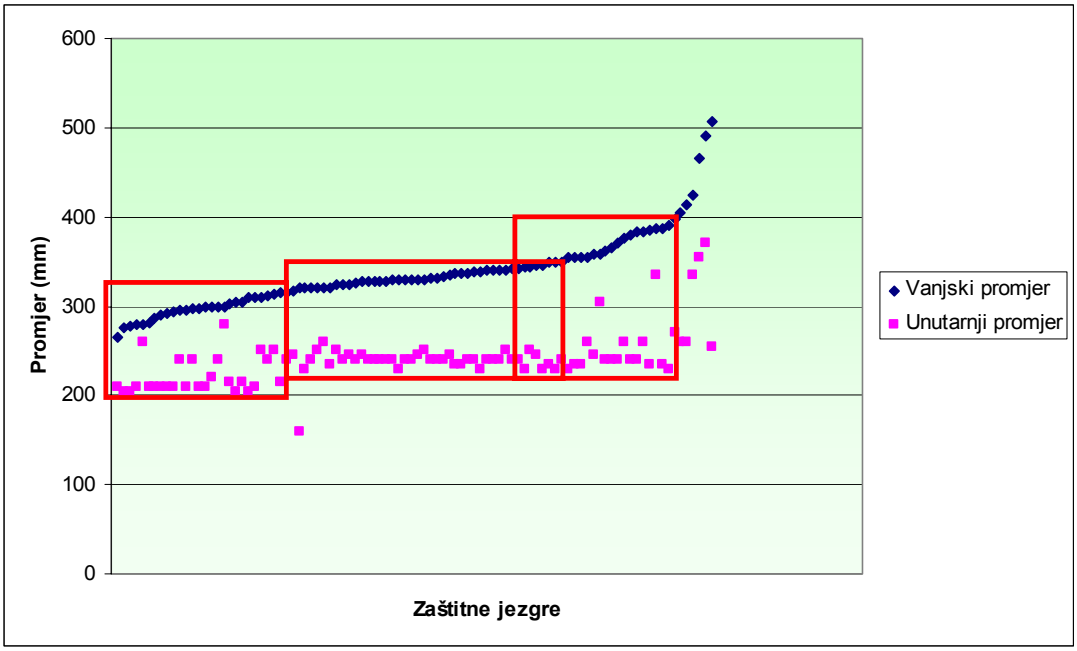
Na temelju vanjske raznolikosti definirane su vrijednosti parametara unutarnje raznolikost za mjernu jezgru (Tablica 4-8).

Tablica 4-8. Parametri i vrijednosti unutarnje raznolikosti mjerne jezgri

Veličina mjerne jezgre	*Unutarnji promjer / Vanjski promjer*
1	200 / 275 mm
2	230 / 310 mm
3	230 / 350 mm

4.8.7 Stupanj istovjetnosti za funkciju broj 7

Funkcija "pretvoriti električnu struju sekundara za zaštitu" predstavlja funkciju komponente zaštitne jezgre strujnog mjernog transformatora.



Slika 4-14. Prikaz vanjske raznolikosti zaštitnih jezgri

Analogno mjernoj jezgri, zaštitna jezgra je također direktno određena zahtjevima naručitelja i zajedno s mjernom jezgrom pripada skupu komponenata koje su

različite za svaki transformator. Zbog toga nije računan stupanj istovjetnosti, već se je pristupilo analizi vanjske i unutarnje raznolikosti za parametre zaštitne jezgre koji imaju utjecaj na ostale komponente u transformatoru. Za parametre računanja vanjske raznolikosti koristili su se vanjski i unutarnji promjeri zaštitne jezgri. Prikaz vanjske raznolikosti za zaštitnu jezgru vidljiv je na slici (Slika 4-14).

Na temelju vanjske raznolikosti definirane su vrijednosti parametara unutarnja raznolikost za zaštitnu jezgru (Tablica 4-9).

Tablica 4-9. Parametri i vrijednosti unutarnje raznolikosti zaštitne jezgri

Veličina mjerne jezgra	*Unutarnji promjer / Vanjski promjer*
1	200 / 315 mm
2	230 / 350 mm
3	230 / 400 mm

4.8.8 Stupanj istovjetnosti za funkciju broj 8

Funkcija "omogućiti širenje i mjerenje izolatora" predstavlja funkciju komponente membrane s zaštitnikom strujnog mjernog transformatora. Podaci dobiveni iz tablice podataka za funkciju "omogućiti širenje i mjerenje izolatora" prikazani su u tablici (Tablica 4-10).

Tablica 4-10. Vrijednosti dobivenih podataka za funkciju "omogućiti širenje i mjerenje izolatora"

$u = d =$	broj jedinstvenih membrana s zaštitnikom u svim varijantama proizvoda	9
$p_j =$	broj jedinstvenih membrana s zaštitnikom u jednoj varijanti proizvoda	1
$v_j =$	ukupni broj membrana s zaštitnikom u svim varijantama proizvoda	143
$\sum_{j=1}^{v_j} \Phi_j =$	Ukupni broj različito nadređenih sklopova membrani s zaštitnikom u svim varijantama proizvoda	143

Prema formulama iz (1) i (2), vrijednosti stupnjeva istovjetnosti za funkciju "omogućiti širenje i mjerenje izolatora" iznose:

$$CI = 1 - \frac{9-1}{143-1} \qquad CI = 0{,}944 \qquad (13)$$

$$TCCI = 1 - \frac{9-1}{143-1} \qquad TCCI = 0{,}944 \qquad (14)$$

4.8.9 Stupanj istovjetnosti za funkciju broj 9

Funkcija "izolirati aktivne komponente od ostalih komponenata" predstavlja funkciju transformatorskog ulja. S obzirom da je transformatorsko ulje fluid, a ne komponenta, stupanj istovjetnosti se nije računao.

4.8.10 Stupanj istovjetnosti za funkciju broj 10

Funkcija "izolirati aktivne komponente od okoline" predstavlja funkciju komponente izolatora strujnog mjernog transformatora. Podaci dobiveni iz tablice podataka za funkciju "izolirati aktivne komponente od okoline" prikazani su u tablici (Tablica 4-11).

Tablica 4-11. Vrijednosti dobivenih podataka za funkciju "izolirati aktivne komponente od okoline"

$u = d =$	broj jedinstvenih izolatora u svim varijantama proizvoda	21
$p_j =$	broj jedinstvenih izolatora u jednoj varijanti proizvoda	1
$v_j =$	ukupni broj izolatora u svim varijantama proizvoda	145
$\sum_{j=1}^{v_j} \Phi_j =$	Ukupni broj različito nadređenih sklopova komponenti izolatoru u svim varijantama proizvoda	145

Prema formulama iz (1) i (2), vrijednosti stupnjeva istovjetnosti za funkciju "izolirati aktivne komponente od okoline" iznose:

$$CI = 1 - \frac{21-1}{145-1} \qquad CI = 0{,}861 \qquad (15)$$

$$TCCI = 1 - \frac{21-1}{145-1} \qquad TCCI = 0{,}861 \qquad (16)$$

4.8.11 Stupanj istovjetnosti za funkciju broj 11

Funkcija "prenijeti silu na okolinu" predstavlja funkciju komponente postolja strujnog mjernog transformatora. Podaci dobiveni iz tablice podataka za funkciju "prenijeti silu na okolinu" prikazani su u tablici (Tablica 4-12).

Tablica 4-12. Vrijednosti dobivenih podataka za funkciju "prenijeti silu na okolinu"

$u = d =$	broj jedinstvenih postolja svim varijantama proizvoda	39
$p_j =$	broj jedinstvenih postolja u jednoj varijanti proizvoda	1
$v_j =$	ukupni broj postolja u svim varijantama proizvoda	152
$\sum_{j=1}^{v_j} \Phi_j =$	Ukupni broj različito nadređenih sklopova komponenti postolju u svim varijantama proizvoda	152

Prema formulama iz (1) i (2), vrijednosti stupnjeva istovjetnosti za funkciju "prenijeti silu na okolinu" iznose:

$$CI = 1 - \frac{39-1}{152-1} \qquad CI = 0{,}748 \qquad (17)$$

$$TCCI = 1 - \frac{39-1}{152-1} \qquad TCCI = 0{,}748 \qquad (18)$$

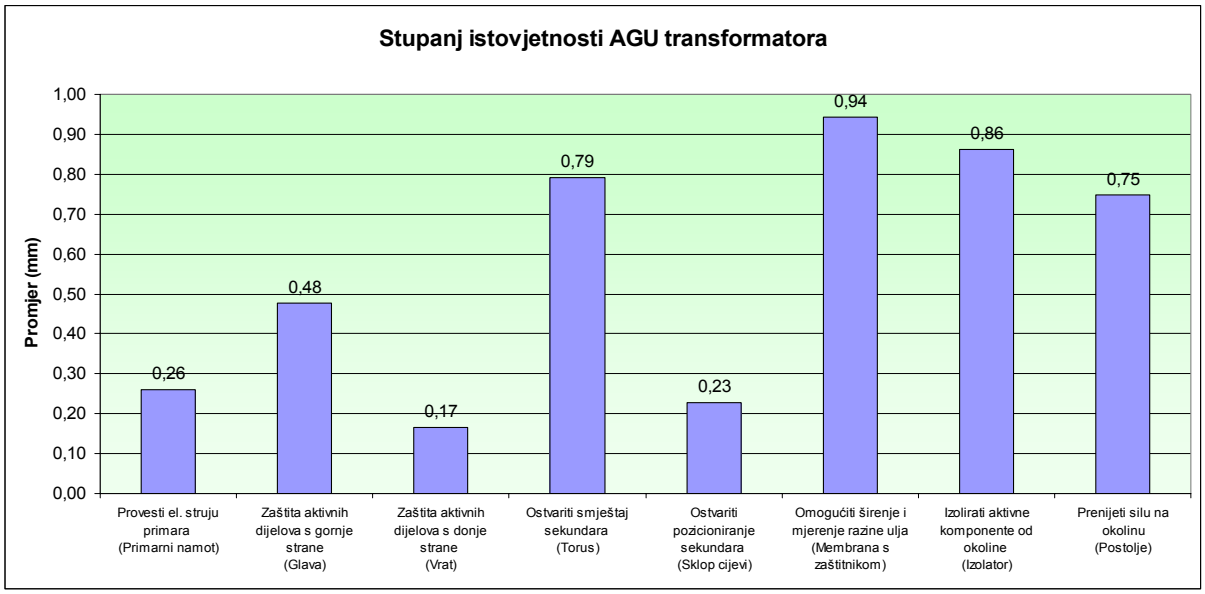
4.8.12 Usporedba izračunatih vrijednosti stupnjeva istovjetnosti

Za izračunavanje stupnja istovjetnosti koristile su se dvije metode. Kod funkcija broja jedan, osam, deset i jedanaest dobiveni su identične vrijednosti stupnjeva istovjetnosti bez obzira na metode koja se je koristila za računanje stupnja istovjetnosti. Kod funkcija dva, tri, četiri i pet vrijednosti stupnja istovjetnosti razlikuju se za pojedine metode. Iste vrijednosti stupnjeva istovjetnosti dobivene su za funkcije koje se nalaze na prvom nivou u funkcijsko-sklopnoj strukturi. Za funkcije koje se nalaze na nižim nivoima, vrijednost stupnjeva istovjetnosti razlikuje se ovisno o odabranoj metodi. Kod dobivenih različitih vrijednosti stupnjeva istovjetnosti za određenu funkciju, vrijednosti stupnjeva istovjetnosti, računate po metodi TCCI, redovito su niže od vrijednosti stupnjeva istovjetnosti računane po metodi CI. Ovakav zaključak podudara sa s prethodno objavljenim istraživanjem ([38], str. 111) u kojemu se navodi da su vrijednosti CI veće od vrijednosti TCCI.

Razlog zbog kojih se korištenjem metode CI dobivaju veće vrijednosti je u tome što metoda CI koristi ukupan broj jedinstvenih dijelova u svim varijantama proizvoda. Za razliku od metode CI, metoda TCCI koristi ukupan broj različitih nadređenih sklopova koji sadrže jedinstveni dio. Prilikom računanja stupnja istovjetnosti s ukupnim brojem jedinstvenih dijelova neki dijelovi se mogu više ponovno koristiti od drugih, a što ne uzima u obzir metoda CI. Metoda TCCI koristi ukupan broj nadređenih dijelova te se time za svaku komponentu znade eksplicitno koliko se puta ponovno koristi. Zbog većih međusobnih razlika u dobivenim vrijednostima stupnjeva istovjetnosti

računatim po metodi TCCI, metoda TCCI je prikladnija za identifikaciju komponenata koje je potrebno analizirati i rekonstruirati, a sa ciljem povećanja udjela zajedničkih komponenata. Prilikom sljedećih računanja vrijednosti stupnja istovjetnosti dovoljno je koristiti samo metodu TCCI.

Na grafu (Slika 4-15) prikazana je međusobna usporedba vrijednosti stupnja istovjetnosti računata po metodi TCCI.



Slika 4-15. Usporedba vrijednosti stupnjeva istovjetnosti

Funkcije koje imaju vrijednost stupnja istovjetnosti manju od ostalih komponenata, identificirane su kao funkcije čija rješenja (komponente) je potrebno analizirati i rekonstruirati sa ciljem povećanja udjela zajedničkih komponenata. Kod strujnih mjernih transformatora identificirane su sljedeće funkcije za analizu i rekonstrukciju:

- provesti el. struju primara,
- zaštita aktivnih dijelova s gornje strane,
- zaštita aktivnih dijelova s donje strane i
- ostvariti pozicioniranje sekundara.

Identificirane funkcije analizirati će se u sljedećim poglavljima. Za ostale funkcije koje imaju veći stupanj istovjetnosti nije nužno dalje rekonstruirati njihove komponente jer se prilikom analize komponenata mogu identificirati komponente koje je potrebno zadržati.

4.9 Identificiranje i analiza komponenata s rastućom i padajućom vrijednošću indeksa istovjetnosti

Za odabrane funkcije iz prethodnog poglavlja potrebno je identificirati odgovarajuća rješenja (komponente) koje će se višestruko koristiti u varijantama proizvoda. Identifikacija komponenata vrši se na način da se iz postojećeg skupa komponenata jedne funkcije, odabiru komponente koje doprinose povećanju vrijednosti stupnja istovjetnosti računatom po metodi $CI^{(C)}$ [50]. Osim komponenata koje doprinose povećanju stupnja istovjetnosti odabiru se i komponente koje brže smanjuju vrijednost stupnja istovjetnosti u odnosu na druge komponente. Komponente koje smanjuju stupanj istovjetnosti, potrebno je rekonstruirati na način da se novom verzijom komponente zamjene više postojećih verzija komponenti koje smanjuju vrijednost stupnja istovjetnosti. Komponente koje povećavaju stupanj istovjetnosti potrebno je zadržati bez rekonstrukcije ili uz manju rekonstrukciju ako je pritom moguće dobiti novu komponentu koja će obuhvatiti i zamijeniti komponente koje smanjuju stupanj istovjetnosti.

Vrijednosti koje se koriste za računanje stupnja istovjetnosti po metodi $CI^{(C)}$ dobivene su iz tablice (Slika 4-12). Iz navedene tablice koriste se dva stupca. Računanje broja nadređenih sklopova koje komponenta j ima u svim varijantama proizvoda dobije se zbrajanjem vrijednosti srednjih stupaca svih varijanata proizvoda za određenu komponentu. Količina jedne komponente prikazana je u desnom stupcu svake varijante proizvoda koji označava količinu jednog dijela u nadređenom sklopu.

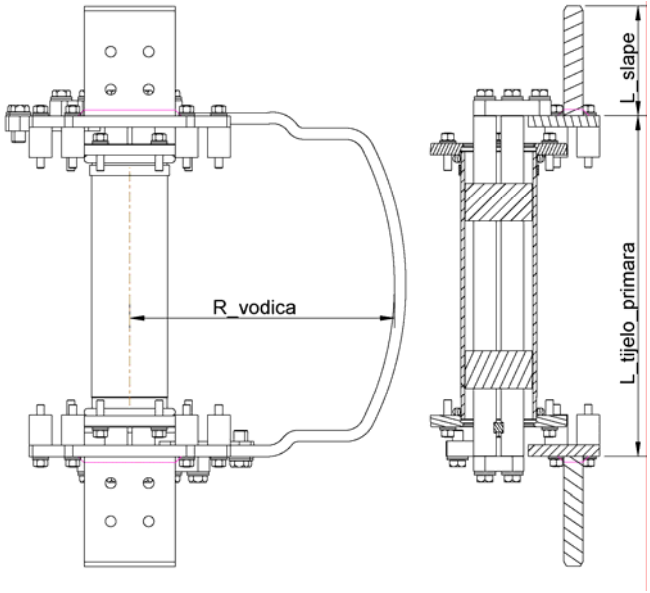
Izračunata vrijednost stupnja istovjetnosti za sve varijante proizvoda prema metodi $CI^{(C)}$ (formula 4, strana 2 - 17) iznosi:

$$CI^{(C)} = 16.381$$

Dobivena vrijednost stupnja istovjetnosti za sve varijante proizvoda predstavlja orijentacijsku vrijednost u odnosu na koju će se razmatrati utjecaj komponente na vrijednost stupnja istovjetnosti prilikom povećanja troškova komponenata.

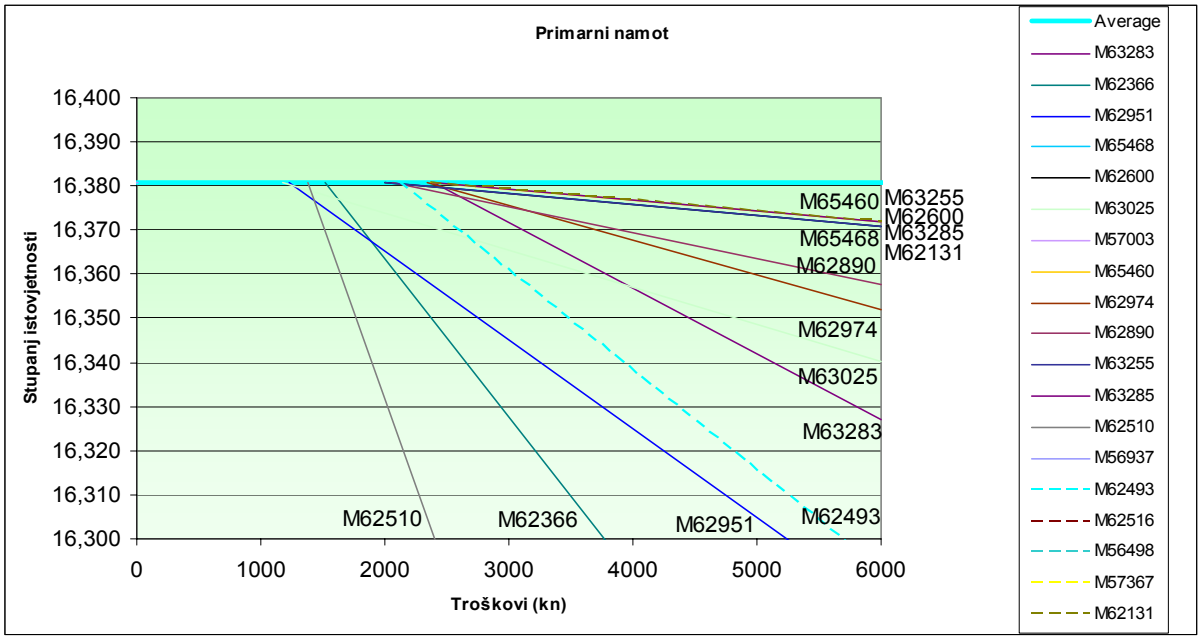
4.9.1 Funkcija provesti el. struju primara

Komponenta primarnog namota koja predstavlja fizičko rješenje funkcije provesti el. struju primara i prikazana je na slici (Slika 4-16).



Slika 4-16. Prikaz komponente primarnog namota

Za komponente primarnih namota koju su korištene u skupu proizvoda razmatrao se je njihov utjecaj na promjenu vrijednosti stupnja istovjetnosti prilikom povećanja troškova komponenata. Rezultati povećanja troškova komponenata u odnosu na orijentacijsku vrijednost stupnja istovjetnosti prikazani su na dijagramu (Slika 4-17).



Slika 4-17.Utjecaj povećanja troškova primarnih namota na vrijednost stupnja istovjetnosti

Na dijagramu (Slika 4-17) nema niti jedne komponente koja utječe na povećanje vrijednosti stupnja istovjetnosti već sve komponente primarnih namota smanjuju vrijednost stupnja istovjetnosti s povećanjem troškova komponenata. Komponente koje utječu na smanjenje vrijednosti stupnja istovjetnosti prikazane su u tablici (Tablica 4-13).

Tablica 4-13. Popis komponenata primarnih namota koje utječu na smanjenje vrijednosti stupnja istovjetnosti

Broj dijela	*Oznaka*	*Omjer*	*R_vodiča (mm)*	*L_tijelo_primara (mm)*
M62366	145-1-4-K	1:2:4	241	455
M62951	145-1-2-K	1:2	241	455
M63025	145-1-2-K	1:2	241	455
M65468	145-1-2-K	1:2	241	455
M65460	145-1-4-K	1:2:4	241	455
M62131	145-2-4-A	1:2:4	252,5	500
M62510	145-2-2-K	1:2	270	499
M63283	145-3-4-K	1:2:4	289	545
M63255	145-3-2-K	1:2	289	545
M63285	145-3-4-K	1:2:4	289	545
M62974	245-1-4-A	1:2:4	300	560
M62493	245-1-2-A	1:2	0	560
M62890	145-2-2-A	1:2	0	500
M62600	145-2-2-A	1:2	0	500

Komponente primarnih namota međusobno se razlikuju po vrijednosti konstrukcijskih parametara i to: dužini tijela primara, dužini šlape, radijusu vodiča, broju vodiča i presjeku primarnog namota.

Presjek primarnog namota predstavlja parametar koji nije korišten u daljnjoj analizi postojećih namota. Presjek primarnog namota određen je normom [74], a njegove vrijednosti su dobivene ispitivanjem i predstavljaju iskustveni podatak. S obzirom da vrijednosti presjeka primarnog namota nisu podložne promijeni, parametar presjek primarnog namota izuzet je iz daljnje analize. Parametar L-šlape, također je izuzet iz daljnje analize, jer dužina primarnog priključka direktno ovisi o vrsti priključka, a primarni priključak predstavlja zahtjev naručitelja i kao takav podložan je promjeni od narudžbe do narudžbe.

Prema podacima iz tablice (Tablica 4-13), za preostale parametre ukupno postoje pet različitih promjera vodiča i pet različitih dužina tijela primara.

Grupiranjem sličnih vrijednosti parametara u tablici (Tablica 4-14), označena su područja vrijednosti iz kojih je potrebno odabrati vrijednosti parametara novih komponenata.

Tablica 4-14. Grupirane vrijednosti parametara primarnih namota

Broj dijela	*Oznaka*	*Omjer*	*L_tijelo_primara (mm)*	*R_vodiča (mm)*
M62366	145-1-4-K	1:2:4	455	241
M62951	145-1-2-K	1:2	455	241
M63025	145-1-2-K	1:2	455	241
M65468	145-1-2-K	1:2	455	241
M65460	145-1-4-K	1:2:4	455	241
M62510	145-2-2-K	1:2	499	270
M62131	145-2-4-A	1:2:4	500	252,5
M62890	145-2-2-A	1:2	500	0
M62600	145-2-2-A	1:2	500	0
M63283	145-3-4-K	1:2:4	545	289
M63255	145-3-2-K	1:2	545	289
M63285	145-3-4-K	1:2:4	545	289
M62974	245-1-4-A	1:2:4	560	300
M62493	245-1-2-A	1:2	560	0

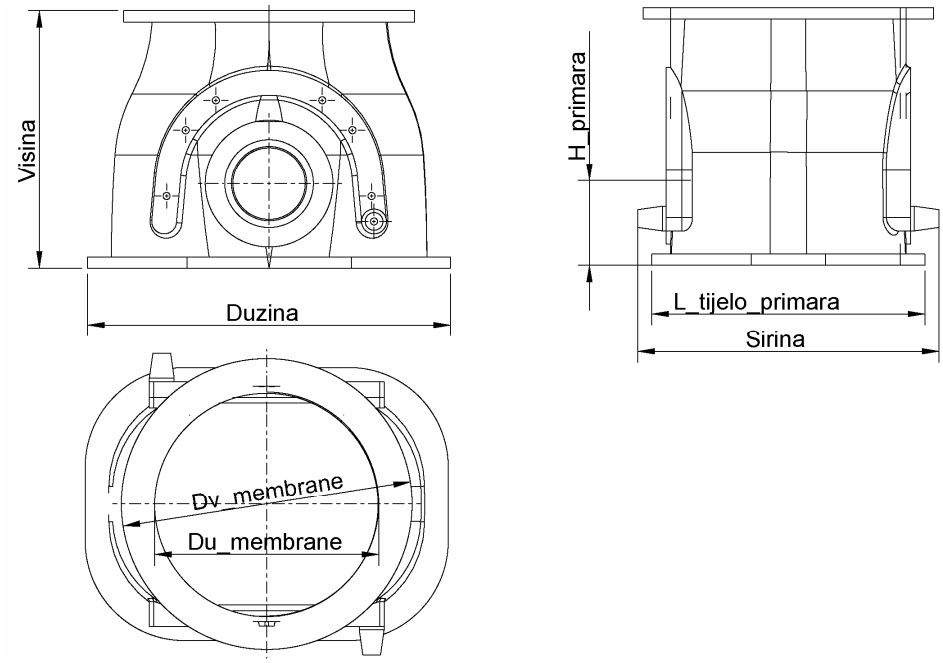
Prema označenim područjima, nove vrijednosti parametara primarnih namota prikazane su u tablici (Tablica 4-15).

Tablica 4-15. Nove vrijednosti komponente primarnih namota

Napon opreme	Oznake primarnih namota	R_vodiča (mm)	L_tijela_primara (mm)
145	1 – 2 – K 1 – 4 – K	241	455
145	2 – 2 – A, K 2 – 4 – A, K	272,5	500
245	3 – 2 – K 3 – 4 – K 1 – 2 – A 1 – 4 – A	300	560

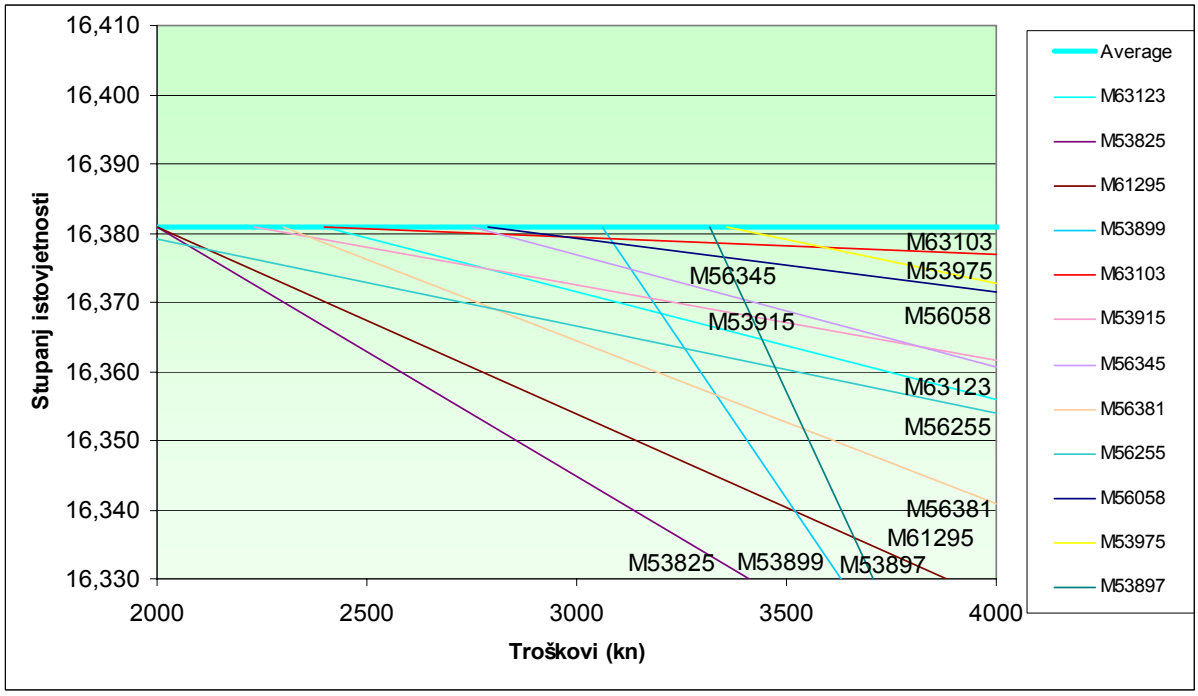
4.9.2 Funkcija zaštita aktivnih dijelova s gornje strane

Komponenta glava predstavlja fizičko rješenje funkcije zaštite aktivnih dijelova s gornje strane i prikazana je na slici (Slika 4-18).



Slika 4-18. Prikaz komponente glave

Rezultati povećanja troškova komponenata glave u odnosu na orijentacijsku vrijednost stupnja istovjetnosti prikazani su na dijagramu (Slika 4-19).



Slika 4-19.Utjecaj povećanja troškova glave na vrijednost stupnja istovjetnosti

Na dijagramu (Slika 4-19) nema niti jedne komponente koja utječe na povećanje vrijednosti stupnja istovjetnosti već sve komponente glave smanjuju vrijednost stupnja istovjetnosti s povećanjem troškova komponenata. Komponente koje utječu na smanjenje vrijednosti stupnja istovjetnosti prikazane su u tablici (Tablica 4-16).

Tablica 4-16. Popis komponenata glava koje utječu na smanjenje vrijednosti stupnja istovjetnosti

Broj dijela	*Oznaka*	*L_tijelo_ primara - 30 (mm)*	*H_ primara (mm)*	*Širina (mm)*	*Dužina (mm)*	*Visina (mm)*	*Du_ memb (mm)*	*Dv_ memb (mm)*
M53825	145-1-PK-4Z	425	120	367	494	350	303	371
M53899	245-1-4Z	520	120	485	650	461	410	316
M53897	245-2-4Z	550	120	525	675	476	308	410
M61295	145-1-PK-2Z	425	120	367	494	350	303	371
M56381	245-1-2Z	520	120	485	600	461	316	410
M56255	145-3-PK-4Z	515	120	504	635	414	313	371
M63123	145-2-PK-4Z	515	120	504	635	414	313	371
M53915	145-2-PK-4Z	469	123	420	549	396	303	371
M56345	145-1-4Z	415	120	385	512	364	303	410
M56058	123-2-2Z	460	120	432	562	409	303	410
M53975	145-2-4Z	460	120	432	562	409	303	410
M63103	145-3-PK-2Z	515	120	504	635	414	313	371

Komponente glave međusobno se razlikuju po vrijednosti konstrukcijskih parametara i to: dužini tijela primara – 30 (mm), visina primara, širina, dužina, visina, unutrašnjeg promjera membrane i vanjskog promjera membrane.

Tablica 4-17. Grupirane vrijednosti parametara glava

Broj dijela	*Oznaka*	*L_tijelo_ primara - 30 (mm)*	*H_ primara (mm)*	*Širina (mm)*	*Dužina (mm)*	*Visina (mm)*	*Du_ memb (mm)*	*Dv_ memb (mm)*
M56345	145-1-4Z	415	120	385	512	364	310	410
M53825	145-1-PK-4Z	425	120	367	494	350	310	410
M61295	145-1-PK-2Z	425	120	367	494	350	310	410
M56058	123-2-2Z	460	120	432	562	409	310	410
M53975	145-2-4Z	460	120	432	562	409	310	410
M53915	145-2-PK-4Z	469	123	420	549	396	310	410
M56255	145-3-PK-4Z	515	120	504	635	414	310	410
M63123	145-2-PK-4Z	515	120	504	635	414	310	410
M63103	145-3-PK-2Z	515	120	504	635	414	310	410
M53899	245-1-4Z	520	120	485	650	461	310	410
M56381	245-1-2Z	520	120	485	600	461	310	410
M53897	245-2-4Z	550	120	525	675	476	310	410

Grupiranjem sličnih vrijednosti parametara u tablici (Tablica 4-17), označena su

područja vrijednosti iz kojih je potrebno odabrati vrijednosti parametara novih komponenata.

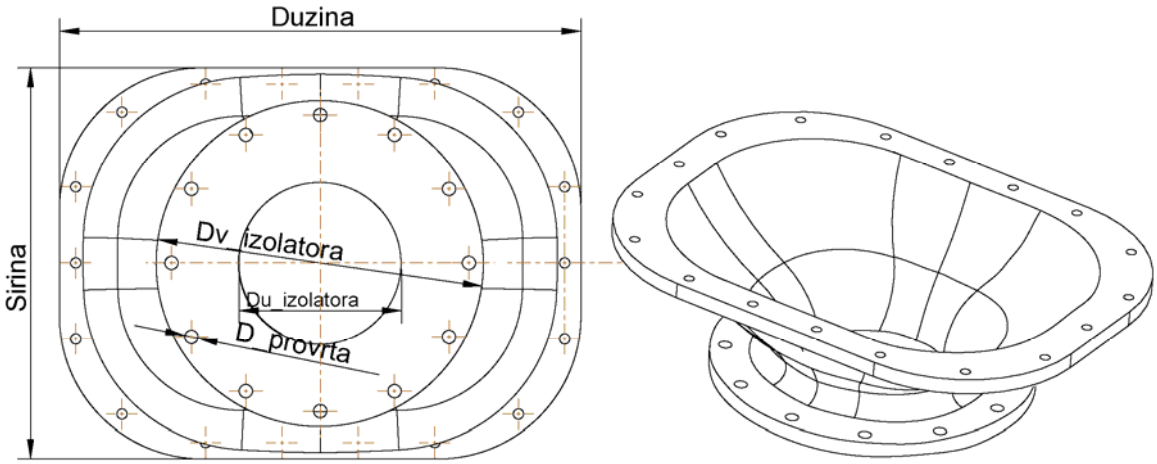
Vrijednosti iz označenih područja koriste se kao osnova za određivanje vrijednosti parametara novih komponenata. Nove vrijednosti parametara glava prikazane su u tablici (Tablica 4-18). Vrijednosti parametara za prvu i drugu veličinu glave dobivene su direktno iz označenih područja. Vrijednosti parametara za treću glavu nisu se mogle direktno koristiti iz označenih područja. Zbog toga je bilo potrebno provesti rekonstruiranja zajedno s proračunom, nakon čega su dobivene vrijednosti parametara za treću glavu.

Tablica 4-18. Nove vrijednosti komponente glave

	L_tijelo_ primara - 30 (mm)	*H_ primara (mm)*	*Širina (mm)*	*Dužina (mm)*	*Visina (mm)*	*Du_ membrane (mm)*	*Dv_ membrane (mm)*
1. veličina glave	425	120	385	512	364	310	410
2. veličina glave	470	120	432	562	409	310	410
3. veličina glave	570	120	532	667	470	310	410

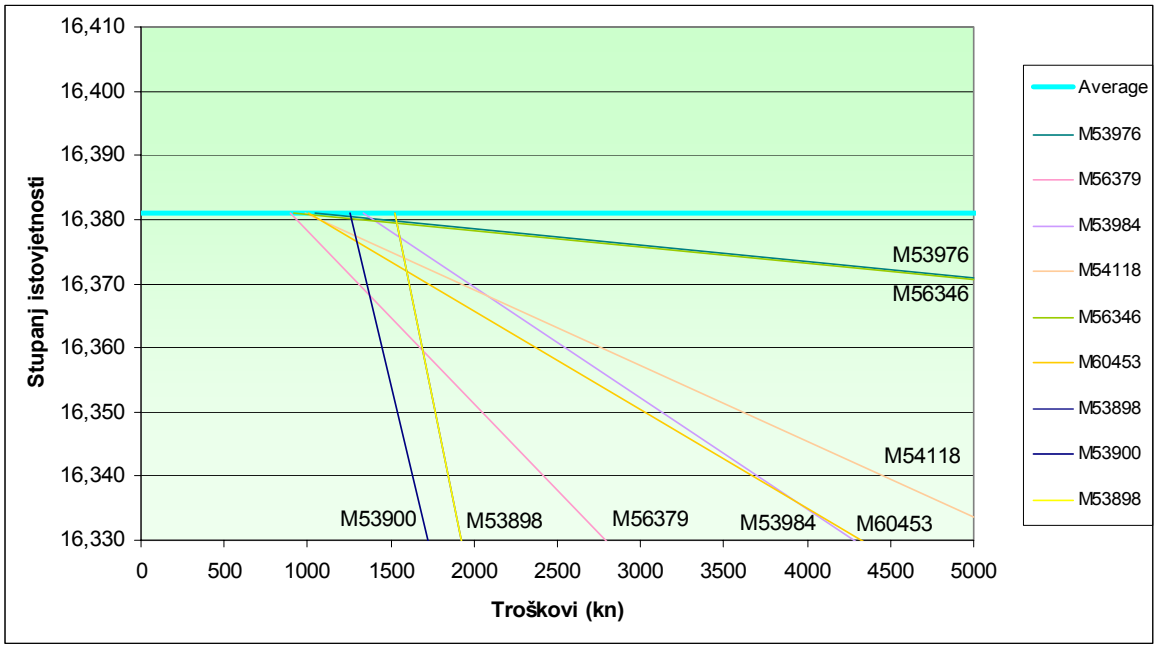
4.9.3 Funkcija zaštita aktivnih dijelova s donje strane

Komponenta vrat predstavlja fizičko rješenje funkcije zaštite aktivnih dijelova s donje strane i prikazana je na slici (Slika 4-20).



Slika 4-20. Prikaz komponente glave

Rezultati povećanja troškova komponenata glave u odnosu na orijentacijsku vrijednost stupnja istovjetnosti prikazani su na dijagramu (Slika 4-21).



Slika 4-21.Utjecaj povećanja troškova vrata na vrijednost stupnja istovjetnosti

Na dijagramu (Slika 4-21) nema niti jedne komponente koja utječe na povećanje vrijednosti stupnja istovjetnosti već sve komponente vrata smanjuju vrijednost stupnja istovjetnosti s povećanjem troškova komponenata. Komponente koje utječu na smanjenje vrijednosti stupnja istovjetnosti prikazane su u tablici (Tablica 4-19).

Tablica 4-19. Popis komponenata vrata koje utječu na smanjenje vrijednosti stupnja istovjetnosti

Broj dijela	*Oznaka*	*Širina (mm)*	*Dužina (mm)*	*Visina (mm)*	*Dv_izolatora (mm)*	*Du_izolatora (mm)*	*D_provrta (mm)*
M53898	245-2-4Z	525	675	313	352	200	322
M56379	245-1-255	485	650	290	420	200	390
M53984	145-2-160	432	562	190	322	160	292
M60453	145-1-180	385	512	146	332	160	302
M54118	145-2-K-160	438	568	209	322	160	292
M56346	145-1-160	385	512	146	322	160	292
M53976	145-2-160	432	562	190	250	160	220

Komponente vrata međusobno se razlikuju po vrijednosti konstrukcijskih parametara i to: širine, dužine, visine, vanjskog promjera izolatora, unutarnjeg promjera izolatora i promjera provrta.

Grupiranjem sličnih vrijednosti parametara u tablici (Tablica 4-20), označena su područja vrijednosti iz kojih je potrebno odabrati vrijednosti parametara novih komponenata.

Tablica 4-20. Grupirane vrijednosti parametara primarnih namota

Broj dijela	*Oznaka*	*Širina (mm)*	*Dužina (mm)*	*Visina (mm)*	*Dv_izolatora (mm)*	*Du_izolatora (mm)*	*D_provrta (mm)*
M60453	145-1-180	385	512	146	332	160	302
M56346	145-1-160	385	512	146	322	160	292
M53984	145-2-160	432	562	190	322	160	292
M53976	145-2-160	432	562	190	250	160	220
M54118	145-2-K-160	438	568	209	322	160	292
M56379	245-1-255	485	650	290	420	200	390
M53898	245-2-4Z	525	675	313	352	200	322

Vrijednosti iz označenih područja koriste se kao osnova za određivanje vrijednosti parametara novih komponenata. Nove vrijednosti parametara vrata prikazane su u tablici (Tablica 4-21). Vrijednosti parametara za prvu i drugu veličinu glave dobivene su direktno iz označenih područja. Vrijednosti parametara za treću glavu nisu se mogle direktno koristiti iz označenih područja, već su se je nakon rekonstruiranja i provedenih proračuna dobile vrijednosti parametara za treću glavu.

Tablica 4-21. Nove vrijednosti komponente vrata

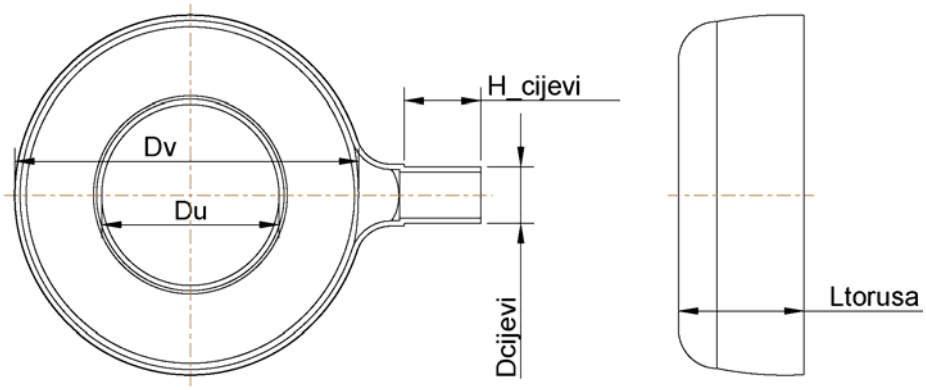
	Širina (mm)	*Dužina (mm)*	*Visina (mm)*	*Dv_ izolatora (mm)*	*Dv_ izolatora (mm)*	*Dv_ provrta (mm)*
1. veličina vrata	385	512	146	332	160	302
2. veličina vrata	432	562	190	332	160	302
3. veličina vrata	532	667	330	332	160	302

4.9.4 Funkcija ostvariti pozicioniranje sekundara

Komponenta sklop cijevi predstavlja fizičko rješenje funkcije ostvariti pozicioniranje sekundara. Vrijednosti parametara sklopa cijevi zavise o vrijednostima ostalih komponenata u strujnom mjernom transformatoru. Zbog toga se parametri sklopa cijevi ne mogu unaprijed odrediti, već je potrebno odrediti ostale komponente strujnog mjernog transformatora. Nakon određivanja ostalih komponenata koje utječu na vrijednosti parametara sklopa cijevi, pristupa se definiranju vrijednosti sklop cijevi.

4.9.5 Funkcija ostvariti smještaj sekundara

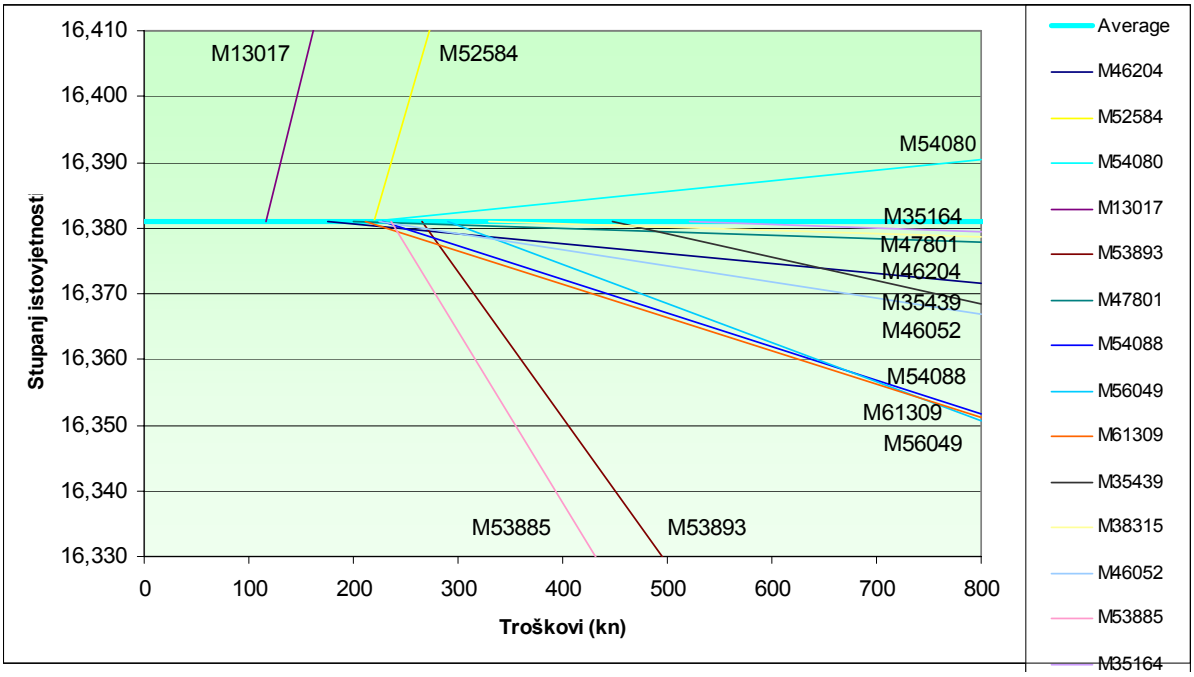
Komponenta torus predstavlja fizičko rješenje funkcije ostvarivanja smještaja sekundara i prikazana je na slici (Slika 4-22).



Slika 4-22. Prikaz komponente torusa

Vrijednost stupnja istovjetnosti torusa je veća od prethodno opisanih funkcija i prema preporuci u poglavlju 4.8.12 ovu i sljedeće funkcije nije potrebno analizirati. Prema mišljenju autora ovog rada, za sve funkcije za koje su izračunati stupnjevi istovjetnosti prikazati će se identifikacija i analiza komponenata. Ovakvog sveobuhvatnom analizom želi se što točnije opisati navedena metodologija.

Rezultati povećanja troškova komponenata glave u odnosu na orijentacijsku vrijednost stupnja istovjetnosti prikazani su na dijagramu (Slika 4-23).



Slika 4-23.Utjecaj povećanja troškova torusa na vrijednost stupnja istovjetnosti

Na dijagramu (Slika 4-23) tri komponente utječe na povećanje vrijednosti stupnja istovjetnosti. To su komponente s brojevima dijela M13017, M52584 i M54080.

Tablica 4-22. Popis komponenata torusa koje utječu na promjenu vrijednosti stupnja istovjetnosti

Broj dijela	*Du (mm)*	*Dv (mm)*	*D_cijevi (mm)*	*H_cijevi (mm)*	*T_stijenke (mm)*	*L_torusa (mm)*
M13017	200	376	68	75	5	123
M52584	180	350	49,50	105	4	105
M54080	200	386	49	90	5	125
M35164	326	540	68	90	5	130
M47801	125	363	35,80	80	3	114
M38315	200	446	68	90	5	153
M46204	180	350	69,40	105	4	106,5
M35439	196	576	68	90	5	213
M46052	200	406	68	90	5	138,5
M61309	302	470				100
M54088	200	423,5	49	90	5	140
M56049	225	395	69,50	105	4	106,5
M53885	225	455	69,50	90	5	147,5
M53893	225	440	69,50	90	5	132,5

Ostale analizirane komponente smanjuju vrijednost stupnja istovjetnosti prilikom povećanja troškova komponenata. Komponente koje povećavaju vrijednost stupnja istovjetnosti potrebno je zadržati i prema njima rekonstruirati komponente koje smanjuju stupanj istovjetnosti. Komponente koje utječu na promjenu vrijednosti stupnja istovjetnosti prikazane su u tablici (Tablica 4-22).

Komponente torusa međusobno se razlikuju po vrijednosti konstrukcijskih parametara i to: unutarnjeg promjera, vanjskog promjera, promjera cijevi, visine cijevi, debljine stjenke cijevi i širine torusa.

Tablica 4-23. Grupirane vrijednosti parametara primarnih namota

Broj dijela	*Du (mm)*	*Dv (mm)*	*D_cijevi (mm)*	*H_cijevi (mm)*	*T_stijenke (mm)*	*L_torusa (mm)*
M52584	180	350	49,50	105	4	105
M13017	200	376	68	75	5	123
M54080	200	386	49	90	5	125
M47801	125	363	35,80	80	3	114
M46204	180	350	69,40	105	4	106,5
M35439	196	576	68	90	5	213
M46052	200	406	68	90	5	138,5
M54088	200	423,5	49	90	5	140
M38315	200	446	68	90	5	153
M56049	225	395	69,50	105	4	106,5
M53893	225	440	69,50	90	5	132,5
M53885	225	455	69,50	90	5	147,5
M61309	302	470				100
M35164	326	540	68	90	5	130

Grupiranjem sličnih vrijednosti parametara u tablici (Tablica 4-23), označena su područja vrijednosti iz kojih je potrebno odabrati vrijednosti parametara novih komponenata.

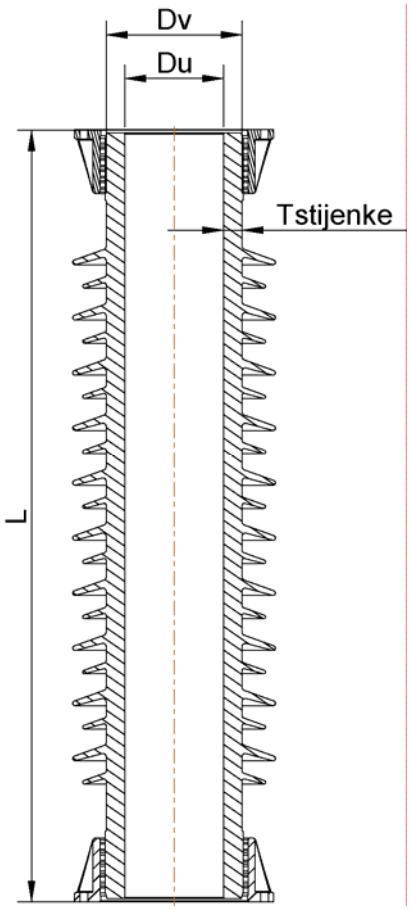
Vrijednosti iz označenih područja koriste se kao osnova za određivanje vrijednosti parametara novih komponenata. Nove vrijednosti parametara torusa prikazane su u tablici (Tablica 4-24).

Tablica 4-24. Nove vrijednosti komponente torus

Du (mm)	*Dv (mm)*	*D_cijevi (mm)*	*H_cijevi (mm)*	*T_stijenke (mm)*	*L_torusa (mm)*
180	350	69,5	90	5	106,5
200	400	69,5	90	5	130
200	455	69,5	90	5	155

4.9.6 Funkcija izolirati aktivne komponente od okoline

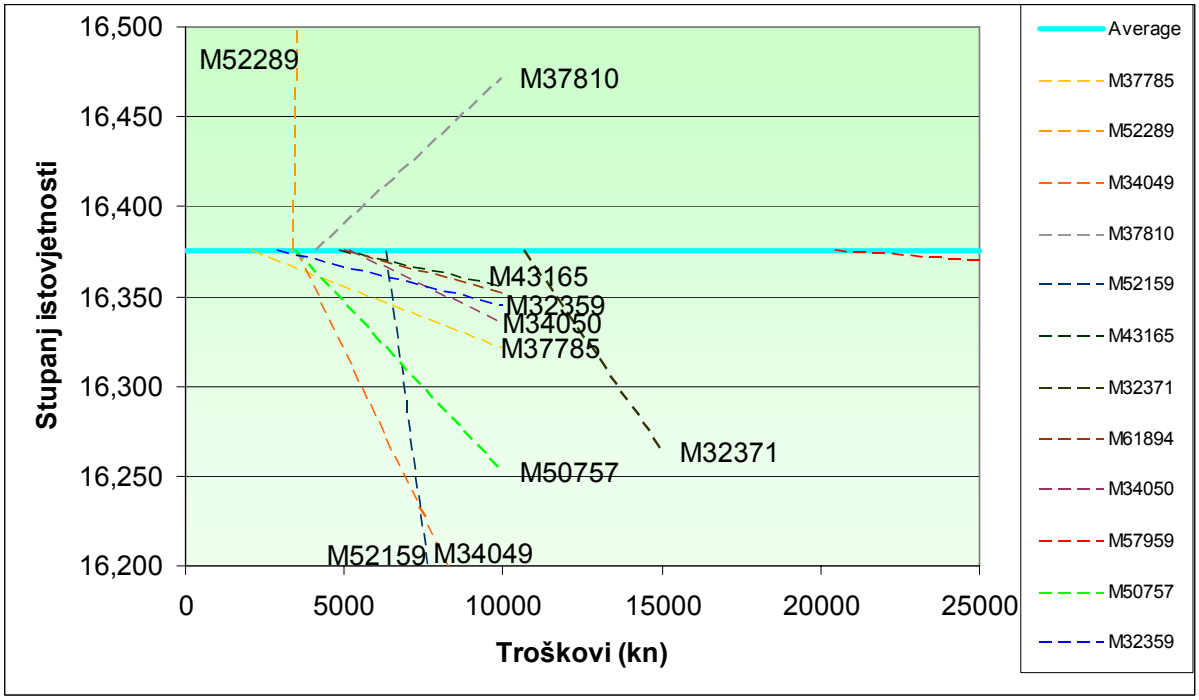
Komponenta izolator predstavlja fizičko rješenje funkcije izolirati aktivne komponente od okoline i prikazana je na slici (Slika 4-24).



Slika 4-24. Prikaz komponente izolatora

Rezultati povećanja troškova komponenata izolatora u odnosu na orijentacijsku

vrijednost stupnja istovjetnosti prikazani su na dijagramu (Slika 4-25).



Slika 4-25.Utjecaj povećanja troškova izolatora na vrijednost stupnja istovjetnosti

Na dijagramu (Slika 4-23) dvije komponente utječe na povećanje vrijednosti stupnja istovjetnosti. To su komponente s brojevima dijela M52289 i M37810. Ostale analizirane komponente smanjuju vrijednost stupnja istovjetnosti prilikom povećanja troškova komponenata. Komponente koje utječu na promjenu vrijednosti stupnja istovjetnosti prikazane su u tablici (Tablica 4-25).

Tablica 4-25. Popis komponenata izolatora koje utječu na promjenu vrijednosti stupnja istovjetnosti

Broj dijela	*Dv (mm)*	*Du (mm)*	*L (mm)*	*T_stijenke (mm)*
M52289	223	160	1250	25
M37810	233	180	1540	25
M57959	305	255	3750	25
M43165	233	180	1540	25
M61894	223	160	1540	25
M32359	223	170	970	25
M34050	253	210	1540	20
M37785	193	140	1362	22,50
M52159	253	200	2250	25
M34049	223	170	970	25
M52160	253	200	2250	25
M50757	223	160	1540	25
M32371	318	255	2440	30

Komponente izolatora međusobno se razlikuju po vrijednosti konstrukcijskih parametara i to: vanjskog promjera, unutarnjeg promjera, duljine i širine stjenke.

Grupiranjem sličnih vrijednosti parametara u tablici (Tablica 4-26), označena su područja vrijednosti iz kojih je potrebno izračunati vrijednosti parametara novih komponenata. Izračunate vrijednosti parametara novih komponenata moraju zadovoljavati norme koje propisuju dužinu klizne staze i minimalnu visinu izolatora između dva metalna dijela. Dužina klizne staze (prema normi [75]) ovisi o zagađenosti atmosfere i iznosi 16, 20, 25 i 31 mm/kV za pojedine grupe zagađenosti atmosfere. Minimalna visina izolatora između dva metalna dijela je iskustveni podatak koji se dobiva ispitivanjem u laboratorijskim uvjetima. Zbog toga nove vrijednosti parametra izolatora ne smiju biti manje od postojećih, kako ne bi došlo do smanjivanja minimalne visine izolatora između dva metalna dijela.

Tablica 4-26. Grupirane vrijednosti parametara izolatora

Broj dijela	*Dv (mm)*	*Du (mm)*	*L (mm)*	*T_stijenke (mm)*
M52289	223	160	1250	25
M37810	233	180	1540	25
M37785	193	140	1362	22,50
M61894	223	160	1540	25
M32359	223	170	970	25
M34049	223	170	970	25
M50757	223	160	1540	25
M43165	233	180	1540	25
M34050	253	210	1540	20
M52159	253	200	2250	25
M52160	253	200	2250	25
M57959	305	255	3750	25
M32371	318	255	2440	30

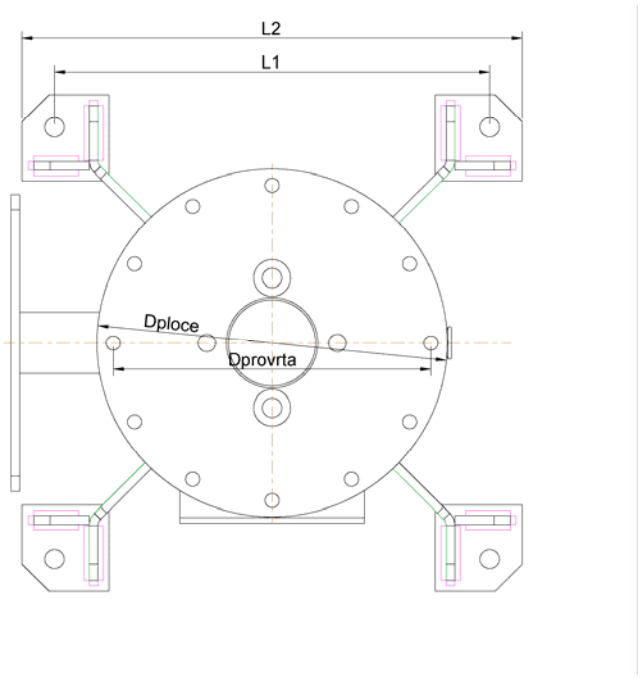
Vrijednosti iz označenih područja koriste se kao osnova za određivanje vrijednosti parametara novih komponenata. Nove vrijednosti parametara izolatora prikazane su u tablici (Tablica 4-27).

Tablica 4-27. Nove vrijednosti komponente izolatora

Dv (mm)	*Du (mm)*	*L_torusa (mm)*	*T_stijenke (mm)*
223	160	1362	25
223	180	1540	25
253	200	2250	25

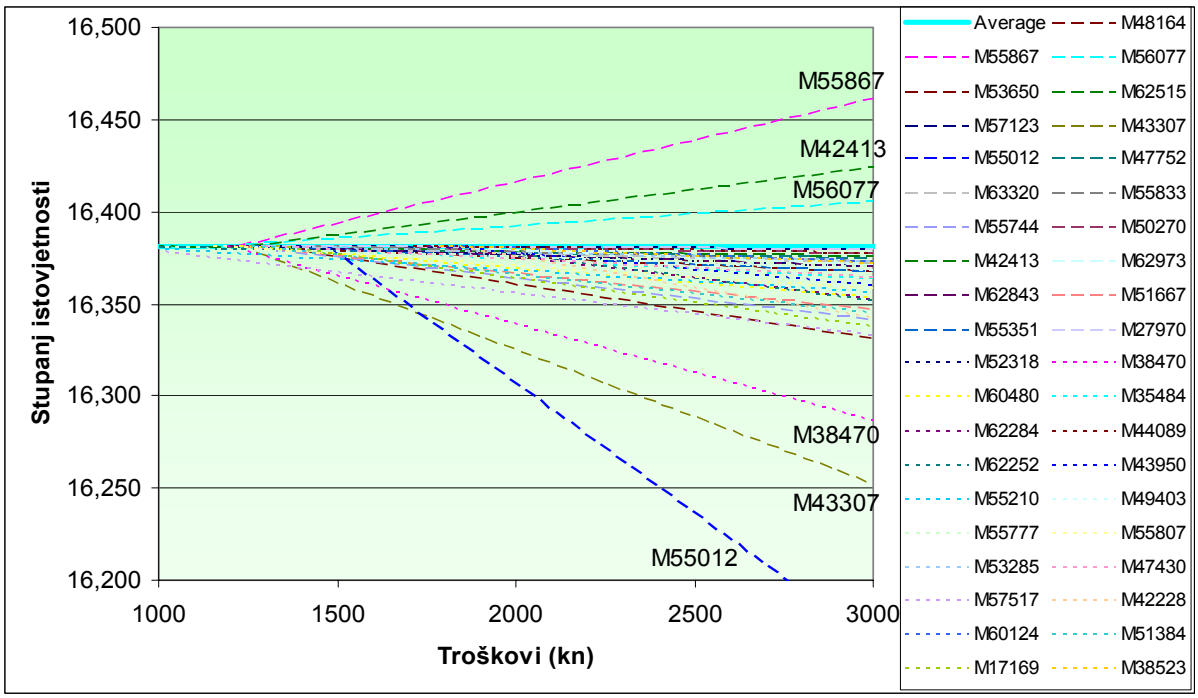
4.9.7 Funkcija prenijeti silu na okolinu

Komponenta postolje predstavlja fizičko rješenje funkcije prenijeti silu na okolinu i prikazana je na slici (Slika 4-26).



Slika 4-26. Prikaz komponente postolja

Rezultati povećanja troškova komponenata postolja u odnosu na orijentacijsku vrijednost stupnja istovjetnosti prikazani su na dijagramu (Slika 4-27).



Slika 4-27.Utjecaj povećanja troškova postolja na vrijednost stupnja istovjetnosti

Na dijagramu (Slika 4-27) tri komponente utječe na povećanje vrijednosti stupnja istovjetnosti. To su komponente s brojevima dijela M55867, M42413 i M56077. Ostale analizirane komponente smanjuju vrijednost stupnja istovjetnosti prilikom povećanja troškova komponenata. Komponente koje utječu na promjenu vrijednosti stupnja istovjetnosti prikazane su u tablici (Tablica 4-28).

Tablica 4-28. Popis komponenata postolja koje utječu na promjenu vrijednosti stupnja istovjetnosti

Broj dijela	*Dploče (mm)*	*Dprovrta (mm)*	*H (mm)*	*L1 (mm)*	*L2 (mm)*	*Broj rupa1 horizon.*	*Broj rupa2 vertik.*	*Provrti Br1=Br2*	*Broj rupa3 dijagon*
M55867	322	292	250	400	460	2	2	da	4
M56077	322	292	250	400	460	2	2	NE	0
M42413	332	302	250	400	460	2	2	DA	4
M55012	352	322	250	520	620	2	2	NE	0
M43307	332	302	250	400	460	2	2	DA	4
M38470	332	302	250	450	510	2	2	DA	4
M53650	322	292	250	400	460	2	2	NE	0
M55210	250	220		400	460	2	2	NE	0
M55777	250	220	250	400	460	2	2	DA	0
M57517	250	220	250	400	460	2	2	DA	0
M62515	250	220	250	400	460	2	2	NE	0
M49403	286	260	250	400	460	2	2	DA	4
M48164	292	262	250	400	460	2	2	DA	0
M51667	322	292	250	400	460	2	2	DA	4
M52318	322	292	250	400	460	2	2	DA	4
M53650	322	292	250	400	460	2	2	NE	0
M55744	322	292	250	400	460	2	2	DA	4
M62843	322	292	250	400	460	2	2	NE	0
M43307	332	302	250	400	460	2	2	DA	4
M51384	332	302	250	400	460	2	2	DA	4
M53285	332	302	250	400	460	2	2	DA	4
M55351	332	302	250	400	460	2	2	DA	4
M60480	332	302	250	400	460	2	2	NE	0
M63320	332	302	250	400	460	2	2	NE	0
M47430	352	322	250	400	460	2	2	DA	4
M17169	360	292	250	400	460	0	0		0
M57123	332	302	250	425	485	2	2	DA	4
M55807	322	292	250	450	510	2	2	DA	4
M38470	332	302	250	450	510	2	2	DA	4
M55833	322	292	250	520	580	2	2	DA	4
M50270	332	302	250	520	580	2	2	DA	4
M44089	420	390	250	520	620	2	2	DA	4
M62284	420	390	250	520	620	2	2	NE	0
M62973	420	390	250	520	620	2	2	NE	0
M43950	456	422	250	520	620	0	0		0
M60124	420	390	250	650	750	2	2	NE	0
M42228	452	422	250	650	750	2	2	DA	4
M62252	452	422	250	650	750	2	2	NE	0

Komponente postolja međusobno se razlikuju po vrijednosti konstrukcijskih parametara i to: promjera ploče, promjera provrta, visine, širine, dužine, broj provrta smještenih horizontalno, broj provrta smještenih vertikalno, promjeri provrta i broj provrta na dijagonali.

Grupiranjem sličnih vrijednosti parametara u tablici (Tablica 4-29), označena su područja vrijednosti iz kojih je potrebno odabrati vrijednosti parametara novih komponenata.

Tablica 4-29. Grupirane vrijednosti parametara postolja

Broj dijela	*Dploče (mm)*	*Dprovrta (mm)*	*H (mm)*	*L1 (mm)*	*L2 (mm)*	*Broj rupa1 horizo*	*Broj rupa2 vertik*	*Provrti Br1=Br2*	*Broj rupa3 dijagon*
M55867	322	292	250	400	460	2	2	DA	4
M56077	322	292	250	400	460	2	2	NE	0
M42413	332	302	250	400	460	2	2	DA	4
M55012	352	322	250	520	620	2	2	NE	0
M43307	332	302	250	400	460	2	2	DA	4
M38470	332	302	250	450	510	2	2	DA	4
M53650	322	292	250	400	460	2	2	NE	0
M55210	250	220		400	460	2	2	NE	0
M55777	250	220	250	400	460	2	2	DA	0
M57517	250	220	250	400	460	2	2	DA	0
M62515	250	220	250	400	460	2	2	NE	0
M49403	286	260	250	400	460	2	2	DA	4
M48164	292	262	250	400	460	2	2	DA	0
M51667	322	292	250	400	460	2	2	DA	4
M52318	322	292	250	400	460	2	2	DA	4
M53650	322	292	250	400	460	2	2	NE	0
M55744	322	292	250	400	460	2	2	DA	4
M62843	322	292	250	400	460	2	2	NE	0
M43307	332	302	250	400	460	2	2	DA	4
M51384	332	302	250	400	460	2	2	DA	4
M53285	332	302	250	400	460	2	2	DA	4
M55351	332	302	250	400	460	2	2	DA	4
M60480	332	302	250	400	460	2	2	NE	0
M63320	332	302	250	400	460	2	2	NE	0
M47430	352	322	250	400	460	2	2	DA	4
M17169	360	292	250	400	460	0	0	NE	0
M57123	332	302	250	425	485	2	2	DA	4
M55807	322	292	250	450	510	2	2	DA	4
M38470	332	302	250	450	510	2	2	DA	4
M55833	322	292	250	520	580	2	2	DA	4
M50270	332	302	250	520	580	2	2	DA	4
M44089	420	390	250	520	620	2	2	DA	4
M62284	420	390	250	520	620	2	2	NE	0
M62973	420	390	250	520	620	2	2	NE	0
M43950	456	422	250	520	620	0	0	NE	0
M60124	420	390	250	650	750	2	2	NE	0
M42228	452	422	250	650	750	2	2	DA	4
M62252	452	422	250	650	750	2	2	NE	0

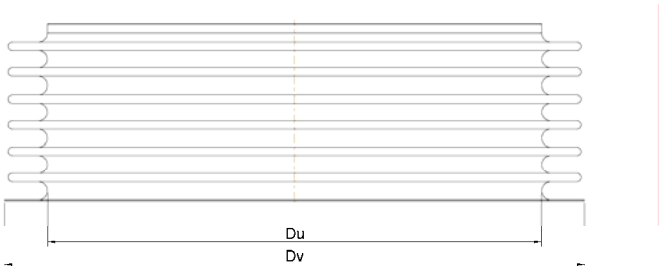
Vrijednosti iz označenih područja koriste se kao osnova za određivanje vrijednosti parametara novih komponenata. Nove vrijednosti parametara postolja prikazane su u tablici (Tablica 4-30).

Tablica 4-30. Nove vrijednosti komponente izolatora

Dploče (mm)	*Dprovrta (mm)*	*H (mm)*	*L1 (mm)*	*L2 (mm)*	*Broj rupa1 horizont.*	*Broj rupa2 vertikal.*
250	220	250	400	460	2	2
322	292	250	400	460	2	2
332	302	250	400	460	2	2
360	292	250	400	460	2	2
420	390	250	520	580	2	2
452	422	250	650	750	2	2

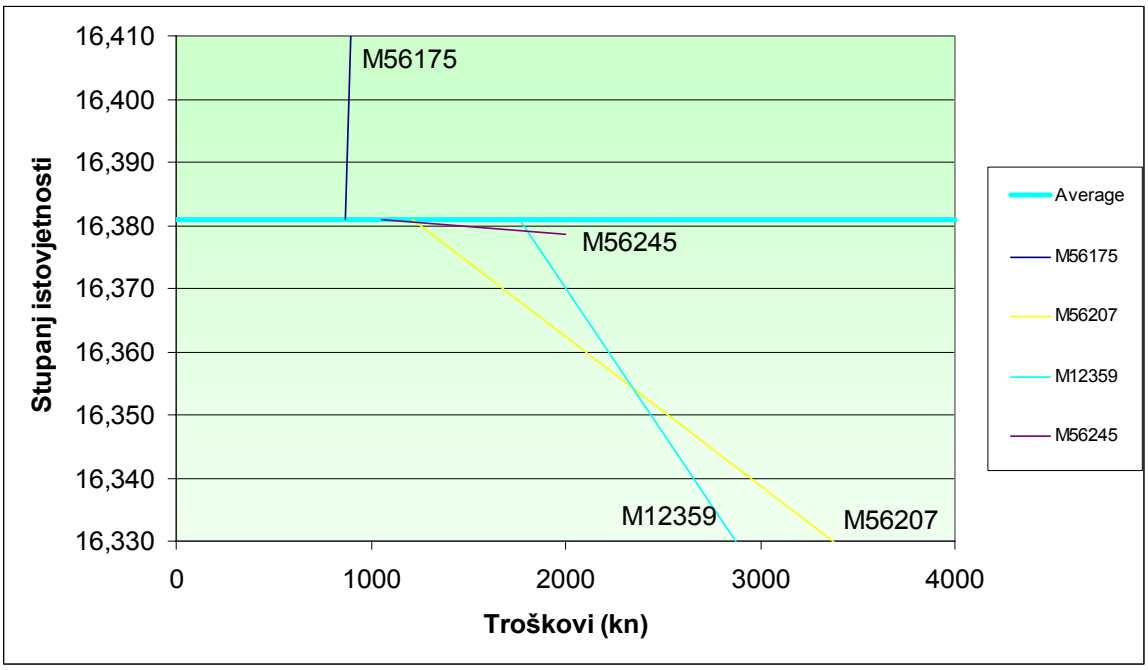
4.9.8 Funkcija omogućiti širenje i mjerenje razine ulja

Komponenta membrana predstavlja fizičko rješenje funkcije omogućiti širenje i mjerenje razine ulja i prikazana je na slici (Slika 4-28).



Slika 4-28. Prikaz komponente membrane

Rezultati povećanja troškova komponenata membrana u odnosu na orijentacijsku vrijednost stupnja istovjetnosti prikazani su na dijagramu (Slika 4-29).



Slika 4-29.Utjecaj povećanja troškova membrane na vrijednost stupnja istovjetnosti

Na dijagramu (Slika 4-29) jedna komponente utječe na povećanje vrijednosti stupnja istovjetnosti. To je komponenta s brojevima dijela M56175. Ostale analizirane komponente smanjuju vrijednost stupnja istovjetnosti prilikom povećanja troškova komponenata. Komponente koje utječu na promjenu vrijednosti stupnja istovjetnosti prikazane su u tablici (Tablica 4-31).

Tablica 4-31 Popis komponenata membrana koje utječu na promjenu vrijednosti stupnja istovjetnosti.

	Broj valova	*Dv*	*Du*
M56175	6	368,6	317,4
M56245	9	368,6	317,4
M56207	12	368,6	317,4
M12359	11	458,6	401

Komponente membrane međusobno se razlikuju po vrijednosti konstrukcijskih parametara i to:

- broju valova,
- vanjskom promjeru i
- unutarnjem promjeru.

Grupiranjem sličnih vrijednosti parametara u tablici (Tablica 4-32), označena su područja vrijednosti iz kojih je potrebno odabrati vrijednosti parametara novih komponenata.

Tablica 4-32. Grupirane vrijednosti parametara membrana

	Broj valova	*Dv*	*Du*
M56175	6	368,6	317,4
M56245	9	368,6	317,4
M56207	12	368,6	317,4
M12359	11	458,6	401

Vrijednosti iz označenih područja koriste se kao osnova za određivanje vrijednosti parametara novih komponenata. Nove vrijednosti parametara postolja prikazane su u tablici (Tablica 4-33).

Tablica 4-33. Nove vrijednosti komponente postolja

Broj valova	*Dv*	*Du*
6	368,6	317,4
12	368,6	317,4

4.10 Opravdanost korištenja komponenata s novim vrijednostima parametra

U prethodnim poglavljima glave 4, identificirane su karakteristične komponente. Na temelju tih komponenata izvršena je analiza i rekonstrukcija istih koja je rezultirala novim komponentama s novim vrijednostima. U hipotezi se navodi da je identificirane komponente opravdano analizirati i rekonstruirati. Dokaz opravdanosti analize i rekonstrukcije opisati će se usporedbom postojećih troškova koje je tvrtka ostvarila korištenjem identificiranih komponenata i procjenom novih troškova koje će tvrtka imati prilikom korištenja novih komponenata. Usporedba troškova primijeniti će se na komponente koje su imale vrijednost stupnja istovjetnosti niži u odnosu na ostale komponente. Na zahtjev uprave KONČAR – Mjernih transformatora u analizu opravdanosti uključena je i komponenta torus.

4.10.1 Komponenta glave 1. veličine

Za izračun ukupnih postojećih troškove komponenata glave korišteni su troškovi proizvodnje komponenata i trošak kalupa potrebnih za izradu odljevka glave. U tablici (Tablica 4-34) prikazani su troškovi proizvodnje postojećih komponenata koje su zamijenjene novom komponentom glave 1. veličine.

Tablica 4-34. Prikaz troškova postojećih komponenata glave

Oznaka glave	*Transf.*	*Količina*	*Materijal*	*Trošak (kn)*	*Trošak kalupa (kn)*	*Ukupni trošak glave (kn)*
M56345	M54988	3	Al	2753.00	13650.00	8259.00
	M54897	3	Al	2753.00		8259.00
	M54896	12	Al	2753.00		33036.00
	M54895	6	Al	2753.00		16518.00
M53825	M59090	43	Derakane	2000.00	15000.00	86000.00
	M59599	3	Derakane	2000.00		6000.00
M61295	M59224	24	Derakane	2000.00	10000.00	48000.00
	M59598	3	Derakane	2000.00		6000.00
	M59222	10	Derakane	2000.00		20000.00
107					**38650.00**	**232072.00**
				UKUPNI TROŠAK		***270722.00***

Komponente glave izrađuju se lijevanjem pa su osim troškova proizvodnje korišteni i troškovi izrade kalupa za lijevanje. Ukupni trošak glave dobiven je sumiranjem ukupnih troškova kalupa i umnoška troškova glave i količine izrađenih glava.

Za procjenu troška nove komponente glave 1. veličine, odabrani je najveći pojedinačni trošak postojeće komponente. Trošak kalupa za glavu 1. veličine preuzet je od troška kalupa koji odgovara komponenti glavi čiji se trošak koristi kao trošak nove komponente. U tablici (Tablica 4-35) prikazani su pojedinačni trošak i ukupni trošak nove komponente za istu količinu proizvedenih postojećih komponenata.

Tablica 4-35. Procijenjeni ukupni trošak nove komponente glave 1. veličine

Trošak kalupa (kn)	*Trošak glave (kn)*	*Količina*	*Ukupni trošak glave (kn)*	*Ukupni trošak (kn)*
13650.00	2753.00	107	294571.00	308221.00

Razlika između ukupnog troška postojećih glava i ukupnog troška nove komponente izražena je negativnom vrijednošću (Tablica 4-36) što znači da bi tvrtka proizvodnjom nove komponente imala veće troškove od dosadašnjih.

Tablica 4-36. Razlika ukupnog troška postojećih glava i ukupnog troška nove komponente

	270722.00	
-	308221.00	
	-37499.00	12.17%

4.10.2 Komponenta glave 2. veličine

Za izračun ukupnih postojećih troškova komponenata glave korišteni su troškovi proizvodnje komponenata i trošak kalupa potrebnih za izradu odljevka glave. U tablici (Tablica 4-37) prikazani su troškovi proizvodnje postojećih komponenata koje su zamijenjene novom komponentom glave 2. veličine.

Tablica 4-37. Prikaz troškova postojećih komponenata glave

Oznaka glave	*Transf.*	*Količina*	*Materijal*	*Trošak (kn)*	*Trošak kalupa (kn)*	*Ukupni trošak glave (kn)*
M56058	M59353	3	Al	2787.00		8361.00
	M59329	7	Al	2787.00		19509.00
M53975	M54760	15	Al	3356.00	12690.00	50340.00
M62426	M59101	96	Derakane	2150.00	9300.00	206400.00
M53915	M54868	3	Derakane	2230.00	9300.00	6690.00
	M54802	6	Derakane	2230.00		13380.00
	M54801	6	Derakane	2230.00		13380.00
		136			**31290.00**	**318060.00**
					UKUPNI TROŠAK	***349350.00***

Komponente glave izrađuju se lijevanjem pa su osim troškova proizvodnje korišteni i troškovi izrade kalupa za lijevanje. Ukupni trošak glave dobiven je sumiranjem ukupnih troškova kalupa i umnoška troškova glave i količine izrađenih glava.

Za procjenu troška nove komponente glave 2. veličine, odabrani je drugi najveći pojedinačni trošak postojeće komponente. Trošak kalupa za glavu 2. veličine preuzeti je od troška kalupa koji odgovara komponenti glavi čiji se trošak koristi kao trošak nove komponente. U tablici (Tablica 4-38) prikazani su pojedinačni trošak i ukupni trošak nove komponente za istu količinu proizvedenih postojećih komponenata.

Tablica 4-38. Procijenjeni ukupni trošak nove komponente glave

Trošak kalupa (kn)	*Trošak glave (kn)*	*Količina*	*Ukupni trošak glave (kn)*	*Ukupni trošak (kn)*
12690.00	2787.00	136	379032.00	391722.00

Razlika između ukupnog troška postojećih glava i ukupnog troška nove komponente izražena je negativnom vrijednošću (Tablica 4-39) što znači da bi tvrtka proizvodnjom nove komponente imalo veće troškove od dosadašnjih.

Tablica 4-39. Razlika ukupnog troška postojećih glava i ukupnog troška nove komponente

	349350.00	
-	391722.00	
	-42372.00	10.82%

4.10.3 Komponenta glave 3. veličine

Za izračun ukupnih postojećih troškova komponenata glave korišteni su troškovi proizvodnje komponenata i trošak kalupa potrebnih za izradu odljevka glave. U tablici (Tablica 4-40) prikazani su troškovi proizvodnje postojećih komponenata koje su zamijenjene novom komponentom glave 3. veličine.

Tablica 4-40. Prikaz troškova postojećih komponenata glave

Oznaka glave	*Transf.*	*Količina*	*Materijal*	*Trošak (kn)*	*Trošak kalupa (kn)*	*Ukupni trošak glave (kn)*
M53899	M54866	10	Al	3059.00	15290.00	30590.00
	M54808	3	Al	3059.00		9177.00
	M59226	4	Al	3059.00		12236.00
	M59180	3	Al	3059.00		9177.00
	M54807	1	Al	3059.00		3059.00
	M54809	3	Al	3059.00		9177.00
	M54850	10	Al	3059.00		30590.00
	M54685	180	Al	3059.00		550620.00
	M54683	39	Al	3059.00		119301.00
	M59225	6	Al	3059.00		18354.00
M56255	M54921	15	Derakane	1860.00	10000.00	27900.00
M63123	M59403	1	Derakane	2400.00		2400.00
	M59394	15	Derakane	2400.00		36000.00
	M59393	3	Derakane	2400.00		7200.00
	M59397	3	Derakane	2400.00		7200.00
	M59400	3	Derakane	2400.00		7200.00
M63103	M59392	3	Derakane	2400.00	10000.00	7200.00
M56381	M59099	27	Al	2300.00		62100.00
	M54941	3	Al	2300.00		6900.00
		332			**35290.00**	**956381.00**
					UKUPNI TROŠAK	***991671.00***

Komponente glave izrađuju se lijevanjem pa su osim troškova proizvodnje korišteni i troškovi izrade kalupa za lijevanje. Ukupni trošak glave dobiven je sumiranjem ukupnih troškova kalupa i umnoška troškova glave i količine izrađenih glava.

Za procjenu troška nove komponente glave 3. veličine, odabrani je drugi najveći pojedinačni trošak postojeće komponente. Trošak kalupa za glavu 3. veličine preuzet je od najvećeg troška kalupa. U tablici (Tablica 4-41) prikazani su pojedinačni i ukupni troškovi nove komponente za istu količinu proizvedenih postojećih komponenata.

Tablica 4-41. Procijenjeni ukupni trošak nove komponente glave

Trošak kalupa (kn)	*Trošak glave (kn)*	*Količina*	*Ukupni trošak glave (kn)*	*Ukupni trošak (kn)*
15290.00	2400.00	332	796800.00	812090.00

Razlika između ukupnog troška postojećih glava i ukupnog troška nove komponente izražena je pozitivnom vrijednošću (Tablica 4-42) što znači da bi tvrtka proizvodnjom nove komponente imala manje troškove od dosadašnjih.

Tablica 4-42. Razlika ukupnog troška postojećih glava i ukupnog troška nove komponente

991671.00	
- 812090.00	
179581.00	22.11%

4.10.4 Komponenta vrat 1. veličine

Za izračun ukupnih postojećih troškove komponenata vrata korišteni su troškovi proizvodnje komponenata i trošak kalupa potrebnih za izradu odljevka glave. U tablici (Tablica 4-43) prikazani su troškovi proizvodnje postojećih komponenata koje su zamijenjene novom komponentom vrata 1. veličine.

Tablica 4-43. Prikaz troškova postojećih komponenata vrata

Oznaka glave	*Transf.*	*Količina*	*Materijal*	*Trošak (kn)*	*Trošak kalupa (kn)*	*Ukupni trošak vrata (kn)*
M60453	M54897	3	Al	1010.00	5895.00	3030.00
	M54896	12	Al	1010.00		12120.00
	M54895	6	Al	1010.00		6060.00
M56346	M54988	3	Al	914.00	5895.00	2742.00
M53820	M59090	43	Derakane	456.41	5895.00	19625.63
	M59224	24	Derakane	456.41		10953.84
	M59598	3	Derakane	456.41		1369.23
	M59222	10	Derakane	456.41		4564.10
	M59599	3	Derakane	456.41		1369.23
		107			**17685.00**	**61834.03**
				UKUPNI TROŠAK		***79519.03***

Komponente vrata izrađuju se lijevanjem pa su osim troškova proizvodnje korišteni i troškovi izrade kalupa za lijevanje. Ukupni trošak vrata dobiven je sumiranjem ukupnih troškova kalupa i umnoška troškova vrata i količine izrađenih vratova.

Za procjenu troška nove komponente vrata 1. veličine, odabrani je najveći pojedinačni trošak postojeće komponente. Trošak kalupa za vrat 1. veličine preuzeti

je od najvećeg troška kalupa. U tablici (Tablica 4-44) prikazani su pojedinačni trošak i ukupni trošak nove komponente za istu količinu proizvedenih postojećih komponenata.

Tablica 4-44. Procijenjeni ukupni trošak nove komponente vrata

Trošak kalupa (kn)	*Trošak vrata (kn)*	*Količina*	*Ukupni trošak vrata (kn)*	*Ukupni trošak (kn)*
5895.00	1010.00	107	108070.00	113965.00

Razlika između ukupnog troška postojećih vratova i ukupnog troška nove komponente izražena je negativnom vrijednošću (Tablica 4-45) što znači da bi tvrtka proizvodnjom nove komponente imalo veće troškove od dosadašnjih.

Tablica 4-45. Razlika ukupnog troška postojećih vratova i ukupnog troška nove komponente

79519.03	
- 113965.00	
-34445.97	30.23%

4.10.5 Komponenta vrat 2. veličine

Za izračun ukupnih postojećih troškove komponenata vrata korišteni su troškovi proizvodnje komponenata i trošak kalupa potrebnih za izradu odljevka glave. U tablici (Tablica 4-46) prikazani su troškovi proizvodnje postojećih komponenata koje su zamijenjene novom komponentom vrata 2. veličine.

Tablica 4-46. Prikaz troškova postojećih komponenata vrata

Oznaka glave	*Transf.*	*Količina*	*Materijal*	*Trošak (kn)*	*Trošak kalupa (kn)*	*Ukupni trošak vrata (kn)*
M53984	M59329	7	Al	1336.57	5820.00	9355.99
	M54760	15	Al	1336.57		20048.55
M53976	M59353	3	Al	1049.63	5820.00	3148.89
M53974	M59101	96	Derakane	550.00	8000.00	52800.00
	M54868	3	Derakane	550.00		1650.00
	M54802	6	Derakane	550.00		3300.00
	M54801	6	Derakane	550.00		3300.00
		136			**19640.00**	**93603.43**
				UKUPNI TROŠAK		***113243.43***

Komponente vrata izrađuju se lijevanjem pa su osim troškova proizvodnje korišteni i troškovi izrade kalupa za lijevanje. Ukupni trošak vrata dobiven je sumiranjem ukupnih troškova kalupa i umnoška troškova vrata i količine izrađenih vratova.

Za procjenu troška nove komponente vrata 2. veličine, odabrani je najveći pojedinačni trošak postojeće komponente. Trošak kalupa za vrat 2. veličine preuzeti je od najvećeg troška kalupa. U tablici (Tablica 4-47) prikazani su pojedinačni trošak i ukupni trošak nove komponente za istu količinu proizvedenih postojećih komponenata.

Tablica 4-47. Procijenjeni ukupni trošak nove komponente vrata

Trošak kalupa (kn)	*Trošak vrata (kn)*	*Količina*	*Ukupni trošak vrata (kn)*	*Ukupni trošak (kn)*
8000.00	1336.00	136	181696.00	189696.00

Razlika između ukupnog troška postojećih vratova i ukupnog troška nove komponente izražena je negativnom vrijednošću (Tablica 4-48) što znači da bi tvrtka proizvodnjom nove komponente imalo veće troškove od dosadašnjih.

Tablica 4-48. Razlika ukupnog troška postojećih vratova i ukupnog troška nove komponente

113243.43	
- 189696.00	
-76452.57	40.30%

4.10.6 Komponenta vrat 3. veličine

Za izračun ukupnih postojećih troškove komponenata vrata korišteni su troškovi proizvodnje komponenata i trošak kalupa potrebnih za izradu odljevka glave. U tablici (Tablica 4-49) prikazani su troškovi proizvodnje postojećih komponenata koje su zamijenjene novom komponentom vrata 3. veličine.

Tablica 4-49. Prikaz troškova postojećih komponenata vrata

Oznaka vrata	*Transf.*	*Količina*	*Materijal*	*Trošak (kn)*	*Trošak kalupa (kn)*	*Ukupni trošak vrata (kn)*
M54118	M54539	3	Derakane	984.98	3020.00	2954.94
	M49974	12	Derakane	984.98		11819.76
M56379	M59226	4	Al	900.00	3020.00	3600.00
	M59099	27	Al	900.00		24300.00
	M54941	3	Al	900.00		2700.00
	M59225	6	Al	900.00		5400.00
M53900	M54866	10	Al	1251.00	3020.00	12510.00
	M54808	3	Al	1251.00		3753.00
	M59180	3	Al	1251.00		3753.00
	M54807	1	Al	1251.00		1251.00
	M54809	3	Al	1251.00		3753.00
	M54850	10	Al	1251.00		12510.00
	M54685	180	Al	1251.00		225180.00
	M54683	39	Al	1251.00		48789.00
M56256	M59403	1	Derakane	450.00	3020.00	450.00
	M59394	15	Derakane	450.00		6750.00
	M59393	3	Derakane	450.00		1350.00
	M59397	3	Derakane	450.00		1350.00
	M59392	3	Derakane	450.00		1350.00
	M59400	3	Derakane	450.00		1350.00
	M54921	15	Derakane	450.00		6750.00
		347			**12080.00**	**381623.70**
				UKUPNI TROŠAK		***393703.70***

Komponente vrata izrađuju se lijevanjem pa su osim troškova proizvodnje korišteni i troškovi izrade kalupa za lijevanje. Ukupni trošak vrata dobiven je sumiranjem

ukupnih troškova kalupa i umnoška troškova vrata i količine izrađenih vratova.

Za procjenu troška nove komponente vrata 3. veličine, odabrani je najveći pojedinačni trošak postojeće komponente. Trošak kalupa za vrat 3. veličine preuzeti je od najvećeg troška kalupa. U tablici (Tablica 4-50) prikazani su pojedinačni trošak i ukupni trošak nove komponente za istu količinu proizvedenih postojećih komponenata.

Tablica 4-50. Procijenjeni ukupni trošak nove komponente vrata

Trošak kalupa (kn)	*Trošak vrata (kn)*	*Količina*	*Ukupni trošak vrata (kn)*	*Ukupni trošak (kn)*
3020.00	1251.00	347	434097.00	437117.00

Razlika između ukupnog troška postojećih vratova i ukupnog troška nove komponente izražena je negativnom vrijednošću (Tablica 4-51) što znači da bi tvrtka proizvodnjom nove komponente imalo veće troškove od dosadašnjih.

Tablica 4-51. Razlika ukupnog troška postojećih vratova i ukupnog troška nove komponente

393703.70	
- 437117.00	
-43413.30	9.93%

4.10.7 Komponenta primarni namot 1. veličine

Ukupni troškovi komponente primarnog namota korišteni je trošak proizvodnje sklopa primarnog namota. U tablici (Tablica 4-52) prikazani su troškovi proizvodnje postojećih komponenata koje su zamijenjene novom komponentom primarnog namota 1. veličine.

Tablica 4-52. Prikaz troškova postojećih komponenata primarnog namota

Oznaka primara	*Transf.*	*Količina*	*Trošak (kn)*	*Ukupni trošak (kn)*
M62951	M59224	24	1224.50	29388.00
M63025	M59222	10	1181.00	11810.00
M65468	M59598	3	2039.90	6119.70
M65460	M59599	3	2370.60	7111.80
M62366	M59090	43	1518.20	65282.60
M60498	M54897	3	2539.50	7618.50
	M54896	12	2539.50	30474.00
	M54895	6	2539.50	15237.00
M61600	M54988	3	2710.90	8132.70
		107		**181174.30**

Za procjenu troška nove komponente primarnog namota 1. veličine, odabrani je najveći pojedinačni trošak postojeće komponente. U tablici (Tablica 4-53) prikazani su pojedinačni trošak i ukupni trošak nove komponente za istu količinu proizvedenih postojećih komponenata.

Tablica 4-53. Procijenjeni ukupni trošak nove komponente primarnog namota

Trošak primara (kn)	*Količina*	*Ukupni trošak primara (kn)*	*Ukupni trošak (kn)*
1700.00	107	181900.00	181900.00

Razlika između ukupnog troška postojećih primarnih namota i ukupnog troška nove komponente izražena je pozitivnom vrijednošću (Tablica 4-54) što znači da bi tvrtka proizvodnjom nove komponente imalo manje troškove od dosadašnjih.

Tablica 4-54. Razlika ukupnog troška postojećih primarnih namota i ukupnog troška nove komponente

	181174.30	
-	171200.00	
	9974.30	5.83%

4.10.8 Komponenta primarni namot 2. veličine

Ukupni troškovi komponente primarnog namota korišteni je trošak proizvodnje sklopa primarnog namota. U tablici (Tablica 4-55) prikazani su troškovi proizvodnje postojećih komponenata koje su zamijenjene novom komponentom primarnog namota 2. veličine.

Tablica 4-55. Prikaz troškova postojećih komponenata primarnog namota

Oznaka primara	*Transf.*	*Količina*	*Trošak (kn)*	*Ukupni trošak primara (kn)*
M62600	M59353	3	2006.00	6018.00
M62890	M59329	7	2058.10	14406.70
M62510	M59101	96	1382.60	132729.60
M62131	M59109	3	2371.80	7115.40
		109		**160269.70**

Za procjenu troška nove komponente primarnog namota 2. veličine, odabrani je najveći pojedinačni trošak postojeće komponente. U tablici (Tablica 4-56) prikazani su pojedinačni trošak i ukupni trošak nove komponente za istu količinu proizvedenih postojećih komponenata.

Tablica 4-56. Procijenjeni ukupni trošak nove komponente primarnog namota

Trošak primara (kn)	*Količina*	*Ukupni trošak primara (kn)*	*Ukupni trošak (kn)*
1400.00	109	152600.00	152600.00

Razlika između ukupnog troška postojećih primarnih namota i ukupnog troška nove komponente izražena je pozitivnom vrijednošću (Tablica 4-57) što znači da bi tvrtka proizvodnjom nove komponente imalo manje troškove od dosadašnjih.

Tablica 4-57. Razlika ukupnog troška postojećih primarnih namota i ukupnog troška nove komponente

	160269,70	
-	152600,00	
	7669,70	5,03%

4.10.9 Komponenta primarni namot 3. veličine

Ukupni troškovi komponente primarnog namota korišteni je trošak proizvodnje sklopa primarnog namota. U tablici (Tablica 4-58) prikazani su troškovi proizvodnje postojećih komponenata koje su zamijenjene novom komponentom primarnog namota 3. veličine.

Tablica 4-58. Prikaz troškova postojećih komponenata primarnog namota

Oznaka primara	*Transf.*	*Količina*	*Trošak (kn)*	*Ukupni trošak primara (kn)*
M63255	M59392	3	2003.10	6009.30
M63283	M59403	1	2386.70	2386.70
	M59394	15	2386.70	35800.50
	M59393	3	2386.70	7160.10
	M59397	3	2386.70	7160.10
M63285	M59400	3	2390.30	7170.90
M62493	M59180	3	2109.40	6328.20
M62974	M59226	4	2336.40	9345.60
	M59225	6	2336.40	14018.40
		41		**95379.80**

Za procjenu troška nove komponente primarnog namota 3. veličine, odabrani je najveći pojedinačni trošak postojeće komponente. U tablici (Tablica 4-59) prikazani su pojedinačni trošak i ukupni trošak nove komponente za istu količinu proizvedenih postojećih komponenata.

Tablica 4-59. Procijenjeni ukupni trošak nove komponente primarnog namota

Trošak primara (kn)	*Količina*	*Ukupni trošak primara (kn)*	*Ukupni trošak (kn)*
2336.40	41	95792.40	95792.40

Razlika između ukupnog troška postojećih primarnih namota i ukupnog troška nove komponente izražena je negativnom vrijednošću (Tablica 4-60) što znači da bi tvrtka proizvodnjom nove komponente imalo veće troškove od dosadašnjih.

Tablica 4-60. Razlika ukupnog troška postojećih primarnih namota i ukupnog troška nove komponente

	95379.80	
-	95792.40	
	-412.60	0,43%

4.10.10 Komponenta torus 1. veličine

Za izračun ukupnih postojećih troškove komponenata torusa korišteni su troškovi proizvodnje komponenata i trošak kalupa potrebnih za izradu odljevka torusa. U tablici (*Tablica 4-61*) prikazani su troškovi proizvodnje postojećih komponenata koje su zamijenjene novom komponentom torusa 1. veličine.

Tablica 4-61. Prikaz troškova postojećih komponenata torusa

Oznaka torusa	*Transf.*	*Količina*	*Količina torusa*	*Materijal*	*Trošak (kn)*	*Trošak kalupa (kn)*	*Ukupni trošak torusa (kn)*
M52584	M59090	43	2	Derakan	220.00	3600.00	18920.00
	M59224	24	2	Derakan	220.00		10560.00
	M59598	3	2	Derakan	220.00		1320.00
	M59353	3	2	Derakan	220.00		1320.00
	M59222	10	2	Derakan	220.00		4400.00
	M59599	3	2	Derakan	220.00		1320.00
	M54988	3	2	Derakan	220.00		1320.00
	M54897	3	2	Derakan	220.00		1320.00
	M54896	12	2	Derakan	220.00		5280.00
	M54895	6	2	Derakan	220.00		2640.00
M46204	M49636	9	2	Derakan	175.00	9240.00	3150.00
		119				**12840.00**	**51550.00**
						UKUPNI TROŠAK	**64390.00**

Komponente torusa izrađuju se lijevanjem pa su osim troškova proizvodnje korišteni i troškovi izrade kalupa za lijevanje. Ukupni trošak torusa dobiven je sumiranjem ukupnih troškova kalupa i umnoška troškova torusa i količine izrađenih torusa.

Za procjenu troška nove komponente torusa 1. veličine, odabrani je najveći pojedinačni trošak postojeće komponente. Trošak kalupa za torus 1. veličine preuzeti je od troška kalupa koji odgovara komponenti torusa čiji se trošak koristi kao trošak nove komponente. U tablici (Tablica 4-62) prikazani su pojedinačni trošak i ukupni trošak nove komponente za istu količinu proizvedenih postojećih komponenata.

Tablica 4-62. Procijenjeni ukupni trošak nove komponente torusa 1. veličine

Trošak kalupa (kn)	*Trošak torusa (kn)*	*Količina*	*Ukupni trošak torusa(kn)*	*Ukupni trošak (kn)*
9240.00	220.00	238	52360.00	61600.00

Razlika između ukupnog troška postojećih glava i ukupnog troška nove komponente izražena je pozitivnom vrijednošću (Tablica 4-63) što znači da bi tvrtka proizvodnjom nove komponente imalo manje troškove od dosadašnjih.

Tablica 4-63. Razlika ukupnog troška postojećih torusa i ukupnog troška nove komponente

	64390.00	
-	61600.00	
	2790.00	4.53%

4.10.11 Komponenta torus 2. veličine

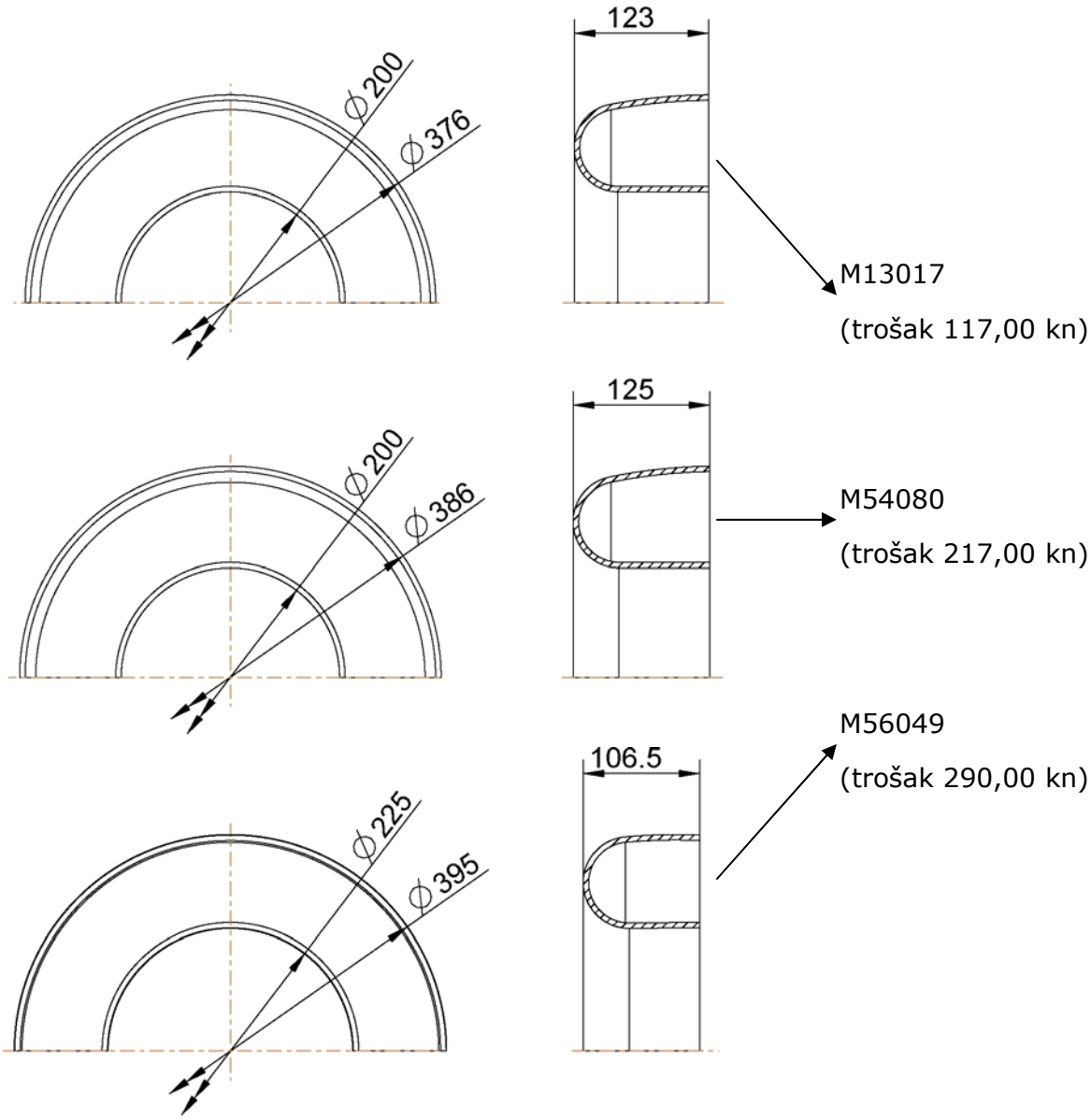
Za izračun ukupnih postojećih troškove komponenata torusa korišteni su troškovi proizvodnje komponenata i trošak kalupa potrebnih za izradu odljevka torusa. U tablici (Tablica 4-64) prikazani su troškovi proizvodnje postojećih komponenata koje su zamijenjene novom komponentom torusa 2. veličine.

Tablica 4-64. Prikaz troškova postojećih komponenata torusa

Oznaka torusa	*Transf.*	*Količina*	*Količina torusa*	*Materijal*	*Trošak (kn)*
M13017	M44415	24	2	Al	117.00
	M44362	15	2	Al	117.00
	M49779	3	2	Al	117.00
	M49698	6	2	Al	117.00
	M39939	9	2	Al	117.00
	M54835	3	2	Al	117.00
	M49564	9	2	Al	117.00
	M49563	6	2	Al	117.00
	M49562	18	2	Al	117.00
	M49808	3	2	Al	117.00
	M44585	3	2	Al	117.00
	M54585	2	2	Al	117.00
	M44706	3	2	Al	117.00
	M39647	3	2	Al	117.00
	M44360	75	2	Al	117.00
	M54646	3	2	Al	117.00
	M44879	24	2	Al	117.00
	M44667	3	2	Al	117.00
	M44641	9	2	Al	117.00
	M54712	6	2	Al	117.00
	M44227	3	2	Al	117.00
	M54865	6	2	Al	117.00
	M39966	33	2	Al	117.00
	M39646	36	2	Al	117.00
	M59293	2	2	Al	117.00
	M39645	15	2	Al	117.00
	M54882	3	2	Al	117.00
	M54836	4	2	Al	117.00
	M49776	6	2	Al	117.00
	M59294	4	2	Al	117.00
	M54848	5	2	Al	117.00
	M49679	3	2	Al	117.00
	M44642	15	2	Al	117.00
M54080	M59401	1	2	Al	217.00
	M59403	1	2	Al	217.00
	M59402	6	2	Al	217.00
	M54881	15	2	Al	217.00
	M59329	7	2	Al	217.00
	M54539	3	2	Al	217.00
	M54880	6	2	Al	217.00
	M59101	96	2	Al	217.00
	M54868	3	2	Al	217.00
	M59115	3	2	Al	217.00
	M59113	27	2	Al	217.00
	M54981	12	2	Al	217.00
	M54802	6	2	Al	217.00
	M54801	6	2	Al	217.00

	M54760	15	2	Al	217.00
	M54926	27	2	Al	217.00
	M49974	12	2	Al	217.00
M56049	M54866	10	2	Derakane	290.00
	M59226	4	2	Derakane	290.00
	M59099	27	2	Derakane	290.00
	M54941	3	2	Derakane	290.00
		652			

Troškovi proizvodnje postojećih komponenata koje su zamijenjene novom komponentom torusa 2. veličine nisu u proporciji s vrijednosti konstrukcijskih parametara kod postojećih komponenata. Zbog toga se ne može procijeniti koliki je trošak nove komponente te se zbog toga nije računala razlika između troška nove komponente i troška postojećih komponenata.



Slika 4-30. Razlika u vrijednostima konstrukcijskih parametara torusa i troškova

4.10.12 Komponenta torus 3. veličine

Za izračun ukupnih postojećih troškove komponenata torusa korišteni su troškovi proizvodnje komponenata i trošak kalupa potrebnih za izradu odljevka torusa. U tablici (Tablica 4-65) prikazani su troškovi proizvodnje postojećih komponenata koje su zamijenjene novom komponentom torusa 3. veličine.

Tablica 4-65. Prikaz troškova postojećih komponenata torusa

Oznaka torusa	*Transf.*	*Količina*	*Količina torusa*	*Materijal*	*Trošak (kn)*
M46052	M54966	6	2	Al	225.00
	M54894	3	2	Al	225.00
	M44775	3	2	Al	225.00
	M44933	6	2	Al	225.00
M54088	M59394	15	2	Al	228.00
	M59393	3	2	Al	228.00
	M59397	3	2	Al	228.00
	M59392	3	2	Al	228.00
	M59395	6	2	Al	228.00
	M59400	3	2	Al	228.00
	M59496	6	2	Al	228.00
	M54753	9	2	Al	228.00
	M54921	15	2	Al	228.00
	M59617	12	2	Al	228.00
	M59570	12	2	Al	228.00
M53893	M54808	3	2	Al	266.00
	M59180	3	2	Al	266.00
	M54807	1	2	Al	266.00
	M54809	3	2	Al	266.00
	M54850	10	2	Al	266.00
	M54685	180	2	Al	266.00
	M54683	39	2	Al	266.00
	M59225	6	2	Al	266.00
M38315	M59114	18	2	Al	266.00
	M59112	30	2	Al	266.00
	M44841	6	2	Al	266.00
	M59109	3	2	Al	266.00
	M54743	6	2	Al	266.00
	M59111	3	2	Al	266.00
	M59110	6	2	Al	266.00
	M59389	9	2	Al	266.00
	M54520	5	2	Al	266.00
	M44394	12	2	Al	266.00
	M44842	6	2	Al	266.00
	M59499	3	2	Al	266.00
	M59476	3	2	Al	266.00
	M59561	3	2	Al	266.00
	M59498	6	2	Al	266.00
	M59391	6	2	Al	266.00
M53885	M54682	155	2	Al	236.00
	M54684	12	2	Al	236.00
		642			

Komponente torusa izrađuju se lijevanjem pa su osim troškova proizvodnje korišteni i troškovi izrade kalupa za lijevanje. Ukupni trošak torusa dobiven je sumiranjem ukupnih troškova kalupa i umnoška troškova torusa i količine izrađenih torusa.

Za procjenu troška nove komponente torusa 3. veličine, odabrani je najveći pojedinačni trošak postojeće komponente. Trošak kalupa za torus 3. veličine preuzeti je od troška kalupa koji odgovara komponenti torusa čiji se trošak koristi kao trošak nove komponente. U tablici (Tablica 4-66) prikazani su pojedinačni trošak i ukupni trošak nove komponente za istu količinu proizvedenih postojećih komponenata.

Tablica 4-66. Procijenjeni ukupni trošak nove komponente torusa 3. veličine

Trošak kalupa (kn)	*Trošak torusa (kn)*	*Količina*	*Ukupni trošak torusa(kn)*	*Ukupni trošak (kn)*
9240.00	220.00	238	52360.00	61600.00

Razlika između ukupnog troška postojećih glava i ukupnog troška nove komponente izražena je pozitivnom vrijednošću (Tablica 4-67) što znači da bi tvrtka proizvodnjom nove komponente imalo manje troškove od dosadašnjih.

Tablica 4-67. Razlika ukupnog troška postojećih torusa i ukupnog troška nove komponente

	352147,56	
-	307824,00	
	44323,56	14,40%

4.10.13 Analiza troškova novih i postojećih verzija komponenata

Analizom troškova novih i postojećih komponenata utvrđeno je da nakon zbrajanja razlika između novih i postojećih komponenata, ukupna razlika izražena je pozitivnom vrijednošću (Tablica 4-68). Dobivena pozitivna vrijednost nakon sumiranja svih razlika predstavlja manje troškove koje bi tvrtka imala ukoliko koriste komponente s novim vrijednostima parametara.

Tablica 4-68. Usporedba troškova novih i postojećih komponenata

Glava		
1. veličina	-37499,00	
2. veličina	-42372,00	
3. veličina		**179581,00**
Torus		
1. veličina		**2790,00**
3. veličina		**44323,56**
Vrat		
1. veličina	-34445,97	
2. veličina	-76452,57	
3. veličina	-43413,30	
Primarni namot		
1. veličina		**9974,30**
2. veličina		**7669,70**
3. veličina	-412,60	
		9743,12

Iako iznos pozitivne razlike ovdje nije bio u prvom planu, ovakvom analizom potvrđena je opravdanost korištenja novih komponenata. Osim direktne opravdanosti, korištenje novih komponenata rezultira i dodatnim indirektnim prednostima, koji će se više analizirati u zaključku.

5

Zaključak

5.1 Diskusija rezultata

Rezultati dobiveni istraživanjem prikazanim u ovom radu podijeljeni su na rezultate dobivene primjenom kriterija na industrijskom primjeru te spoznaje dobivene iz istraživanja i koncipiranja kriterija i postupaka za identifikaciju zajedničkih komponenata.

5.1.1 Dobiveni rezultati iz industrijskog primjera

Primjena kriterija identifikacije zajedničkih komponenata na industrijskom primjeru rezultirala je definiranjem novih verzija komponenata kojima se zamjenjuju postojeće verzije komponenti. Pritom se nastoji povećati ponovno korištenje novih verzija komponenti u varijantama proizvoda. Osim povećanja ponovnog korištenja komponenata, postignuti rezultati ukazuju i na smanjenje ukupnih troškova koji se odnose na proizvodnju komponenata (*Tablica 4-68*). Smanjenje ukupnih troškova ostvareno je smanjenjem unutarnje raznolikosti između proizvoda čime je omogućeno povećanje volumena proizvodnje komponenata koje nisu direktno određene zahtjevima naručitelja. Komponente koji su direktno određene zahtjevima proizvodnje i dalje se proizvode prema specifikacijama naručitelja čime se zadržava potreba za proizvodnjom proizvoda prilagođenim zahtjevima naručitelja. Ovakvim pristupom konstruiranju i proizvodnji komponenata, tvrtke prelaze s proizvodnje individualnih proizvoda na serijsku prilagodbu.

Osim direktne opravdanosti, korištenje novih komponenata rezultira i dodatnim indirektnim prednostima. Indirektne prednosti korištenja novih komponenata odnosi

se na smanjenje indirektnih troškova u konstrukciji i proizvodnji. Smanjenje troškova u konstrukciji proizlaze iz smanjenja potrebnog vremena konstruiranja, a smanjenje troškova u proizvodnji iz smanjenja vremena proizvodnje. Proizvodnju novih komponenata sada je moguće dislocirati u zemlje u kojima su manji troškovi proizvodnje jer se zbog manje unutarnje raznolikosti povećava broj korištenja komponenata. Također smanjenje unutarnje raznolikosti daje mogućnost dugoročnijeg planiranja proizvodnje.

5.1.2 Dobiveni rezultati iz kriterija za identifikaciju zajedničkih komponenata

U provedenom istraživanju, vrijednosti stupnja istovjetnosti računate su na temelju tri metode poznate iz literature (CI, TCCI i PCI). Stupanj istovjetnosti CI računa se s obzirom na broj jedinstvenih komponenata u ukupnom broju varijanata te su dobivene vrijednosti redovito visoke. Računanjem stupnja istovjetnosti CI za funkcije na različitim nivoima u funkcijsko-sklopnoj strukturi dobivaju se male razlike između funkcija. Zbog malih razlika između pojedinih vrijednosti stupnja istovjetnosti za različite funkcije ne može se zaključiti koje je komponente pojedinih funkcija potrebno daljnje rekonstruirati a koje ne. Zbog nemogućnosti primjene metode CI u identifikaciji zajedničkih komponenata, ove metoda okarakterizirana je kao neprihvatljiva za daljnje korištenje u identifikaciji zajedničkih komponenata (*poglavlje 3.8*).

Metoda PCI sadrži faktore $f_{1i}, f_{2i}\, i\, f_{3i}$ koji opisuju mogućnosti zamjene korištenih komponenata, proizvodnih procesa i procesa sklapanja. S obzirom da vrijednosti faktora ovise o procjeni konstruktora vezanu uz moguću zamjenu komponenata, proizvodnih procesa i procesa sklapanja ova metoda nije primjenjiva za sistematizirani pristup identifikaciji zajedničkih komponenata (*poglavlje 3.8*).

Od navedenih triju metoda, jedino je metoda TCCI prihvatljiva za računanje stupnja istovjetnosti prilikom identificiranja zajedničkih komponenata (*poglavlje 3.8*).

Računanjem stupnja istovjetnosti želi se dobiti podatak koji će naznačiti koliko se ponovno koriste komponente proizvoda. Računanjem stupnja istovjetnosti za cijelu grupu proizvoda dobiti će se podataka o količini ponovno korištenih komponenata ali se taj podatak ne može dalje iskoristiti. Zbog toga je, umjesto računanja stupnja istovjetnosti za cijelu grupu proizvoda, potrebno računati stupanj istovjetnosti za pojedine funkcije iz funkcijsko-sklopne strukture. Računanjem stupnja istovjetnosti po metodi TCCI, za sve funkcije na najnižim nivoima u funkcijsko-sklopnoj strukturi, dobivaju se vrijednosti koje su u ovisnosti o ponovno korištenim komponentama u nadređenim sklopovima. Funkcije kod kojih je izračunati nizak stupanj istovjetnosti predstavljaju funkcije čije se komponente ponovno ne koriste u mnogim proizvodima te je takve komponente potrebno daljnje analizirati i rekonstruirati. Funkcije kod kojih je izračunati visoki stupanj istovjetnosti sadrže komponente koje se višestruko koriste u proizvodima te je takve komponente potrebno identificirati. Takve komponente identificiraju se koristeći metodu $CI^{(C)}$ (*poglavlje 3.8 i 4.8.12*).

5.2 Potvrđivanje hipoteze rada

Hipoteza prikazane disertacije opisana je u poglavlju 1.2 i glasi:

Primjenom indeksa istovjetnosti unutar definiranog skupa proizvoda iste ukupne funkcije mogu se identificirati karakteristične komponente koje je opravdano analizirati i rekonstruirati sa ciljem povećanja udjela zajedničkih komponenata.

S obzirom da u predstavljenoj disertaciji ne postoji egzaktni numerički pokazatelj kojima bi se dokazala opravdanost hipoteze istraživanja, autor koristi slijedeće kriterije ([12], str. 18) temeljem kojih razmatra potvrđivanje hipoteze rada:

- **Rezultati su temeljeni na poznatim i prihvaćenim teorijama i postoji povezanost između polazišta, hipoteze i rezultata.**

U predstavljenoj disertaciji, autor polazi od realne situacije u kojoj postoji definirani skup proizvoda iste ukupne funkcije unutar kojeg je potrebno definirati zajedničke komponente. Ovisno o načinu kako tvrtke zadržavaju konkurentnost na tržištu (Slika 2-1) evidentno je da prije prelaska na serijsku prilagodbu tvrtke već posjeduju određeni asortiman proizvoda. Familija proizvoda ne mora se nužno definirati prije nego što je proizvod predstavljen na tržištu. Razlog zbog kojeg tvrtke ne razvijaju familiju proizvoda prije nego što je proizvod predstavljen na tržištu je zbog nepoznavanja reakcija tržišta na istoimeni proizvod. Tržište ne mora prihvatiti novi proizvod pa razvijanje familije proizvoda prije nego što je tržište prihvatilo proizvod vodi prema neopravdanim troškovima. Tek kada je tržište prihvatilo proizvod i kada tvrtke žele osigurati dodatnu konkurentnost na tržištu pristupa se razvoju familije proizvoda, a do tada tvrtke već posjeduju određeni asortiman proizvoda. Zbog toga je i navedeno polazište u skladu sa realnim stanjem u tvrtkama i tržištu.

U hipotezi se navodi da se primjenom indeksa istovjetnosti mogu identificirati karakteristične komponente. Istraživanje prikazano u ovoj disertaciji temelji se na već poznatim i prihvaćenim metodama računanja stupnja istovjetnosti (poglavlje 2.4). Svaka metoda zasebno prikazuje načine izračunavanja stupnja istovjetnosti, ali do sada nisu postignuti rezultati kako se postojeće metode mogu međusobno povezati. Nakon komparativne analize triju indeksa odabrani je indeks istovjetnosti (TCCI) kojim se računa indeks istovjetnosti za pojedine funkcije iz funkcijsko-sklopne strukture *(poglavlje 3.8)*. Nakon određivanja funkcija potrebno je odrediti koje komponente je potrebno rekonstruirati a koje zadržati. Proces identifikacija komponenata provodi se koristeći metodu $CI^{(C)}$. Međusobnim kombiniranjem metoda TCCI i $CI^{(C)}$ moguće je odrediti karakteristične komponente koje će se višestruko koristiti u varijantama proizvoda te na taj način i povećati udio zajedničkih komponenata.

Opravdanost korištenja karakterističnih komponenata pokazala se je analizom troškova postojećih komponenata i procjenom troškova prilikom korištenja novih komponenata. Navedena analiza *(Tablica 4-68)* prikazuje da su troškovi novih komponenata manji od postojećih troškova. Ovaj zaključak proizlazi iz prikazanog primjera te se kao takav ne može generalno postaviti za svaki primjer. Ovisno od

primjera do primjera, direktni troškovi ne moraju biti nužno manji, ali analizom direktnih i indirektnih troškova očekuje se da su troškovi manji s povećanjem korištenja istih dijelova u varijantama proizvoda tj. s povećanjem stupnja istovjetnosti. Prema dobivenim rezultatima, zaključuje se da je opravdano analizirati i rekonstruirati komponente identificirane primjenom indeksa TCCI i $CI^{(C)}$.

S obzirom na objašnjenu povezanost između polazišta, hipoteze i rezultata te korištenje prihvaćenih i poznatih metoda stupnjeva istovjetnosti autor zaključuje da je zadovoljen navedeni kriterij na temelju kojeg se razmatra hipoteza rada.

- **Rezultati teorijskog i primijenjenog istraživanja mogu se koristiti za objašnjavanje stvarne pojave.**

Definiranjem kriterija i postupaka za identifikaciju zajedničkih komponenata kao i prikazom primjene kriterija na realnom primjeru objašnjen je jedan pristup definiranju zajedničkih komponenata *(glave 3 i 4)*. Postupak definiranja zajedničkih komponenata predstavlja prvi korak u razvoju familije proizvoda. U literaturi se može pronaći podatak da gotovo 80% svih konstrukcijskih zadataka otpada na familiju proizvoda ([69], str. 79). Stoga, identificiranje zajedničkih komponenata kao prvi korak razvoja familije proizvoda opisuje stvarne pojave s kojima se susreću tvrtke i istraživači. *Na temelju prikazanih rezultata teorijskog i primijenjenog istraživanja, zaključuje se da je zadovoljen i ovaj kriterij na temelju kojeg se razmatra hipoteza rada*.

- **Predložena metodologija temelji se na prihvaćenim teorijskim istraživanjima.**

Metode za izračun stupnjeva istovjetnosti prihvaćene su od strane drugih istraživača [38] i [45] iako se primjena metoda međusobno razlikuju. Kriteriji za identifikaciju zajedničkih komponenata predstavljaju alat koji je moguće primjenjivati i na ostale primjere. Do sada su kriteriji za identifikaciju komponenata primijenjeni na dva primjera. Prvi primjer obuhvaća analizu mosnog granika provedenog u suradnji s tvrtkom KCI Konecranes, Hyvinkää, Finska, a drugi primjer je korišten u ovom radu. Tijekom provođenja istraživanja, autor ovog rada surađivao je s istraživačima na matičnom fakultetu i s Tehničkog sveučilišta Tampere, Finska. *Na temelju prihvaćanja korištenih metoda od strane drugih istraživača i primjene kriterija na dva primjera zaključuje se da je zadovoljen navedeni kriterij na temelju kojeg se razmatra hipoteza rada.*

- **Korištenje metodologije vodi prema mogućnosti povećanja uspjeha s ponavljanjem primjene.** Korištenje metodologije ne mora svaki puta voditi prema uspjehu, ali tijekom razdoblja ostvariti će se bolji rezultati nego bez korištenja alata.

Primjena kriterija za identificiranje zajedničkih komponenata opisuje postupak koji je potrebno ponavljati s vremena na vrijeme. Prema rezultatima dobivenim nakon prve primjene kriterija i definiranju zajedničkih komponenata definira se familija proizvoda pomoću koje tvrtka zadržava konkurentnost na tržištu u određenom vremenskom

razdoblju. S obzirom da se tržište dinamički mijenja te se i zahtjevi na tržištu mijenjaju, definiranu familiju proizvoda potrebno je prilagođavati novonastalim zahtjevima s tržišta. Na početku promjena zahtjeva s tržišta promjene familije proizvoda moguće je zadovoljavati s manjim promjenama kod korištenih komponenata. Nakon određenog vremena, koji ovisi o dinamici tržišta i vrsti proizvoda, unutarnjom raznolikosti kod definirane familije proizvoda više neće biti moguće ispunjavati vanjsku raznolikost, jer će doći do promjene vanjske raznolikosti. Promjena vanjske raznolikosti uzrokuje i promjenu unutarnje raznolikosti tj. i promjenu korištenih komponenata. Zbog toga se kriteriji identifikacije zajedničkih komponenata trebaju primjenjivati na familiji proizvoda u ovisnosti o promjenama koje se dešavaju na tržištu. Češća primjena kriterija u razvoju familije proizvoda rezultira bržim evoluiranjem arhitekture familije proizvoda i definiranjem novih komponenata koje će se koristiti u varijantama proizvoda. Korištenjem novih komponenata u varijantama proizvoda tvrtke se fokusiraju na zadovoljavanje prioritetnih segmenata tržišta.

Primijenjene tehnologija u proizvodima nije statička već se dinamički mijenja u ovisnosti o vremenu [70]. S promjenom tehnologije mijenja se i arhitektura familije proizvoda. S obzirom da se arhitektura familije proizvoda mijenja iz modularne prema integralnoj i ponovo prema modularnoj ([14] citirano u [71], str. 175), opisani kriteriji identifikacije zajedničkih komponenata koriste se u evoluciji arhitekture familije proizvoda ali samo tijekom modularne arhitekture familije proizvoda. U trenutku kada modularna arhitektura familije proizvoda prelazi u integralnu arhitekturu opisani kriteriji se više ne mogu koristiti. U trenutku promjene vrste arhitekture dolazi do mijenjanja koncepta proizvoda, a kriteriji identifikacije zajedničkih komponenata primjenjivi su na grupi proizvoda koji su temeljeni na istom konceptu.

Bez primjene kriterija za identifikaciju zajedničkih komponenata i evolucije arhitekture familije proizvoda tvrtke se susreću s zaostajanjem u tehnološkom razvoju familije proizvoda te su pritom i rezultati niži od mogućih. Na temelju navedenih obrazloženja, primjena kriterija za identifikaciju zajedničkih komponenata doprinosi povećanju uspjeha tvrtke s ponavljanjem primjene te se ostvaruju bolji rezultati nego bez primjene kriterija. *Na temelju toga zaključuje se da je zadovoljen i ovaj kriterij s obzirom na koji se razmatra hipoteza rada.*

- **Opisana su nova rješenja ili su prikazani novi načini traženja određenog problema.**

U sklopu istraživanja koje je predstavljeno ovim radom prikazani su doprinosi u teorijskom i primijenjenom dijelu koji se odnose na razvoj familije proizvoda.

U okviru teorijskog doprinosa, definirani su kriteriji identifikacije zajedničkih komponenata iz grupe individualnih proizvoda čijom se rekonstrukcijom povećava broj ponovnog korištenja *(glave 3)*. Dio kriterija odnosi se na primjenu postojećih metoda za računanje stupnja istovjetnosti. Pravilnim redoslijedom upotrebe, postojeće metode za računanje stupnja istovjetnosti koriste se sa ciljem povećanja

ponovnog korištenje komponenata u varijantama familije proizvoda.

Metoda TCCI koristi se za računanje stupnja istovjetnosti za funkcije na najnižim nivoima u funkcijsko-sklopnoj strukturi. Definiranje funkcijsko-sklopne strukture predstavlja znanstveni doprinos u analizi postojećih grupa proizvoda sa ciljem računanja stupnja istovjetnosti *(poglavlje 3.5)*. Stupanj istovjetnosti ne računa se za grupu proizvoda zbog neupotrebljivosti dobivenog rezultata u identifikaciji zajedničkih komponenata. Zbog toga se stupanj istovjetnosti računa za funkcije na najnižim nivoima sa ciljem identificiranja funkcija s niskom i/ili visokom vrijednosti stupnja istovjetnosti.

Komponente koje se koriste kod funkcija s niskom vrijednosti stupnja istovjetnosti potrebno je dalje analizirati i rekonstruirati. Analiza komponenata vrši se pomoću metode $CI^{(C)}$ kojom se identificiraju komponente koje najznačajnije utječu na smanjenje vrijednosti stupnja istovjetnosti.

Funkcije s izračunatim visokom vrijednosti stupnja istovjetnosti sadrže komponente koje se višestruko koriste u varijantama proizvoda. Takve komponente utječu na povećanje vrijednosti stupnja istovjetnosti te se identificiraju primjenom metode $CI^{(C)}$. Komponente koje utječu na povećanje stupnja istovjetnosti potrebno je zadržati ili dodatno rekonstruirati sa ciljem još većeg ponovnog korištenja u varijantama proizvoda. Određivanje redoslijeda korištenja stupnja istovjetnosti predstavlja dodatni teorijski doprinos ovog istraživanja (*poglavlje 3.8 i 4.8.12*) .

U okviru primijenjenog dijela opisana je primjena kriterija na grupi individualnih proizvoda sa ciljem identifikacije i analize zajedničkih komponenata *(glava 4)*. Doprinos detaljno opisanog primijenjenog dijela je u omogućivanju ponovljivosti primjene kriterija na drugim grupama proizvoda.

Na temelju navedenih teorijskih i primijenjenih doprinosa ovog istraživanja zaključuje se da je zadovoljen i zadnji kriterij na temelju kojeg se razmatra hipoteza rada. S obzirom da su zadovoljeni svi kriteriji korišteni u razmatranju hipoteze rada, hipoteza rada smatra se potvrđenom.

5.3 Smjerovi daljnjeg istraživanja

Nastavak istraživanja moguće je provesti u nekoliko različitih smjerova. Prvi smjer daljnjeg istraživanja odnosi se na istraživanje nove metode računanja stupnja istovjetnosti. Novom metodom računanja stupnja istovjetnosti potrebno je obuhvatiti računanje stupnja istovjetnosti za grupu proizvoda, računanje stupnja istovjetnosti za pojedine funkcije u funkcijsko-sklopnoj strukturi te mogućnosti identificiranja komponenata koje utječu na promjenu vrijednosti stupnja istovjetnosti. Prema predloženim kriterijima, trenutačno je potrebno kombinirati dvije metode, TCCI i $CI^{(C)}$, za identifikaciju zajedničkih komponenata. Istraživanjem nove metode omogućilo bi se skraćivanje vremena potrebnog za provođenje cijelog procesa kao i mogućnost uspoređivanja rezultata pojedinih zadaća. Rezultati dobiveni metodama TCCI i $CI^{(C)}$ ne mogu se uspoređivati zbog apsolutnih i relativnih granica kojima su određene vrijednosti stupnja istovjetnosti pojedine metode.

Drugi smjer istraživanja moguće je usmjeriti na istraživanje arhitekture familije proizvoda koje se nastavlja na istraživanje identificiranja zajedničkih komponenata. Istraživanje arhitekture familije proizvoda obuhvaća istraživanje modela podataka kojima bi se opisivala arhitektura familije proizvoda. Arhitektura familije proizvoda opisana je modulima koji se koriste u varijantama proizvoda, sučeljima između modula te pravilima kojima je određeno korištenje modula u varijantama proizvoda.

Treći smjer daljnjeg istraživanja odnosi se na praćenje promjena u arhitekturi familije proizvoda koje nastaju zbog promjena na tržištima. Promjenama u arhitekturi familije proizvoda dolazi do evolucije arhitekture familije proizvoda koju je potrebno pratiti te istražiti u kojem smjeru se odvija evolucija. Poznavanjem smjera u kojemu se odvija evolucija arhitekture familije proizvoda omogućuje se tvrtkama da spoznaju promjene koje će se tek desiti na tržištu te da su unaprijed pripremljene na nadolazeće promjene.

6

Literatura

[1] Ramdas, K., 2002. Managing Product Variety: An Integrative Review and Research Directions. *Production and Operations Management,* 12 (1), 79 – 102.

[2] Andreasen, M.M., McAloone, T., Mortensen, N.H., 2001. *Multi-Product Development - platforms and modularization.* Lyngby: Technical University of Denmark.

[3] Riitahuhta, A. i Andreasen, M.M., 1998. Configuration by modularization. *In: Proceeding of NordDesign '98, 26-28 August 1998,* Stockholm.

[4] Hegge, H.M.H., 1995. *Intelligent Product Family Description for Business Applications.* Thesis (PhD). Technical University Eindhoven.

[5] Erens, F.-J., 1996. *The Synthesis of Variety: Developing Product Families*. Thesis (PhD). Technical University Eindhoven.

[6] Jiao, J. i Tseng, M.M., 2000. *Fundamentals of product family architecture.* Integrated Manufacturing Systems, 11 (7), 469 – 483.

[7] Sivard, G., 2000. *A Generic Information Platform for Product Families.* Thesis (PhD), Royal Institute of Technology, Sweden.

[8] Ulrich, K.T. i Eppinger, S.D., 2004. *Product Design and Development.* 3rd ed. New York: Irwin,McGraw-Hill.

[9] Ulrich, K.T., 1995. The role of product architecture in the manufacturing firm. *Research Policy*, 24, 419 – 440.

[10] Andersson, C., Pettersson, R., 2004. How can a design process and a scientific process in information design collaborate?. *In: Proceedings of the 4th International Seminar and Workshop EDIProD, Zielona Gora, Poland, pp. 87-96*.

[11] Blessing, L.T.M., Chakrabarti, A., Wallace, K.M., 1998. An Overview of Descriptive Studies in Relation to a General Design Research Methodology. *In:* E. Frankeberger, P- Badtke-Schaub i H. Birkohofer, ed. *Designers: the Key to sucessful Product Development*. Springer Verlag.

[12] Olesen, J., 1992. *Concurrent Development in Manufacturing – based on dispositional mechanisms*. Thesis (PhD). Technical University of Denmark.

[13] Alexander, C., 1964. *Notes on the Synthesis of Form.* Cambridge: Harvard University Press.

[14] Baldwin, C.Y. i Clark, K.B., 2000. *Design rules Volume 1. The Power of Modularity*. Cambridge, London: The MIT Press.

[15] Simon, H.A., 1969. *The Sciences of the Artificial.* 3rd ed. Cambridge: The MIT Press.

[16] Čatić, I., 2004. *Uvod u tehniku. Autorizirana predavanja.* Zagreb: Fakultet strojarstva i brodogradnje.

[17] Štorga, M. 2005. *Model rječnika za računalnu razmjenu informacija u distribuiranom razvoju proizvod.* Thesis (PhD). Fakultet strojarstva i brodogradnje, Sveučilišta u Zagrebu.

[18] De Lit, P., i Delchambre, A., 2003. *Integrated design of a product family and its assembly system*. Boston, Dordrecht, London: Kluwer Academic Publishers.

[19] McKay, A., Erens, F.-J. i Bloor, M.S., 1996. Relating Product Definition and Product Variety. *Research in Engineering Design*, 8 (2), 63-80.

[20] Boynton, A.C., Victor, B. i Pine II B.J., 1993. New competitive strategies: Challenges to organizations and information technology. *IBM System Journal*, 32 (1), 40 – 64.

[21] Anderson, D.M. i Pine, J.P. II, 1997. *Agile Product Development for Mass Customization*. New York: McGraw-Hill.

[22] Pine, J., Victor, B. i Boynton, A.C., 1993. *Making Mass Customization Work.* Harvard Business Review, Sept-Oct, 108-119.

[23] Maier, J.R.A. i Fadel, G.M., 2005. A Taxonomy And Decision Support For The Design And Manufacture Of Types Of Product Families. *In: Journal of Intelligent Manufacturing, Special Issue on Product Family Design and Development (u tisku).*

[24] Heikkila, J., Karjalainen, T.M., Martio, A. i Niininen, P., 2002. *Products and*

Modularity - Managing competitive product portfolios through holistic platform thinking. Helsinki: TAI Research Centre.

[25] Stadzisz, P.C. i Henrioud, J.M., 1995. Integrated design of product families and assembly, *In: IEEE International Conference on Robotic and Automation,* 1290-1295.

[26] Meyer, M.H i Lehnerd, A.P. 1997. *The power of Product Platforms: building value and cost leadership.* New York: The Free Press.

[27] Simpson, T.W. 1998. *A Concept Exploration Method for Product Family Design*. Thesis (PhD). Georgia Institute of Technology.

[28] Du, X., 2000. *Architecture of Product Family for Mass Customization*. Thesis (PhD). The Hong Kong University of Science and Technology.

[29] Simpson, W.T., 2004. Product Platform Design and Customization: Status and promise. *Artificial Intelligence for Engineering Design, Analysis and Manufacturing, 18 (1), 3 – 20.*

[30] Tichem, M., Andreasean, M. M. i Riitahuhta, A., 1999. Design of Product Families. In: *Proceedings of ICED '99*, Munich.

[31] Robertson, D. i Ulrich, K.T., 1998. *Planning for Product Platforms.* Sloan Management Review, Summer

[32] Kristjansson, A.H., Jensen, T. i Hildre, H.P., 2004. The term platform in the context of a product development company. *In*: D. Marjanović, ed. *Proceedings of the 8th International Design Conference DESIGN 2004, 18 – 21 svibnja 2004., Dubrovnik.* Zagreb: Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture, The Desgin Society, 325 – 330.

[33] Hansen, P.K. i Mikkola, J.H., 2004. Platforms and cross-organizational effects. *In*: D. Marjanović, ed. *Proceedings of the 8th International Design Conference DESIGN 2004, 18 – 21 svibnja 2004., Dubrovnik.* Zagreb: Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture, The Desgin Society, 1045 – 1050.

[34] Weerinink, W.O., 2001. VW drops platforms, changes to modules. *Automotive News Europe*, 29. 01. 2001.

[35] Eichhorn, U., 2001. Investor Visit 18. May 2001. [online]. Dostupno na http://www.volkswagen-ir.de/download/InvPres_01/20010518VWEichhornENG.pdf [posjetio 14. svibnja 2006.]

[36] Oberšmit, E., 1985. *Nauka o konstruiranju, metodičko konstruiranje i konstruiranje pomoću računala.* Zagreb: Sveučilišna naklada Liber.

[37] Simpson T.W., Maier J.R.A., Mistree, F., 2001. Product platform design:

method and application. *Research in Engineering Design*, 13 (1), 2 - 22.

[38] Thevenot H.J i Simpson T.W., 2006. Commonality indices for product family design: a detailed comparison. *Journal of Engineering Design*, 17(2), 99 - 119.

[39] Peltonen, H., 2000. Concepts and an Implementation for Product Data Management. Thesis (PhD). Helsinki University of Technology.

[40] Pavlić, D., 2003. *Sustav za konfiguriranje proizvoda modularne arhitekture*. Thesis (MSc). University of Zagreb.

[41] Yu, B., 1996. *A Virtual Configuration Workbench for Product Development*. Thesis (PhD). CAD Center, Department of Design, Manufacture and Engineering Management, University of Strathclyde.

[42] Riitahuhta, A., Tiihonen, J., Lehtonen, T., Soininen, T., Pulkkinen, A. i Sulonen, R., 1998. Modeling Configurable Product Families. *In:* M. Tichem, M.M. Andreasen, A.H.B. Duffy, ed. *Proceedings of the 4th WDK Workshop on Product Structuring*, 22 – 23 October 1998. Delft. Delft: Delft University of Technology, 29 – 50.

[43] Tiihonen, J., Lehtonen, T., Soininen, T., Pulkkinen, A., Sulonen, R., Riitahuhta, A., 1999., Modeling Configurable Product Families. In: *Proceedings of ICED '99, Munich*.

[44] Pahl, G. i Beitz, W., 1996. *Engineering Design: Systematic Approach.* 2nd ed. London: Springer-Verlag.

[45] Stake, R.B., 2001. A Framework for Evaluating Commonality. *In:* A. Riitahuhta and A. Pulkkinen, eds. *Design for configuration: a debate based on the 5th WDK workshop on Proudct Structuring.* Berlin; Heidelberg; New York; Barcelona; Hong Kong; London; Milan; Paris; Singapure; Tokyo: Springer, 169 – 184.

[46] Martin, M.V. i Ishii, K., 1997. Design for variety: Development of complexity indices and design charts. *In: ASME Design Theory and Methodology Conference. September 1997*. Sacramento, CA. DETC97-DFM4359.

[47] Wacker, J.G. i Trelevan, M., 1986. Component Part Standardization: An Analysis of Commonality Sources and Indices. *Journal of Operations Management*, 6 (2), 219 – 244.

[48] Kota, S., Sethuraman, K. and Miller, R., 2000. A Metric for Evaluating Design Commonality in Product Families. *ASME Journal of Mechanical Design*, 122 (4), 403-410.

[49] Siddique, Z., Rosen, D. W. i Wang, N., 1998. On the Applicability of Product Variety Design Concepts to Automotive Platform Commonality. *In: Design Theory and Methodology*, Atlanta, ASME. Paper No. DETC98/DTM-5661.

[50] Jiao, J. i Tseng, M. M., 2000. Understanding Product Family for Mass Customization by Developing Commonality Indices. *Journal of Engineering Design*, 11(3), 225-243.

[51] Fisher, M., Ramdas, K. i Ulrich, K., 1999. Component Sharing in the Management of Product Variety: A Study of Automotive Braking Systems. *Management Science*, 45 (3), 297 – 315.

[52] Sanderson, S.W. i Uzumeri, M., 1997. *The Innovation Ipmerative – Strategies for Managing Product Models and Families.* Irwin.

[53] Elgrad, P. i Miller, T.D., 1998. Designing Product Families. *In: Proceedings of the 13th IPS Research Seminar*. Fuglsoe.

[54] Pavlić, D., Pulkkinen, A. i Riitahuhta, A. 2006. A Conceptual Framework of Product Family Architecture. *In:* M.P. Jonsson, R. Unnporsson, ed. *Proceedings of NoordDesign 2006 Conference*, 16-18 August 2006. Reykjavik. Reykjavik: Univeristy of Iceland, 212-222

[55] Yassine, A. i Wissmann, L., 2004. *Product Architecture and the Firm.* PD-Lab Working Paper, PDL-2004-01, Jan 2004.

[56] Martin, M. I Ishii, K., 1996. Design for Variety: a Methodology for Understanding the Costs of Product Proliferation. *In:* K. Wood, ed*. Design Theory and Methodology – DTM '96, Irvine, CA, ASME, Paper No. 96-DETC/DTM-1619*

[57] Mikola, J. H., 2003. *Product Architecture Modularity Strategies: Toward A General Theory.* Working Paper No. 02/2003. Copenhagen Business School.

[58] Takeishi, A. i Fujimoto, T. 2005. Modularization in the car industry – Interlinked multiple Hierarchies of Product, Production and Supplier System. *In:* A. Prencipe, A. Davies i M. Hobday, eds. *The Business of Systems Integration*. Oxford: Oxford University Press, 254 – 278.

[59] Lanner, P. i Malmqvist, J., 1996. An Approach towards considering technical and economic aspects in product architecture design. *In: Proceedings of the 1st International NordDesgin Seminar on Engineering Design*. Espoo.

[60] Erens, F. i Verhulst, K., 1996. Architecture for Product Families. *In: Proceedings of the 2th WDK Workshop on Product Structuring*, Delft.

[61] O'Grady, P., Liang, W.Y., Tseng, T.L., Huang, C.C. i Kusiak, A., 1997. *Remote Collaborative Design With Module.* Techical Report TR 97-03. University of Iowa.

[62] Nevins, J.L. i Whitney, D. E. 1989. *Concurrent Design of Product and Processes: A Strategy for the Next Generation in Manufacturing.* New York: McGraw-Hill

[63] Sanchez, R., 1996. Strategic Product Creation: Managinig New Interactions of Technology, Markets and organizations. *European Management Journal*, 14 (2), 121-138.

[64] Nonomura, A, Tomiyama, T. i Umeda, Y., 1999. Life Cycle Simulation for the Inverse Manufacturing, *In:* H. Yoshikawa, R. Yamamoto, F. Kimura, T. Suga And Y. Umeda, ed. *Proceedings of EcoDesign 1999: First International Symposium on Environmentally Conscious Design and Inverse manufacturing. 1 - 3 February 1999 Tokyo*. IEEE Computer Society, 712 – 717.

[65] Andreasen, M.M., 1980. *Machine Design Methods Based on a Systematic Approach – Contribution to a Design Theory*. Thesis (PhD). [In Danish]. Lund Institute of Technology, Sweden.

[66] Mortensen, N.H. i Hansen, C.T., 1999. Structuring as a basis for Product Modelling. *In:* N.H. Mortensen and J. Sigurjonsson, eds. *Critical Enthusiasm - Contributions to Design Science. A Festschrift for Mogens Myrup Andreasen on the occasion of his 60th birthday, 17 December 1999*. 111 - 128.

[67] Bego, V., 1997. *Mjerni transformatori.* Zagreb: Školska knjiga.

[68] JUS N.H9.121, 1987.

[69] Shah J. J., Mäntylä M., 1995. *Parametric and Feature-Based CAD/CAM: Concepts, Techniques, and Applications*. New York: John Wiley & Sons, Inc.

[70] Chesbrough, H. i Kusunoki, K., 2001. The Modularity Trap: Innovation, Technology Phases Shifts and the Resulting Limits of Virtual Organizations. *In:* I. Nonaka i D. Teece, eds. *Managing Industrial Knowledge*. London: Sage Press, 202-230.

[71] Chesbrough, H.W., 2003. Towards a Dynamics of Modularity. A Cyclical Model of Technical Advance. *In:* A. Prencipe, A. Davies i M. Hobday, eds. *The Business of Systems Integration*. Oxford: Oxford University Press, 174 – 200.

[72] Yu, J.S., Gonzalez-Zugasti, P.J., Otto, N.K, 1998. Product Architecture Definition Based Upon Customer Demands. *In: Proceedings of 1998 ASME Design Theory and Methodology Conference, Atlanta.*

[73] Duhovnik, J., Tavčar, J, 2000. *Elektronsko poslovanje in tehnični informacijski sistemi.* LECAD, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo, Slovenija

[74] IEC 60044-1, 2003. *Instrument transformers – Part 1: Current transformers.*

[75] IEC/TR 60815, 1986. *Guide for the selection of insulators in respect of polluted conditions.*

Davor Pavlić rođen je 1974. godine u Zagrebu, gdje je završio srednju elektrotehničku školu. Fakultet strojarstva i brodogradnje u Zagrebu upisao je 1992. godine. Tijekom akademske godine 1996/97. boravio je na Fakultetu strojarstva i brodogradnje, Tehničkog sveučilišta u Delftu, Nizozemska, kao student–istraživač. Radio je na istraživačkom projektu razvoja novog načina propulzije broda.

Diplomirao je 1998. godine na usmjerenju "Strojarske konstrukcije" Fakulteta strojarstva i brodogradnje u Zagrebu. Od 1998. do 2007. godine zaposlen je pri Katedri za konstruiranje i razvoj proizvoda Fakulteta strojarstva i brodogradnje u Zagrebu kao znanstveni novak na projektu Ministarstva znanosti i tehnologije Republike Hrvatske broj 0120017: "Modeli i metode unaprijeđenja računalne podrške razvoja proizvoda". Na istom fakultetu upisao je poslijediplomski studij u akademskoj godini 1998/99, smjer Teorija konstrukcija.

Tijekom ljeta 2002. godine sudjelovao je na dvotjednom međunarodnom doktorandskom seminaru "Design Methodology" u organizaciji Danskog tehničkog sveučilišta.

U svibnju 2003. godine obranio je magistarski rad pod nazivom "Sustav za konfiguriranje proizvoda modularne arhitekture".

Od 2004. godine aktivno sudjeluje u organizaciji European Global Product Realization seminara koji obuhvaća suradnju evropskih sveučilišta u zajedničkom održavanju nastave iz područja konstruiranja putem videokonferencijske veze.

U jesen 2006. godine, Ministarstvo znanosti, obrazovanja i športa Republike Hrvatske, dodijelilo mu je stipendiju za boravak na Tehničkom sveučilištu Tampere, Finska, tijekom akademske godine 2005/06. u trajanju od devet mjeseci, gdje je obavio dio istraživanja u okviru izrade disertacije.

Od travnja 2007. godine zaposlen je u tvrtci KONČAR – Mjerni transformatori u kojoj je zadužen za razvoj i implementaciju familije proizvoda i informacijskih tehnologija.

Kao autor ili koautor objavio je 13 znanstvenih i 9 stručnih radova u Hrvatskoj i inozemstvu. Služi se engleskim jezikom. Oženjen je i otac dvoje djece.

Davor Pavlić was born in 1974 in Zagreb where he finished secondary electro technical school. He enrolled in the study of mechanical engineering at the Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture in Zagreb in 1992. He spent the academic year 1996/97 at the Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture of the Technical University in Delft, Netherlands, as a student researcher. He worked on a research project on the development of new modes in marine propulsion.

He graduated at FAMENA in 1998 in the field of specialization “Engineering Design”. From 1998 till 2007 he had been working as a junior researcher on the project number 0120017 "Models and methods for computer based support of integrated product development", supported by the Ministry of Science, Education and Sports of the Republic of Croatia, at the Chair of Design and Product Development at FAMENA.

Davor Pavlić has participated and passed the "Ph.D. Course - Design Methodology" during the summer 2002, organized by Technical University of Denmark.

In 2003 Davor Pavlić acquired the M. Sc. degree at the Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture of Zagreb University with the thesis "Configuration system of the modular products".

Since 2004 Davor Pavlić took active role in the organization and execution of European Global Product Realization course which encompasses the corporation between the European universities on the dislocated global product design by using the videoconferencing facilities.

In academic year 2005/06 by foundation of Croatian Ministry of Science, Education and Sports, Davor Pavlić has spent nine months as a guest researcher at the Technical University of Tampere, Finland working on the research related to his dissertation.

Since 2007 he has been working at the KONČAR – Instrument transformers, Inc. on the development and implementation of product families and information technologies.

As the author or coauthor he has published 13 scientific and 9 technical reports in Croatia and abroad. He has a fluent command of English. He is married and a father of a two children.