

# Uvedba sočasnega inženiringa v podjetje

**Lidija Rihar**

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo, Aškerčeva 6, Ljubljana, lidija.rihar@outlook.com

**Janez Kušar**

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo, Aškerčeva 6, Ljubljana, janez.kusar@fs.uni-lj.si

## Povzetek

*Kakovost, kratek čas in nizki stroški razvoja novega izdelka so danes ključni pogoji za konkurenčnost na trgu. Da bi lahko podjetja pri razvoju novih izdelkov pridobila konkurenčno prednost pred tekmeci na trgu, morajo klasični način vodenja projektov razvoja izdelkov nadgraditi z novo poslovno strategijo, ki je poznana kot sočasni inženiring.*

*V članku bo prikazan način, kako v podjetje vpeljati sočasni inženiring in s tem skrajšati čas razvoja izdelka, znižati stroške ter zagotoviti čim večjo kakovost, ki jo pričakuje kupec. Predstavljena metodologija, ki je rezultat večletnega dela pri uvajanju projektnega vodenja razširjenega z elementi sočasnega inženiringa v slovenska podjetja, temelji na treh stebrih znanja: projektnem vodenju, timskemu delu in sočasnem inženiringu. Šele obvladovanje vseh navedenih področij znanja zagotavlja uspeh. Prikazani bodo tudi rezultati uvajanja sočasnega inženiringa v 10 slovenskih podjetij kovinsko predelovalne industrije, in sicer za 20 projektov različnih tipov izdelkov. V raziskavi smo ugotovili, da se z uvedbo sočasnega inženiringa lahko čas trajanja projekta skrajša do 45 %, število neskladnosti pa do 65 %.*

**Ključne besede:** projektno vodenje, sočasni inženiring, stezno zankasti princip, matrika odgovornosti, timi zank sočasnega inženiringa

## 1. Uvod

V proizvodnih podjetjih, ki se ukvarjajo z razvojem novih izdelkov ali proizvajajo izdelke po naročilu kupcev, se je v zadnjih letih sorazmerno dobro uveljavilo projektno vodenje, kot način izvedbe poslovnega procesa. Vendar pa vedno večji pritiski na doseganje rokov, nizke stroške in čim manjše število napak oz. neskladnosti pri razvoju izdelkov silijo podjetja v uvedbo novih metod, ki bodo omogočale doseganje navedenih zahtev. Odgovor na ta izziv je največkrat v sočasnem inženirstvu.

Poslovno strategijo sočasnega (tudi vzporednega) inženirstva lahko smatramo kot nadgradnjo klasičnega koncepta projektnega vodenja razvoja izdelka, ki koncept sekvenčnega inženiringa nadomesti s sočasnim inženiringom in vpelje tri pomembne strategije, kot so paralelnost pri izvedbi procesov, standardizacija in integracija procesov (Kušar, 2011 in Rihar, 2010). Bistvena značilnost sočasnega inženiringa je stezno zankasti princip (Winner, 1988), ki razdeli vsebino dela na projektu na manjše, vsebinsko in organizacijsko zaključene celote, ki so definirane z aktivnostmi, povezane v zanke sočasnega inženiringa. Torej je osnova za izvedbo steznega zankastega principa v pravilni razčlenitvi oz. dekompoziciji

vsebine dela, kjer pa si lahko pomagamo z metodo vsebinske razčlenitve vsebine dela projekta (WBS). Seveda pa je izvedba strategij sočasnega inženiringa in stezno zankastega principa v največji meri odvisna od organiziranosti udeležencev na projektu sočasnega razvoja izdelkov. V tem primeru gre za multidisciplinarno, navzkrižno funkcijsko timsko delo, ki je organizirano na dveh nivojih, in sicer kot projektni tim, ki je odgovoren za izvedbo projekta in delovni timi zank, ki so odgovorni za izvedbo aktivnosti v zankah sočasnega inženiringa (Rihar, 12).

Najpomembnejši cilji sočasnega inženirstva so predvsem v skrajšanju časa od razvoja izdelka do prodaje na trgu, kar lahko dosežemo s paralelno in soodvisno izvedbo aktivnosti, znižanje stroškov, kar se doseže s standardizacijo in integracijo procesov ter z odpravljanjem pomanjkljivosti oz. neskladnosti izdelka in procesov že v zgodnjih fazah razvoja izdelka (zasnova, konstruiranje) in ne šele v fazah industrializacije, verifikacije izdelka in procesov oz. šele v poskusni, redni proizvodnji.

Razvoj izdelka v obravnavanem primeru zajema vse faze od zasnovane, razvoja izdelka, razvoja procesov, verifikacije izdelka in procesov do proizvodnje (APQP, 1995), zato v nadaljevanju razvoj izdelka razumemo v širšem smislu in ga

zato pogosto imenujemo kar osvajanje izdelka (Kušar, 2010).

Iz navedenega sledi, da je nadgradnja projektnega vodenja z elementi sočasnega inženiringa kompleksen proces, ki zahteva temeljit poseg v tradicionalno organizacijo podjetja. Na Fakulteti za strojništvo v Ljubljani se s področjem uvedbe sočasnega inženiringa v slovenska podjetja intenzivno ukvarjamo zadnjih 15 let. Izvedene so bile številne študije v različnih podjetjih kovinsko predelovalne industrije, v katerih smo želeli projektno vodenje nadgraditi z elementi sočasnega inženiringa. V raziskavo je bilo zajetih 10 različnih slovenskih podjetjih, v katerih smo sočasni inženiring uvažali na vzorcu 20 različnih projektov. Na osnovi te raziskave, ki je temeljila na študiji posameznih primerov, smo prišli do dveh pomembnih zaključkov:

1. kako oblikovati postopek za uspešno uvedbo sočasnega inženiringa v podjetje;
2. katere so tiste metode, ki so osnova za uvedbo sočasnega inženiringa in doseganje postavljenih ciljev.

## 2. Pregled literature

Začetki sočasnega inženiringa segajo v 80. leta prejšnjega stoletja, ko so bili definirani glavni cilji te metode, in sicer skrajšanje časa razvoja izdelka do vstopa izdelka na trg, znižanje stroškov in zagotavljanje večje kakovosti. V okviru raziskav na Institute for Defense Analyses v Alexandriji je Winner s sodelavci (1988) definirali sočasni inženiring kot sistematičen pristop k integriranemu, sočasnemu razvoju izdelka in za njegovo izdelavo potrebnih procesov, vključno s proizvodnjo izdelka. Harder in Weijnen (2000) predhodno definicijo razširita z vključitvijo vseh elementov življenjskega cikla izdelka vključno z zahtevami po kakovosti, stroških, planu in potrebami uporabnikov. Yassine in Braha (2003) poudarita potrebo po reševanju problemov in neskladnosti pri razvoju izdelka že v zgodnjih fazah, kar zmanjša število interakcij kasnejših faz s predhodnimi fazami, to pa prispeva k krajšanju časa, znižanju stroškov in povečanju kakovosti izdelka. Ding-Bang in drugi (2009) poudarijo potrebo po integraciji vseh procesov in s tem postane sočasni inženiring optimizirani poslovni model poslovanja podjetja, ki ne bo zadovoljeval le potreb podjetja, temveč bo z njim zadovoljen tako proizvajalec kot tudi kupec (Wu, 2014; Rehar 2017). Podroben pregled literature s področja CE je objavljen v prispevku Addo-Tenkorang (2011) in Juarez in drugi (2015).

Z vidika izbora najprimernejšega načina izvedbe sočasnega razvoja izdelka so pomembni naslednji štirje principi (Yassine in Braha, 2003):

- Princip ponavljanja vključuje potrebo po vračanju procesov iz naslednjih faz razvoja v predhodne faze, kar povečuje število potrebnih iteracij med udeleženci (organizacijskimi enotami), ki so vključeni v proces sočasnega razvoja izdelka. Posledica so daljši časi,

potrebni za razvoj izdelka in dodatni stroški.

- Princip paralelnosti in prekrivanja kaže potrebo po paralelni izvedbi posameznih procesov (aktivnosti so med seboj lahko povezane tudi zaradi uporabe skupnih virov), delnem prekrivanju posameznih procesov (pri čemer je lahko le definirana točka prekrivanja dveh ali več aktivnosti – enkratni prenos informacij) ali pa je potrebna neprestana izmenjava informacij med aktivnostmi, ki so v prekrivanju. S tem principom se skrajša potreben čas za sočasen razvoj izdelka, vendar se poveča potreba po učinkovitem medsebojnem sodelovanju vseh udeležencev (organizacijskih enot). To nalogo v sočasnem razvoju izdelka prevzamejo delovni timi zank sočasnega inženiringa.
- Princip dekompozicije izhaja iz potrebe, da se kompleksni sistem razčleni na večje število manjših in enostavnejših podsistemov, katerih izvedba prispeva delni rezultat k celotnemu cilju projekta sočasnega razvoja izdelka, kar lahko obravnavamo kot problem dekompozicije in integracije. Ta princip podpira tudi predhodni princip paralelnosti.
- Princip stabilnosti razvoja izdelka predpostavlja, da bo proces razvoja izdelka stabilen, če bodo vsi procesi konvergirali k postavljenim ciljem. Težave je potrebno identificirati čim prej, jih reševati in nadzorovati njihovo odpravljanje. Velja splošno pravilo, da naj bo skupno število problemov, ki se pojavijo manjše ali enako številu rešitev teh problemov.

V raziskavi obravnavani različni izdelki (unikatni, replike, prototipi, serijski), zato je še kako pomemben princip dekompozicije izdelka/projekta, ki ga je potrebno upoštevati že pri strukturirani členitvi vsebine dela na projektu.

## 3. Metodologija raziskave

Cilj raziskave je bilo oblikovanje postopka, kako v slovenska podjetja na čim bolj enostaven in učinkovit način uvesti načela in principe sočasnega inženiringa ter ga vključiti v poslovni model razvoja izdelkov od ideje oz. ponudbe, preko razvoja izdelka, procesov, validacije izdelkov in procesov do izdelave in prodaje na trgu za unikatne izdelke oz. izdelave serijskih izdelkov. Raziskava je temeljila na študiji posameznih primerov v 10 slovenskih podjetjih.

Obravnavanih je bilo 20 različnih projektov razvoja izdelkov, ki so bili glede na način izvedbe in končni izdelek projekta razvrščeni v naslednjih 5 kategorij (Rihar, 2014):

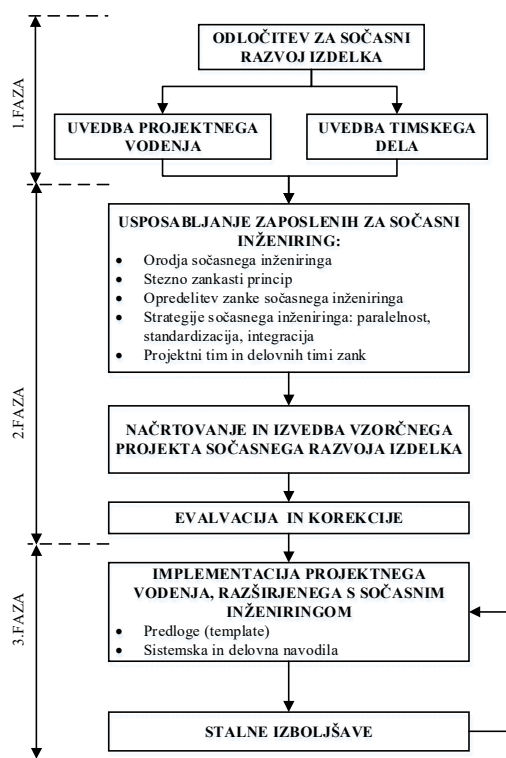
- unikatni izdelek, ki predstavlja izdelavo enega ali nekaj izdelkov po naročilu kupca (engineering to order);
- replika izdelka, ki predstavlja ponovno naročilo kupca že razvitega izdelka z znanim postopkom izdelave vendar v drugačni, na primer dimenzijsko različni izvedbi glede na zahteve kupca;

- prototip izdelka, ki predstavlja prvo izvedbo novega izdelka (ali dopolnitev obstoječega izdelka). Namenjen je za preizkušanje, testiranje, odpravljanje neskladnosti, izboljševanje ter izpopolnjevanje pred (serijsko) proizvodnjo izdelka;
- prototipni izdelek za promocijo, ki je namenjen predstavitvi izdelka potencialnim kupcem (npr. na sejmu ali testiranju na trgu);
- serijski izdelek, ki se razvija z namenom proizvodnje v serijskih pogojih dela v količinah, ki so potrebne glede na potrebe trga (kupcev).

Struktura obravnavanih projektov glede na navedene kategorije izdelkov je bila naslednja: 6 unikatnih izdelkov, 4 replike, 4 prototipni izdelki, 1 prototipni izdelek za promocijo in 5 serijskih izdelkov.

Na osnovi študije posameznih primerov izvedbe projektov različnih kategorij izdelkov smo po metodi indukcije lahko oblikovali splošni 3-fazni postopek uvedbe sočasnega inženiringa v podjetje, ki je prikazan na sliki 1.

Metodologija uvedbe sočasnega inženiringa v podjetje temelji na treh stebrih znanj, in sicer na projektnem vodenju, timskem delu in orodjih, metodah in na strategijah sočasnega inženiringa.



Slika 1: 3-fazni postopek uvedbe sočasnega inženiringa

### 3.1. Projektno vodenje in timsko delo

V 1. fazi postopka uvedbe sočasnega inženiringa v podjetje je potrebno ustvariti neobhodne pogoje, ki jim je potrebno zadosti v podjetju, če se želi uvesti predlagani koncept. Najpomembnejša je odločitev najvišjega vodstva, in sicer, da je takšen pristop razvoja izdelka sestavni del poslovne strategije podjetja. Pomembno je, da vodstvo to odločitev definira kot projekt in izmed svojih članov uprave imenuje odgovorno osebo, ki bo prevzela vlogo sponzorja projekta. Za sam projekt uvedbe sočasnega inženiringa se imenuje projektni tim, ki ga običajno sestavljajo odgovorni za projekte razvoja in industrializacije novih izdelkov, vodi pa ga vodja projektnega vodenja.

Pomembno v tej fazi je, da projektni tim izvede temeljito analizo načina vodenja projektov v podjetju, kajti dobro uvedeno projektno vodenje v podjetju ter uporaba ustreznih tehnik in metod projektnega vodenja sta neobhodni pogoj za nadgradnjo projektnega vodenja s sočasnim inženiringom (Kušar, 2008). Projektno vodenje v podjetju mora, po naših izkušnjah, temeljiti predvsem na okvirjih znanja projektnega vodenja (PMBOK, 2017). Glede na sedanje izkušnje z uvajanjem projektnega vodenja v podjetje, je potrebno izvesti usposabljanje zaposlenih v podjetju v obsegu najmanj 45 ur, pridobljeno znanje pa utrditi na načrtovanju in vodenju izbranega projekta. Seveda pa je pomembno, da se pridobljeno znanje uporablja pri vseh nadaljnjih projektih in s pridobljenimi izkušnjami nadgrajuje.

Za kasnejšo nadgradnjo projektnega vodenja s sočasnim inženiringom so pomembne predvsem naslednje metode:

- metoda razčlenitve vsebine dela na projektu (WBS);
- mrežno planiranje in oblikovanje aktivnostnih mrežnih diagramov;
- obvladovanja udeležencev – izvajalcev aktivnosti projekta;
- časovna analiza po metodi kritičnih poti;
- analiza tveganj z ukrepi za odpravo oz. ublažitev dogodkov tveganja;
- komunikacijski načrt za medsebojno sodelovanje udeležencev projekta;
- načrt obvladovanja kakovosti.

Seveda pa to ne pomeni, da ni dobrodošlo tudi poznavanje sodobnih pristopov v projektnem vodenju (agilni, gručenje).

Pri uvedbi projektnega vodenja v podjetje je pomembno, da se sočasno gradi ustrezna informacijska in komunikacijska infrastruktura za podporo projektnemu vodenju, ki pa

mora biti usklajena s poslovnim informacijskim sistemom podjetja (Rihar, 2010).

Drugo pomembno področje, ki predstavlja neobhodni pogoj za uspešno uvedbo sočasnega inženiringa, pa je poznavanje in uporabljanje timskega dela (Kušar, 2010; Rihar, 2010; Rihar, 2016), ki pa ne sme biti omejeno le na vodenju projektov, temveč pri uporabi najrazličnejših metod, ki podjetju pomagajo odpravljati zapravljanja npr. metode vitkosti, metoda celovitega preventivnega vzdrževanja in podobne metode. Pomembno je zavedanje tako vodstva, kot tudi vseh zaposlenih, da brez učinkovitega timskega dela ni rezultatov ne pri vodenju projektov, kaj šele pri sočasnem inženiringu.

### 3.2. Nadgradnja projektnega vodenja s sočasnim inženiringom

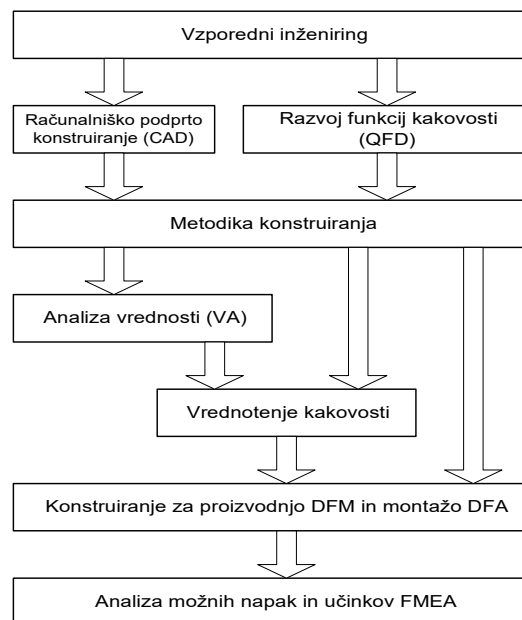
Ker je sočasni inženiring, vsaj v slovenskem okolju, relativno nova disciplina, je pred uvedbo v podjetje potrebno usposobiti zaposlene z osnovnimi strategijami, koncepti in principi sočasnega inženiringa ter orodji, ki nudijo podporo. Pomembno je, da se pri izvedbi projekta po načelih sočasnega inženirstva vzpostavi ustrezeni način timskega dela, tako za vodenje projekta kot tudi pri sočasni izvedbi aktivnosti projekta. S tem pa se ne skrajša le čas trajanja projekta in se znižajo stroški, temveč se zaradi sprotnega odpravljanja neskladnosti bistveno poveča tudi kakovost izdelka (Kušar, 2014).

Izobraževanje za sočasni inženiring, vključno z izdelavo vzorčnega primera, se v podjetju lahko izvede že v obsegu vsaj 45 ur. Seveda pa je potrebno proces sočasnega razvoja izdelkov v nadaljevanju stalno dopolnjevati in nadgrajevati.

#### 3.2.1 Orodja za podporo sočasnega inženiringa

Za uspešno sočasno vodenje projektov je zelo pomembno poznavanje in uporaba orodij, ki podpirajo sočasni inženiring (slika 2).

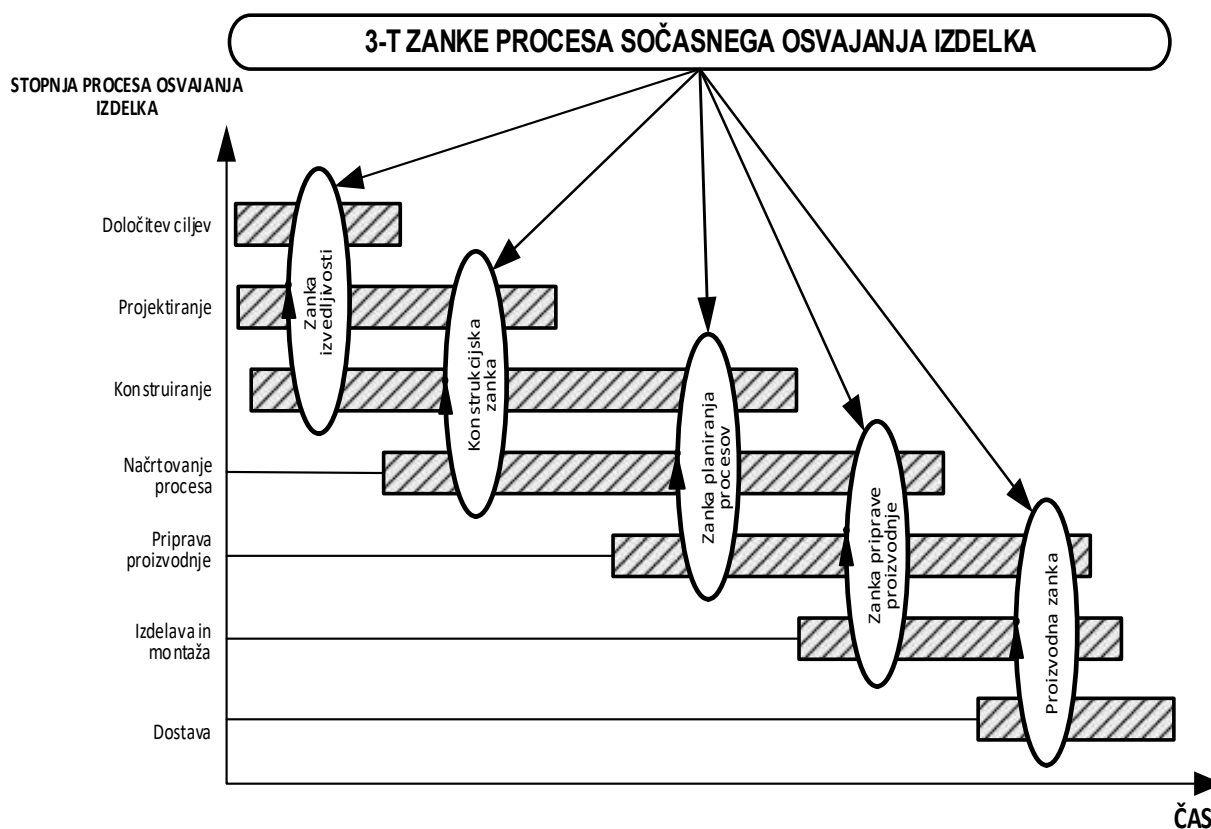
Na ta način bo kupec dobil tisto, kar v resnici pričakuje. Seveda pa je pri sočasnem razvoju izdelka pomemben parameter tudi strošek oz. lastna cena izdelka, pri čemer je pomembno, kakšna je porazdelitev stroškov po komponentah izdelka glede na izpolnjevanje funkcionalnosti izdelka. Poleg analize koristnosti smo v enem od podjetij, v katero smo uvajali sočasni inženiring, s pomočjo sestavin dejavnosti (activity based costing) uporabili še metodo kalkulacije stroškov



Slika 2: Orodja za podporo sočasnemu inženiringu (lasten vir)

#### 3.2.2 Stezno zankasti princip in timsko delo

Vsebino dela na projektu sočasnega razvoja izdelka (work breakdown structure) razdelimo na manjše vsebinsko in organizacijsko obvladljive dele, ki jih v stezno zankastem principu (Winner, 1988), na prvem nivoju imenujemo stopnje ali faze razvoja (osvajanja izdelka). Nadaljnja členitev vsebine dela na aktivnosti je odvisna od vrste projekta. V sočasnem inženiringu se hkrati izvajajo aktivnosti v več stopnjah (stezah), kar ponazorimo s principom zanke (Rihar 2010). Po Winnerju je za sočasen razvoj izdelka neprimernejša 3-T zanka, kar pomeni, da se sočasno izvajajo aktivnosti v treh stopnjah. Ko so vse aktivnosti v prvi stopnji opazovane, zanke zaključene, se oblikuje nova (naslednja) zanka, kar prikazuje slika 3. Zanka se zaključi, ko so v celoti doseženi postavljeni cilji zanke (Prasad 1996).

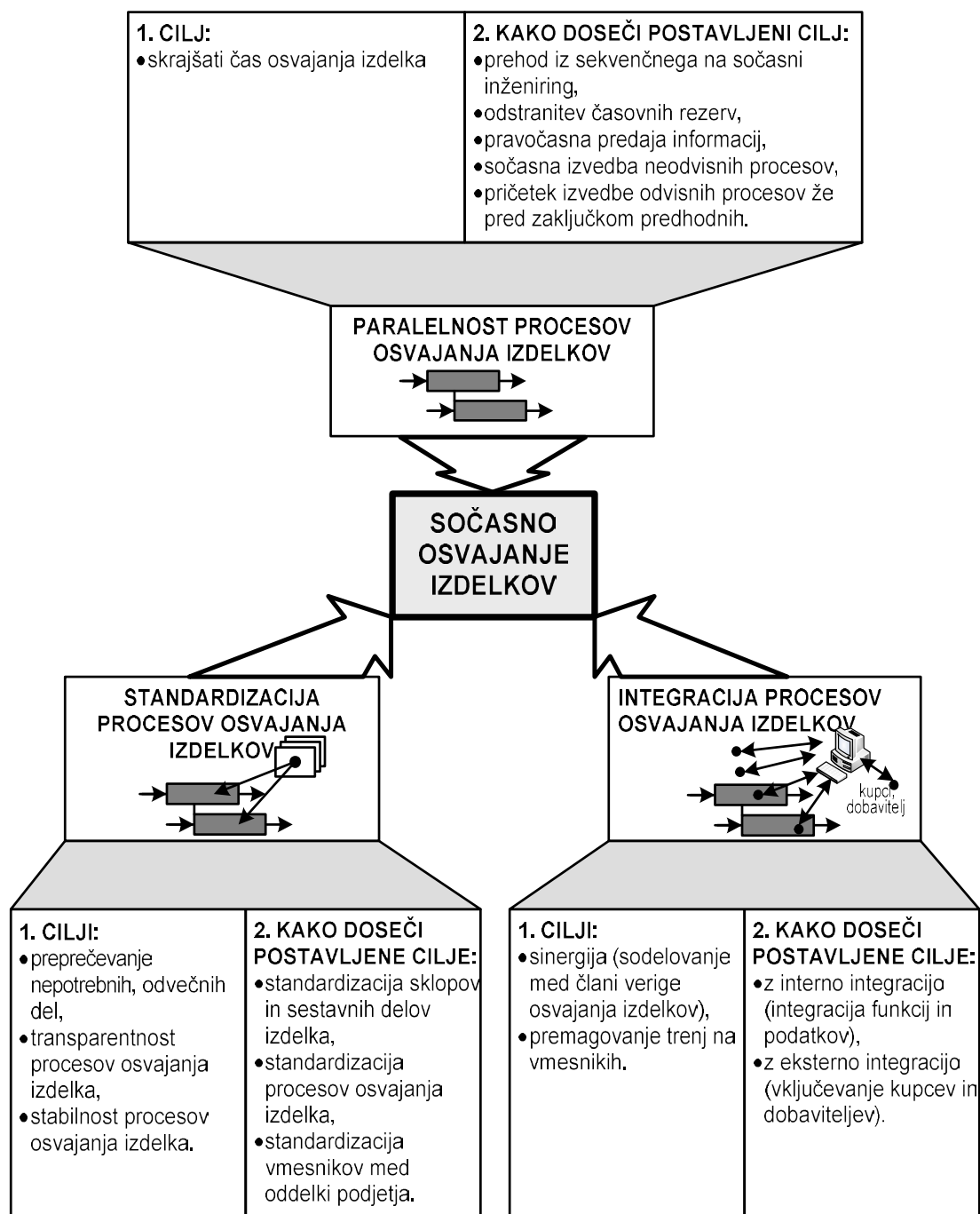


*Slika 3: Stezno zankasti princip sočasnega inženiringa (Kušar 2014)*

Za izvedbo projekta sočasnega razvoja izdelka je odgovoren projektni tim, za izvedbo posamezne zanke pa se oblikuje začasen (lahko tudi navidezni) delovni tim, ki ga tvorijo odgovorni izvajalci aktivnosti v zanki. Ko so cilji zanke doseženi, delovni tim zanke preneha z delovanjem, hkrati pa že deluje delovni tim naslednje zanke. Običajno večina članov delovnega tima ostane istih, nekateri člani prenehajo z delom, ker so svoje naloge že opravili, vključijo pa se novi člani, ki so vključeni v izvajanje aktivnosti naslednje stopnje (Rihar, 10; Rihar, 12; Kušar, 2011; Rihar, 2014). Seveda pa je zelo pomembno, katere osebe bodo vključene v projektni tim in time zank, saj je od lastnosti članov timov v največji meri odvisna njihova učinkovitost. Pravilno sestavljeni timi dajejo energijo in dodano vrednost tako projektu, kot tudi podjetju.

### 3.2.3 Strategije sočasnega inženiringa

Sočasni inženiring temelji na treh strategijah (Kušar 2010): paralelnosti, standardizaciji in integraciji vseh procesov sočasnega razvoja (sočasnega osvajanja) izdelka (slika 4). Pri uveljavitvi navedenih strategi se je pokazalo, da princip paralelnosti omogočajo tehnike mrežnega planiranja z uporabo različnih delnih odvisnosti med aktivnostmi. Standardizacija vodi k zmanjšanju različnih komponent, ki jih podjetje vgrajuje v svoje izdelke, prav tako pa se standardizirajo procesi (tehnološki postopki) nastajanja komponent izdelkov. S tem se bistveno poenostavijo logistični procesi v proizvodnji.



*Slika 4: Strategije sočasnega inženiringa (Kušar, 2010)*

Standardizacija komponent in procesov je lažje izvedljiva pri serijskih izdelkih, čeprav se je v praksi izkazalo, da je do neke mere mogoča standardizacija tudi pri unikatnih izdelkih, predvsem pri tistih komponentah in procesih, na katere se ne nanašajo specifične zahteve kupcev. Poleg tega je standardizacija zelo pomembna pri definiranju načina poteka izvedbe projekta sočasnega razvoja izdelka (interni predpis), saj so v tem primeru udeležencem znani procesi, ki so vključeni v izvedbo projekta. Vse to pa pomembno vpliva na učinkovitost komuniciranja in izmenjavo informacij med udeleženci projekta. Tako lahko standardizacijo povežemo z naslednjo strategijo sočasnega inženiringa, in sicer z integracijo.

Integracija sloni predvsem na uvajanju informacijsko komunikacijskih tehnologij, ki omogočajo stalen, hiter in učinkovit prenos informacij vsem udeležencem projekta sočasnega razvoja izdelka. Informacijska in komunikacijska podpora sočasnemu inženiringu se lahko izvede z razpoložljivimi komercialnimi orodji (MS Project server, MS SharePoint) v okviru projektnega informacijskega sistema in s povezavo na obstoječi poslovni informacijski sistem podjetja.

#### 4. Rezultati raziskave uvajanja sočasnega inženiringa v slovenska podjetja

Večletna raziskava uvajanja sočasnega inženiringa je bila izvedena v 10 slovenskih podjetjih in zajema 20 različnih kategorij (vrst) izdelkov (Preglednica 1).

| Vrsta izdelka      | Število izdelkov |
|--------------------|------------------|
| unikatni izdelek   | 6                |
| replika izdelka    | 4                |
| prototipni izdelek | 4                |
| prototipni izdelek | 1                |
| serijski izdelek   | 5                |
| skupaj:            | 20               |

**Preglednica 1:** Razvrstitev izdelkov po kategorijah

V vseh podjetjih smo se lotili uvajanja sočasnega inženiringa v skladu s konceptom, ki je prikazan na sliki 1. Zaposlenim smo pogosto najprej morali posredovati znanja iz vodenja projektov in timskega dela ter se šele nato lotiti sočasnega inženiringa. Tako smo v podjetjih najprej naredili načrt projekta po »klasičnem postopku« tako, da smo v večini primerov izvedli izobraževanje za projektno vodenje ter z razpoložljivimi orodji projektnega vodenja popisali obstoječi način izvedbe projektov. Za izdelavo načrta projekta smo uporabili programsko orodje MS Project, v katerem smo za potrebe podjetja pripravili ustrezno predlogo za načrtovanje in spremljanje prihodnjih projektov.

Obravnavani projekti razvoja izdelkov so bili večinoma večletni, zato je bil podatek o neskladnostih ocenjen s strani ekspertov v podjetju, in sicer na osnovi analiz zaključenih predhodnih podobnih projektov. Za neskladnosti smo šteli vse napake, ki so se pojavile v kasnejših stopnjah razvoja (ali celo pri kupcu) in jih je potrebno odpraviti, s tem, da se je moral proces vrniti v predhodne stopnje razvoja. Na primer, če se je v pri verifikaciji ali proizvodnji pokazala potreba po spremembi v zasnovi, ali konstrukcij, je bilo potrebno proces vrniti v fazo konstruiranja, napraviti potrebno spremembo in ponoviti vse potrebne nadaljnje procese.

Po izvedenem usposabljanju za sočasni inženiring, smo predhodno načrtovane projekte po klasičnem pristopu, privzeli za načrtovanje vzorčnega primera sočasno vodenega projekta razvoja izdelka. Potek načrtovanja je bil naslednji:

- Na osnovi WBS projekta so bile definirane stopnje in zanke sočasnega inženiringa.
- Korigiran je bil mrežni diagram projekta, v katerem smo vgradili čim večje, tehnično še možno, prekrivanje aktivnosti in stopenj.
- Na osnovi metode izračuna stopnje sodelovanja med udeleženci projekta (Rihar, 12; Rihar, 14) je bil dokončno oblikovan projektni tim in delovni timi zank.
- Za vsako prekrivanje aktivnosti z drugimi aktivnostmi so bile definirane informacije, ki so bile potrebne za začetno in končno točko prekrivanja in informacije, ki jih izmenjujejo izvajalci aktivnosti zanke v času, ko so le te v prekrivanju. Na osnovi teh informacij se lahko izdelava komunikacijski načrt v enem izmed programskih orodij (npr. MS Project server, MS SharePoint).

Zaradi vključevanja strategij sočasnega inženiringa se bistveno zmanjša čas trajanja aktivnost in število ugotovljenih neskladnosti. Posledično se znižajo tudi stroški projekta, vendar raziskava ni zajemala ugotavljanja prihrankov pri stroških. Podrobneje so rezultati raziskave prikazani v preglednici 2.

Ker so bili v raziskavi obravnavani različni tipi izdelkov, so zanimivi povprečni prihranki in zmanjšanje neskladnosti po različnih tipih izdelkov, kar prikazuje preglednica 3.

Kot je razvidno iz preglednice 3, so največji prihranki pri prototipnem promocijskem izdelku, sledi skupina izdelkov, ki so si podobni: prototipni, unikatni in replika. Najmanjši prihranki pa so pri serijskih izdelkih, saj so zaradi pritiska kupcem časi razvoja kratki že sedaj.

Pri neskladnostih se ugotavlja največje zmanjšanje pri replikah, sledijo prototipni, unikatni in prototipni promocijski izdelki. Na zadnjem mestu je ponovno serijski izdelek, kar pomeni, da se pri serijskem izdelku pred pričetkom serije zelo podrobno razdeli tako konstrukcijska

| Tip izdelka        | Projekt   | Klasični pristop |                   | Sočasni inženiring |                  | Razlika [%] |              |
|--------------------|-----------|------------------|-------------------|--------------------|------------------|-------------|--------------|
|                    |           | čas [Dd]         | št. neskladnosti* | čas [Dd]           | št. neskladnosti | čas         | neskladnosti |
| unikatni izdelek   | Projekt 1 | 787              | 87                | 568                | 52               | 27,83       | 40,23        |
|                    | Projekt 2 | 531              | 103               | 482                | 56               | 9,23        | 45,63        |
|                    | Projekt 3 | 918              | 197               | 588                | 76               | 35,95       | 61,42        |
|                    | Projekt 4 | 351              | 129               | 248                | 79               | 29,34       | 38,76        |
|                    | Projekt 5 | 773              | 87                | 568                | 52               | 26,52       | 40,23        |
|                    | Projekt 6 | 762              | 142               | 472                | 91               | 38,06       | 35,92        |
| replika izdelka    | Projekt 1 | 578              | 32                | 464                | 11               | 19,72       | 65,63        |
|                    | Projekt 2 | 570              | 19                | 460                | 7                | 19,30       | 63,16        |
|                    | Projekt 3 | 758              | 52                | 644                | 29               | 15,04       | 44,23        |
|                    | Projekt 4 | 270              | 19                | 189                | 7                | 30,00       | 63,16        |
| prototipni izdelek | Projekt 1 | 652              | 66                | 489                | 43               | 25,00       | 34,85        |
|                    | Projekt 2 | 876              | 84                | 560                | 36               | 36,07       | 57,14        |
|                    | Projekt 3 | 628              | 93                | 485                | 39               | 22,77       | 58,06        |
|                    | Projekt 4 | 369              | 56                | 258                | 31               | 30,08       | 44,64        |
| za promocijo       | Projekt 1 | 78*              | 41                | 44                 | 26               | 43,59       | 36,59        |
| serijski izdelek   | Projekt 1 | 846              | 30                | 717                | 11               | 15,25       | 63,33        |
|                    | Projekt 2 | 283              | 24                | 233                | 13               | 17,67       | 45,83        |
|                    | Projekt 3 | 590              | 37                | 482                | 29               | 18,31       | 21,62        |
|                    | Projekt 4 | 887              | 34                | 774                | 21               | 12,74       | 38,24        |
|                    | Projekt 5 | 459              | 26                | 357                | 18               | 22,22       | 30,77        |

\*navedene so bile ocene glede na predhodno izvedene podobne projekte

### **Preglednica 2:** Rezultati raziskave uvedbe sočasnega inženiringa v slovenska podjetja

zasnova izdelka kot tudi potrebna tehnologija. Zato se morebitne neskladnosti odpravijo med samim procesom razvoja izdelka.

Omenjena raziskava ni zajemala problematike stroškov, ker je se v podjetjih to področje smatra kot poslovna skrivnost, vendar že sama ugotovitev, da se lahko bistveno skrajša čas trajanja projekta in da se sproti odpravljajo neskladnosti (in ne šele ob koncu projekta) kaže na to, da je predlagani koncept tudi stroškovno učinkovit. Torej je na koncu zadovoljen tako proizvajalec kot tudi kupec.

| Tip izdelka            | Povprečni prihranek pri času [%] | Povprečno zmanjšanje neskladnosti [%] |
|------------------------|----------------------------------|---------------------------------------|
| unikatni izdelek       | 27,82                            | 43,70                                 |
| replika izdelka        | 21,02                            | 59,04                                 |
| prototipni izdelek     | 28,48                            | 48,67                                 |
| prototipni promocijski | 43,59                            | 36,59                                 |
| serijski izdelek       | 17,24                            | 39,96                                 |

**Preglednica 3:** Povprečni prihranki pri času trajanja projekta in številu ugotovljenih neskladnosti

## 5. Zaključek

Uvedba projektnega vodenja razširjenega z elementi sočasnega inženiringa v podjetja, ki se ukvarjajo z razvojem novih izdelkov, predstavlja novo poslovno strategijo, ki

takšnim podjetjem omogoča konkurenčno prednost na trgu. Seveda pa uvedba takšnega načina vodenja projekta zahteva znanja in veščine z različnih področij, predvsem s področja vodenja projektov, timskega dela in sočasnega inženiringa.

Na osnovi večletnih raziskav o možnostih uvedbe sočasnega inženiringa v podjetje se je izoblikoval splošen postopek, ki omogoča podjetjem, da to poslovno strategijo implementirajo kot način izvedbe poslovnega procesa razvoja izdelkov. Predlagani postopek je bil preizkušen v več slovenskih podjetjih, na projektih razvoja različnih tipov izdelkov. Za uspešno uvedbo sočasnega inženiringa v podjetje je najpomembnejša odločitev vodstva, da je ta način razvoja izdelkov nujen, če želi podjetje vzdržati tekmo s konkurenco.

Raziskava, ki je predstavljena v tem članku, se nanaša na preizkus predlaganega modela uvedbe sočasnega inženiringa v podjetja v 10 slovenskih podjetjih, in sicer na 20 različnih tipov izdelkov. Najpomembnejši rezultat raziskave je ugotovitev, da se lahko čas trajanja projekta razvoja izdelka skrajša do 45 %, število neskladnosti pa do 65 %. Seveda so to rezultati, ki temeljijo na trenutnem stanju informacijske in komunikacijske podpore projektnemu vodenju in še posebej sočasnemu inženiringu. Drug pomemben element, ki lahko močno poveča učinkovitost tega sistema je pripravljenost in znanje timskega dela. Na tem področju je v podjetjih še zelo velika rezerva, ki jo velja v prihodnosti izkoristiti.

Nadaljnje raziskave bodo usmerjene predvsem v smeri uporabe metod za prepoznavanje osebnostnih lastnosti

članov timov, oblikovanja najprimernejše sestave timov in v povečevanja učinkovitosti timskega dela ter vključevanja mehkih veščin in motivacije udeležencev na takšnih projektih. Za podporo takšnim projektom bo pomembna tudi izgradnja informacijske in komunikacijske infrastrukture kot dela (modula) obstoječega poslovnega informacijskega sistema.

## Zahvala

Raziskava je bila izvedena v okviru programske skupine P2-0270 in sofinancirana s strani Ministrstva za izobraževanje, znanost in šport (pogodba številka 1000-15-0510). Zahvala gre tudi sodelujočim podjetjem, ki so omogočila izvedbo raziskave.

## Viri in literatura

Addo-Tenkorang, R. (2011). *Concurrent engineering (CE): A review literature report. Proceedings of the World congress on engineering and computer science, volume II, San Francisco, USA*

APQP – Advanced product Quality Planning and Control plan (1995). *Reference Manual, Chrysler Corporation, Ford Motor Company and General Motors Corporation*

Ding-Bang L.; Zao-Tsung K.O.; Chia-Hsiang M. (2009). *A Dynamic Planning Approach for New Product Development. Concurrent Engineering Research and Applications, letnik 17, številka 1, str. 43–59.*

Herder, P.M.; Weijnen, M.P.C. (2000). *A concurrent engineering approach to chemical process design. International Journal of Production Economics, letnik 64, str. 311–318.*

Juarez, D.; Peydro, M.A.; Mengual, A.; Ferrandiz, S. (2015). *A review of concurrent engineering. Annals of the University of Oradea, Fascicle of management and technological engineering, ISSUE #3, str. 94–97.*

Kušar, J.; Rihar, L.; Duhovnik, J.; Starbek, M. (2008) *Project management of product development. Strojniški vestnik, 2008, letnik 54, številka 9, str. 588–606.*

Kušar, J.; Rihar, L.; Berlec, T.; Starbek, M. (2010). *Project-driven concurrent product and processes development. V Fuerstner I. (urednik), Products and services from R/D to final solutions, Sciyo, Rijeka, str. 93–110.*

Kušar, J.; Login, I.; Rihar, L.; Starbek, M. (2011). *Timsko delo in sočasno osvajanje izdelkov. Projektna mreža Slovenije: revija Slovenskega združenja za projektni management, letnik 9, številka 2, str. 4–15, 54.*

Kušar, J.; Rihar, L.; Duhovnik, J.; Starbek, M. (2014). *Concurrent realisation and quality assurance of products in the automotive industry. Concurrent engineering: research and applications, jun. 2014, vol. 22, no. 2, str. 162–171.*

PMBOK Guide (2017), *A guide to the project management body of knowledge, 6th ed., Project Management Institute, inc., Newtown Square, Pennsylvania, USA.*

Prasad B. (1996). *Concurrent Engineering Fundamentals, Volume 1, Integrated Product and Proces Organization, New Jersey, Printice Hall PTR, USA.*

Rihar, L.; Kušar, J.; Duhovnik, J.; Starbek, M. (2010). *Teamwork as a precondition for simultaneous product realization. Concurrent engineering : research and applications, letnik 18, številka 4, str. 261–273.*

Rihar, L.; Kušar, J.; Gorenc, S.; Starbek, M. (2012). *Teamwork in the simultaneous product realisation. Strojniški vestnik, letnik 58, številka 9, str. 534–544.*

Rihar L. (2014). *Generalizirani model sočasnega osvajanja izdelka. Doktorsko delo. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo, Ljubljana, Slovenija.*

Rihar, L.; Kušar, J. (2016). *Timsko delo pogoj za sočasno usvajanje izdelka. Projektna mreža Slovenije : revija Slovenskega združenja za projektni management, letnik. 19, številka. 1, str. 25–38, 56.*

Rehar T.; Ogrizek B.; Leber M.; Pisknik A.; Buchmeister B. (2017). *Product forecasting using systems indicators. International journal of simulation modelling, letnik 16, številka 1, str. 45–57.*

Winner, R.I.; Pennell, J.P.; Bertrand, H.E.; Slusarezuk, M.M.G. (1988). *The role of concurrent engineering in weapon systems acquisition. Institute for Defense Analysis, IDA Report R-338, Alexandria, VA, USA.*

Wu G.D. (2014). *Projected-based supply chain cooperative incentive based on reciprocity preference, International journal of simulation modelling, letnik 13, številka 1, str. 102–115.*

Yassine, A.; Braha, D. (2003). *Four complex problems in concurrent engineering and the design structure matrix method. Concurrent Engineering Research and Applications, letnik 11, številka 3, str. 165–176.*

## Podatki o avtorjih



**Dr. Lidija Rihar** je na Fakulteti za strojništvo v Ljubljani asistentka za področje proizvodnih sistemov. Leta 2014 je na Fakulteti za strojništvo v Ljubljani doktorirala na področju sočasnega inženiringa pri osvajanju izdelkov. Do leta 2005 je bila zaposlena v Zavarovalnici Triglav in v podjetju Litostroj EI kot organizatorica dela v pisarni projektnega vodenja. Poleg raziskovalnega dela skrbi predvsem za prenos znanja in strokovno podporo pri uvedbi projektnega vodenja in sočasnega inženiringa v podjetja. Objavila je 10 znanstvenih člankov, s svojimi prispevki je sodelovala tudi na več strokovnih in znanstvenih srečanjih.

**Dr. Janez Kušar** je izredni profesor za področje proizvodnih sistemov na Fakulteti za strojništvo v Ljubljani. Njegovo znanstveno delo zajema področje proizvodnih sistemov, načrtovanja in vodenja proizvodnje ter projektnega vodenja. Bil je mentor več diplomantom in magistrantom ter somentor enemu doktorantu. V znanstvenih revijah je objavil več kot 35 izvirnih znanstvenih člankov ter večje število strokovnih prispevkov. Sodeluje pri raziskovalnih in industrijskih projektih na področju proizvodnih sistemov, proizvodne logistike, načrtovanja in vodenja proizvodnje ter projektnega vodenja in sočasnega inženiringa.

