Upravljanje složenim projektima korištenjem alata vitkog upravljanja

Sedlar, Tomislav

Professional thesis / Završni specijalistički

2020

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:235:948160

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-28**

Repository / Repozitorij:

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







SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

ZAVRŠNI RAD

Tomislav Sedlar

Zagreb, 2020.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

ZAVRŠNI RAD

Mentor: Student:

Prof. dr. sc. Nedeljko Štefanić, dipl. ing. Tomislav Sedlar, dipl. ing.

Zagreb, 2020.

PODACI ZA BIBLIOGRAFSKU KARTICU

UDK:	658.5
Ključne riječi:	Lean, poboljšanje, alati, gubici, standardizacija, kvaliteta, upravljanje projektima
Znanstveno područje:	Tehničke znanosti
Znanstveno polje:	Strojarstvo
Institucija gdje je rad izrađen:	Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb
Mentor rada:	Prof. dr. sc. Nedeljko Štefanić
Broj stranica:	VII, rad 94
Broj slika:	23
Broj tablica:	12
Broj korištenih bibliografskih jedinica:	65
Datum obrane:	
Povjerenstvo:	Doc. dr. sc. Miro Hegedić Prof. dr. sc. Nedeljko Štefanić Izv. prof. dr. sc. Mladen Nikšić, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti.
Institucija u kojoj je rad pohranjen:	Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb

Izjavljujem da sam ovaj rad izradio samostalno koristeći znanja stečena tijekom studija i navedenu literaturu.

Zahvaljujem se mentoru Prof. dr. sc. Nedeljku Štefaniću na motivaciji i korisnim diskusijama tijekom studiranja. Također se zahvaljujem kolegama iz organizacijske jedinice Inženjering i projektiranje, tvrtke STSI d.o.o. na ustupljenim materijalima, te korisnim razgovorima vezanim uz različite mogućnosti poboljšanja kod projektiranja industrijskih građevina.

Također se želim zahvaliti tvrtki INA – Industrija nafte d.d. Zagreb koja je financijski i logistički podržala izradu ovog rada, a osobito kolegama iz organizacijske jedinice Upravljanja investicijama koji su me nadahnuli svojom upornošću i predanošću u vođenju dugotrajnih i složenih projekata.

Na kraju bih se zahvalio svojoj obitelji, mojim najvažnijim suputnicima Emi, Pavelu i Nataši. Bez njih ovo putovanje ne bi imalo smisla.

Tomislav Sedlar

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet strojarstva i brodogradnje
Poslijediplomski specijalistički studij
Smjer Industrijsko inženjerstvo i menadžment

Zagreb, 03.10. 2019.

Zadatak za završni rad

Kandidat: TOMISLAV SEDLAR , dipl.ing.

Naslov zadatka: **UPRAVLJANJE SLOŽENIM PROJEKTIMA KORIŠTENJEM ALATA VITKOG UPRAVLJANJE**

MANAGING OF COMPLEX PROJECTS APPLYING LEAN MANAGEMENT TOOLS

Sadržaj zadatka:
Investicijski projekti u procesnoj industriji spadaju među najzahtjevnije vrsta projekata po pitanju organizacije, inženjerstva, ekonomije, zaštite zdravlja, okoliša i sigurnosti. Sve veći zahtjevi po pitanju optimizacije vremena trajanja projekta te sve oštriji zahtjevi u pogledu kvalitete stavljaju pred sve sudionike projekta imperativ efikasnog upravljanja.

U usporedbi s drugim industrijskim granama, građevinski sektor pokazuje niski stupanj efikasnosti provedbe složenih investicijskih projekata te je potrebno je primijeniti metode industrijskog inženjerstva i menadžmenta kako bi se prepoznali i uklonili gubitci koji se pojavljuju pri organizaciji i provedbi projekta.

Primjena različitih strategija, tehnologija i organizacijskih modela predstavljaju izazov za tradicionalne poslovne procese koji prolaze kroz radikalne promjene čime se postižu bolji poslovni rezultati.

Vitko (Lean) upravljanje, iako se vrlo uspješno primjenjuje u proizvodnim i uslužnim industrijskim granama, u procesima gradnje a naročito u projektiranju, koje je temelj za bilo kakve investicijske aktivnosti, ne koristi se u dovoljnoj mjeri.

U radu je potrebno provesti analizu dostupne literature iz predmetnog područja kako bi se prepoznali alati vitkog menadžmenta kojima bi se povećala efikasnost upravljanja složenim investicijskim projektima u procesnoj industriji. Na primjeru jednog investicijskog projekta potrebno je primijeniti suvremene metode projektnog menadžmenta, analizirati gubitke, predložiti načine njihovog uklanjanja te razviti sustav praćenja efikasnosti projekta.

Zadatak zadan: 03.10. 2019.

Rad predan:

Mentor	Predsjednik Odbora za poslijediplomske studije	Voditelj Poslijediplomskog specijalističkog studija
Prof.dr.sc. Nedeljko Štefanić	Izv. prof. dr. sc. Andrej Jokić	Prof. dr.sc. Božidar Matijević

SADRŽAJ

SADRŽAJ II
POPIS SLIKA IV
POPIS TABLICA V
POPIS OZNAKA VI
SAŽETAK VII
SUMMARY VIII
1. UVOD 1
2. OSNOVNE POSTAVKE PROJEKTNOG MENADŽMENTA 5
2.1. Pojmovno određenje projekta 5
2.2. Investicijski projekti 7
2.3. Karakteristike investicijskih projekta 9
2.3.1. Složenost investicijskih projekata 9
2.3.2. Dugotrajnost investicijskih projekata 10
2.3.3. Dugoročnost angažmana sredstava 11
2.3.4. Rizik 11
2.4. Faze projekta 13
2.5. Uspjeh projekta 17
2.6. Mjerenje uspjeha 22
3. LEAN SUSTAV UPRAVLJANJA 27
3.1. Vitka proizvodnja 27
3.2. Razvoj Lean sustava 28
3.3. Temeljni principi Lean sustava upravljanja 29
3.3.1. Vrijednosti 31
3.3.2. Lanac (dodavanja) vrijednosti 32
3.3.3. Ujednačenost i kontinuiranost toka proizvodnje 33
3.3.4. Povlačenje proizvodnje- Pull 33
3.3.5. Težnja za savršenstvom 34
3.4. Sedam gubitaka Lean proizvodnje 35
3.5. Alati Lean managementa 40
3.5.1. Kaizen 40
3.5.2. Mapiranje toka vrijednosti 43
3.5.3. Isporuka JIT 44
3.5.4. 5S 48
3.5.5. Sprečavanje grešaka 51
3.5.6. Vizualizacija radnog mjesta 52
3.5.7. Pull sustav 55
3.6. Promjena temeljem Lean načela 55
4. PRIMJENA LEAN UPRAVLJANJA U INVESTICIJSKIM PROJEKTIMA 58
4.1. Lean projektiranje 60
4.2. Lean nabava 63
4.3. Lean građenje 65

5. PROCJENA MOGUĆNOSTI POBOLJŠANJA PROVEDBE INVESTICIJSKIH PROJEKATA PRIMJENOM LEAN METODOLOGIJE 67
5.1. Prikupljanje i analiza podataka o uočenim gubicima 68
5.2. Poboljšanja u fazi definicije projekta 78
5.3. Ograničenja i preporuke 84
6. ZAKLJUČAK 86
7. LITERATURA 88
ŽIVOTOPIS 93
BIOGRAPHY 94

POPIS SLIKA

Slika 1. Obrazac promjena u skladu sa zahtjevima kupca, prilagođeno [1] 1
Slika 2. Promjena produktivnosti rada izražena po vrijednosti koju stvara radnik u različitim segmentima poslovanja [5] 2
Slika 3. Usporedba aktivnosti u lancu vrijednosti za područje građenja i proizvodnje *Value-added activity – VA, Non-value-added activity -NVA, Waste Activity - WA* [6] 3
Slika 4. Složenost projekta [20] 10
Slika 5. Životni ciklus projekta sa naznačenim fazama i kontrolnim točkama procjene (prilagođeno) [23] 16
Slika 6. Podjela projektnog uspjeha [24]. 19
Slika 7. Udio projekata koji se suočavaju s prekoračenjima troškova i planiranog vremena na uzorku od 365 promatranih projekata prema istraživanju Ernst & Young Global Limited, 2014 [37] 21
Slika 8. Ključni pokazatelji izvršenja [35] 25
Slika 9. Kreiranje cijene proizvoda, usporedba tradicionalne i lean metodologije [11] 27
Slika 10. Pet načela vitkog upravljanja [8] 31
Slika 11. Tri osnovne skupine aktivnosti koje se događaju u određenom toku vrijednosti [8] 33
Slika 12. Push i pull princip proizvodnje (autor) 34
Slika 13. 7+1 gubitaka Lean proizvodnje 40
Slika 14. 5S +1 koncept 49
Slika 15. Odnosi vizualnoga menadžmenta [63] 53
Slika 16. Lean sistem izvedbe projekta, prilagođeno [42] 58
Slika 17. MacLeamy-Tibett krivulja [43], [58] 62
Slika 18. Integracija različitih sudionika u gradnji [62] 65
Slika 19. Prikaz uzroka lošeg izvršenja projekta sa najvećim intenzitetom 72
Slika 20. Pareto dijagram, prikaz gubitaka u investicijskim projektima 78
Slika 21. Dio industrijske građevine prikazan u oblaku točaka poslije provedenog terestričkog laserskog skeniranja – reverzno projektiranje 81
Slika 22. Dio industrijske građevine nakon modeliranja postojećeg stanja sa prikazom spoja novo projektiranih instalacija – označeno crvenom bojom 82
Slika 23. Grafički prikaz odnosa vremena i troškova za tradicionalnu i lasersku izmjeru za dio industrijske građevine 83

POPIS TABLICA

Tablica 1. Tri osnovne faze životnog ciklusa projekta [11] 14
Tablica 2. Odnos uspješnih, neuspješnih i projekata s poteškoćama [9] 21
Tablica 3. Neki pokazatelji izvršenja u implementaciji investicijskih projekata (* zaostajuće mjere s mogućnošću mjerenja na kraju podprocesa) [9] 25
Tablica 4. Razlike tradicionalne i JIT proizvodnje [60] 48
Tablica 5. Uzroci lošeg izvršenja projekta 69
Tablica 6. Rezultati provedenog ocjenjivanja o uzrocima lošeg izvršenja projekta 71
Tablica 7. Sedam vrsta gubitaka temeljena na *Lean* metodologiji 72
Tablica 8. Odstupanja od ugovorenih parametara na primjeru tri investicijska projekta u fazi implementacije (vrijednosti bez uračunatog troška izmakle dobiti za naručitelja) 74
Tablica 9. Dominantni gubici u prema provedenom istraživanju na primjeru tri reprezentativna investicijska projekta 75
Tablica 10. Rangiranje uzroka rasipanja u investicijskim projektima temeljem *lean* metodologije prema veličini frekvencije 77
Tablica 11. Pokazatelji početnog i planiranog stanja nakon primjene 3D modeliranja uz prethodno lasersko snimanje postojećeg stanja industrijske građevine 79
Tablica 12. Usporedni odnosi procesne metrike vremena i troškova za dvije metode reverznog inženjeringa za dio industrijske građevine 83

POPIS OZNAKA

Oznaka	**Opis**
BAT	*Best Available Techniques*, Najbolje raspoložive tehnologije
BED	*Basic Engineering Design*
BIM	*Building Information Management*
CAPEX	*Capital expenditures*, Ulaganja u osnovna sredstva
EPC	*Engineering Procurement Construction*
FEED	*Front End Engineering Design*
IPMA	*International Project Management Association*
ISO	*International Organization for Standardization*
JIT	*Just in time*
KPI	*Key Performance Indicator*
LPDS	*Lean Project Delivery System*
MBNQA	*Malcolm Baldridge Naional Quality Award*
NVA	*Non-value-added activity,* Aktivnosti koje ne dodaju vrijednost proizvodu
OPEX	*Operating Expenditures, Operativni troškovi*
PDCA	*Plan-Do-Control-Act*
PMBOK	*Project Management Body of Knowledge*
RII	*Relative Importance Indeks*
TPS	*Toyota Production System*
TQM	*Total Quality Management,* Potpuno upravljanje kvalitetom

SAŽETAK

Ovaj rad opisuje mogućnosti primjene *Lean* alata u gradnji industrijskih građevina. Iako su tradicionalni poslovni procesi doživjeli izrazite promjene kroz promjenu strategije, procesa, tehnologije, organizacije i kulture, te kroz radikalan redizajn postižu dramatične promjene u performansama, investicijski projekti, pretežno svedeni na građevinske projekte u dovoljnoj mjeri ne reduciraju gubitke ili rasipanja u procesu realizacije projekta. Prikupljeni podaci o rasipanjima u investicijskim projektima ukazuju da su pripremne faze projekta svedene na aktivnosti izrade projektnog zadatka i izrade projektne dokumentacije najvećim djelom uzročnici grešaka i kašnjenja u fazi implementacije. U okviru ovog rada prikazane su mogućnosti poboljšanja negativnih pokazatelja izvršenja, upotrebom suvremenih tehnika projektiranja sa alatima za trodimenzionalno snimanje i modeliranje postojećeg stanja industrijske građevine. U radu su istaknute tehnologije koje izvorno nisu razvijane kao *Lean* alati međutim u primjeni stvaraju jako kolaboracijsko oruđe koje pridonosi uspjehu projekta te u potpunosti slijede *Lean* načela kontinuiranog smanjenja gubitaka, odnosno redukcije svih onih aktivnosti koje ne doprinose uspješnom poslovanju, a time ni ne dodaju vrijednost proizvodu ili usluzi.

Ključne riječi: Lean, poboljšanje, alati, gubici, standardizacija, kvaliteta, upravljanje projektima

SUMMARY

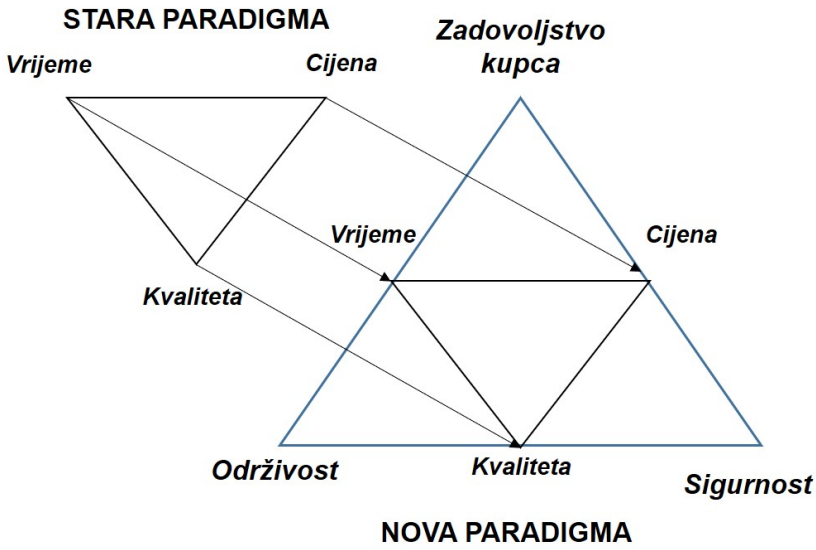
This work describes the possibilities of application of lean tools in the construction of industrial buildings. Although traditional business processes have gone through tremendous changes in strategy, process, technology, organization and culture and they achieve drastic changes in performance through radical redesign, investment projects, which mostly come down to construction projects, still do not sufficiently reduce the losses or waste created during the process of project realization. The collected data on waste in investment projects shows that preparatory stages of the project, which comprise the activities of creating the project task and the project documents, are the main cause of errors and delays in the implementation stage. This work presents the possibilities of improving negative performance indicators by using modern design techniques with tools for 3D recording and modeling of the state of the industrial building. The work highlights the technologies which were not originally developed as lean tools, but are in practice strong collaborative tools which contribute to the success of the project and entirely follow the lean principle of continued reduction of losses, which means the reduction of all activities that do not contribute to business success and do not add value to the product or service.

Keywords: lean, improvement, tools, losses, standardization, quality, project management

1. UVOD

Jedna od najvažnijih karakteristika današnjeg gospodarstva je potreba za kontinuiranom adaptacijom poslovnih sustava s ciljem djelotvorne proizvodnje dobara i usluga uz stalno zadovoljstvo kupaca ili korisnika, ali i svih dionika koji čine sustav. Takvi su sustavi istodobno usmjereni i na ekološku održivost i socijalnu uravnoteženost.

Svaki projekt je definiran ciljem/ciljevima koji se planiraju ostvariti unutar određenog vremena i odobrenih troškova. Upravljanje projektima podrazumijeva balansiranje resursima kako bi se željeni cilj ostvario u zadanom vremenu i bez prekoračenja dozvoljenih troškova, ali uvijek sa imperativom zadovoljenja potrebe kupca.



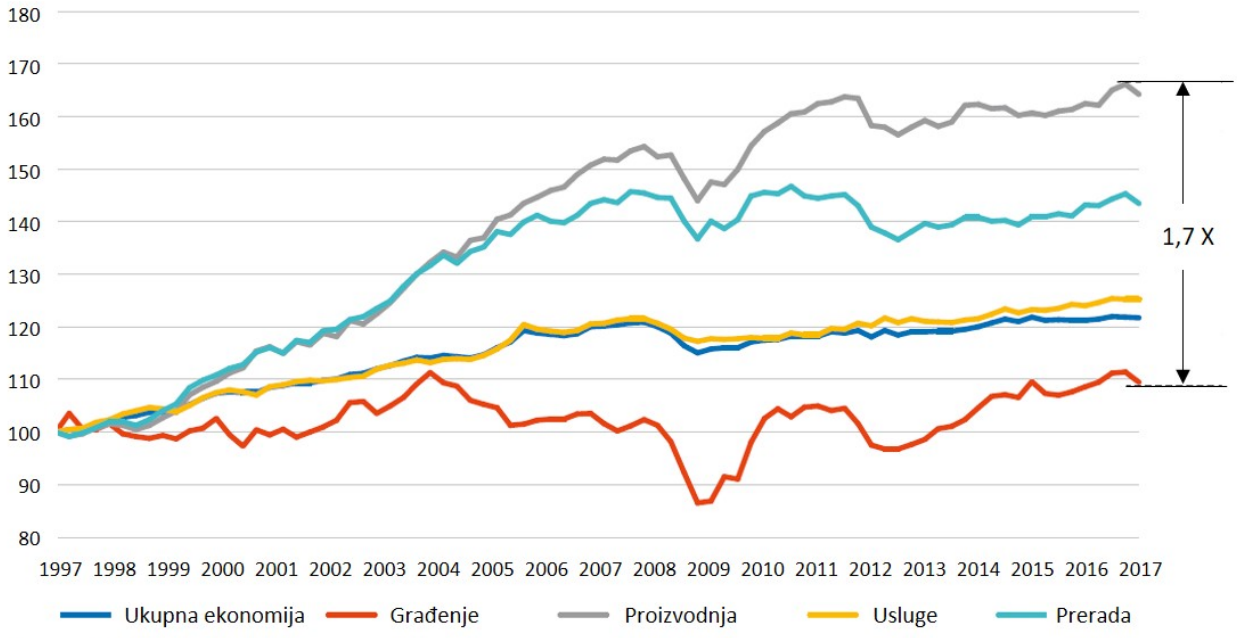
Slika 1. Obrazac promjena u skladu sa zahtjevima kupca, prilagođeno [1]

Postoje i u primjeni su različite definicije pojma „projekt“. Jednu od takvih definicija određuje međunarodni standard ISO 10006, *„Quality in Project Management“* [2] : Projekt je unikatni proces koji se sastoji od skupa koordiniranih i kontroliranih aktivnosti s početkom i krajem, poduzet da postigne cilj u skladu sa specifičnim zahtjevima, uključujući ograničenja u vremenu, troškovima i resursima“ Za daljnje razmatranje bitno je naglasiti da je projekt privremen poduhvat kojom se stvara jedinstveni proizvod ili usluga na zahtjev naručitelja. Iako u različitim projektima mogu biti prisutni ponavljajući elementi, to ne mijenja svojstvo jedinstvenosti projekta [3].

Jedan od kontinuiranih problema kod projekata je spoznaja o lošoj provedbi i nepostizanju početno planiranih ciljeva, posebno vezano uz rokove i troškove projekta. Brojni izvori (Svjetska banka, Standish Group, Pricewater Cuppers (PWC), Independent Project Analysts , KPMG, itd.) potvrđuju da u provedbi projekata postoje značajni problemi, pri čemu PWC tvrdi da čak 86 % projekata na neki način ne postiže neki od ciljeva vezan uz proračun, plan, sadržaj, kvalitetu i koristi [4]

S obzirom da je izgradnja industrijskih građevina i postrojenja po svim pokazateljima kompleksnija od izgradnje građevinskih objekata za očekivati je da su rezultati svedeni na izgradnju procesnih postrojenja još poražavajući.

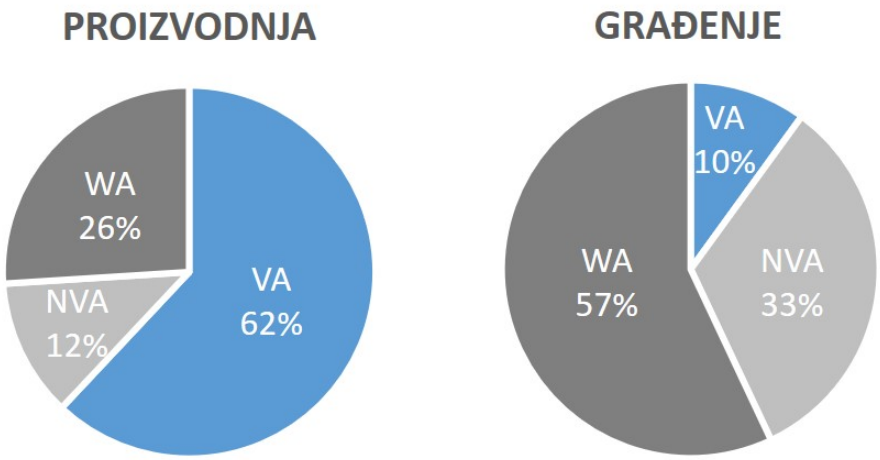
Produktivnost u djelatnosti instalacije i građenja ne prati produktivnost postignutu u ostalim industrijskim granama. Razloge možemo pronaći u segmentiranom i nedovoljno povezanom procesu planiranja, financiranja, projektiranja, inženjeringa, nabave, izgradnje i održavanja, velik broj raznovrsnih sudionika u realizaciji projekata, nedovoljna zastupljenost novih tehnologija, neodgovarajuća kvaliteta i osposobljenost radne snage, rad na otvorenom prostoru, podložnost promjenama, i dr.(slika 2)



Slika 2. Promjena produktivnosti rada izražena po vrijednosti koju stvara radnik u različitim segmentima poslovanja [5]

Dok se u sektoru proizvodnje općenito bilježi značajna povećanja kvalitete i učinkovitosti, većina projekata u izgradnji se još uvijek temelji na tradicionalnim postupcima, sa propustima u nabavnom lancu, s velikim udjelom grešaka i zastoja što dovodi do rasipanja

rada i materijala. Upravo segment građenja i montaže industrijskih građevina i postrojenja u realizaciji investicijski projekata, uz aktivnosti nabave i projektiranja predstavljaju generator značajnih troškova.



Slika 3. Usporedba aktivnosti u lancu vrijednosti za područje građenja i proizvodnje *Value-added activity – VA, Non-value-added activity -NVA, Waste Activity - WA* [6]

Svaka se djelatnost može promatrati kao proces koji ima ulaz (sirovinu, informacije) i izlaz (gotov proizvod, izvršena usluga, izmijenjena informacija). Svaki se proces, dakle, može promatrati kao lanac vrijednosti koji sačinjen od niza aktivnosti.

U procesima se obično javljaju tri tipa aktivnosti [7], [8]:

- Aktivnosti koje dodaju vrijednost proizvodu (eng. *Value-added activity - VA*) – predstavljaju direktan rad, odnosno transformiraju materijal, informaciju i klijente u oblike koji imaju povećanu vrijednost. Kupac ih je spreman platiti
- Aktivnosti koje ne dodaju vrijednost proizvodu (eng. *Non-value-added activity -NVA*) – su aktivnosti koje ne možemo eliminirati iz procesa jer mu osiguravaju kvalitetu ili ih moramo izvršiti zbog zakonskih regulativa. Takve aktivnosti kupac nevoljko plaća, a primjeri su kontrola kvalitete, mjerenja, pripremno-završna vremena strojeva itd.
- Aktivnosti koje predstavljaju čisti gubitak (eng. *Waste Activity - WA*) - su aktivnosti koje nastojimo u potpunosti eliminirati iz procesa jer troše resurse, kupac ih ne želi platiti, a ne dodaju apsolutno nikakvu vrijednost proizvodu. Prema *lean* konceptu postoji osam vrsta takvih aktivnosti: prekomjerna proizvodnja, transport, čekanje,

prekomjerna obrada, zalihe, nepotrebni pokreti, škart i nedovoljno iskorištenje potencijala zaposlenika.

Prepoznati karakter vrijednosti koju aktivnost u procesu posjeduje ključna je u kontroli efikasnosti procesa.

Tijekom posljednja dva desetljeća mnoštvo je industrija, većinom proizvodnja ali i građevinarstvo, slijedilo znanstvene pomake te je uvelo nove metode i tehnike upravljanjem projektima. Takvi su pothvati doveli do novih filozofija, poput *Concurrent Enginering/Construction, Lean Production/Construction, Total Quality Management, Total Quality Production* itd [9]

Tradicionalni poslovni procesi doživljavaju izrazite promjene kroz promjenu strategije, procesa, tehnologije, organizacije i kulture, te kroz radikalan redizajn postižu dramatične promjene u performansama. Investicijski projekti, pretežno svedeni na građevinske projekte u dovoljnoj mjeri ne reduciraju gubitke ili rasipanja u procesu realizacije projekta. U radu će se dati pregled mjera za uklanjanje i ublažavanje uzroka loših performansi investicijskih projekata u segmentima procesne industrije i energetskog sektora, navodeći međunarodno usvojene i implementirane prakse upravljanja projektima čiji su počeci mogu povezati sa oporavkom Japanske industrije pedesetih godina, gdje su teorije o kontinuiranom postizanju sve bolje kvalitete i važnosti kulturnog i holističkog konteksta prihvaćene kao pokretač promjena.

2. OSNOVNE POSTAVKE PROJEKTNOG MENADŽMENTA

2.1. Pojmovno određenje projekta

S obzirom da su investicijski projekti redovito vezani uz regulativu koja opisuje područje gradnje, potrebno je razlučiti pojam projekt u skladu sa uobičajenim nazivljem kako ga susrećemo u hrvatskom tehničkom jezičnom prostoru.

(a) Projekt se temeljem važeće regulative koja uređuje projektiranje, građenje, uporabu i održavanje građevine (građenjem nastalog i s tlom povezanog sklopa, koji je izveden od svrhovito povezanih građevnih proizvoda sa ili bez instalacija, sklopa s ugrađenim postrojenjem, samostalnog postrojenja povezano s tlom ili sklop nastao građenjem) definira kao tehnička dokumentacija kojima se daje tehničko rješenje građevine i dokazuje ispunjavanje temeljnih zahtjeva za građevinu odnosno razrađuje tehničko rješenje [10] (eng. *design*) i (b) poslovni poduhvat sa ciljno usmjerenim zadacima (eng. *project*). U ovom radu će se za (a) koristiti pojam projektna tehnička dokumentacija (dizajn)

Projekt označava sve one aktivnosti koje organizacija obavlja prema potrebi. Ovo određenje ukazuje na planirani i organizirani rad s ciljem postizanja cilja. Iako razni autori definiraju ovaj pojam na različite načine, što ukazuje na neujednačen pristup, definicije istovremeno nisu suprotstavljene jer se gotovo uvijek navode tri značajke vezane uz realizaciju projekta; vremenska, troškovna i ograničenja u kvaliteti, s dodatnom značajkom nakon realizacije, a to je zadovoljstvo i prihvaćanje projekta od strane kupca.

Potrebno je primijetiti razliku između pojmova projekt i proces. Projekt ima vremenski ograničeno trajanje, proizvodi jedinstveni output (rezultat projekta), i radni zadaci mu slijede funkcijsku filozofiju, dok poslovni proces ima vremenski neograničeno trajanje, proizvodi isti output i radni zadaci mu ne slijede funkcijsku filozofiju. Iako su po pitanju rada u timovima (projektnim, procesnim) pristupi vrlo slični, osnovnu razliku predstavlja vremenska dimenzija kao i sam priroda outputa te način podjele zadatka.

Izraz projekt dolazi od latinske riječi *projectum*, izvedene od riječi *projicire*, a što znači „bacati nešto naprijed“, pri čemu prefiks pro označava da nešto prethodi akciji„ a *jacere* označuje „baciti“ [11]

Ralph C. Davis naslanjajući se na postavke utemeljitelja suvremenog menadžmenta Henrija Fayola definira projekt kao bilo koji poduhvat koji ima konačne ciljeve sa specificiranim vrijednostima koje zadovoljavaju neku želju ili potrebu [12].

H. Fayol u svojoj knjizi, a da ne spominje vremensku dimenziju, definira projekt kao ne repetitivnu akciju koja je usmjerena prethodno definiranom cilju, ima posebne resurse, mjerljivi rezultat i provedbom nešto mijenja u organizaciji [13].

Vodeća svjetska organizacija za standardizaciju primjene projektnog menadžmenta Project Management Institute, u vodiču za projekti menadžment, *A Guide to the Project Mnagement Body of Knowledge*, definira projekt kao privremeno nastojanje da se stvori jedinstveni proizvod ili usluga [14].

Omazić i Baljkas [11] razmatraju problematiku definiranja pojma projekta (semantiku, neujednačenost, kontekst) te kreću u razmatranje pojma - rada. Navode da se tradicionalni rad u organizacijama dijelio na procese (radne operacije) i projekte. Procesi podrazumijevaju skup svakidašnjih aktivnosti koje kontinuirano i rutinirano transformiraju određene organizacijske ulaze u željene izlaze i, u svojoj biti, procesi se ponavljaju. Projekt je skup aktivnosti koje poduzeća ne obavljaju svakodnevno, već povremeno, i u svojoj biti oni su jedinstveni i privremeni. Drugim riječima projekt je niz aktivnosti poduzetih zbog stvaranja nečeg jedinstvenog.

Temeljem navedenih osnovnih razmatranja o projektu i definicija može se izdvojiti nekoliko opće prihvaćenih karakteristika projekta [11]

- privremeni pothvat koji ima početak i kraj
- rezultat je jedinstveni proizvod ili usluga
- jednokratni pothvat, s definiranim ciljem ili namjerom
- usmjeren k određenom, prethodno definiranom cilju
- ima vlastiti budžet
- sadrži utvrđeni raspored obavljanja aktivnosti, odnosno faze razvoja koje čine životni ciklus projekta
- prezentira sposobnost sponzora i projektnog menadžera
- utemeljuje težište na kvaliteti
- ima svoju strukturu
- transformira postojeće stanje u buduće, željeno

Za realizaciju razvoja svake poslovne organizacije projekti su od izrazitog značaja jer se putem njih savladava promjena između postojećeg i željenog stanja. Projekti su mogući u slijedećim poslovnim situacijama [15]:

- razvoj novog proizvoda ili usluge
- promjene u organizacijskoj kulturi
- usvajanje i razvoj novog ili modificiranog informacijskog sustava
- konstruiranja novog pogona ili tvornice
- uvođenja nove organizacijske kulture
- implementiranje nove poslovne procedure ili procesa

Svaki projekt je poseban, no po svojim obilježjima možemo ih grupirati. IPMA (*International Project Management Association*) definira četiri osnovne grupe [16]:

1. Investicijski projekti
2. Istraživačko-razvojni projekti
3. Organizacijski projekti
4. Informatički projekti

2.2. Investicijski projekti

Investiranje podrazumijeva dugoročna ulaganja različitih oblika imovine, najčešće u fiksnu, odnosno dugotrajnu imovinu, sa ciljem stjecanja zahtijevanih ekonomskih koristi tijekom određenog razdoblja koji se najčešće mjere povećanjem novčanim tokovima kao izrazima ekonomskih dohodaka [17].

Prema objektu ulaganja, investicije se najčešće dijele na financijske investicije koje podrazumijevaju ulaganje u financijsku imovinu, zatim realne investicije koje obuhvaćaju ulaganja u opipljivu, materijalnu imovinu i neopipljive investicije koje uključuju kupnju patenata, licenci, te ulaganju ljudske potencijale i slično. Predmet ovog rada su realne investicije koje se provode u obliku različitih investicijskih projekata [17].

S obzirom na brojne čimbenike koji karakteriziraju investicijske projekte i utječu na investicijske odluke, možemo govoriti o unikatnosti realnih investicija, ali iste ipak posjeduju određene značajke koje su zajedničke svim investicijskim projektima. Zajedničke značajke projekta ogledaju se u [18]:

1. Dugoročnim učincima koje se očekuje de će investicijski projekt polučiti
2. Značajnim ulaganjima u sadašnjosti čiji se efekti očekuju u budućnosti
3. Nepovratnosti investicijskih izdataka i riziku projekta

Dugoročni učinci investicijskih projekata ogledaju se u budućim učincima koji se očekuju da će nastupiti kao posljedica ulaganja prevedenih u sadašnjosti. Provođenjem realnih investicija društvo veže novčana sredstva u raznim oblicima fiksne imovine relativno niske likvidnosti. Niska likvidnost fiksne imovine proizlazi iz činjenice da se takvi oblici imovine mogu teško prodati bez gubitka novca, pogotovo u uvjetima intenzivnog tehnološkog napretka gdje se stalnim inovacijama i poboljšanjima skraćuje vijek kako opreme tako i imovine. Iz navedenog proizlazi da troškovi obustavljanja projekta mogu biti visoki i izrazito nepovoljni za poduzeće.

Jedna od temeljnih značajki investicijskih projekata je da se zahtijevana ulaganja provode u sadašnjosti, a učinci istih očekuju u bližoj ili daljnjoj budućnosti. Navedeni vremenski jaz utječe na efikasnost kako samog projekta teko i na efikasnost poslovanja poduzeća [17]

Investicijski projekti u proizvodnim / procesnim poduzećima najčešće obuhvaćaju slijedeće vrste projekata:

1. Povećanje količina - Projekti koji imaju za cilj modificirati već postojeće proizvodno postrojenje ili implementirati novo proizvodno postrojenje kako bi se povećala količina proizvodnje nekog proizvoda koji već jest u proizvodnom portfelju poduzeća.
2. Ulazak na nova tržišta - Projekti koji imaju za cilj modificirati već postojeće proizvodno postrojenje ili steći i implementirati novo proizvodno postrojenje koje bi omogućilo proizvodnju novog proizvoda ili usluge koji nije dio portfelja poduzeća.
3. Istraživanje i razvoj - Projekti koji imaju za cilj primjenu i/ili razvoj novih tehnologija.
4. Projekti unapređenja efikasnosti - Projekti koji generiraju povećani profit na osnovi smanjenja troškova i/ili povećanja prihoda uz provođenje aktivnosti koje doprinose efikasnijem korištenju postojećih procesa/tehnologija.
5. Projekti održivog poslovanja - Projekti nužni za nastavak poslovanja koji osiguravaju nastavak funkcioniranja/korištenja imovine smanjujući potencijalne rizike kvara i potrebe za zamjenom materijalne/ nematerijalne imovine (npr. remont postrojenja)
6. Projekti zaštite i projekti usklađivanja s mjerodavnim pravom - Projekti koji osiguravaju smanjenje rizika povezanih sa zaštitom zdravlja, sigurnošću i okolišem i/ili projekti koji osiguravaju usklađenost s mjerodavnim pravom.

Temelj uspješne realizacije investicijskih projekata leži u preciznom definiranju složenosti i strukturiranje projekata u ranim fazama životnog ciklusa projekta i njegova

kontinuirana kontrola kroz sve faze tog ciklusa. U praksi se dokazuje da je tradicionalni pristup, nedorečen u upravljanju projektnom složenošću

Posljednjih desetljeća primijećene su velike promjene kada su u pitanju načini implementacije složenih projekata svedenih na projekte izgradnje. Razlog tome je s jedne strane, neujednačenost ponude u smislu ograničenosti nabave specifične opreme, osobito one sa dugim vijekom dobave, a s druge strane primjetna je sve manja ponuda kvalificiranih stručnjaka u segmentima gradnje i projektiranja. Ove činjenice upućuju na nužnost izmjene načina poslovanja i adaptacije na nove uvjete.

2.3. Karakteristike investicijskih projekta

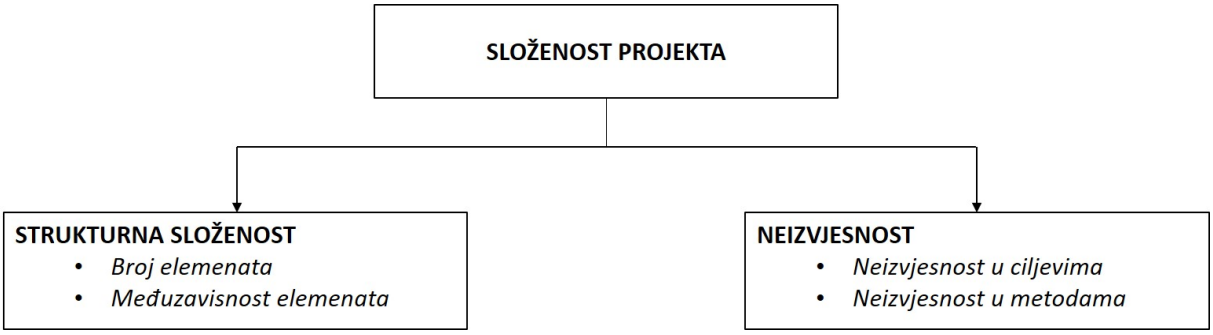
Osnovne karakteristike investiranja u složene industrijske građevine u segmentu dobivanja i prerade plina i nafte kao i u energetskom sektoru jesu [19]:

- Složenost investicijskih projekata
- Dugotrajnost investicijskih projekata
- Dugoročnost angažmana sredstava
- Rizik

2.3.1. Složenost investicijskih projekata

Složenost investicijskih projekata podrazumijeva više povezanih i međuovisnih faza koje uključuju investicijski proces koji počinje investicijskom idejom, nakon čega slijedi pokretanje investicijskog projekta. Poslije toga je potrebno provesti različite analize koje će dovesti do izbora i realizacije investicijske odluke. Proces koji slijedi je izgradnja građevine i puštanje građevine u pokusni rad i redovnu proizvodnju. Na kraju se provodi analiza efekata i efikasnosti postrojenja – industrijske građevine.

Složenost projekta je svojstvo koje otežava razumijevanje, predviđanje i kontrolu ukupnog ponašanja čak i u slučaju razumno potpune informacije u vezi sa projektnim sistemom. Pokretači složenosti su faktori u vezi sa veličinom, međuzavisnostima i projektnim kontekstom [20].



Slika 4. Složenost projekta [20]

Dva su opće usvojena koncepta složenosti projekta - prvi je koncept strukturne složenosti projekta (tehnološke i organizacijske) sa pridruženim diferencijacijama i međuovisnostima, koji su u direktnoj vezi sa složenošću projekta, i drugi koncept, koncept neodređenosti [20]

Složenost projekta očituje se u obilježjima, odnosno kompleksnosti objekata ili strukture objekata pojedinog projekta. Ista se može procijeniti u odnosu na tri ključna parametra:

1. Organizacijsku kompleksnost, odnosno količinu kadrova, poslovnih odijela te partnera i izvođača uključenih u projekt
2. Resursnu kompleksnost, koja je definirana količinom potrebnih resursa: financijskih, vremenskih, procesnih i dr.
3. Tehnička kompleksnost, koja se očituje u inovacijskim aktivnostima razvoja proizvoda ili usluge

Sva tri prethodno navedena parametra, utječu na ukupnu složenost projekta, a tima i na kompleksnost vođenja istog [21]

2.3.2. Dugotrajnost investicijskih projekata

Druga karakteristika, dugotrajnost, odnosi se na relativno dugo vrijeme potrebno od investicijske ideje do realizacije cijelog projekta. U sektoru proizvodnje nafte i plina kao i energetskom sektoru to je razdoblje izuzetno dugo budući da je riječ o velikim kapitalnim investicijama na određenom prostoru.

2.3.3. Dugoročnost angažmana sredstava

Pri investicijama u industrijske građevine najčešće se radi o vrlo velikim kapitalnim investicijama koje traže dugoročno angažiranje akumulacijskih sredstava, ali i ljudskih potencijala. U investicijskim projektima se redovito radi o ulaganju u materijalnu imovinu, čiji je karakter niska likvidnost.

2.3.4. Rizik

Iskustvo je pokazalo da se ovisno o rizičnosti projekta, očekivana dobit, prema svrsi projekta, može razlikovati i do 30%. To ukazuje na značaj procjene rizika projekta, što ima veliku ulogu već pri samom financijskom strukturiranju projekta. Osim toga, tijekom izvođenja investicijskog projekta nastup rizičnih događaja može imati presudnu ulogu na konačni uspjeh projekta.

Rizik se može definirati na puno načina. Jednostavna je definicija da je rizik kombinacija ograničenja i neizvjesnosti, ali kad se govori o investicijskim projektima prevladava mišljenje da je rizik stupanj podložnosti projekta vjerojatnim nepovoljnim događajima.

Rizik se često mjeri kroz vjerojatnost da će se pojaviti i učinak na projektne ciljeve ukoliko se pojavi (izloženost projekta tj. stupanj osjetljivosti koji je proporcionalan mogućoj šteti), te se iskazuje se kao umnožak ta dva faktora [44].

Rizik projekta je kumulativni efekt raznih mogućih pojava (događaja, uvjeta tj. situacija) koje bi mogle ozbiljno ugroziti ciljeve projekta. Rizike se može razmatrati posebno u svakoj fazi razvoja građevinskog projekta i u odnosu na sve sudionike projekta, ali se ne može zanemariti njihova povezanost i međusobni utjecaj. Rizici realizacije građevinskih projekata dobrim dijelom proizlaze iz njihovog definiranja, a slabije utječu na rizike pri uporabi građevine i njenom održavanju. Ulaganje u reduciranje rizika u ranijim fazama je dobra investicija jer u pravilu znači veću uštedu kasnije [45].

Izloženost projekta nekom riziku je iskazana kao veličina posljedice koje bi nastup rizičnog događaja mogao prouzročiti. U smislu posljedica rizik može [22]:

a) Utjecati na:

- vrijeme – kašnjenje projekta
- troškove projekta
- kvalitetu

b) Izazvati:

- štetu ili gubitak imovine
- povredu ili fatalni ishod kod ljudi
- onečišćenje okoliša

c) Djelovati na:

- resurse koji se troše na projektu
- dovršene dijelove ili cijelu građevinu
- organizaciju
- reputaciju

Kako je ranije naglašeno postoje različiti načini klasifikacije projekata, ali s obzirom na osjetljivost projekata, može se pojednostavljeno reći da osjetljivost projekta na rizik raste:

- Porastom složenosti; počevši od jednostavnih, preko složenih projekta, sve do programa ili portfelja koji se sastoje od skupina projekata
- Porastom tehnološke neizvjesnosti, počevši od jednostavne i provjerene tehnologije preko visoke pa sve do eksperimentalne tehnologije.

Prema ISO Guide 73 Upravljanje rizikom, upravljanje podrazumijeva usklađene aktivnosti s ciljem vođenja i nadzora [29]. Upravljanje rizicima treba obuhvatiti sve faze projekta. Ono je sastavni dio upravljanja projektom i definira se kao sistemski proces za procjenu i utjecanje na rizike i njihove posljedice na ekonomski najprihvatljiviji način. Upravljanje rizicima podrazumijeva identifikaciju, analizu, određivanje reakcije na rizik, praćenje rizika i izvještavanje [30].

Izvore rizika, premda su često na neki način povezani, općenito se može dijeliti na vanjske i unutarnje. Istraživanje provedeno u Hrvatskoj pokazalo je da unutarnje grupe izvora rizika imaju sljedeću zastupljenost [46].

- tehnička dokumentacija (nedostaci i naknadne izmjene) – 14%,
- opskrba i logistika (nestašice materijala i problemi s dopremom, nedostatak radne snage, (ne)pouzdanost strojeva) –12%,
- ugovori (nerealno kratki rokovi, preniska cijena, pitanje odnosa i prava učesnika) – 11%,
- ljudski faktor (produktivnost i vezano za nju zalaganje i motivacija, te bolovanja, a isto i nezgode i propusti u radu) – 11%,

- upravljanje (nerealni ciljevi, loša kontrola i vremensko planiranje, izbor tehnologije i postavljena organizacija) –10%.

Među vanjskim izvorima po zastupljenosti se ističu:

- prirodni (klimatski uvjeti, tlo i podzemne vode, katastrofalni događaji) – 12%,
- pravni (lokalni propisi, dozvole i suglasnosti, promjene zakona, imovinski odnosi) – 12%,
- ekonomski (ekonomska politika, cijene, takse, valutni tečaj i sl.) – 11%, a tu pripadaju i politički (4%) i socijalni (3%) izvori rizika

2.4. Faze projekta

Projekti se dijele u faze kako bi se osiguralo bolje upravljanje projektom, kako bi se olakšala implementacija te da se smanje rizici koji su sastavni dio svakog projekta. Faze kroz koje prolazi projekt, nastavljaju se jedna na drugu, a svaka ima vlastite aktivnosti i isporuke. Skup faza od početka do kraja naziva se životni ciklus projekta. Pema NCB, faza projekta definira se kao određeno vremensko razdoblje slijeda projekta (16) Faze projekta se u praksi mogu preklapati. Način podjele projekta po fazama može se razlikovati ovisno o projektima.

Faze životnog ciklusa koje prolazi svaki projekt, bez obzira na specifične karakteristike, su:

1. Početna faza
2. Faza provedbe
3. Završna faza

Tablica 1. Tri osnovne faze životnog ciklusa projekta [11]

Faza	Ključni zadaci i odluke	Temeljna pitanja
I. Početna faza	Formuliranje vizije i strategije projekta, definiranje ciljeva, modeliranje i planiranje, evaluacija financijskih troškova i koristi, analiza ključnih resursa, budžetiranje	- Što treba raditi? - Zašto to treba učiniti? - Kako će se to ostvariti? - Tko će što uraditi i tko će sve biti uključen u projekt? - Tko će biti sponzor projekta i tko će voditi projekt? - Kada je početak, a kad završetak projekta - Koliki su troškovi
II. Faza provedbe	Prikupljanje tima, organizacija, kontrola, vođenje, donošenje odluka i rješavanje problema, rješavanje konflikata, ugovaranje, provedba, predaja projekta	- Na koji način će se upravljati projektom - Tko će obavljati kontrolu nad projektom - Hoće li projekt biti završen na vrijeme i u budžetu
III. Završna faza	Procjena procesa i učinkovitost projekta, evaluacija, prikupljanje i implementacija znanja u sustav, promjene za budućnost	- Kakvi su rezultati ostvareni projektom - Kako kontinuirano poboljšavati i razvijati projektni menadžment - Je li korisnik zadovoljan sa rezultatima

PMBOK proširuje ovu podjelu te definira životni ciklus projekta kao zbirku projektnih faza koje slijede jedna drugu [14]:

1. Inicijacija projekta
2. Planiranje projekta
3. Izvedba projekta
4. Nadzor i kontrola projekta
5. Zatvaranje projekta

Kroz fazu inicijacije projekta se osim same evaluacije projekta, definiraju opseg i ciljevi koji se planiraju ostvariti, zadaci koji se moraju obaviti kako bi se došlo do cilja, realan

vremenski okvir, sredstva, rizici, ograničenja i prepreke koji mogu utjecati na uspješnost projekta. Dodjeljuju se početna financijska sredstva i odabire se voditelj projekta.

Pri planiranju se detaljno planira opseg projekta, detaljnije se definiraju ciljevi projekta, planiraju se potrebne aktivnosti i utvrđuje njihov raspored. Ova faza uključuje i pripremu cjelokupne dokumentacije potrebne za ostvarenje projekta. Planiranje poboljšava razumijevanje ciljeva i zadataka projekta, te povećava djelotvornost uzimajući u obzir raspodjelu poslova. Planiranjem se vodi računa o opsegu, vremenu, troškovima, resursima, kvaliteti i rizicima projekta.

Kroz fazu izvedbe projekta provode se planirane aktivnosti. Određuju se specifični resursi potrebni za obavljanje zadataka, njihov raspored i koordinaciju prema planiranim aktivnostima. Tijekom izvedbe nužno je kontrolirati odvija li se sve prema planiranim aktivnostima kako bi se ispravile moguće nepravilnosti i zadovoljile specifikacije projekta te kako bi se projekt završio na vrijeme u planiranim troškovima

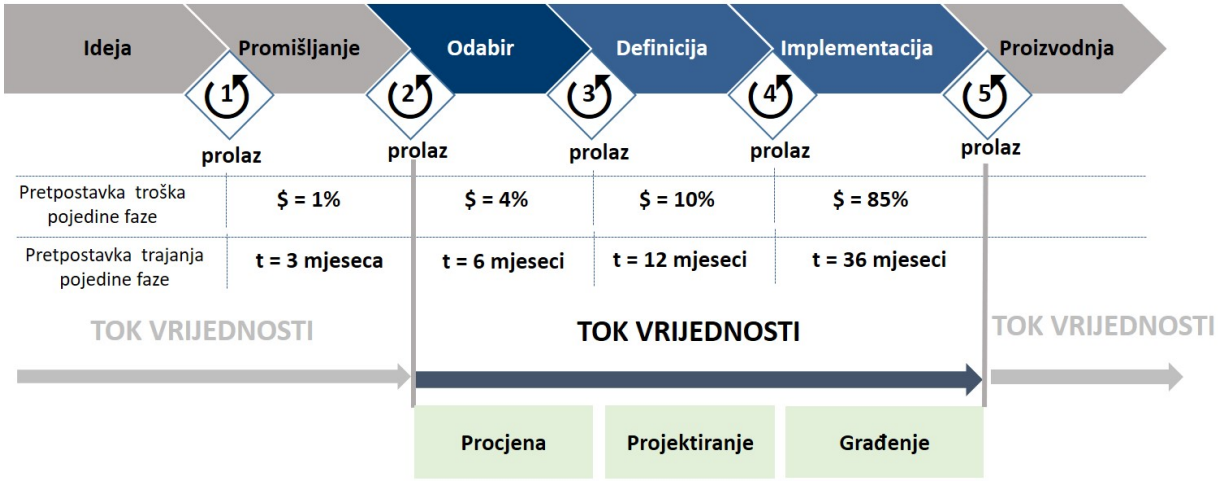
Nadzorom i kontrolom se kontinuirano mjeri i prati napredak projekta, a to omogućava projektnom timu konstantan uvid u stanje projekta. Identificiraju se odstupanja od plana i predlažu korektivne aktivnosti

Zatvaranje znači formalno prihvaćanje projekta od strane kupca i zatvaranje svih aktivnosti. Kroz zatvaranje projekta se obavlja i evaluacija čitavog projekta koja postaje izvor informacija i znanja za buduće projekte.

Životni vijek bez obzira na broj faza kontinuirano mora biti suočen sa procesima nadzora. Jedna od široko primijenjenih metoda kontrole je i metoda procjene (*eng. stage gate*). Metodologija procjenjivanja prolaza se bazira na planiranoj i standardiziranoj proceduri evaluacije svake od projektnih faza (slika 5.). Prolaz (*stage gate*) je kontrolna točka gdje se svaka od faza procjenjuje ili kontrolira te rezultira mogućim ishodima:

- Nastavak; Projekt je ostvario sve ciljeve prethodne faze a predmeti isporuke iz prethodne faze zadovoljavaju unaprijed definirane kriterije. Interesi dionika nisu pretrpjeli velike promjene i projekt može prijeći u sljedeću fazu.
- Prekid; Projekt se trajno zaustavlja jer se ne odvija u skladu s očekivanjima budući da promjene u okruženju ili potrebe vlasnika projekta i/ili zainteresiranih strana čine projekt neodgovarajućim. Ne očekuje se da će projekt u svom prezentiranom obliku donijeti ciljane koristi i na tragu toga se pristupa Doradi ili privremenoj obustavi.

- Dorada: Potreban je dodatni razvoj u ovoj fazi. Projekt ima potencijala i ima prioritet unutar portfelja.



Slika 5. Životni ciklus projekta sa naznačenim fazama i kontrolnim točkama procjene (prilagođeno) [23]

Sa pozicije vlasnika prolazi omogućuju organizaciji mogućnost validacije svake od faza te rano otkrivanje nedostataka vezanih uz sve one potrebne isporuke koje prethodna faza mora isporučiti da bi se postigao uspjeh projekta. Princip procjenjivana faza je kompatibilan sa PMI standardima.

Cilj investicijskih projekata kod isporuka industrijskih građevina je istu staviti u uporabu u projektiranim parametrima kvalitete, troška i vremena. Nakon što je projektne isporuke uspješno okončane, životni ciklus projekta završava. A životni ciklus građevine-proizvoda započinje. Životni ciklus takvog proizvoda uključuje pet faza: uvod, rast, zrelost, pad i likvidaciju. Zahvaljujući modernom pristupu pojavila se i dodatna faza koja generira kontinuirano poboljšanje proizvoda.

Životni vijek projekta planira se kroz faze (pokretanje, definiranje, priprema, implementacija, zatvaranje i post-evaluacija). Svaka od navedenih faza ima cilj, ulaze, aktivnosti i izlaze, te kontrolnu točku u kojoj se potvrđuju postignuća završene faze i odobrava nastavak projekta u iduću fazu. Dok sve aktivnosti produciraju trošak i potrošnju vremena, jedino transformacija materijala ili informacije dodaje vrijednost proizvodu ili usluzi. Tipični tok informacija sadrži aktivnosti upravljanja od generiranja ideje(a) do isporuka roba ili usluga, svih onih opipljivih ili/i neopipljivih vrijednosti koje je stvorio projekt. Tradicionalni tok informacija uslijed velikog broja interesnih strana i vremenskih

ograničenja, s vremenski pomaknutim ulazima interesnih strana u projekt, rezultira različitim razumijevanjem opsega i sadržaja projekta. Gradnja investicijskih projekata najčešće se sastoji od raščlanjenih aktivnosti projektiranja i građenja koje sudionici u projektu često provode bez adekvatne međusobne povezanosti Organizacija je fragmentirana, funkcije su dezintegrirane a isporuke partikularne. Funkcijske jedinice ne isporučuju vrijednost za krajnjeg kupca, već se isporuka veže za nizvodno slijedeću funkcijsku jedinicu. U fazi projektiranja se vrlo često zanemaruju specifičnosti i ograničenja kasnijih faza projekta.

U tradicionalnom načinu upravljanja tokovi vrijednosti nisu kontrolirani na adekvatan način. Tok materijala i informacija nije praćen kao jedinstveni lanac vrijednosti kroz cijeli sustav, fragmentarno su postavljeni ciljevi i usmjerenja što za posljedicu ima zanemarivanje krajnjeg cilja: zadovoljenje kupca

2.5. Uspjeh projekta

Za razliku od onih poslovnih subjekata koji proizvode za nepoznatog kupca u uvjetima nesigurnog tržišta i promjenjive potražnje, gdje je nužno optimizirati fleksibilnost i adaptibilnost sustava, za projekte izgradnje industrijskih građevina pretežno svedene na tradicionalne načine građenja i za poznatog kupca, postoji potreba za uklanjanjem onih rasipanja u procesu; svih mogućih uzročnika rasipanja koji proizlaze iz definicije projektnog zadataka od strane naručitelja, odnosno svih onih uzročnika koji utječu na uspjeh realizacije projekta a producira ih izvođač tijekom implementacije. Pri tome je važno razlučiti dva osnovna koncepta povezana uz pojam uspjeha a svedena na procese upravljanja projektom: uspjeh projekta i uspjeh upravljanja projektom.

Dosadašnja istraživanja pokazuje postojanje čvrste veze između uspjeha projekta i uspjeha upravljanja projektima, ali navodi se i to da je uspjeh u upravljanju projektima samo jedna dimenzija projektnog uspjeha. Uspješno upravljanje projektima uključuje niz postupaka koji moraju biti učinjeni da bi se projekt završio (do faze korištenja). S druge strane, uspjeh projekta je više fokusiran na poslovne rezultate, korist, održivost i zadovoljstvo korisnika.

Provedena istraživanja u vezi s ocjenom uspjeha upravljanja projektom pokazuju nekoliko bitnih zaključaka [4]:

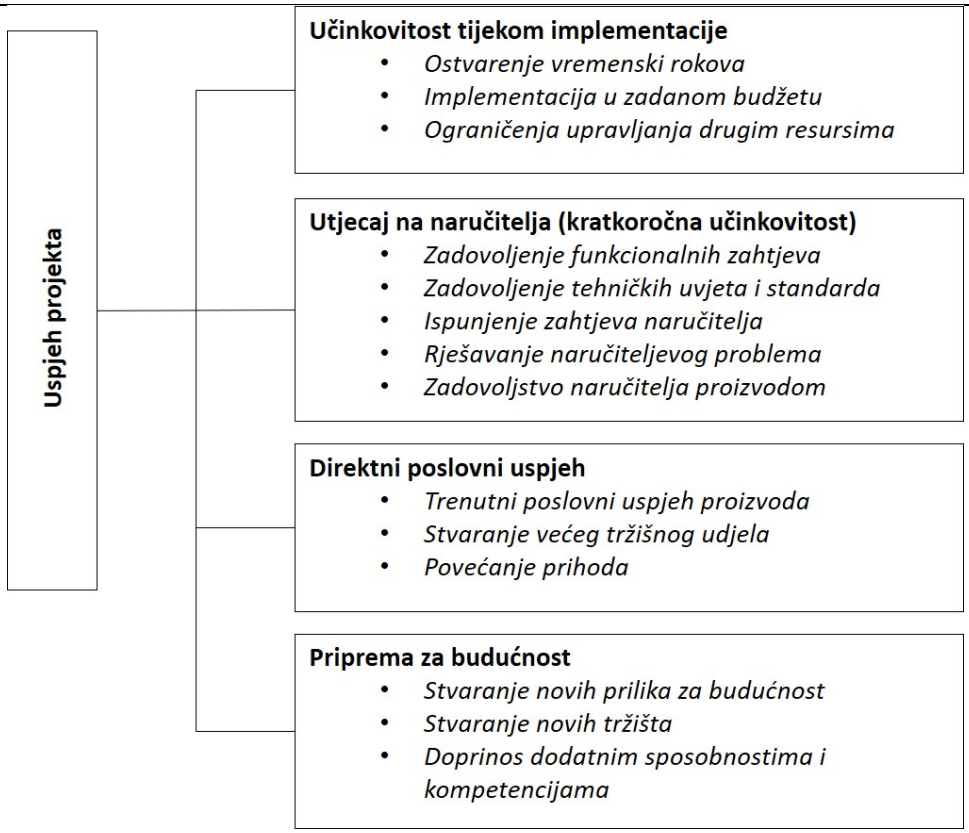
Uspjeh projekta i uspjeh upravljanja projektima treba promatrati kao dvije različite, ali povezane kategorije, pri čemu uspjeh upravljanja značajno pridonosi, ali ne jamči sam po sebi i uspjeh projekta

Za uspjeh upravljanja projektom odgovoran je voditelj projekta i njegov tim, koji mora uspjeh upravljanja staviti u funkciju uspjeha projekta kao cilj više razine

U svakoj varijanti ocjene uspjeha upravljanja projektima biti će uključen kriterij definiran „čeličnim trokutom"- prema planu, unutar proračuna, uz zadanu kvalitetu, čemu se pridodaju ostali kriteriji, prije svega zadovoljstvo vlasnika projekta i interesnih sudionika te način realizacije projekta u njegovom okruženju.

Shenhar 1997 [24], je predložio podjelu projektnog uspjeha na četiri dimenzije. Slika 6 prikazuje dimenzije ovisne o vremenskom tijeku napretka projekta. Prva dimenzija se odnosi na period projekta tijekom implementacije i neposredno nakon završetka. Druga dimenzija se odnosi na period neposredno po završetku i primopredaje korisniku, što u izgradnji procesnih postrojenja poistovjećujemo sa periodom pokusnog rada postrojenja. Treća dimenzija se odnosi na period eksploatacije i potvrde opravdanosti investiranja u projekt, dok se četvrta dimenzija povezuje za period ocjenjivanja u periodu tri do pet godina nakon završetka implementacije.

Ovdje je potrebno primijetiti i vezu sa kategorijama ocjenjivanja uspješnosti upravljanja projektom i uspješnosti projekta, na način da se prvi mogu povezati sa dimenzijama uspjeha tijekom realizacije odnosno izvršenja projekta te povezana uz kratkoročne učinke prema naručitelju, dok se uspjeh samog projekta povezuje za dugoročne dimenzije uspjeha projekta, odnosno direktni poslovni uspjeh naručitelja.



Slika 6. Podjela projektnog uspjeha [24].

O kriterijima, mjerljivim parametrima uspjeha projekta posljednjih se godina počelo govoriti izvan okvira trokuta uspjeha svedeno na kvalitetu, rokove i predviđeni trošak projekta, gdje je zadovoljstvo kupca zauzima značajno mjesto [24].

Primjerice IPMA uspjeh projekta definira kao „uvažavanje rezultata projekta od različitih interesnih strana“ što je svakako izazovnije od definicije „ da je projekt proizveo rezultate unutar vremenskog plana i budžeta“ što je samo dio u usporedbi s prethodnom definicijom [16].

Mike Brown, donedavni glavni voditelj centra za projektni menadžment u kompaniji Rolls Royce navodi [47] da uspjeh projekta leži u rješavanju problema prije no što projekt uopće započne. Peter Morris u svojoj knjizi *The Management of Projects* iz 1994. objašnjava razliku između projektnog menadžmenta i upravljanja projektima, pri čemu naglašava kako se potonji pojam upravljanje projektima odnosi na uspješno izvršavanje aktivnosti na projektu u njegovim početnim fazama. Ovakav pristup postao je poznat pod nazivom *„Front End Loading Project*“ što bi značilo da se u praksi treba usmjeriti na pitanja kao što su *stakeholderski* menadžment, odnosno menadžment interesno-utjecajnih skupina i

menadžment zahtjeva prije no što se pristupa definiranju obuhvata i planiranju samog projekta.

Svakako je bitno zapaziti da projekti predstavljaju dio kompleksnog sistema, povezani različitim vezama u socioekonomski ekosustav, te ga nije moguće izolirati na njegov početak i kraj, već je nužno uzeti u obzir i one direktne i indirektne posljedice koje taj projekt ima na organizaciju.

Razmatrajući značajne čimbenike koji utječu na uspjeh projekta nužno se postavlja pitanje kojim alatima i tehnikama možemo utjecati na taj uspjeh, odnosno smanjiti ili ukloniti one pretpostavke koje dovode do neuspjeha projekta.

Postoje različiti faktori koji dovode do neuspjeha projekta. Pinto sa suradnicima izdvajaju dva čimbenika koja najjače koreliraju sa neuspjehom (Pinto & Mantel, 1990) [25], [26]

- Nedostatak tehničke stručnosti
- Nedostatak mehanizma i procedura za rješavanje nastalih problema

Selama [27], [38] u svom istraživanju o uzrocima kašnjenja u projektima vezanih uz pridobivanje i preradu nafte i plina (*oil&gas*) u U.A.E. 2008 objavljuje rezultate ankete provedene temeljem rangiranja uzročnika od strane ispitanika (RII Relative Importance Index).

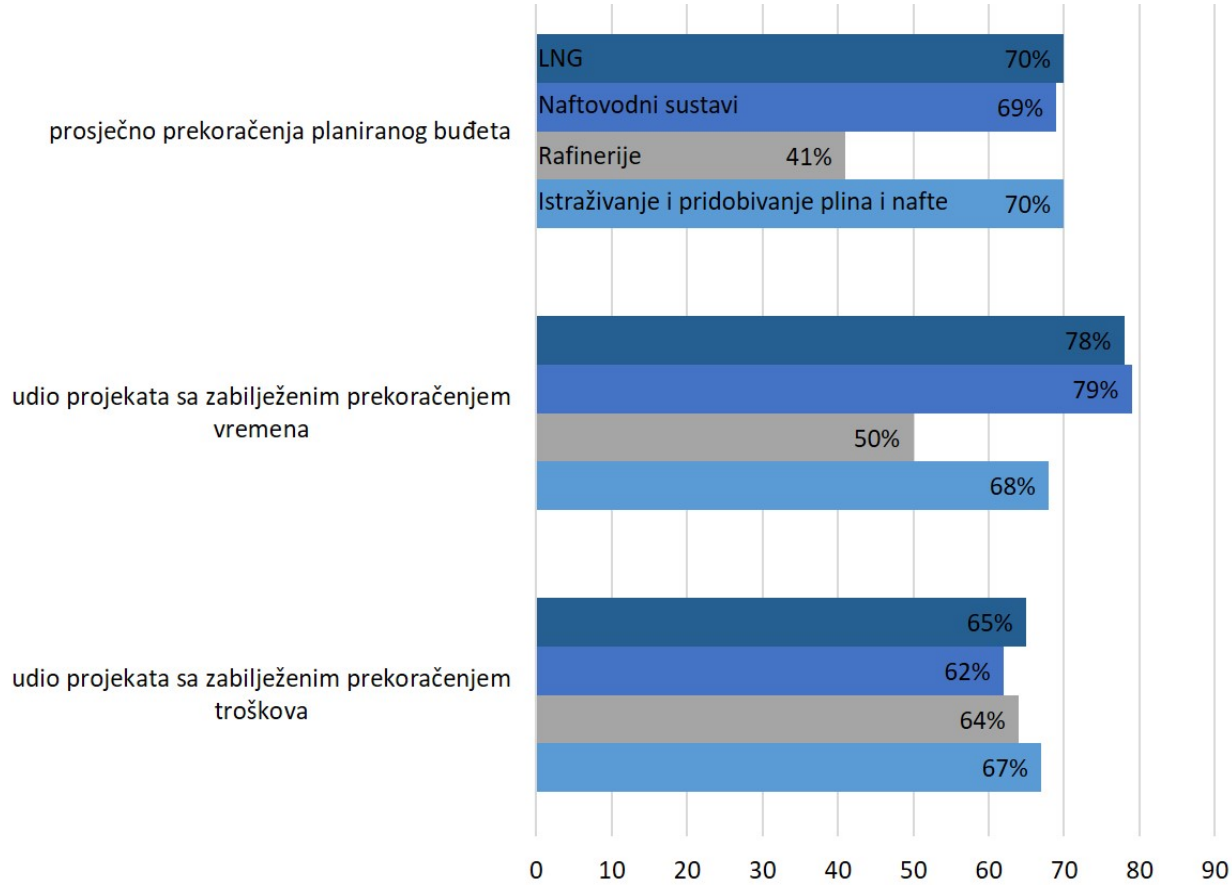
Iz rezultata ispitivanja od prvih pet uzročnika kašnjenja moguće je primijetiti da su prva dva povezana uz proces nabave, dok su treći i četvrti povezanih uz izvođača. Peti se odnosi na nedostatak adekvatne radne snage na tržištu. Ove podatke je potrebno promatrati imajući u vidu uobičajenu svjetsku praksu ugovaranja FEED (*Front End Engineering Design*) + ECP (*Engineering, Procurement, Construction*) i veliku zastupljenost i učešće konzultanata pri provedbi ovakve vrste projekata. Od ove prakse značajno se razlikuje način ugovaranja po kojemu se usluga izrade projektne dokumentacije povjerava tvrtkama, inženjerskim kućama, a izvođenje radova se ugovara temeljem tako izrađenih projektnih podloga izvođačima po kriteriju „ključ u ruke“.

Prema istraživanju Standish Group, odnos uspješnih, neuspješnih ili projekata koji su imali poteškoće tek se neznatno promijenio u proteklih dvadeset godina [4].

Tablica 2. Odnos uspješnih, neuspješnih i projekata s poteškoćama [9]

Rezultat/godina	**2004**	**2006**	**2008**	**2010**	**2012**
Uspješni	29%	35%	32%	37%	39%
Neuspješni	18%	19%	24%	21%	18%
S poteškoćama	53%	46%	44%	42%	43%

Prema istraživanjima projekata u Hrvatskoj utvrđeni su prekoračenja početno planiranog vremena kod čak 78% praćenih projekata, u prosječnom iznosu od 75% (uključujući i kašnjenja s početkom radova), a planirani troškovi su premašeni kod 81% projekata, u prosječnom iznosu od 32% (u fazi izvršenja). Rezultati nekih projekata u SAD-u pokazuju da 75% projekata prekoračuje predviđene rokove, i to u prosjeku čak 222%, dok je prosječno premašivanje budžeta 189% [9]



Slika 7. Udio projekata koji se suočavaju s prekoračenjima troškova i planiranog vremena na uzorku od 365 promatranih projekata prema istraživanju Ernst & Young Global Limited, 2014 [37]

Jedan od najvažnijih elemenata poboljšanja poslovnih procesa je provedba kontrole definicije i implementacije projekata. Projekti izgradnje nemaju kontinuirani proizvodni tok, i u njoj imamo veliki dio indirektnih troškova. Procesi poboljšanja moraju biti takvi da omogućuju smanjivanje otpada/rasipanja i povećavaju efikasnost prepoznavanjem onih aktivnosti koje povećavaju vrijednost.

Smanjenje troškova se očituje prvenstveno u eliminaciji uzročnika ponovnog rada, zastojima u fazi implementacije uslijed nejasne projektne dokumentacije, izbjegavanju naknadnog rada, zamorne i vrlo često neproduktivne komunikacije izvođač – investitor - projektant. U narednim poglavljima će se naznačiti potreba za promjenom postojeće paradigme koja je imala za osnovu dijeljenje projekta sa parcijalnim isporukama, u smjeru povezivanja dionika i integralnog pristupa.

Planovi se na više načina odražavaju na proces i rezultate izvedbe. Koliki može biti njihov utjecaj pokazuju istraživanja u britanskom građevinarstvu kojima se ustanovilo da prosječni gubitak od 12% raspoloživog vremena nastaje zbog zastoja koje se moglo izbjeći i koji su gotovo isključivo proizašli iz kasnog početka i ranog završetka radova.

Da bi se postigla značajna poboljšanja u dizajnu i procesu građenja, projektanti i izvođači moraju usko surađivati s klijentom kako bi se dizajn proizvoda i proces proizvodnje mogli razvijati zajedno. U industriji, proizvodnja vitke (*lean*) proizvodnje oblikuje ljude, sustave, poslovne procese i prakse svih sudionika, tako da oni mogu optimizirati vrijednost za klijenta, smanjiti otpad i povećati učinkovitost kroz sve faze projektiranja, izrade i konstrukcije, koncentracija dizajna mnogo ranije i vođenje po naručiteljevim značajkama dostave vitke proizvodnje.

Ona znači višu produktivnost, niže troškove, izradu proizvoda i pružanje usluga više dodane vrijednosti, primjenu novih digitalnih tehnologija kao što su umjetna inteligencija, *big data, IoT, digital twinning*, aditivne tehnologije, roboti, napredni materijali itd. A to su samo neki od rezultata koji se mogu očekivati u bliskom narednom razdoblju.

2.6. Mjerenje uspjeha

Peter Drucker u svojoj knjizi „Praksa menadžmenta“ [31] piše da „ono što se izmjeri to se i obavi“ odnosno ako se nešto ne može izmjeriti, time nije moguće upravljati (*if you can`t measure it, you can`t manage it*)

Kada govorimo o uspjehu projekta, važno je zapitati se kako ga mjeriti, odnosno što podrazumijeva sintagma 'uspjeh projekta'. Odnosi li se uspjeh na uravnoteženje zahtjeva troškova, vremena i izvedbe ili se sve svodi na ispunjavanje želja interesno-utjecajnih skupina na projektu? Ovim se pitanjima u velikoj mjeri bavio Stephen Wearne sa Sveučilišta u Manchesteru koji je proveo istraživanje na uzorku od preko 1.600 stručnjaka iz područja projekata i njihovi su se odgovori pokazali veoma konzistentnima. Naime, on je otkrio kako se najvažniji zahtjevi projekta vežu uz organizaciju, vrijeme i resurse nakon čega slijede definicija projekta, promjene, ugovori, troškovi i mnogi drugi [31]

Mjerenje projektnog i organizacijskog izvršenja pomažu organizaciji da definira i mjeri napredovanje prema postavljenim ciljevima. Kriteriji za takvo mjerenje trebaju biti [8]:

S – *Specific* / specifičan

M- *Measurable* / mjerljiv

A- *Achievable* / dostižan

R- *Relevant* / relevantan

T- *Time phased* / vremenski određen

Ovako sažete kvantitativne informacije se prikazuju preko ključnih indikatora poslovanja odnosno preko ključnih pokazatelja izvršenja.(KPI- *key performance indicator*).

Indikatori su kvantitativni ili kvalitativni pokazatelji pomoću kojih se direktno ili indirektno, može procijeniti ili izmjeriti razina ili stupanj izvršenja određenog cilja, kao i brzina, vrijeme ili rok izvršenja cilja.

Sikavica i Hernaus (2011) [33]definiraju KPI kao indikatore koji mjere uspješnost cijele organizacije i utvrđuju u kojoj mjeri se ostvaruju organizacijski ciljevi. Jasno je pri tome da se mjerenje primjenjuje u upravljanju poduzećem bez obzira da li se radi o dugoročnoj strategiji ili o kratkoročnim operativnim pokazateljima izvršenja (npr. realizacije projekta)

Da bi KPI-evi ispunili zadaće koje se od njih očekuju, moraju sadržavati pet slijedećih obilježja: usporedivost, dostupnost, razumljivost i jednostavnost, aktualnost i valjanost.

- Usporedivost ovo obilježje relevantno da bi se KPIevi mogli uspoređivati sa konkurencijom ili unutar poslovnog sustava te kako bi se mogao identificirati potencijal za poboljšanje
- Dostupnost; KPI-evi se trebaju bazirati na dostupnoj i kvalitetnoj bazi podataka

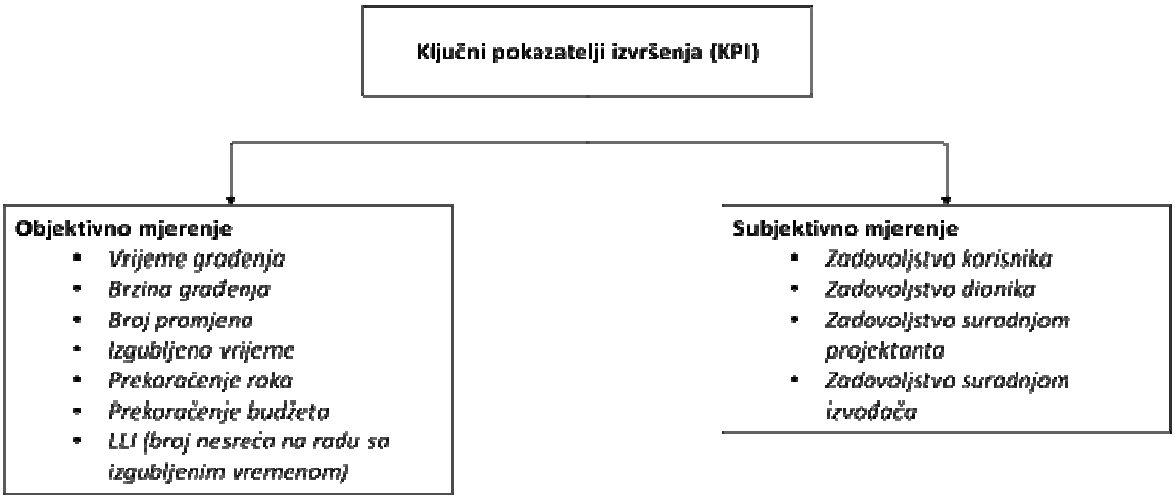
- Razumljivost; značenje i izričaj KPIeva moraju biti razumljivi svim rukovoditeljima bez obzira njihovo obrazovano usmjerenje.
- Aktualnost KPI-evi se moraju moći brzo prikupiti kako bi se mogle donijeti brze odluke
- Valjanost KPI-evi moraju točno i pouzdano održavati činjenice koje trebaju prikazati.

Za postavljanje mjerljivih strateških ciljeva Kaplan i Norton 1990 razvijaju uravnoteženu kartu ciljeva (*Balanced Scorecard*) koji je snažno orijentiran na strategiju. *Balanced Scorecard* model povezuje mjere izvedbe – gledajući poslovno – stratešku viziju kroz četiri različite perspektive:

- Financijsku
- Korisničku
- Inovaciju i učenje
- Unutarnjih poslovnih procesa [34]

Danas se zbog potrebe za agilnijim načinom vođenja poslovnih procesa, mjerljivi strateški ciljevi provode pomoću koncepta OKR-a (eng. *Objectives and Key Results* – ciljevi i ključni rezultati) koji često postavlja kratkoročne ciljeve i brže se rade tekuće usporedbe između planiranih i ostvarenih rezultata. Međunarodno su najprimjenjeniji modeli : KPI, *Malcolm Baldridge Naional Quality Award* (MBNQA), *Excellence model* (EFQM) itd.

Albert Chan 2001 temeljem ranijih istraživanja predlaže podjelu KPI-eva na dvije grupe. Prva grupa je temeljena je na matematički iskazanim vrijednostima i predstavlja kvantitativni kriterij. Druga grupa je temeljna na osobnoj prosudbi ocjenjivača primjenjujući skalu sedam točaka (izrazito izraženo nezadovoljstvo, izraženo nezadovoljstvo ,umjereno izraženo nezadovoljstvo, neutralno, umjereno izraženo zadovoljstvo, izraženo zadovoljstvo, izrazito izraženo zadovoljstvo) [34].



Slika 8. Ključni pokazatelji izvršenja [35]

Radujković 2011 upozorava na pogrešno klasificiranje ključnih pokazatelja izvršenja gdje se ne radi distinkcija između vodećih mjera (*leading*) i zaostajećih mjera (*lagging*) iako je karakter ovih mjera različit, a perceptivne mjere se obično ne uzimaju u obzir.

- Ključni pokazatelji izvršenja (KPI)– vodeće mjere nisu izravno povezane sa rezultatom ali mjeri područja koja na njega utječu. KPI se rabi kao vodeća mjera te upućuje na potrebu za daljnjim istraživanjem uzroka problema.
- Ključni pokazatelji ostvarenja (KPO) zaostajuće mjere su mjere završenih aktivnosti ili procesa te se u većini slučajeva pogrešno koriste kao KPI
- Perceptivne mjere (PerM) – subjektivne mjere obično se generiraju pomoću upitnika ili intervjua te se identificiraju kao „*soft*“ mjere.

Tablica 3. Neki pokazatelji izvršenja u implementaciji investicijskih projekata (* zaostajuće mjere s mogućnošću mjerenja na kraju podprocesa) [9]

Pokazatelji izvršenja	**Ključni pokazatelji**
Broj grešaka kod izvođenja zbog nekompetentnosti radnika	KPI
Broj grešaka kod izvođenja zbog nekompetentnosti upravljanja (izvođač)	KPI
Broj grešaka u projektnoj dokumentaciji	KPI
Broj pogrešaka pri sigurnosnom pregledu sustava prije puštanja u rad	KPI

Tablica 3. Neki pokazatelji izvršenja u implementaciji investicijskih projekata (* zaostajuće mjere s mogućnošću mjerenja na kraju podprocesa)- Nastavak

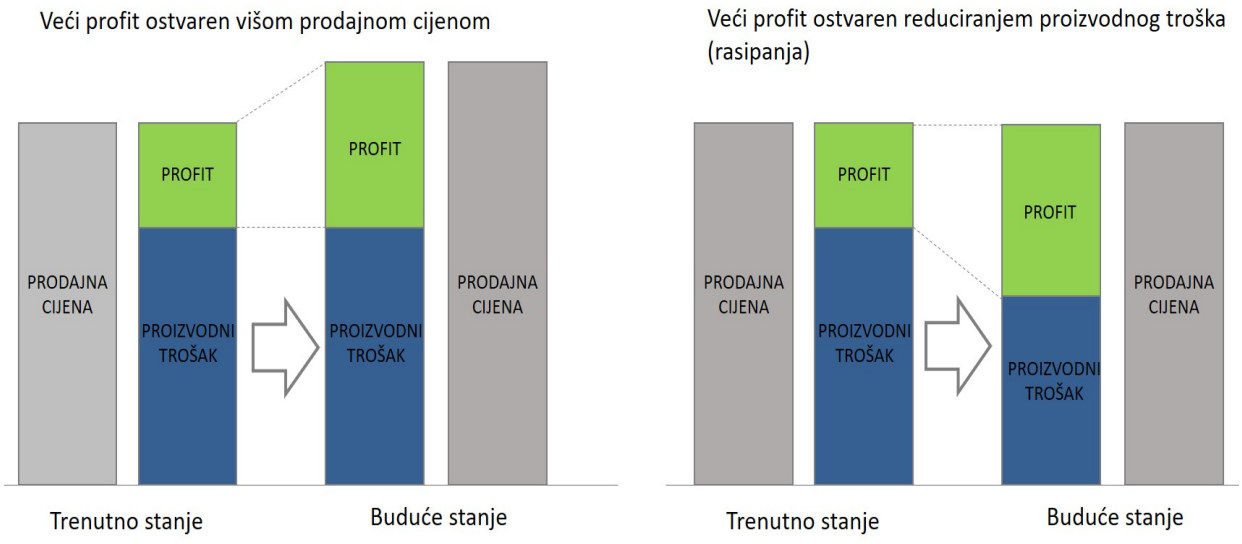
Pokazatelji izvršenja	**Ključni pokazatelji**
Količina ponovnog rada (dorada)	KPO *
Porast vremena građenja (%)	KPO *
Porast cijene građenja (%)	KPO *
Broj pogrešaka i nedostataka u ugovornim dokumentima	KPO
Promjena opsega tijekom gradnje	KPO *
Broj nepotrebnih korespodencija	KPO *
Zadovoljstvo krajnjeg korisnika	PERm
Broj značajnih otkaza uslijed loše kvalitete izvedbe	KPO
Vrijeme odlučivanja od strane izvoditelja na novonastale promjene	KPO *
Učestalost izgubljenog vremena zbog ozljede (Lost Time Injury Frequency LTIF)	KPI
Stopa ukupno zabilježenih incidenata (Total Recordable Incident Rate-TRIR)	KPI

3. LEAN SUSTAV UPRAVLJANJA

3.1. Vitka proizvodnja

Termin "lean" prvi je put primijenjen u knjizi „*The machine that changed the world*" J.P.Womack-a i D.T.Jones-a, koja je bila rezultat istraživanja IMVP-a (*International Motor Vehicle Program*), a gdje su autori prvi put opisali razlike između Japanske i zapadne automobilske industrije i prvi put predstavili izraz "*lean*" za Toyotin način proizvodnje [11], Vitka proizvodnja filozofija izvorno potječe iz Toyotina proizvodnog sustava. Usredotočena je na skraćivanje vremena od narudžbe kupca do isporuke gotovog proizvoda ili pružanja usluge koje zadovoljavaju narudžbu. Kako bi se poboljšala učinkovitost, djelotvornost i profitabilnost, potrebno je usredotočiti se na uklanjanje gubitaka iz procesa, odnosno svega onog što ne dodaje vrijednost proizvodu ili usluzi. Načela vitke proizvodnje su timski rad, komunikacija, učinkovita primjena resursa i stalno poboljšanje [38], [39]

Prema autorima Marchwinski i Shook (2004) vitka proizvodnja sustav je za organiziranje i upravljanje razvojem proizvoda, poslovanjem, dobavljačima i odnosima s kupcima koji zahtjeva manje ljudskog napora, prostora, kapitala, materijala i manje vremena za proizvodnju proizvoda s manje grešaka prema želji kupca u odnosu na prethodni sustav masovne proizvodnje.



Slika 9. Kreiranje cijene proizvoda, usporedba tradicionalne i lean metodologije [11]

Vitki koncept uključuje i stratešku i operativnu razinu poslovanja. Na strateškoj razini gleda se što donosi vrijednost proizvodu i kako se ona povećava (slika 9.), a također se gleda na proizvodnju kao proces i teži savršenstvu. Kada se vitki koncept promatra s operativne razine, onda se misli na primjenu raznolikih alata i tehnika za primjenu ovog koncepta u svakodnevnom poslovanju. Osnovna ideja postizanja vitke proizvodnje načelo je kontinuiranog smanjenja gubitka, odnosno svih aktivnosti koje ne doprinose uspješnom poslovanju poduzeća, a time ni ne dodaju vrijednost proizvodu ili usluzi [11]

Lean je prema Womacku [40] vitko, jer nam govori o tome kako uraditi što više sa što manje napora. Pod pojmom manje smatra se :

- manje ljudskog rada,
- manje prostora,
- manje kapitala,
- manje vremena nego kod tradicionalnog oblika masovne proizvodnje,

Lean poslovni sustav je cjeloviti sustav upravljanja poduzećem. To znači da ako se želi primijeniti ili implementirati na ispravan način mora obuhvatiti poduzeće u cjelini, odnosno sve njegove funkcije kao što su inženjering, proizvodnja, marketing, financije i odnosi sa kupcima.

Lean metode i principi se ne odnose samo na proizvodnju odnosno na načine unapređenja proizvodnoga procesa. Naprotiv, *Lean* je sveobuhvatan sustav upravljanja poduzećem i prvi korak uspješne implementacije je prihvaćanje te činjenice.

Lean je prvenstveno holistički pristup koji promatra sustav te traži mogućnosti poboljšanja.

3.2. Razvoj Lean sustava

Smatra se da je ključne temelje i principe *Lean* sustava postavio Henry Ford koji je 1913. godine uspio ostvariti prvu pravu integraciju proizvodnih procesa pod nazivom "pokretna proizvodnja". Pokretnu proizvodnju činila su tri elementa, a to su dijelovi, standardni rad i pokretna traka. Na taj način je stvorio pokretnu montažnu (proizvodnu) traku što je u to vrijeme predstavljalo prekretnicu u načinu proizvodnje. Henry Ford je uspio proces proizvodnje podijeliti u korake i tako podijeljene proizvodne korake poredati u proizvodne linije koristeći strojeve specijalne namjene gdje god je to moguće kao i kontrolne uređaje koji

ne dopuštaju defektnim proizvodima prolaz na sljedeći korak procesa, a sve u cilju brze proizvodnje i montaže ispravnih dijelova u svega nekoliko minuta [8]

To je bio revolucionaran korak u proizvodnji u odmaku od klasičnih radionica koje su bile sastavljene od strojeva opće namjene grupirane prema vrsti obrade. Takve proizvodne radionice su proizvodile velike količine istovrsnih dijelova koji su zatim čekali u skladištu proizvodnju ostalih dijelova kako bi u konačnici bili sastavljeni u finalni proizvod. Takav način proizvodnje rezultirao je pretrpanošću nedovršenom proizvodnjom kao i velikim brojem defektnih finalnih proizvoda [8]

Henry Ford nije imao problema sa protokom proizvodnje i obrtajem zaliha jer su se skladišta kompanije praznila svakih nekoliko dana. Problem je bila nemogućnost pružanja varijantnosti i raznolikosti proizvedenih automobila ovisno o zahtjevima tržišta na kojem je Ford počeo polako gubiti korak sa konkurentima.

U tom vremenu, odnosno 1930-ih, a još intenzivnije nakon Drugog svjetskog rata, Kiichiro Toyoda koji je 1930. godine osnovao Toyota Motor Company, Taiichi Ohno i drugi u Toyoti, sagledavši takvu situaciju u Fordu, zaključili su da je, uz seriju malih i jednostavnih inovacija u proizvodnom procesu, moguće osigurati kontinuitet i brz protok proizvodnje, a istovremeno pružiti tržištu varijantnost i raznolikost proizvoda. Potaknuti takvim razmišljanjima, stručnjaci u Toyoti su revidirali i prilagodili Fordov originalni koncept proizvodnje vlastitim potrebama i potrebama tržišta te je tako nastao poznati Toyotin proizvodni sustav ili TPS (engl. *Toyota Production System*). Jedna od osnovnih karakteristika tog proizvodnog sustava bila je preusmjeravanje težišta djelovanja proizvodnih inženjera sa pojedinačnih strojeva i njihovog iskorištenja, kao i individualnih procesa, na cjelokupni proces proizvodnje i protok proizvoda kroz tu proizvodnju. U Toyoti su zaključili kako bi uz pomoć nekoliko jednostavnih rješenja u proizvodnji bili u stanju osigurati :

- niske troškove proizvoda,
- visoku varijantnost proizvoda,
- visoku kvalitetu proizvoda,
- vrlo kratko vrijeme od narudžbe do isporuke proizvoda, a sve u cilju brze i kvalitetne reakcije na nestabilne odnosno promjenjive zahtjeve tržišta

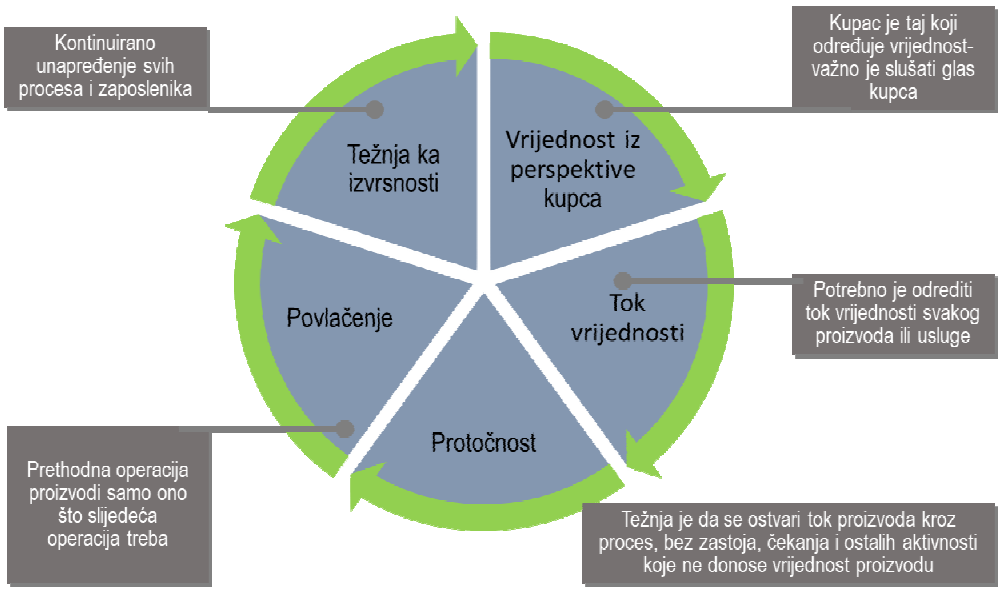
3.3. Temeljni principi Lean sustava upravljanja

Svaki poslovni sustav, proizvodni ili uslužni, prožet je raznim nepravilnostima koje se mogu nazvati gubicima, a koje uzrokuju nepotreban trošak. Japanska riječ za gubitke u proizvodnji odnosno poslovanju jest "muda". Takve gubitke u poduzeću ili kompaniji moguće je definirati kao aktivnosti koje troše resurse, a ne stvaraju ili ne dodaju vrijednost. U proizvodnom procesu vrijednost se stvara ili dodaje proizvodu koji se proizvodi i prodaje, dok se u uslužnim procesima vrijednost stvara odnosno dodaje usluzi koja se razvija i nudi klijentima. U jednom i u drugom slučaju je najvažniji klijent odnosno kupac i on nije spreman plaćati aktivnosti koje ne dodaju vrijednost proizvodu ili usluzi koje on kupuje.

Pogreške koje zahtijevaju ispravljanja, proizvodnja proizvoda koji završavaju na skladištu jer ih tržište nije spremno prihvatiti, nepotrebne aktivnosti u procesu, nepotrebna kretanja zaposlenika i transport roba unutar proizvodnog sustava itd., samo su neki od primjera gubitaka koji se nalaze u gotovo svakom poduzeću ili kompaniji. Pitanje je samo u kojoj su mjeri zastupljeni.

Lean sustav upravljanja je način na koji je moguće organizirati i efikasno voditi poslovanje, a osnovna zadaća odnosno prioritet je uočavanje i uklanjanje svih vrsta gubitaka u proizvodnji. To nije jednostavna zadaća te se za takav proces angažiraju stručnjaci odnosno konzultanti koji posjeduju znanje i iskustvo u radu na takvim i sličnim projektima. *Lean* sustav upravljanja se može opisati pomoću pet osnovnih principa ili karakteristika koji prikazuju opću sliku i predstavljaju bazu razumijevanja takvog sustava, a to su Womack i Jones, grupirali kao [7]:

- vrijednost,
- lanac (dodavanja) vrijednosti (engl. *Value Stream*)
- ujednačenost i kontinuiranost toka proizvodnje (engl. *Flow*),
- povlačenje proizvodnje (engl. *Pull*) i
- težnja za savršenstvom



Slika 10. Pet načela vitkog upravljanja [8]

3.3.1. Vrijednosti.

Vrijednost je jedna od kritičnih točaka *Lean* poslovanja, koja može biti definirana isključivo iz perspektive kupca ili klijenta. Važno je razumjeti kako kupac doživljava proizvod ili uslugu koja mu se nudi i iz tog aspekta pokušati definirati vrijednost. To podrazumijeva da se vrijednost vezuje za određeni proizvod ili uslugu, koja ispunjava svoju osnovnu funkciju, a to je zadovoljenje potreba i želja kupaca ili klijenata. Tako definirana vrijednost predstavlja polazišnu točku uspješne proizvodnje i poslovanja. Praksa međutim pokazuje da kompanije proizvode i nude on što njima najviše odgovara, dok se stvarne želje kupaca zanemaruju i stavljaju u drugi plan. Ovdje se prvenstveno radi o konačnoj cijeni proizvoda ili usluge, koje bi tržište eventualno moglo prihvatiti, u ovisnosti o kojoj se onda oblikuju svi ostali procesi. Takav način razmišljanja je ograničavajući i neposredno se odražava na kvalitetu proizvoda. Dugoročno, takva situacija rezultira nezadovoljstvom kupaca i okretanjem prema konkurentskim proizvodima i uslugama koji su kvalitetniji i bolje prilagođeni njihovim potrebama i željama. *Lean* poslovanje nalaže da se vrijednost proizvoda koji se planira proizvoditi ili usluge koja se planira ponuditi razmotri i definira iz perspektive kupca. Nakon toga se cijeli proces razvoja proizvoda ili usluga temelji na osiguravanju vrijednosti koja je definirana na spomenuti način. Prilikom toga, proces proizvodnje i poslovanja treba biti oblikovan na način da ne sadrži gubitke, a to je moguće postići preciznim definiranjem i oblikovanjem lanca vrijednosti.

3.3.2. Lanac (dodavanja) vrijednosti

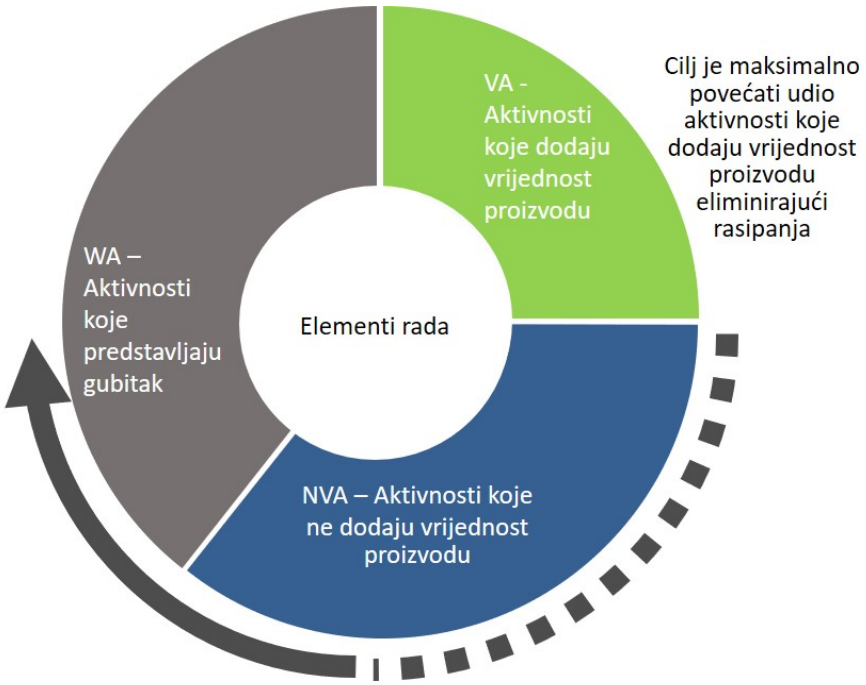
Lanac vrijednosti je skup svih aktivnosti u poduzeću koje na bilo koji način (direktno ili indirektno) sudjeluju u stvaranju odnosno dodavanju vrijednosti proizvodu ili usluzi koja se nudi na tržištu. U svakom poslovanju se može govoriti o tri osnovne skupine procesa kroz koje određeni proizvodi ili usluge mogu prolaziti, a to su:

- procesi rješavanja problema (npr. razvoj idejnog projekta, konstrukcija i dizajn, projektiranje tehnološkog procesa itd),
- procesi informacijskog menadžmenta (npr. procesiranje narudžbi, organizacija proizvodnje i poslovanja, isporuke kupcima itd),
- procesi transformacije sirovina ili početnih materijala u gotove proizvode.

Precizno definiranje lanca vrijednosti predstavlja ključni korak u uočavanju i uklanjanje gubitaka u proizvodnji. Analiza procesa poslovanja sa aspekta dodavanja vrijednosti ukazuje na naredne aktivnosti:

- aktivnosti koje su neophodne i koje direktno stvaraju vrijednost (procesi obrade i oblikovanja materijala, zaštita materijala, montaža, toplinska obrada itd.),
- aktivnosti koje su neophodne za odvijanje cjelokupnog procesa ali ne stvaraju direktno vrijednost (kontrola kvalitete, transport, skladištenje itd.),
- aktivnosti koje nisu neophodne i koje ne stvaraju odnosno ne dodaju vrijednost, pa se stoga mogu odmah ukloniti.

Skupni naziv za aktivnosti koje ne dodaju vrijednost proizvodu je: gubici (engl. *Waste*, jap. *Muda*). Postoje još dva pojma koja su povezana uz gubitke; prvi pojam je varijacija (jap. *Mura*) koja se javlja u procesu, a drugi je preopterećenje (jap. *Muri*). Prije nego se objasni pojam gubitak, objašnjeni su pojmovi varijacija i preopterećenje, s obzirom na to da njihova pojava u proizvodnji rezultira pojavom gubitaka. Mura (varijacija) se javlja svaki put kad je tok vrijednosti prekinut, bilo da je prekinut operator koji izvodi operaciju, tok dijelova ili plan proizvodnje. Varijacija može nastati kad operacije u toku vrijednosti imaju različito trajanje. Mura se može javiti i kao varijacija u kvaliteti. Ukratko napisano, *mura* znači neregularan ili nedosljedan način angažmana ljudi ili strojeva. *Muri* ili preopterećenje, bilo radnika, stroja ili procesa često je rezultat određenih abnormalnosti koje se javljaju u tom istom toku vrijednosti [8].



Slika 11. Tri osnovne skupine aktivnosti koje se događaju u određenom toku vrijednosti [8]

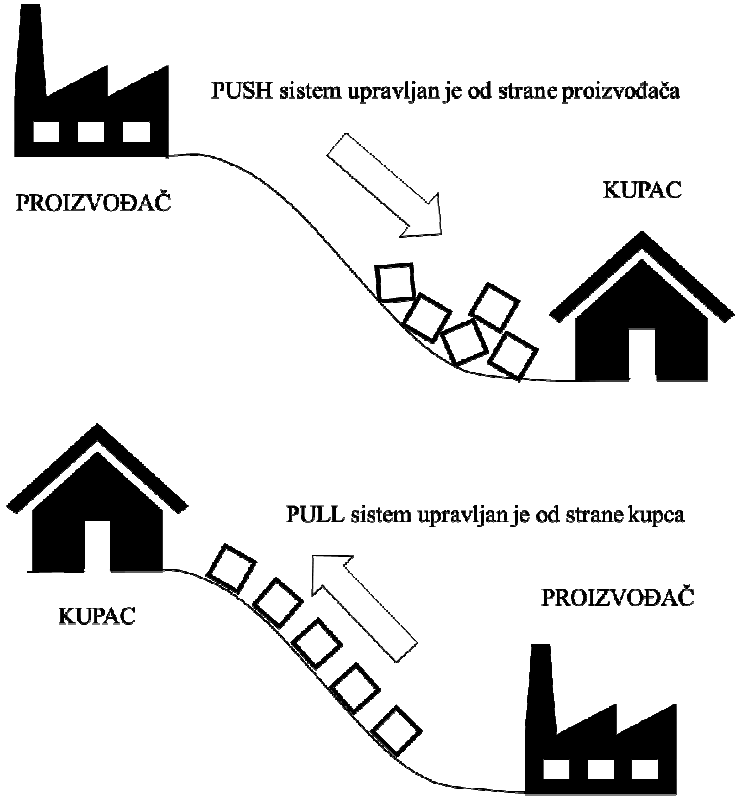
3.3.3. Ujednačenost i kontinuiranost toka proizvodnje.

Jednom kada je precizno definirana vrijednost proizvoda ili usluge koja se želi osigurati, te kada je provedena analiza lanca vrijednosti i kada su nepotrebne aktivnosti uklonjene iz procesa, može se pristupiti preoblikovanju preostalih koraka i pripadajućih aktivnosti u cilju ujednačenog i neometanog toka procesa proizvodnje. To najčešće uključuje reorganizaciju cjelokupnog proizvodnog pogona, odnosno ljudi i proizvodne opreme. Ovdje je najvažnije usmjeriti se na objekt analize odnosno proizvod koji prolazi kroz proces dodavanja vrijednosti od nabave sirovina, preko proizvodnje i na kraju do isporuke kupcima. Niti u jednom trenutku ne smije se izgubiti nadzor ili kontrola nad proizvodom i u svakom trenutku mora biti potpuno jasno u kojoj fazi procesa se proizvod nalazi i zašto.

3.3.4. Povlačenje proizvodnje- Pull

Povlačenje proizvodnje (engl. *Pull*) je jedan od temeljnih principa Lean proizvodnje i poslovanja. Bitno je naglasiti da povlačenje proizvodnje započinje od strane kupca i to kupovinom ili narudžbom određene količine nekog proizvoda. Svaki proizvod prolazi kroz određene procese i pripadajuće specifične aktivnosti u poduzeću, a koje tvore lanac

vrijednosti dotičnog proizvoda. Nakon što je od strane kupca inicirana potražnja odnosno potreba za proizvodom, svaki korak u lancu vrijednosti prenosi informaciju na prethodni korak u procesu da postoji potreba za određenom količinom materijala, dijelova ili proizvoda. Na taj način informacija putuje duž lanca vrijednosti i pokreće proces u kojem se odvijaju sve specifične aktivnosti (one koje dodaju vrijednost i one koje ne dodaju vrijednost ali su nužne za cjelokupno odvijanje procesa) potrebne da bi se od sirovina ili početnih materijala dobio gotov proizvod i isporučio kupcu odnosno zamijenio onaj kupljeni. Na taj način se gubi potreba za planiranom proizvodnjom i sprječava nepotrebno gomilanje zaliha.



Slika 12. Push i pull princip proizvodnje (autor)

3.3.5. Težnja za savršenstvom

Težnja za savršenstvom u biti predstavlja kontinuirano usavršavanje svih procesa i aktivnosti u poduzeću ili kompaniji. Naime, kontinuirano usavršavanje u *Lean* sustavu upravljanja je proces koji se ne smije prestati odvijati jer on osigurava prednost pred konkurencijom. *Lean* sustav upravljanja nalaže da se konstantno održavaju radionice poboljšanja u svrhu usavršavanja raznih procesa u poduzeću što upućuje na zaključak da uvijek postoji još prostora za naknadno poboljšanje trenutnih načina odnosno metoda rada.

Lean proizvodnja se može prikazati kao skup pojedinačnih cjelina, načela i mjera koje objedinjene daju djelotvoran oblik neprekinutog lanca u stvaranju nove vrijednosti. Ukupan koncept je planiran i upravljan po etapama, a iako tako ne implicira ime, odnosi i na ostale funkcije u poslovnom sustavu, a ne samo na proizvodnju. Organizacija se što je više moguće decentralizira tako da organizacijske jedinice imaju što veću slobodu u primjeni raznih tehnoloških, upravljanih modela, a kako bi postigli poboljšanje proizvodnog procesa.

Najveća novost koju uvodi *Lean* metoda je činjenica kako se prilike za poboljšanje ne traže u procesima koje stvaraju vrijednost, nego u aktivnostima oko njih. *Lean* metoda usmjerena je na identificiranje i uklanjanje škarta. Troškovi koji se nastoje ukloniti odnose se na:

- troškove zaliha – uključuju trošak rada, transporta, skladišnog prostora, pristojbi,
- troškovi dorade – korekcije nesukladnih proizvoda – kao rezultata lošeg rada, krivih procedura, neodgovarajućih sirovina,
- trošak proizvodnje prevelikih količina – najveći problem: zahtjeva dodatni skladišni prostor, veću potrošnju sirovina,
- trošak prekomjernog broja pokreta: neproduktivni koraci – dodatni troškovi radne snage,
- trošak uzrokovan zastojima – čekanjem na materijal, pod-sklopove i strojeve povećava trošak radne snage,
- trošak transporta – uključuje transportiranje koje se moglo izbjeći boljom organizacijom procesa, dodatni transport može izazvati i oštećenja,
- trošak prevelike kompliciranosti proizvodnje – uzrokovan neadekvatnim strojevima ili kompliciranim procesima čiji nepotrebni koraci stvaraju dodatne prilike za pogreške.

Za postizanje temeljnih principa *Lean* sustava (uklanjanje škarta, tijek vrijednosti, tijek kroz procese, uvažavanje *pull* signala, traganje za savršenstvom) koristi se veliki broj pristupa, tehnika i alata. Međutim, pojedinačno ti isti pristupi ne čine *Lean* organizaciju, stoga je važno primjenjivati ih većinu, u kombinaciji.

3.4. Sedam gubitaka Lean proizvodnje

Lean ili vitka proizvodnja je proizvodna filozofija nastala u okviru *Toyota Production Systema* (TPS) koji se temelji na japanskom pristupu proizvodnji, a čijim tvorcima se smatraju Taiichi Ohno i Eiji-a Toyoda.

Kod *Toyota Production System-a* nalazimo tri osnovne vrste rasipanja vrijednosti, a one su [48]:

Neusklađenost (jap. *Mura*, eng. *inconsistency*,) – nastaje gomilanjem zaliha u skladištu i na taj način predstavlja mrtvi kapital. Nastoji se eliminirati na način da se drži vrlo malo proizvoda na skladištu, odnosno primjenom Just-In-Time proizvodne strategije.

Preopterećenjet (jap. *Muri*, eng. *overburden*)- odnosi se na nejednakost volumena proizvodnje. Velike oscilacije između perioda velikog volumena proizvodnje i malog volumena proizvodnje mogu dovesti do preopterećenja zaposlenika i samog procesa proizvodnje.

Gubitak (jap. *Muda*, eng. *non value-adding work or waste*) – predstavlja aktivnosti i resurse koje ne doprinose vrijednosti proizvoda, odnosno nisu potrebni u proizvodnje te se iz tog razloga smatraju gubitkom.

Taiichi Ohno prepoznao je u okviru navedenog rasipanja (Muda) sedam vrsta gubitaka, koje je potrebno eliminirati, a kojima je kasnije dodan još jedan: nedovoljno korištenje ljudskih potencijala (7+1):

1. Prekomjerna proizvodnja
2. Škart
3. Nepotrebni pokreti
4. Nepotrebne zalihe
5. Prekomjerna obrada
6. Čekanje
7. Transport
8. Nedovoljno korištenje ljudskih potencijala (potencijala zaposlenih)

1. Prekomjerna proizvodnja, gubitak nastaje zbog izrade proizvoda koje tržište ne traži ili zbog proizvodnje veće od potrebne ili planirane količine. Troši se više sirovina, što uzrokuje gomilanje zaliha. Dodatne zalihe zahtijevaju povećanu potrebu za rukovanjem materijalima, većim skladišnim prostorom, te povećanom naknadom za taj prostor. Zahtjeva se dodatno osoblje, komunikacijska infrastruktura i oprema potrebna su za praćenje poslovanja. Na organizaciju se postavljaju dodatni napori vezani za praćenje proizvodnje što umanjuje sposobnost potpune usredotočenosti na primarni cilj. Troše se dodatni resursi. Prekomjerna proizvodnja uzrokuje zauzetost

strojeva i osoblja, što uzrokuje potrebu za angažmanom dodatne opreme i rednika. Budući da prekomjerna proizvodnja stvara poteškoće koje često zamagljuju ono što su temeljni problemi, smatra se jednim od najvećih gubitaka i treba biti eliminiran što je prije moguće.

2. Škart, škart nastaje zbog proizvodnje nesukladnih ili oštećenih proizvoda koji mogu nastati zbog lošeg tekućeg ili preventivnog održavanja alata i strojeva, istrošenih alata na strojevima za obradu, nedostatka potrebnih alata i sl. Škart se odnosi i na pružanje neadekvatne usluge potrošaču. Gubici koji se javljaju uslijed robe s greškom predstavljaju ne samo gubitak radi proizvoda koji je odbačen od strane kontrolora, već su uzrok drugih vrsta gubitaka unutar cijelog proizvodnog procesa. Ti gubici su :
    - Povećanje vremena čekanja u kasnijim procesima, što uzrokuje povećanje troškova i vodećeg vremena
    - Potreba za doradom proizvoda kako bi bio upotrebljiv, samim time i povećanje troškova rada
    - Dodatni utrošak rada javlja se za slučaju rastavljanja i ponovnog sastavljanja proizvoda
    - Potreba za dodatnim materijalom novih zamjenskih dijelova
    - Sortiranje neispravnih od ispravnih dijelova zahtijeva dodatni rad

    Sve navedeno su ozbiljni gubici, ali ništa ne donosi takav gubitak kao spoznaja samog kupca, da postoje neki nedostaci na proizvod. Tada se dodatno povećavaju jamstveni i troškovi isporuke te povećava nezadovoljstvo kupca koje može rezultirati gubitkom budućeg poslovanja i tržišnog udjela.

    Kako bi se uklonili gubici uzrokovani neispravnošću proizvoda, sustav se mora razvijati i identificirati nedostatke (ili uvjete koji uzrokuju defekte), kako bi svatko mogao poduzeti korektivne mjere. Bez tog preventivnog sustava drugi oblici uštede vremena su uzaludni.

3. Nepotrebni pokreti, ova vrsta gubitaka javlja se zbog loše razmještenih strojeva, robota ili manipulatora, nepotrebnih ili predugih izmjena alata te nepotrebnih pokreta djelatnika. Ova vrsta gubitaka je najčešće svojstvena gibanjima tvorničkih radnika. To je jasno vidljivo prilikom traženja alata, hodanja, savijanja, podizanja. Radnici često doprinose ovom gubitku prilikom potrage za alatom i dokumentima, jer im je radno

mjesto prenatrpano i neorganizirano. Gubici usred nepotrebnih pokreta često odgađaju početak rada te narušavaju tijek rada.

Gubici usred nepotrebnih pokreta mogu se definirati kao bilo koje vrijeme provedeno u pokretu, a koje ne dodaje vrijednost proizvodu.

4. Nepotrebne zalihe, prekomjerne zalihe sirovina ili proizvoda na skladištu uzrokuju nepotrebne troškove i predstavljaju vezani kapital u skladištu također predstavljaju jedan od gubitaka. Gubici uzrokovani zalihama usko su vezani s gubicima prekomjerne proizvodnje. Tako da prekomjerna proizvodnja stvara višak zaliha, a samim time i dodatna opterećenja kao što su rukovanje materijalom, povećanje skladišnog prostora i dodatnih vezanih resursa. Zbog nagomilavanja troškova sa povećanjem zaliha, poslovni sustavi trebaju poduzimati stroge mjere kako bi se smanjila razine zaliha.
5. Prekomjerna obrada, gubitak nastaje kao rezultat dužeg vremena obrade proizvoda koji u konačnici produžuje vrijeme proizvodnog ciklusa. Prekomjerna obrada može nastati zbog loše konstrukcije proizvoda, nedovoljno definiranog tehnološkog postupka izrade ili zastarjelih strojeva koji imaju dugačko vrijeme pripreme stroja. Gubici prekomjerne obrade pojavljuju se usred nepotrebnih radnji na proizvodu koje mu ne dodaju vrijednost. Primjer toga su neki koraci koje ne poboljšavaju kvalitetu ili koraci koji jednostavno dodaju višak kvalitete koju kupci ne zahtijevaju. Gubici se pojavljuju uslijed loše konstrukcije proizvoda, koji često zahtijeva previše koraka obrade (prekompleksan proizvod). Samim time povećavaju se pripremno završna vremena i čišćenje između obrade.

   Prepoznavanje aktivnosti koje dodaju vrijednost i onih koje ne dodaju vrijednosti u procesu izrade doprinosi izbjegavanju gubitaka prekomjernom obradom.
6. Čekanje, kao gubitak se odnosi na vrijeme „praznih hodova“ unutar proizvodnog ciklusa koji nastaju zbog neusklađenosti radnih operacija ili lošeg planiranja proizvodnje. Ponekad čekanje može biti i rezultat neisporučenih sirovina na vrijeme ili prekasnih narudžbi potrebnih materijala i sirovina Za razliku od gubitaka prekomjerne proizvodnje, gubici čekanja su obično lakše uočljivi. Vrijeme čekanja vidljivo je u zastojima zbog nedostupnosti resursa ili nedostupnosti informacija, npr. čeka se zakašnjele sudionike sastanka, čeka se na izmjenu alata, čeka se potpis odobrenja za nastavak procesa itd. Čekanje povećava vodeće vrijeme procesa a samim time i troškove.

7. Transport, transportni gubici nastaju zbog predugih transportnih putova, neadekvatnih transportnih odnosno prijevoznih sredstava, dislociranih dijelova poduzeća ili dislociranih dijelova proizvodnje. Prijevoz i dvostruko ili trostruko rukovanje sirovinama i gotovim proizvoda obično se promatraju kao gubici u mnogim tvornicama. Do gubitaka dolazi kada se ljudi, oprema, potrošni materijal, alati, dokumentacija, materijal nepotrebno prevoze i premještaju s jednog mjesta na drugo. Često je krivac za ovu vrstu otpada loše zamišljen izgled tlocrta tvornice i skladišnih kapaciteta, što znači duže linije prijevoza i više rukovanja materijalom. Situacija se često pogoršava privremenim skladištenjem ili čestim promjenama mjesta za pohranu. U cilju otklanjanja gubitaka uzrokovanih transportom, poboljšanja moraju biti u području rasporeda proizvodnih kapaciteta, procesa koordinacije, metoda transporta, skladištenje i opće organizacije.
8. Nedovoljno iskorištenje ljudskih potencijala vrsta je gubitka koji je naknadno dodan grupi prvotnih sedam vrsta gubitaka, s obzirom da također ima veliki utjecaj na kvalitetu i troškove proizvodnje. Ovaj se gubitak prije svega odnosi na: ne korištenje raspoloživog znanja i vještina ljudi za unapređenje rada koji najbolje poznaju proces, neisticanje ili konfuzno iznošenje poslovnih prioriteta i ciljeva za sve zaposlenike u njihovom okviru djelovanja, nejasno ili konfuzno dodjeljivanje uloga i odgovornosti djelovanja, korištenje visoko plaćenog osoblja za rutinske zadatke koji ne zahtijevaju njihovo stručno znanje, ne povezivanje znanja i informacija te odsutnost povratne veze. Ne uključivanje svih sudionika u proces pronalaženja rješenja i odlučivanja, ne korištenje ili ne savjetovanje sa zaposlenicima na koje se odnosi promjena procesa, izmjena ili premještanje opreme, odsutnost unapređenja rada, odsutnost stalnog usavršavanja i treninga zaposlenika, neki su od primjera koji dovode ili pripadaju u grupu gubitaka nedovoljnog iskorištenja ljudskog potencijala.



Slika 13. 7+1 gubitaka Lean proizvodnje

3.5. Alati Lean managementa

Vitka proizvodnja ima vrlo opsežan skup alata, metoda, mjera, aktivnosti ili pristupa kojima je zajedničko uklanjanje gubitaka iz procesa radi povećanja učinkovitosti. S obzirom da se razvojem tehnike i tehnologije, promjene i poboljšanja svakodnevno i ubrzano mijenjaju i usavršavaju a područja primjene šire i izvan inicijalnog proizvodnog područja, tako se i broj alata svakodnevno povećava te postaju dio *Lean* koncepta. Primjenom alata *Lean* organizacija sagledava poslovni sustav kao cjelinu, a ne kao niz odvojenih dijelova i zasebnih cjelina sustava.

U narednim poglavljima biti će detaljno definirani i objašnjeni temeljni *Lean* alati povezani uz temu ovog rada.

3.5.1. Kaizen

Kaizen je zasigurno najvažniji koncept japanskog poslovnog razmišljanja i uspjeha temeljenog na idejama W.E. Deminga čije je ideje japanska industrija prihvatila i usvojila nakon njegovih predavanja 50-ih godina prošlog stoljeća. Izvorno je predstavljen Zapadu kroz knjigu „*Kaizen* Ključ japanskog poslovnog uspjeha“ autora Masaaki Imaia. Danas je *Kaizen* prepoznat u svijetu kao važna dugoročna strategija organizacije [49].

Suštinu *Kaizena* podrazumijeva konstantno napredovanje, ali ne kroz velike investicije i radikalne promijene, već kroz male korake naprijed temeljeno na PDCA ciklusu; Demingov krug kvalitete ili PDCA (P-plan, D-do, C-check, A-act). Na japanskom termin *Kaizen* （改善） sastoji se od dva pojmovna znaka-ideograma koji označavaju: 改 (kai) — napredak, inovaciju; 善 (zen) — dobro.

Brojni autori ističu ključne značajke Kaizena na različiti način, no većina se fokusira na njegove tri ključne značajke [50]:

- *Kaizen* je kontinuirani proces koji razvija kulturu rješavanja problema s fokusom na analizu i uz primjenu znanstvenog i strukturiranog razmišljanja na beskonačnom putu prema kvaliteti i učinkovitosti.
- *Kaizen* je po svojoj prirodi inkrementalan jer se razvija potaknut unutarnjom aktivnošću svih zaposlenika. *Kaizen* stavlja ljude u središte sustava i počiva na stalnom angažmanu i naporu svakog zaposlenika koji su konstantno i na svim razinama uključeni u aktivnosti poboljšanja za razliku od aktivnosti razvoja potaknutih od strane visokog menadžmenta stalnim reorganizacijama i tehnološkim unaprjeđenjima.
- *Kaizen* je participativan jer podrazumijeva uključenost i inteligenciju radne snage, generirajući intrinzične psihološke i kvalitetne radne i životne beneficije za zaposlenike.

Prava svrha *kaizena* je humanizirati radno mjesto, eliminirati naporan rad (mentalno i fizički), te podučiti radnu snagu kako učinkovito riješiti probleme kada se pojave, koristeći znanstveni i učenički pristup. U svojoj srži, *kaizen* je daleko više usmjeren na ljude nego o specifični dizajn procesa [51].

Planovi kontinuiranog poboljšavanja i *Kaizena* bi trebali biti holistički usvojeni za značajna organizacijska poboljšanja, uključujući smanjenje inventara, smanjenje vremena ugradnje, čime se osigurava poboljšanje uvjeta skladištenja i čistoće, poboljšanje sigurnosti i higijene na radnom mjestu, uvođenje „*Poka-Yoke*“ inicijative na radnom mjestu, evidencija poboljšanja opreme, obavljanje samostalne provjere abnormalnosti na radnom mjestu, te uvođenje vizualne kontrole na radnom mjestu

Ukoliko *Kaizen* nije top prioritet visokog menadžmenta, bilo kakva inicijativa da se uvede u poduzeće bit će kratkog vijeka [52].

Cilj *kaizena* je unaprjeđenje proizvodnih procesa i okoline za rad zaposlenih, a ne zahtjeva velike investicije. Osnovna ideja je da standardizira radni proces odnosno da se zna tko radi, što radi, gdje se nalazi alat, a uz to da se eliminiraju sve nepotrebne stvari i prepreke koje ometaju proces proizvodnje. *Kaizen* ne znači promjene samo za rukovodstvo kompanije već za svakog radnika. Osnovna prednost leži u tome što i radnik svojim prijedlozima može sudjelovati u jačanju kompanije. *Kaizen* znači stalno unapređivanje u svim segmentima rada, ne samo u proizvodnji. Od onoga tko upravlja strojem pa do top menadžmenta. Organizacija mora doprinositi u tom pogledu osiguravajući odgovarajuću obuku za poboljšanje vještina i znanja prema CI-u, jer je CI usko povezan s vještinama i bazom znanja zaposlenika [57]

Pereira [53]navodi deset pravila *kaizena* :

1. Sumnjajte u *status quo – Kaizen* razmišljanje nadilazi okvire uobičajenog razmišljanja. U poslovnim subjektima s konvencionalnim načinom razmišljanja sve što dobro funkcionira se ne dira, osim ako se ne pokvari. Međutim, prema *kaizen* načinu razmišljanja, čak i ako se nešto dobro radi, treba razmišljati može li se to ipak unaprijediti, jer bez unaprjeđenja nema dugoročnog opstanka.
2. Razmišljajte „Kako nešto napraviti“ umjesto „Zašto se ne može napraviti“ – treba biti proaktivan u rješavanju problema, treba izbjegavati pitanje „zašto“ i postavljati pitanje „kako“ jer ono rezultira učenjem i promjenama.
3. Prestanite se ispričavati. Počnite preispitivati trenutne navike – kada dođe do pogreške ili kvara u poslovnim subjektima s konvencionalnim načinom razmišljanja postavlja se pitanje „tko je to napravio“, dok *kaizen* postavlja pitanja „gdje je izvor problema“. Odgovara li neobrađeni materijal svojstvima koja je propisao proizvođač? Zna li radnik raditi svoj posao? Jesu li strojevi ispravni? Je li radni prostor dobro organiziran? Jesu li prisutni svi valjani standardi rada? Ako ima problema u jednom ili više područja menadžment se mora ponijeti odgovorno i otkloniti problem jednim od alata *lean* menadžmenta. Treba znati da niti jedan sustav nije savršen, koliko god se ponekad činilo da je sve u redu.
4. Ne tražiti perfekciju preko noći – uvođenje promjena za poboljšanje ne znači odmah vidljive rezultate. Prema *kaizen* načelima poboljšanje se ne traži odmah, niti se očekuje da će se postići odjednom.
5. Ispraviti pogreške odmah – u mnogo situacija to znači da će se prije dugoročnog rješenja trebati pronaći privremeno rješenje. Ukoliko problem nije kompleksan, treba raditi na tome da se uspostavi rješenje odmah, a nakon toga pripremiti dugoročnije i

svrsishodnije rješenje. Ukoliko je problem kompleksan mora se tražiti pomoć od formiranog tima i primjereno evidentirati korake rješenja.

6. Ne trošiti novac na *kaizen* – mnogo puta najbolje rješenje ne košta ništa. Ne treba ulagati novac u nove strojeve i tehnologiju očekujući da će to riješiti sve probleme. Ponekad problem treba prvo sagledati te ga probati riješiti na način koji neće zahtijevati dodatne troškove. Tek nakon što se iscrpe sva moguća rješenja potrebno je poduzeti određena ulaganja. U tom slučaju ulaganja su opravdana jer druga rješenja nisu urodila plodom.
7. Mudrost izlazi na vidjelo kada se suočimo s poteškoćama – ako se ne razmišlja s ciljem da se nešto riješi, tada ne postoji šansa da će se problem riješiti. Potrebno je problemu pristupati racionalno. Tada na vidjelo dolaze potencijali *kaizen* načina razmišljanja i *kaizen* radionica putem kojih se problem doista rješava.
8. Pitati se „zašto“ nekoliko puta i tražiti srž problema – svako pitanje „zašto“ mora imati odgovor. Zato je ključno postavljati povezana pitanja te kroz što manje pokušaja doći do rješenja.
9. Radije tražite mudrost deset ljudi nego znanje jednoga – *kaizen* filozofija nalaže uključivanje svih zaposlenika poslovnog subjekta u rješavanje problema. Svaki zaposlenik, bez obzira na kojoj poziciji radio, radi za boljitak poslovnog subjekta i znade konkretne probleme poslovnog subjekta. Uključivanje i slušanje radnika svakako može dovesti do rješenja i poboljšanja poslovanja.
10. Zapamtiti da su mogućnosti *kaizena* praktično beskonačne – *kaizen* je način razmišljanja kojemu je cilj postići savršenstvo. Međutim, poznato je da se savršenstvo ne može postići. Bitno je zato konstantno težiti da se savršenstvu što više približi.

3.5.2. Mapiranje toka vrijednosti

Imperativ *Lean* razmišljanja je uklanjanje onih aktivnosti koje ne dodaju vrijednost odnosno skraćivanje vremena trajanja procesa. Vrlo važna mjera uspjeha implementacije *Leana* je smanjenje vremena koje protekne od zaprimanja zahtjeva za isporuku robe ili usluge do trenutka njihove isporuke. Međutim potpuno je izvjesno da osim vremena koji se troši na aktivnosti koje je kupac voljan platiti postoje različite kategorije koje ne dodaju vrijednost proizvodu, ali ih nije moguće izbjeći je bez njih ne bi bilo moguće ostvariti poslovni poduhvat (npr. regulirane obveze prema lokalnoj zajednici ili državnim institucijama), s druge strane

nužno je prepoznati one aktivnosti koje kupac također nije spreman platiti ali nisu neophodne za realizaciju poslovnog procesa (npr, dorada zbog greške).

Mapiranje toka vrijednosti [52] (engl. *Value Stream Mapping* (VSM)) je postupak vizualizacije toka vrijednosti koristeći standardizirane simbole i informacije dobivene iz procesa. Mapiranje toka vrijednosti provodi se kako bi se olakšalo razumijevanje trenutnog stanja procesa u proizvodnji, a često izrađena mapa toka vrijednosti predstavlja temelj za donošenje odluka o izradi novog rasporeda radnih mjesta i strojeva unutar pogona. Stoga je Mapiranje toka vrijednosti fundamentalna tehnika unutar vitkog menadžmenta koja ima primarnu svrhu identificiranja gubitaka i prilika za povećanje vrijednosti.

Iako je primjena mapiranja toka vrijednosti u aktivnostima građenja ograničena, zbog svoje osjetljivosti na zastoje i izrazito nefleksibilnog karaktera i dalje je metoda koja je primjenjiva za sve one proizvodne djelatnosti podređene građenju (proizvodnja i isporuka svih pred-gotovljenih dijelova ili sklopova izvan lokacije gradilišta tj za one proizvodne aktivnosti koji pokazuju značajke serijske proizvodnje). U literaturi se ističe kako je upotreba mapiranja toka vrijednosti u djelatnosti građenja ograničena na specifična područja: procese lanca dobave ili na jedinstvene operacije kao što je proizvodnja pojedinih dijelova. Osobito se to može zapaziti na primjeru proizvodnje čeličnih konstrukcija, izrade dijelova cijevnih linija - *spoolova*, te kod izrade i sklapanju *skid* (paketnih) jedinica. Ako se prihvaća da uz građevinske radove, te montaže pojedinačne stacionarne i rotacijske opreme, montaža nosivih konstrukcija i cjevovoda pripadaju onim aktivnostima koje su najviše podložne izmjenama i doradama a pravodobna isporuka u skladu sa JIT (*just in time*) je preduvjet za usklađenje sa terminskim planom građenja, onda je zasigurno opravdana primjena alata mapiranja toka vrijednosti u navedenih aktivnostima.

Većina autora navodi mapiranje toka vrijednosti kao ključni alat za razumijevanje i prepoznavanje gubitaka u tradicionalnim načinima proizvodnje koja prethodi montaži na mjestu građenja te uz predložene promjene ukazuju na poboljšanja procesa.

3.5.3. Isporuka JIT

Suvremeni model upravljanja zalihama „*Just In Time*“ znači „točno na vrijeme“, odnosno proizvodnja bez zaliha, kontinuirano opskrbljivanje potrebnim materijalima bez prethodnog skladištenja. Cijela industrija logističkog menadžmenta temelji se na upravljanju zalihama koje moraju biti što manje, ali uvijek dovoljne da bi zadovoljile sve kupce. O zalihama se vodi posebna politika pa se utvrđuje maksimum zaliha, koji stvara financijsko

opterećenje zbog dužeg zadržavanja robe na skladištima ili minimum zaliha, ispod čega poduzeće ne bi moglo pravovremeno zadovoljiti potrebe potrošnje. Pored njih utvrđuju se optimalne zalihe koje omogućuju redovitu opskrbu kupaca ili proizvodnje, ali uz minimalne troškove skladištenja i naručivanja.

Uspoređujući sa masovnom proizvodnjom, na ovaj se način smanjuju napori radne snage, proizvodni prostor, troškovi opreme te vrijeme potrebno za proizvodnju gotovog proizvoda, što sve direktno vodi ka smanjenju troškova i povećanju ekonomičnosti. Takav pristup nemoguće je primijeniti bez sagledavanja cjelokupnog procesa i svih segmenata poslovanja u smislu da se mijenja sama logika poslovanja. Tu je vrlo važno uočavanje, alokacija i prenošenje troškova na pojedine procese do detalja, kao što je utvrđivanje gubitaka u samom gibanju sirovine i poluproizvoda te samog radnika, postoji li prekomjerna komunikacija te postavljanje proizvodnog procesa na ekonomski optimalan način. U samim svojim temeljima, takav pristup uklanja gubitke kroz kontinuirani proces poboljšanja. Usredotočuje se na vrijednost koja se stvara kroz proces proizvodnje te uklanja operacije koje ne stvaraju novu vrijednost poput skladištenja, transporta i inspekcije. Uklanjanjem nepotrebnih operacija u proizvodnom procesu znatno se skraćuje ciklus proizvodnje.

„*Just in time*“ filozofija upravljanja zalihama polazi upravo od tvrdnje da zalihe ne stvaraju vrijednost nego izazivaju troškove koji se od nje odbijaju. Zato se u japanskoj industriji siromašnoj prirodnim resursima razvila averzija prema svemu što je bio višak, odnosno gubitak u proizvodnji. Primjenom JIT koncepta drastično su smanjene zalihe materijala, a samim time i troškovi proizvodnje zbog toga što je vrijeme proizvodnje proizvoda skraćeno nekoliko puta, kao i vrijeme pripreme strojeva, a radne površine smanjene su za 40 % zbog smanjenih potreba za skladištem.

Kad su načela JIT-a uspješno primjene na proizvodnju, omogućuje se brža isporuka proizvoda naručiteljima, a time se smanjuju zalihe gotovih proizvoda. To vodi i do promjene u ponašanju zaposlenika te se traži promjena njihova načina razmišljanja. Svaki sudionik naime u bilo kojem trenutku proizvodnje trebao bi moći reagirati, dok se kontrola kvalitete predstavlja kao proces, što znači da svatko u proizvodnom procesu obavlja kontrolu. Radnici se svakodnevno suočavaju s nepotrebnim operacijama u poslu, pa stoga znaju iz prve ruke kako stvari funkcioniraju i vrlo često mogu predložiti poboljšanja.

Filozofija JIT-a uključuje principe i praksu smanjivanja troškova kroz uklanjanje otpada i pojednostavljenje svih troškova kompanije. U postizanju te filozofije pet je glavnih koraka koji su karakteristike racionalne proizvodnje, a omogućavaju da kompanije budu brže, bolje,

proizvodi jeftiniji, a one privlačnije kupcima. Ta filozofija ne može se ostvariti u kratkom razdoblju, već je neprekidan proces koji zahtjeva viziju, stalnost i postojanost. Osnova je ove filozofije identifikacija i eliminiranje otpada, što rezultira povećanjem produktivnosti i stvaranjem vrijednosti za kupca.

Za razliku od tradicionalne, JIT proizvodnja označava „vremenski dobro planirano“, odnosno dostupnost zaliha točno kad su potrebne, ne prije, ni kasnije. Sustav funkcionira na bazi signalnih zaliha. Kad stanje robe na skladištu dostigne danu razinu, to predstavlja signal za realizaciju narudžbe. Skraćivanjem vremena proizvodnje se smanjuju signalne zalihe, ali se ne mijenja razina maksimalnih zaliha. Kad se smanji veličine proizvodne serije ili narudžbe, postižu se značajni učinci u upravljanju zalihama, a samim time se povećava efikasnost radnog kapitala. Materijal i proizvodi dostavljaju se samo u trenutku kad trebaju, kako bi zalihe između različitih faza u proizvodnji bile vrlo male. Poslovanje na takav način iziskuje vrlo pouzdanu proizvodnju i dostavu, jer s obzirom na male zalihe, svako kašnjenje isporuke s nekoliko neispravnih komada može potpuno blokirati proizvodnju. Proizvodnja i isporuka moraju biti usklađene i sa zahtjevima tržišta, jer kad ne bi bilo tako, gotov proizvod bi se morao negdje skladištiti. Iz toga proizlazi da se dnevno mora biti u mogućnosti proizvoditi točno onoliko koliko traži tržište, ni više, a ni manje.

Prednosti JIT metode su :

- manje zalihe materijala (manja skladišta ili ukidanje skladišta),
- kraća vremena dostave,
- kraće vrijeme proizvodnje,
- veća produktivnost,
- -bolja iskorištenost kapaciteta,
- pojednostavljeno planiranje i raspoređivanje,
- bolja kvaliteta i manje gubitaka,
- bolji moral radnika,
- bolja suradnja s dobavljačima,
- brže rješavanje problema.

Nedostaci JIT metode :

- visok rizik pri implementaciji,

- visoka početna ulaganja, -
- potrebno je određeno vrijeme da počne davati rezultate,
- primjenjiv je za stabilne organizacije,
- potrebno je stalno ulaganje,
- potrebna angažiranost svih zaposlenih,
- mijenjanje rasporeda da se smanji kretanje,
- prilagodba radnika povećanoj odgovornosti.

Cilj ove proizvodne metode je povećanje kvalitete proizvoda, povećanje produktivnosti, smanjenje zaliha na najmanju moguću razinu, ukidanje skladišta te smanjenje troškova i škarta. To se postiže povezivanjem dobavljača, proizvođača i kupaca što omogućuje kontinuiranost proizvodnog procesa bez čekanja na dobavljače i kupce.

Uloga održavanja je vrlo bitna za postizanje visoke produktivnosti. Zato su japanski proizvođači razvili "*Total Productive Maintenance*" (TPM) cjelovit pristup održavanju opreme koji nastoji postići savršenu proizvodnju. TPM sustav sadrži set tehnika kojima nastoji osigurati da svaki stroj u proizvodnom procesu bude uvijek u funkciji. Cilj je postići najveću moguću učinkovitost opreme uključivanjem svih zaposlenika, u svim odjelima i na svim razinama, najčešće kroz male grupne aktivnosti. TPM obično uključuje implementaciju sustava 5S, mjerenje 6 velikih gubitaka, prioritetne probleme i primjenu rješavanja problema s ciljem postizanja nula kvarova.

Ukratko, obilježja tradicionalne proizvodnje su: raspored proizvodnje temelji se na predviđanju, tjednima ili mjesecima se stvaraju zalihe gotovih proizvoda, radnik radi na jednom stroju i ovlasti su mu niske, zalihe visoke, a obrtaj zaliha nizak, troškovi proizvodnje su visoki i teško se kontroliraju. Nasuprot tome, JIT proizvodnja temelji se na narudžbama i proizvodi se za ispunjavanje istih unutar proizvodnog ciklusa koji se mjeri u danima, jedan radnik radi na više strojeva i ovlasti su mu visoke, zalihe su niske, a visok im je obrtaj, dok su troškovi proizvodnje stabilni i smanjuju se. Odnos tradicionalne i JIT proizvodnje je prikazan tablicom 4:

Tablica 4. Razlike tradicionalne i JIT proizvodnje [60]

	Tradicionalna proizvodnja	JIT proizvodnja
Raspored proizvodnje temelji se na:	Predviđaju	Narudžbama
Proizvodi se za:	Zalihe gotovih proizvoda	Ispunjavanje narudžbe kupaca
Proizvodni ciklus raje:	Tjednima/mjesecima	Satima/danima
Pogon je organiziran po odjelima	Odjelima	Po tijeku proizvoda
Kvaliteta proizvoda	Uzrokovanje	100%
Radnik opslužuje	Jedan stroj	Više strojeva
Ovlasti radnika u procesu proizvodnje	Niske	Visoke
Zalihe su	Visoke	Niske
Obrtaj zaliha je:	Nizak	Visok
Fleksibilnost u promjeni rasporeda proizvodnje:	Niska	Visoka
Troškovi proizvodnje	Rastući, teže se kontroliraju	Stabilni / smanjuju se

3.5.4. 5S

Lean alat koji značajno može poboljšati proces projektiranja i građenja je svakako 5S. 5S je metodologija organizacije, čišćenja, razvoja i održavanja produktivne radne okoline za kreiranje radnog prostora koji je organiziraniji i efikasniji koja je svoje ime dobila prema pet japanskih riječi - *seiri, seiton, seiso, seiketsku* i *shisuke.*



Slika 14. 5S +1 koncept

Ovaj alat predstavlja početak svakog programa unapređenja poslovanja tvrtke i pomaže u analizi procesa koji se odvijaju u organizaciji Osnovna filozofija koja stoji iza 5S je da čisti radni prostor osigurava sigurniju i produktivniju okolinu za zaposlene te promovira dobro poslovanje. Pogrešno je shvatiti da je metoda 5S primjenjiva samo u proizvodnim djelatnostima i odnosi se samo na fizički prostor, s obzirom da je projektiranje aktivnost koja je pretežno oslonjena na standardne procedure, norme, kataloge, arhive, i sl., pretraživanje navedenih izvora također predstavlja gubitak, te je primjenjivost metode 5S u ovom slučaju naglašena.

Kratica 5S označava:

- *Seiri-Sort* – sortiranje. Potrebno je identificirati sve stvari nepotrebne za rad, odnosno proizvodnju i ukloniti ih iz radnog prostora. Odabire se samo alat neophodan za rad, dok se alati i materijali koji nisu često korišteni odlažu u zasebna spremišta. Stvari koje se uopće ne koriste valja odstraniti čime se dobiva slobodni prostor i lakši pristup

potrebnim alatima i materijalima. Nepotrebne predmete označene crvenom oznakom premjestiti u zasebne prostore. vizualnim alatima omogućiti kontrolu predmeta u prostoru,

- *Seiton-Straighten* – red. Stvari koje se koriste trebaju biti sistematski posložene, tako da ih se može jednostavno koristiti te da ih svatko može lako pronaći. Dobrom organizacijom uklanjaju se nepotrebni pokreti zaposlenika. Jednostavni obrasci poput: često korišten alat mora biti smješten u blizini mjesta gdje se koristi; alati koji se koriste zajedno moraju biti i smješteni zajedno; alat treba biti spremljen prema onom redoslijedu kojim se koristi, te etiketiranje doprinose sigurnijem i lakšem radu,
- *Seiso-Scrub* – čišćenje, pretpostavlja da su sve nepotrebne stvari eliminirane s radnog mjesta i da su svi potrebni alati dostupni i organizirani za efikasnu upotrebu. Ova faza podrazumijeva temeljito čišćenje otpada, popravljanje kvarova, te uključuje temeljit pregled i analizu radnog mjesta i procesa proizvodnje kako bi se, ne samo očistilo radno mjesto, nego isto tako i eliminirao korijen problema nastanka tog stanja. Ova faza, ne samo da za sobom ostavlja čistu i urednu radnu okolinu, nego se uz to vrše i nužni popravci. Sve to ujedno pospješuje i sigurnost i zaštitu radnika (*safety*) na radnom mjestu, te umanjuje mogućnost nastanka povreda. Čisto radno mjesto znači i značajno smanjenje nečistoće koja dovodi do otkaza na strojevima. Potrebno je utvrditi što uzrokuje kontaminiranje radnog mjesta. Koristi se metoda 5Why, kako bi se pronašli uzroci onečišćenja. Manje otkaza povećava produktivnost, što pak donosi veći profit. To je vrlo teško postići te se stoga preporučuje da se čišćenje strojeva i opreme uvede u svakodnevnu rutinu. Isto tako, preporučuje se i uvođenje svakodnevnih audita po mogućosti od strane neovisne osobe ili tima ljudi.
- *Seiketsu-Standardite* –standardizacija. Odnosi se na potrebu prihvaćanja postavljenih normi kao novog standarda. Pri provođenju standardizacije neophodno je: zabilježiti sve procedure provedene u prve tri faze i učiniti ih dijelom svakodnevne prakse, koristiti vizualni menadžment (ploče sa osjenčanim područjima za alate, označene police, različite boje i slično) što više moguće iz razloga što će to isticati odstupanja u zadanom rasporedu stvari, zakazati 5S sporazum koji navodi sva očekivanja, uloge i odgovornosti prije početka implementacije programa po fazama.
- *Shisuke-Sustain* – samodisciplina. Ovo je svakako najvažniji zahtjev koji mora biti usvojen. Kampanjsko uređivanje radnog prostora (mjesečno, kada dolazi neka delegacija, ili kada se dogodi ozljeda na radu) mora biti prevladano. 5S postaje

svakodnevnica samo ako je prihvaćena od zaposlenika i usklađena s njihovim razmišljanjem, kulturom i interesom. Važno je naglasiti da 5S može zaživjeti jedino ako je dio cjelokupne promjene filozofije.

Zaposlenik će steći naviku 5S samo onda kada prihvati da je to u njegovom interesu (veća sigurnost, lakše kretanja, manje fizičkog napora, bolja produktivnost koja će se odraziti na plaći). Stoga su i očekivanja od 5S-a velika.

3.5.5. Sprečavanje grešaka

Na više mjesta u radu je istaknuto kako greške nastale prilikom projektiranja imaju značajan utjecaj na realizaciju cijelog projekta, nesumnjivo je da je sprječavanje grešaka (engl. *mistake proofing* ili japanski *poka-yoke*) značajan alat za smanjivanje otpada. Osnovna ideja ovog alata je da tvrtka kreira vlastiti proces tako da su greške nemoguće, odnosno da se vrlo jednostavno mogu otkriti i ispraviti U intelegentnim CAD / BIM sustavima integrirani su moduli za prepoznavanje kolizija tijekom konstruiranja – *clash checking* što znatno pridonosi smanjenju grešaka i općenito reducira potrebu za redizajnom prilikom građenja. Tvrtka sukladno usvojenim pravilnicima o sustavim upravljanja kvalitetom izrađuje kontrolne liste te dokumentacija prolazi postupak provjere sa evaluacijom kvalitete i preporukama za poboljšanje.

Dokazivanje pogreške, alat je nastao kao produkt shvaćanja ograničenja statističke kontrole koja sama po sebi ne smanjuje broj pogrešaka na nulu. Osnovna ideja bila je zaustavljanje procesa kada god se pojavi pogreška, a u cilju definiranja uzroka i onemogućavanja ponavljajućeg izvora pogreške. Ključni dio ove procedure je aktivno sudjelovanje u proizvodnji poradi utvrđivanja pogrešaka prije nego što one postanu nesukladnosti. Zaključak je da statistička kontrola nije prijeko potrebna za postizanje operacija bez pogrešaka jer se s pomoću mehanizma *Poka-Yoke* postiže i ono što bi možda bilo nemoguće s metodom kontrole kvalitete. Ova ideja polučila je velike uspjehe u Toyoti osamdesetih godina 20. stoljeća. No od tada je sustav upozoravanja na pogrešku izazvanu strojem ili rukovaocem u tolikoj mjeri unaprjeđen da njegova izvorna ideja gubi smisao. Suvremeni strojevi i transportna sredstva opremljena su sustavima zaštite od pogrešnog rukovanja. Najčešće se ne mogu pokrenuti ako nisu zadovoljeni svi sigurnosni uvjeti i ako nisu postavljeni zadani parametri usklađeni s nacrtom.

Stoga se *Poka-Yoke* može promatrati samo s aspekta informatičke sigurnosti (neovlašteno mijenjanje performansi strojeva ili izmjene nacrta), te nadgledavanje funkcioniranja automatike koja onemogućava nepravilan rad [36]

3.5.6. Vizualizacija radnog mjesta

Vizualni je menadžment proces prikazivanja kritičnih sistemskih informacija tako da svi koji dođu na radno mjesto, čak i oni koji nisu upoznati s detaljima procesa, mogu ga vrlo brzo razumjeti i spoznati što je pod kontrolom, a što nije. Vizualni menadžment nastao je u tvornicama, no njegovi se principi mogu primijeniti i primjenjuju se u raznim aplikacijama u uredima, pozivnim centrima, medicini itd. Vizualni menadžment zahtijeva da se cijeli radni prostor opremi vidljivim i intuitivnim signalima koji će omogućivati zaposlenima da odmah znaju što se događa, razumiju svaki proces i jasno vide što se izvodi pravilno, a što nije u redu.

Vizualni menadžment postiže svoje ciljeve sistemskim i holističkim pristupom u cilju pomaganja tvrtkama u napredovanju. Ističe se da se to „postiže prijenosom značajnih organizacijskih zahtjeva u vizualne stimulacije:

Stvaranje okoline koja unapređuje predanost zaposlenika prema uspjehu tvrtke, osiguravanje da se radna okolina i kultura direktno povezuju sa zaposlenicima i daje potporu misiji i viziji tvrtke;

Prezentiranjem ključnih podataka i informacija kroz uvjerljive poruke koje ističu ono što je važno za tvrtku;

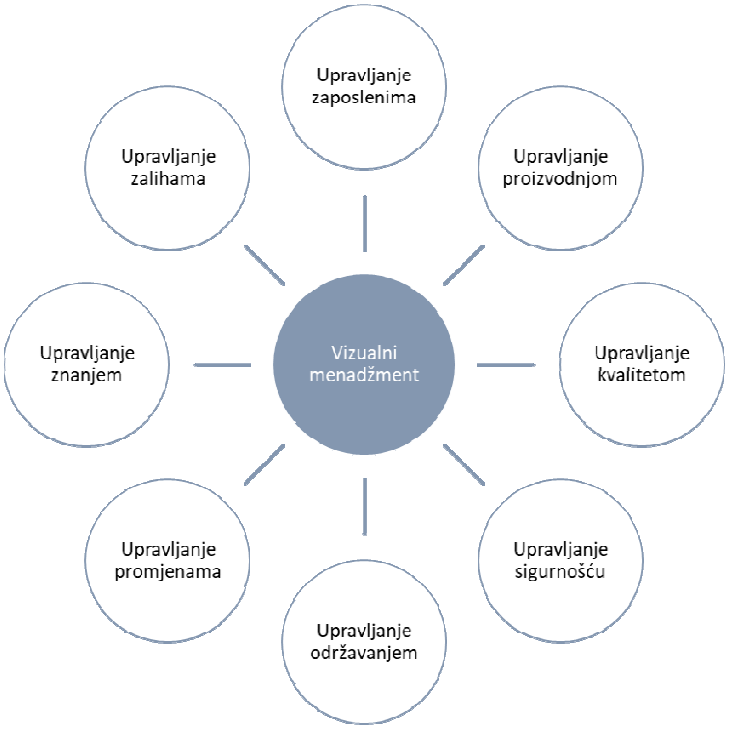
Prenošenje informacija o učinkovitosti tvrtke te zadržavanjem usredotočenosti zaposlenika na stvarnu misiju i ciljeve tvrtke te

Osiguravanje mehanizma za neprekidno napredovanje putem prilagođavanja sistema, razjašnjavanja ciljeva i uključivanja ljudi u proces i unapređivanje komunikacije i podjele informacija u cijelom sistemu“.

Prema [63] tehnike koje se koriste u vizualnome menadžmentu svrstavaju se u sljedeće kategorije: „radno mjesto, vizualne informacije, vizualna kontrola proizvodnje, automati, vizualno upravljanje učinkovitošću i vizualni sigurnosni menadžment“. Uobičajeni mehanizmi vizualnoga menadžmenta uključuju znakove obavještavanja,

oznake zaštite, naljepnice te razne oznake u bojama. Vizualni menadžment koristi se raznim poslovnim prilikama korištenjem znakova, naljepnica, slika.

Ističe se [63] kako su neke od glavnih vodilja za implementaciju vizualnoga menadžmenta u društvu 21. stoljeća upravo nadmoćna komunikacija, bolja sigurnost, povezanost ljudi i opreme te promocija.



Slika 15. Odnosi vizualnoga menadžmenta [63]

Slika 15 prikazuje odnose vizualnoga menadžmenta u tvrtkama i kako se vizualni menadžment može koristiti u poslovanju cijele tvrtke, a sve u cilju boljega i jednostavnijega upoznavanja zaposlenih s određenim promjenama, aktivnostima, rezultatima poslovanja itd.

Jedna od poznatih rješenja učinkovitog upravljanja je korištenje vizualnog alata – *Obeya*, koji olakšava dijeljenje informacija, omogućuje sagledavanje široke slike i prevenciju u slučaju mogućih problema promoviranog devedesetih godina prošlog stoljeća u Toyoti kao dio *Toyota Production System* (TPS) u razvoju modela Prius. *Obeya* je japanska riječ koja znači "velika soba“ osmišljena, kako bi pomogao boljoj koordinaciji složenih inženjerskih projekata. Za provedbu ovog koncepta nekoliko je listova papira A3 obješeno po zidovima velike dvorane za sastanke da bi se opisala različita stajališta članova projektantskog i poslovnog tima. Dakle, svaki sudionik mogao bi imati lak pristup informacijama i bolje razumijevanje mišljenja jednih o drugima o projektu, u kontekstu vizualnog upravljanja i stalnog unapređenja [65] Sudionici mogu aktivno participirati u razvoju proizvoda i steći bolji uvid o problemima te na taj način ubrzati razvoj rješenja. Na temelju velike sobe pomoću interdisciplinarnog upravljanja u tijekovima ciklusa rada PDCA, koraci i odredišta Obeya

sobe uključuju stručnjake iz različitih odjela tvrtke kao što su izgradnja i montaža, nabava, upravljanje, održavanje i dizajn. Vizualno upravljanje koristi se za (1) analizu činjenica i / ili podataka, (2) raspravu i (3) donošenje ključnih odluka. [65]

Novi se pristup ističe korištenjem BIM tehnologija za integraciju sustava, analizu podataka putem pokazatelja u kombinaciji s 3D vizualizacijom za kontinuirano i postupno poboljšavanje temeljeno na ciklusu PDCA. Za razliku od trenutne metodologije, gdje su sustavi izolirani, ovaj okvir predlaže integraciju nekoliko inženjerskih sustava kako bi se omogućio pristup raznolikim informacijama. Sve informacije potrebne za upravljanje projektom trebaju se razmatrati u modelu koji će se prikazati u okruženju "*Digital Obeya Room*".

Digitalizacijom, korištenjem BIM tehnologija za integraciju sustava, mogućnošću rada sa velikom količinom podataka u realnom vremenu, promovira se novi pristup kroz digitalnu Obey sobu "*Digital Obeya Room*" koja omogućuje analizu podataka putem pokazatelja u kombinaciji s 3D vizualizacijom za kontinuirano i postupno poboljšavanje temeljeno na ciklusu PDCA.

"*Digital Obeya Room*" osmišljena kao platforma za suradnju kroz vizualizaciju i interakciju s informacijama prikazanim na zaslonima velikih površina ili projiciranim na zid. Koristi poznate, jednostavne i fleksibilne alate koji uključuju crteže, skice, slike, dijagrame, predloške i sl. Sudionici doprinose i komuniciraju koristeći svoje osobne uređaje, bilo da se radi o računalu, tabletu ili pametnom telefonu ili izravno na zidu ili na drugom interaktivnom zaslonu. Projekcija u *Obeya* sobi pretvara kolaborativne prostore stvarajući velike, široke interaktivne površine. Ovakav način rada osobito može biti učinkovit u fazi građenja ako ga se poveže sa *Gemba* šetnjom (*Gemba* walk). *Gemba* je japanska riječ koja doslovno znači "stvarno mjesto" ("*the real place*"). *Gemba* se odnosi na mjesto na kojem se stvara dodana vrijednost. Prva kontrolna točka treba biti *Obeya*, gdje se provjerava da li su trenutno postignuta izvršenja u skladu sa planom, a zatim se uzročnici zastoja provjeravaju direktno na gradilištu- *Gembi*. Tendencija je stvoriti virtualnu kopiju napretka gradilišta, za razliku od proizvodnih-ponavljajućih procesa gdje je presudno da se podaci prikupljaju u realnom vremenu, s obzirom na karakter radnih aktivnosti kod građenja to ovisi o stupnju raščlambe radnih aktivnosti kod građenja, gdje viši stupanj raščlambe svakako pridonosi boljoj kontroli.

3.5.7. Pull sustav

Pull sustav ili *Kanban* koristi se kao metoda u sustavu upravo na vrijeme za odobravanje proizvodnje i kretanja materijala, odnosno kaže se da je podsustav sustav upravo na vrijeme. Njegova osnovna svrha je da se pokaže potreba za dodatnim dijelovima i da se ti dijelovi proizvedu na vrijeme. Na način da se povlače dijelovi kroz proces i to krenuvši od linije za završnu montažu. Sastoji se od kartica i kontejnera te je to sustav fizičke kontrole. Kontejneri se pomiču jedan po jedan i kada se kontejner s dijelovima isprazni u nekom radnom centru, vraćaju se u radni centar prije toga zajedno s transportnom karticom. Tada se proizvodna kartica iz kontejnera koji je pun, premješta i zamjenjuje transportnom karticom, a proizvodna kartica se stavlja na mjesto za pohranu *Kanban* kartica.

Koristio se u Toyotinim tvornicama na način da su zaposlenici *Kanban* kartice koristili za svaki korak koji su napravili u procesu proizvodnje. Stavlja naglasak na vizualizaciju poslova koja ima cilj da se stvori pravovremeno obavještavanje svih članova tima i da se olakša komunikacija između njih o informacijama o poslu koji se treba odraditi i u kojem vremenskom periodu. Osim toga služi i za smanjenje otpada i maksimizaciju vrijednosti u poslovanju i procesima.

3.6. Promjena temeljem Lean načela

Prevladavajuće je mišljenje da redefiniranje ili preobražaj kompanije koje mora nužno nastati zbog tržišnih okolnosti za sobom povlači aktivnosti kao što su smanjenje radne snage, smanjenje troškova, prodaja ili zatvaranje nekonkurentnih dijelova poduzeća, rasprodaja imovine i na kraju i prodaju samog poduzeća. Održiv način preobražaja tvrtke može nastati jedino u slučaju ako se promoviraju one aktivnosti koje dodaju vrijednost proizvodu (ili usluzi) iz perspektive kupca te stalnog nastojanja da se uklone sva rasipanja u sustavu koja bi vrijednost proizvodu umanjila. Byrne Art (2008) [4] tvrdi, a kasnije će se pokazati opravdano, da je svako poduzeće u mogućnosti postići uvjete u kojima će stvoriti dodanu vrijednost za svoje kupce i pretvoriti tradicionalni način upravljanja u održivu, za svoje radnike ali okolinu vrijednosno usmjerenu kulturu poslovanja. To je pak moguće jedino trajnom težnjom za poboljšanjem sustava.

Iako se pojam kontinuiranog poboljšanja u aktivnostima povećanja vrijednosti proizvoda čini razumljivim i dalje se troše resursi da se kupac prilagodi načinu na koji poduzeće posluje umjesto da se pokuša poduzeće prilagoditi zahtjevima kupaca. Da bi

poduzeće doživjelo svoj preobražaj potrebno je kod svakog pojedinca u poduzeću razviti sposobnost da vidi rasipanja koja onemogućuju stvaranje dodatne vrijednosti.

U slučaju proizvodnih poduzeća jedna od najvećih prepreka stvaranju dodane vrijednosti proizvodu je vrijeme pripreme (*setup time*). Jedna od prvih zadataka *Lean* transformacije prema Artu je smanjenje vremena pripreme. Smanjenjem vremena pripreme omogućena je i jača povezanost kupca sa radnim-proizvodnim mjestom što rezultira boljim shvaćanjem smisla samog rada kod zaposlenika, razumijevanjem uloge u procesu što opet povećava kvalitetu, smanjuje trošak i u konačnosti povećava zadovoljstvo kupca. Naravno ovo nije primjenjivo samo na proizvodna poduzeća, identični učinak se očekuje i u drugim organizacijama (npr. zdravstvene ustanove ili banke)

Art navodi impresivne pokazatelje uvođenja *Leana* u poduzeće:

- Vremenski period od narudžbe do isporuke (*lead time*) se skraćuje od nekoliko tjedana na nekoliko dana
- Obrtaj zaliha se udvostručuje u dvije godine a kroz četiri godine se četverostruko povećava
- Godišnje povećanje produktivnosti je od 15 do 20%
- Godišnje se smanjuje broj grešaka za 50%
- U dvije godine se površina radnog prostora smanjuje za 50%
- Rentabilnost prometa se povećava za 4 do 8%
- Rast tržišnog udjela
- Stvaranje kulture zajedništva gdje svaki pojedinac napreduje

Navedeni pokazatelji su minimum koji uspostavom *Lean* koncepta svako poduzeće može očekivati. Međutim potrebno je prihvatiti i preporuku da uvođenje *Leana* nije moguće bez potpune opredijeljenosti svih zaposlenika ali u prvom redu uprave. *Lean* nije moguće delegirati. Najviša razina rukovoditelja mora voditi ovaj proces u svim segmentima poslovanja i na svim nivoima. Cilj je stvaranje dodatne vrijednosti a ne rezanje troškova.

Prema Artu preobražaj se temelji na četiri *Lean* principa (*Lean Fundamentals*):

- Korištenje vrijeme takta (*takt time*)
- Tijek jednog komada (one-piece flow) tijek proizvodnje u što manjim serijama
- Standardizirani rad (*Standard work*)

- Upotreba *pull* sistema temeljen na zahtjevu kupca (*pull system*) pravi proizvod u pravoj količini i u pravo vrijeme

Takt-time ili taktno vrijeme je pojam koji označava vremenski ciklus u kojem se mora proizvesti jedinica proizvoda kako bi se ispunila dnevna potražnja. Taktno vrijeme (sekunde rada/jedinica proizvoda) se izračunava kao omjer raspoloživog radnog vremena (sekunde rada/dan) i dnevne potrebe za gotovim proizvodima (jedinice proizvoda/dan)

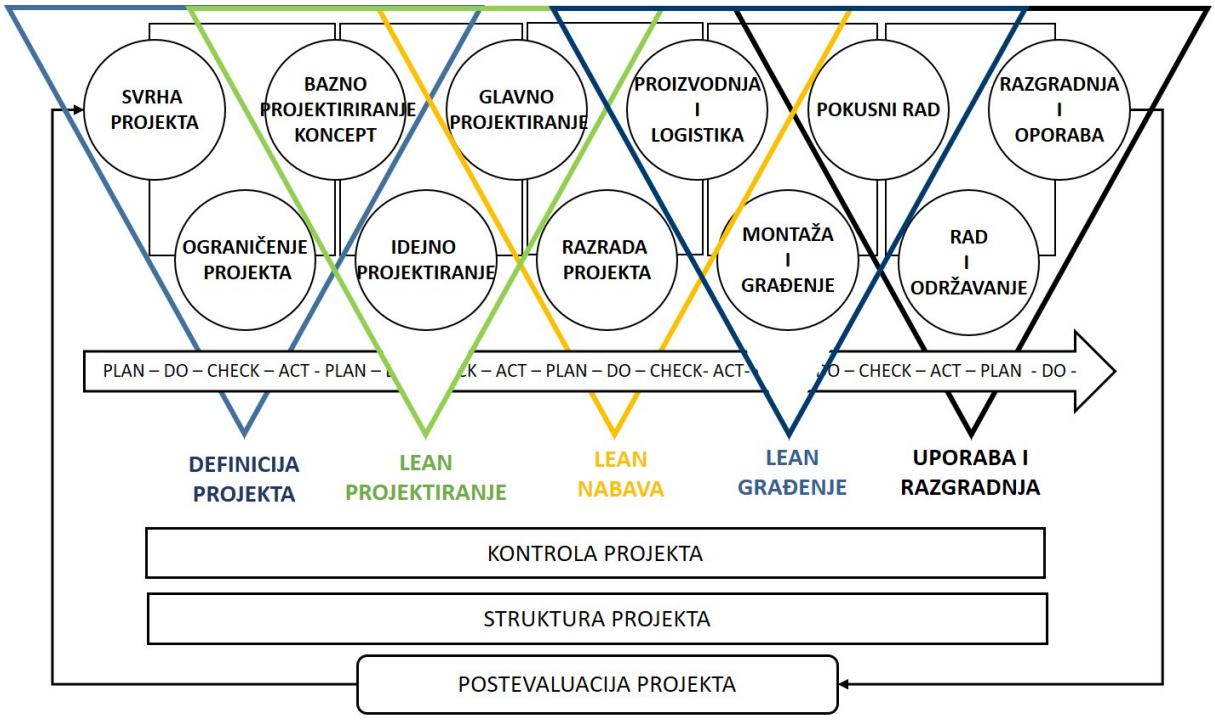
S druge strane, ističe se da je jedan od velikih problema implementacije lean-a upravo nepostojanje jedinstvene, standardne i konsensualno prihvaćene metodologije [55]. Ističe se da je *lean* mnogo više od redukcije troškova, uštede novca i smanjenje rasipanja jer priprema poslovni sustav za usvajanje i primjenu kontinuiranih unapređenja, kreira radnu disciplinu i ojačava operativne mogućnosti, ali je upravo ove mogućnosti jako teško adekvatno mjeriti.

Da bi informacija o izvedbi projekta bila potpuna, potrebno je uključiti i socio-tehničku perspektivu – značajke sudionika, procesa i radnoga okruženja. Socio-tehnička se perspektiva može opisati pomoću operativnih nematerijalnih indikatora s naglaskom na ponašanje pojedinaca i timova, razmjenu znanja te rješavanje tehničkih problema i stvaranje novih ideja. [56]

4. PRIMJENA LEAN UPRAVLJANJA U INVESTICIJSKIM PROJEKTIMA

Kao što je ranije naglašeno tok vrijednosti u investicijskim projektima je izuzetno složen. Proces je u postojećoj praksi fragmentiran i ne postoji ujednačeni sustav praćenja svih aktivnosti. Realizacija projekata odvija se kroz fazni proces, pri čemu se tijekom svake od faza stvara određena, unaprijed definirana grupa predmeta isporuke.

U *Lean* sistemu izvedbe projekta (*Lean Project Delivery System*-LPDS) razvijenom u Institutu za vitko upravljanje izgradnjom (*Lean Construction Institute*) opisuju se projekti izgradnje kao integrirani procesi koji obuhvaćaju projektiranje i građenje, međutim naglašava se kako su ove aktivnosti vrlo različite. LPDS je organiziran u pet faza kojeg čine jedanaest procesa- koraka. Sve su faze međusobno povezane a kontrola pokriva sve faze. Završna ocjena realiziranog projekta je nužna za ocjenjivanje dobrote procesa i razvoj budućih procesa (Slika 14) .



Slika 16. Lean sistem izvedbe projekta, prilagođeno [42]

Svaka faza sadrži tri koraka projekta. Svaki trokut predstavlja fazu projekta koja se preklapa, a neki koraci su zajednički element različitih faza zbog međusobne povezanosti isporuka. Dakle, svaka faza projekta ima utjecaj na sljedeću fazu i na nju utječe prethodna faza. U

usporedbi s tradicionalno vođenim projektima gdje postoje jasne granice između isporuka, LPDS izričito prikazuje odnose i ovisnosti između različitih faza, koje se često zanemaruju.

Cilj prve faze, Definicija projekta, je bolje razumijevanje projekta. Stoga se ciljevi (mjesto, vrijeme, troškovi, svrha, propisi) razjašnjavaju kroz kolaboraciju, ciljevi (što se želi), sredstva (što se mora pružiti) i ograničenja (mjesto, vrijeme, troškovi, propisi). Korak bazno projektiranje-koncept usklađuje interese dionika kroz vrijednosti, koncepte, kriterije i specifikacije i povezuje prve dvije faze LPDS-a jer je to kraj prve faze i početak druge faze. Druga faza, *Lean* projektiranje, i dalje naglašava imperativ suradnje između dionika kako bi zajedno razvili postupak i dizajn proizvoda na temelju koncepta. Da bismo imali najviše informacija i samim tim najbolje znanje o alternativama, odluke se donose u „posljednjem odgovornom trenutku“ (*eng. last responsible moment*) i s fokusom na maksimiziranje korisničke vrijednosti i minimiziranje otpada (*eng. wastes*). Ako se tijekom razgovora pojave nove mogućnosti, projekt se može vratiti u Definiciju projekta. Faza *Lean* projektiranje prelazi u *Lean* nabavu. Na temelju dizajna proizvoda izvest će se detaljni inženjering za izradu i isporuku komponenata i materijala. Ova faza uključuje logistički koncept za minimiziranje zaliha i smanjenje vremena trajanja.

Lean građenje nastavlja s isporukom informacija, komponenata i materijala, kao i alata, strojeva i radnih mjesta za izgradnju. Tijekom ove faze, građevinske se aktivnosti izvode u 'posljednjem odgovornom trenutku' kako bi se izbjegle promjene naloga i prerada. Nakon instalacije faza se završava puštanjem u pogon i uporabom objekta i prijelazima u redovnu uporabu. Posljednja faza se sastoji od vrijednosti krajnjeg korisnika. Informacije o radu, održavanju, izmjenama i stavljanju izvan pogona moraju se uzeti u obzir od početka projekta kako bi se postigla vrijednost krajnjeg korisnika i niži ukupni troškovi vlasništva. Stoga je za maksimiziranje vrijednosti imovine vrlo važno uzeti u obzir ovu fazu i nastaviti nakon faze korištenja građevine. U tradicionalnoj isporuci projekata ova faza često nije dio procesa i redovito dovodi do nezadovoljnih krajnjih korisnika.

Svaka faza projekta uključuje strukturu rada i kontrolu proizvodnje. Struktura rada ima za svrhu postizanje pouzdanog tijeka rada razbijanjem rada na manje dijelove.

Glavne karakteristike LPDS su:

- Promatra se tok vrijednosti kroz lanac aktivnosti
- Projekti su organizirani i vođeni kao procesi za povećanje vrijednosti
- Dionici projekta u prethodnim fazama su uključeni kroz mješovite-funkcijske timove u buduće faze projekta

- Uzimaju se sve faze u životnom ciklusu proizvoda tijekom projektiranja
- Kontrola projekta je izvršna funkcija
- Napori za optimalizaciju su usmjereni na postizanje pouzdanog radnog procesa, u usporedbi sa povećanjem produktivnosti kod standardnih projekata
- Povratne informacije su uključene na svakom nivou - PDCA krug

4.1. Lean projektiranje

Odluke o krajnjem proizvodu se donose združeno i u dijalogu o svrsi i ograničenjima projekta definira se koncept razvoja projekta. Dijalog počinje na način da kupac izrazi svoje želje, a projektni tim je zadužen za prepoznavanje svrhe proizvoda za kupca, na način da se otkriju koje su karakteristike proizvoda vrijedne za kupca, da bi svrha projekta bila jasna. Prepoznate vrijednosti se kroz tehničke specifikacije i nabavne kriterije uključuju u projekt. Prepoznavanjem svih potrebnih sredstava za realizaciju projekta mogu se prepoznati i ograničenja. Tijekom projektiranja potrebno je prepoznati sve značajke životnog ciklusa proizvoda-građevine, a organizacija projekta je usmjerena na dodavanju vrijednosti konačnom proizvodu.

Projektiranje industrijskih građevina je izuzetno kompleksan posao. Dok se izvođenje radova izvodi prema unaprijed definiranim zahtjevima, projekt mora jasno definirati te zahtjeve koji proizlaze iz zahtjeva korisnika. Projektiranje je djelatnost koja uključuje veliki broj iteracija i odluka, vremenski je dug, uključuje različite tehničke discipline i odvija se u promjenjivom regulatornom i financijskom okruženju. Sve često temeljeno na neadekvatnom projektnom zadatku, pod vremenskim i financijskim pritiskom korisnika.

Utjecaj faze projektiranja na period implementacije je izuzetno značajan. Upravo je u ovoj fazi uspostava adekvatnog planiranja i kontrole nužna, kao mjera za niz grešaka. Uzroci mogu biti: improvizacija u projektiranju, loša komunikacija, nedostatak projektnih podloga, deficiti ulaznih podataka,

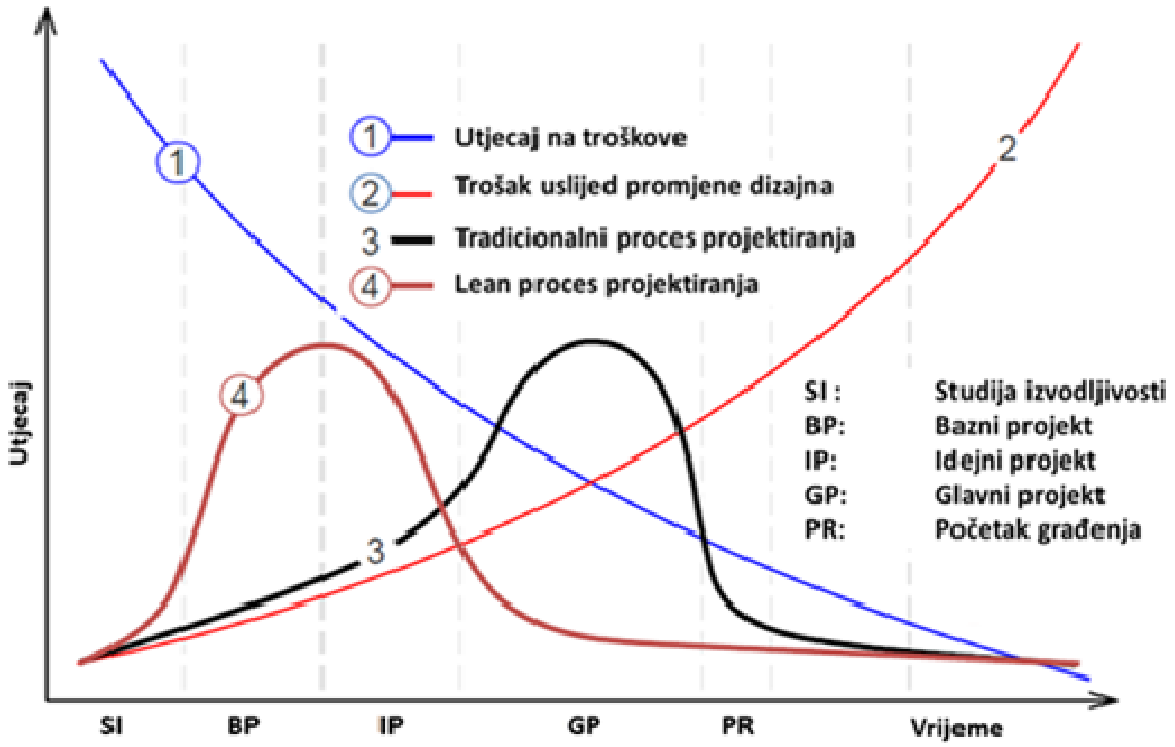
Projektiranje složenih industrijskih građevina u praksi je prvenstveno usmjereno na svojstva (ciljeve iz projektnog zadatka izrađenog od strane korisnika / investitora) a u manjoj mjeri se razmatra period građenja i vrši analiza izgradivosti (*constructability*) . Prema CIRIA-i (*Construction Industry Research and Information Association*), udruzi za unaprjeđenje svih aspekata građevinske proizvodnje u UK, izgradivost je definirana kao mjera u kojoj projektna dokumentacija, olakšava građenje uz sve zadane zahtjeve za završetak građevine. Kritična

veza je isključivo između projektnog tima i izvođača, gdje ključnu ulogu u olakšavanju građenja, tj. izgradivosti, ima projektni tim. U SAD-u pojam izgradivosti definira se kao sistem za postizanje optimalne integracije građevinskog znanja i iskustva u planiranju, nabavi i izvođenju radova u procesu izgradnje, te uravnoteženje projekata s ograničenjima okoliša, a sa svrhom postizanja zadanih projektnih ciljeva.

Zahvaljujući ubrzanom razvoju informacijskih i komunikacijskih tehnologija, postupak projektiranja izloženo je velikim promjenama. Primjena inovativne digitalne tehnologije briše granice između stvarnog i virtualnog, ali donosi izazove kako se organizirati, pravno regulirati i prilagoditi tim promjenama [57]. Jedna od trenutno najznačajnijih tehnoloških inovacija u projektiranju građevina jest BIM.

Osnovna ideja BIM-a jest suradnja raznih dionika u različitim fazama životnog ciklusa građevine koji dodaju, preuzimaju, ažuriraju ili mijenjaju informacije u BIM modelu ovisno o svojoj ulozi u građevinskom projektu.“ (NBIMS Committee, 2007, p. 22). Za razliku od tradicionalnog 2D projektiranja, BIM modeli ne samo da građevinu prikazuju s trećom, prostornom dimenzijom nego mogu imati i dodatne dimenzije: četvrta je vrijeme, peta su troškovi, a svaka sljedeća dimenzija dodatno pridonosi obogaćenju informacija za određenu građevinu (npr. za sigurnost i zaštitu na radu ili za upravljanje i održavanje građevine tijekom njezine upotrebe).U glavnom britanskom planu za usvajanje BIM-a (*Strategy Paper for the Government Construction Client Group From the BIM Industry Working Group*) navodi se kako BIM treba biti centralni hub za sve informacije o građevinskom projektu od njegova početka nadalje. Te informacije moraju interoperabilno podržati sve mogućnosti za izradu simulacija, postizanje visokokvalitetnih svojstava građevina, održivost, „zelene“ gradnje, virtualno projektiranje i građenje, analize ugljičnog otiska, lean građenje, integrirane isporuke projekata (eng *Integrated Project Delivery*), upravljanje nekretninama, upravljanje cjeloživotnim troškovima građevine, preventivno održavanje, razgradnju i sl. (BIM Industry Working Group, 2011).

Razlog za usvajanje jedinstvenog pristupa kod projektiranja dobro prikazuje MacLeamy-Tibett krivulja koja ističe ovisnost uloženog napora (utrošak vremena i resursa) i njegov utjecaj na troškove projekta s obzirom na faze provedbe projekta (slika 17)



Slika 17. MacLeamy-Tibett krivulja [43], [58]

Prema istraživanju koje je proveo McGraw-Hill-Construction (Bernstein, 2014) među građevinskim poduzećima – izvođačima radova i korisnicima BIM-a na devet vodećih svjetskih građevinskih tržišta – proizlazi kako su tri najvažnije prednosti BIM-a za izvođače sljedeće: 1. smanjenje pogrešaka i propusta, što posljedično smanjuje potrebu za popravcima izvedenih radova, smanjuje troškove građenja i ukupno vrijeme građenja te poboljšava ukupan životni vijek građevine 2. poboljšanje suradnje s vlasnicima i projektantima, i to zahvaljujući sve većoj integraciji članova projektnog tima 3. razvoj sveukupnog poslovanja kroz ponudu novih poslova i usluga, što pridonosi imidžu poduzeća.

McGraw-Hill-Construction proveo je istraživanje i među vlasnicima projekata u Velikoj Britaniji i u SAD-u, koji su prepoznali sljedeće najvažnije prednosti BIM-a (Bernstein, 2014): 1. vizualizacija – omogućuje bolje razumijevanje predloženog projektnog rješenja 2. smanjen je broj problema tijekom građenja vezanih uz pogreške u projektnoj dokumentaciji, u koordinaciji i u samom izvođenju radova 3. BIM analize i simulacije – omogućuju racionalnija projektna rješenja 4. BIM ima koristan učinak na vremensko planiranje i na kontrolu troškova.

4.2. Lean nabava

U nabavnim procesima današnjice u velikoj mjeri možemo prepoznati elemente lean načela. Nabavni lanac je neizostavni dio ukupnog poslovanja tvrtke, a sve više segmenata proizvodnje se prenosi na same dobavljače s ciljem optimiranja troškovnih i vremenskih parametara. Bitna pažnja se posvećuje ostvarivanju krajnjeg rezultata, s ciljem da se osigura stvaranje vrijednosti u lancu procesa.

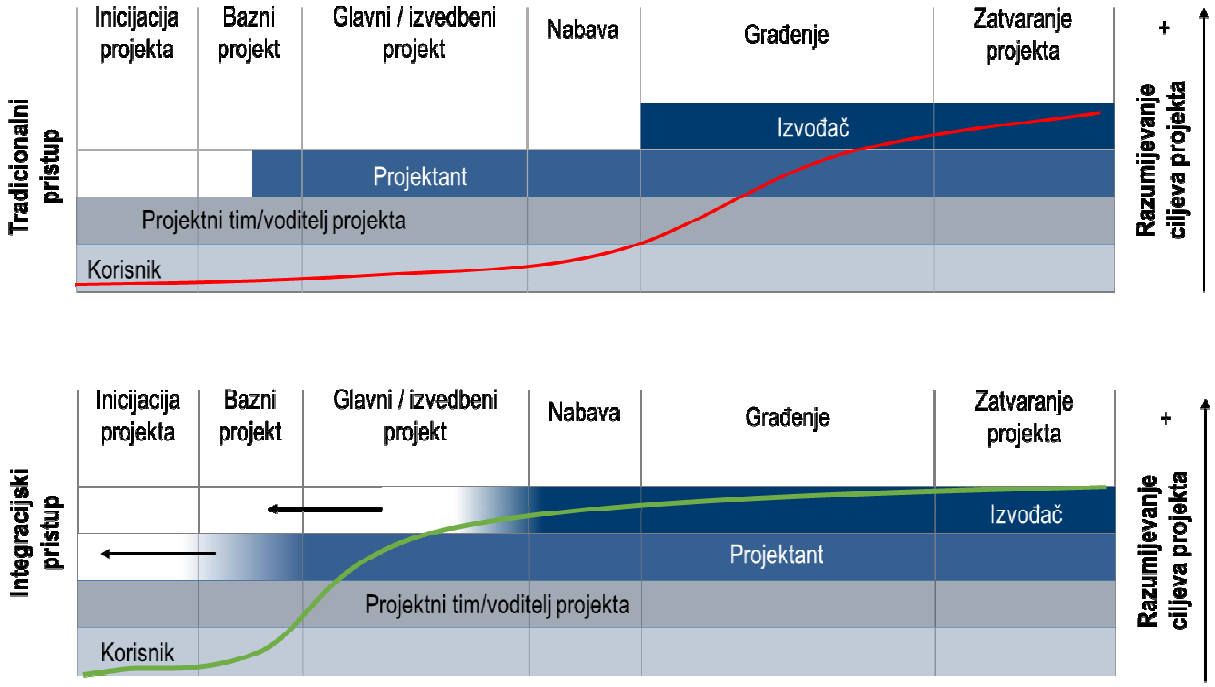
Naglašava se prijenos svih relevantnih aktivnosti na dobavljača, a osobito je potrebno naglasiti značaj kooperacije u kontroli kvalitete, izbjegavanje dvostruke kontrole, kod dobavljača prilikom isporuke te kod naručitelja prilikom preuzimanja. Proizvodni proces naručitelja u tom slučaju je potpuno ovisan o dobavljačevom sustavu kvalitete te je nužno osigurati funkcionalne oblike zajedničke kontrole kvalitete. Zbog toga je potrebno integralno planirati i pratiti sve korake osiguranja i kontrole kvalitete te ga primijeniti ne kvalitetu ukupnog poslovanja što predstavlja metodologiju potpune kontrole kvalitete. Potpuna kontrola kvalitete ili TQM (*Total Quality Management*) traži težnju svih odjela unutar organizacije ka ostvarivanju kvalitete. Japanski inženjer i menadžer Kaoru Ishikawa uključio je sve zaposlene u koncept potpune kontrole kvalitete, dok su do tada bili uključeni samo menadžeri. Njegov doprinos stvaranju slike o japanskim proizvodima kao proizvodima vrhunske kvalitete je značajan iz razloga jer je do kraja 70-tih većina japanskih velikih poduzeća prihvatila njegov koncept upravljanja kvalitetom .Jedno od važnih sredstva politika kvalitete je standardizacija. Prihvaćanje međunarodno prihvaćenih normi olakšava razmjenu roba i usluga te kompatibilnost roba i usluga različitih dobavljača. Do kvalitete se može doći na dva načina: prvim, koji predstavlja implementaciju nekog od sustava upravljanja kvalitetom, kao što su: ISO 9000, TQM (*Total Quality Managament*), *Six Sigma, Kaizen*, Vitka proizvodnja, 5S, Metodologija dvadeset ključeva ili drugim, koji podrazumijeva jednostavno okretanje ka kvaliteti u svim aspektima poslovanja organizacije, ali bez formalne implementacije nekog konkretnog sustava upravljanja kvalitetom.

Druga izuzetno važna aktivnost je kooperacija vezana za skladištenje odnosno isporuku u točno određenom trenutku. Ugovore o sinkroniziranoj opskrbi sklapaju poduzeća temeljem *Just in time* modela. *Just in time* temelji se na usklađenom planiranju, upravljanju i kontroli odvijanja proizvodnje dobavljača (proizvodnja u manjim serijama) i vlastite proizvodnje te na učestalim manjim količinama isporuke materijala i dijelova određene kvalitete u precizno definiranim rokovima. Na taj se način isporučuje samo u onoj količini i samo onda kad je to upravi potrebno. To omogućuje veliko smanjenje zaliha (60-90%),

potrebnog radnog prostora (do 50%), povećanje produktivnosti (do 100%). Dobavljače je potrebno ugovorno obvezati na poštivanje rokova isporuke i na isporuku opreme besprijekorne kvalitete, a za svaki otklon predvidjeti visoke kazne [59]

Upravljanje opskrbom usmjereno na odnos kupac-dobavljač i dio je lanca opskrbe. U nastavku će se navesti osobine nabave temeljene na *Lean* principima;

- komunikacija - efikasna dvostrana komunikacija je esencijalna za uspješan odnos s dobavljačima i kupcima. U namjeri da riješe potencijalne probleme i osiguraju nesmetan tok roba i usluga strane u lancu trebaju biti voljni dijeliti podatke i informacije;
- redukcija baze dobavljača - iako se u prošlosti smatralo da je poželjnije imati više dobavljača koji se međusobno nadmeću, novije spoznaje jesu suprotne: smanjenjem broja dobavljača omogućuje se intenziviranje odnosa na obostranu korist;
- dugoročni odnosi - ovdje nije riječ o trajanju odnosa već je naglasak da nisu privremeni ili povremeni. Kroz ovakve odnose partneri su voljni dijeliti informacije, rizik, zajednički ulaziti u razvoj novih proizvoda i sl.;
- izbor dobavljača - vezano je uz prethodno navedeno s obzirom da njihov pravilan izbor za specifične potrebe može imati veliki utjecaj na financijski i operativni rezultat. Spremnost dijeljenja informacija može se smatrati pokazateljem međusobnog povjerenja;
- certificiranje dobavljača - pregledavanjem svih aspekata njegovih performansi i činom konačnog izbora za očekivati je da će odnos kupac – dobavljač biti unaprijeđen u smislu pouzdanja i povjerenja;
- učešće dobavljača- preporučljiv je angažman dobavljača u razvoju novog proizvoda s obzirom da se to može izravno odraziti na povećanje kvalitete, smanjenje troškova te skraćenje vremena razvoja i plasmana proizvoda na tržište;
- među-funkcijski timovi - identificirani su kao važan doprinos uspjehu izbora dobavljača, dizajnu proizvoda, pravovremenoj proizvodnji (JIT); smanjenju troškova, povećanju kvalitete te unaprjeđenju komunikacije;
- povjerenje i privrženost - suradnja u kojoj poduzeća razmjenjuju važne informacije i uključuju se u dugoročne odnose dobavljač – kupac predstavlja početak istinske interakcije opskrbnog lanca.



Slika 18. Integracija različitih sudionika u gradnji [62]

4.3. Lean građenje

Razvoj modernog upravljanja projektima građenja započinje 1950-ih godina u SAD-u. Do tada se projektima upravljalo ad hoc pristupom, koristeći se samo gantogramima i neformalnim alatima. Početak razvoja obilježila su dva alata za planiranje: metoda kritičnog puta (engl. *Critical Path Method* - CPM), koju je razvio konzorcij DuPont Corporation - Remington Rand Corporation i PERT metoda (od engl. *Program Evaluation and Review Technique*), koju je razvio konzorcij Booz-Allen & Hamilton - Lockheed Corporation [15]

Iako je u današnje vrijeme korištenje znanja o planiranjima projektima i primjena inteligentnih alata za projektiranje u svim projektima primijenjena, građevinarstvo i dalje zaostaje za drugim granama industrije po pitanju efikasnosti. Građevinarstvo generira znatna rasipanja te su napori znanstvenih istraživača zadnjih godina usmjereni na primjenu Lean alata za njihovu redukciju.

Lean pristup kod izvođača radova može donijeti poboljšanja poput smanjene administracije, poboljšanog tijeka rada, poboljšanog timski rad, smanjene zalihe, manje potrošnja materijala, bolje organizacija radnih mjesta i prostora, kraćeg radnog vrijeme i veće kvalitete proizvoda te veću produktivnost. Navodi se (16), prema dvanaest izvora istraživanja u pet zemalja (SAD, Brazil, Nigerija, Velika Britanija i Švedska), za razdoblje 2001-2013, da

je upotreba *Lean* pristupa i *Lean* tehnika u periodu građenja smanjila trajanje projekta za 17 do 79%. Na primjer, 5S tehnike mogu se uspješno koristiti u mnogim građevinskim projektima zbog niskih financijskih troškova potrebnih za njegovu provedbu. Za hrvatske izvođače, prema [16]osobito djelotvorni mogu biti *Just-in-time, Gemba i Kaizen* pristup.

5. PROCJENA MOGUĆNOSTI POBOLJŠANJA PROVEDBE INVESTICIJSKIH PROJEKATA PRIMJENOM LEAN METODOLOGIJE

U ovom dijelu rada provesti će se proces procjene korištenja primjenjivih *lean* metoda na složenim investicijskim projektima u energetskom sektoru i sektoru proizvodnje i prerade nafte i plina. Proces slijedi teorijsku materiju obrađenu u prethodnim poglavljima.

Industrija proizvodnje i prerade nafte i plina kao i energetski sektor u cjelini, zasigurno prolaziti kroz izrazito izazovno razdoblje. Zakonodavno okruženje i zahtjevi tržišta u kojem posluje i razvija se energetski sektor usmjerava buduće aktivnosti prema postupnoj dekarbonizaciji. Napori koji se ulažu u smanjenje ugljične intenzivnosti energetike, te brzina tehnološkog razvoja, pristup sve zahtjevnijoj modernoj tehnologiji u realizaciji projekata kao i znanju potrebnom za njihovu realizaciju (*know how*), čine proces donošenje investicijske odluke sve kompleksnijim. Financijske i ekonomske analize projekta se rade uvijek za one građevine za koje se podrazumijeva da će biti izgrađeni u zadanim okvirima vremena troška i kvalitete, uvažavajući pri tome ograničenja organizacijskih, društvenih, sigurnosnih i drugih faktora. Specifičnosti energetskog sektora je visoka kapitalna intenzivnost energetskih projekata ulaganja u istraživačka polja ugljikovodika (*upstream*), naftne terminale, rafinerijska postrojenja (*downstream*), skladišta, prijenosnu/transportnu infrastrukturu (*midstream*) s dugim rokovima realizacije s jedne strane, te njihove isplativosti s druge strane koja ne može biti zajamčena zbog izrazite nepredvidivosti i promjenjivosti cijena koja je uvjetovana mnogobrojnim utjecajnim činiteljima specifičnim za svako područje. Brzina tehničko-tehnološkog napretka djeluje neposredno na dužinu ekonomskog vijeka projekta. Što je napredak brži to će vijek projekta biti kraći. Upravo ta činjenica postavlja imperativ na besprijekornu provedbu implementacijske faze. Kako je ranije pokazano rizici koji prate investicijske projekte u fazi implementacije su izraženi. Tijekom izvođenja investicijskog projekta nastup rizičnih događaja može imati presudan utjecaj na konačni uspjeh projekta, dakle, uspjeh samog projekta često ovisi o uspjehu izvođenja projekta, pri čemu je pogrešno poistovjetiti ova dva pojma. Svaki projekt je moguće razdvojiti na ciljeve postizanja sadržajnog uspjeha projekta (što se želi postići projektom) i procesnog uspjeha koji se veže uz aktivnosti pripreme i vođenja projekta, mjerenja i kontrole izvršenja. U ovom radu se obrađuju uzročnici uspjeha/neuspjeha izvedbe projekta te utjecaj lean alata na moguća poboljšanja izvršenja.

Iako postoji relativno veliki broj istraživanja koji ukazuju na loše izvršenje projekta (industrijski *benchmark*) u praksi ne postoji dovoljni broj publiciranih i javno dostupnih podataka o provedenim mjerenjima ključnih pokazatelja izvršenja vezanih za one investicijske projekte za složene industrijske građevine prema Nacionalnoj klasifikaciji vrsta građevine Državnog zavoda za statistiku u koju ulaze građevine za rudarstvo i vađenje nafte i plina, elektrane, građevine i postrojenja za kemijsku industriju te objekti i postrojenja u teškoj industriji.

Za jasnu procjenu postignutog stupnja izvršenja, rano prepoznavanje i uklanjanje grešaka te pravodobno izvještavanje nužno je osigurati kontinuirano praćenje izvedbe projekta te mjerenje ključnih pokazatelja. Tradicionalni način praćenja sveden na pokazatelje iskorištenosti kapitalnih troškova projekta (CAPEX), odnosa kapitalnih troškova (CAPEX) i operativnih troškova (OPEX) ili omjera kašnjenja projekta ne daje nam odgovor o stvarnim uzrocima nepostizanja uspjeha projekta, što uzrokuje nemogućnost da se u praksi provjere i primjene metode vitkog upravljanja na investicijskim projektima u području energetskog i naftnog i plinskog poslovanja.

5.1. Prikupljanje i analiza podataka o uočenim gubicima

Lean pristup smanjenju i uklanjanju rasipanja u poslovnim procesima zahtijevaju sveobuhvatnu analizu u svim koracima procesa. Metode za prikupljanje i analizu postojećeg stanja moraju dati odgovor koji su korijeni uzroka rasipanja te u kolikoj mjeri pojedina rasipanja utječu na rezultate rada.

U svrhu istraživanja pripremljen je upitnik koji predstavlja instrument empirijskog istraživanja. Istraživanje je provedeno na uzorku u populaciji voditelja projekta poslovne jedinice Upravljanje investicijama INA Industrija nafte d.d i najzastupljenijim predstavnicima izvođačima radova na projektima proizvodnje i prerade nafte i plina, sa referentnim projektima u procesnoj i energetskoj industriji. Svi ispitani voditelji imaju adekvatno obrazovanje te dodatnu edukaciju o projektima. 78% ispitanika je certificirano prema IPMA programu certifikacije. Svi ispitanici imaju višegodišnje iskustvo u vođenju projekata. Anketa je rađena temeljem Likertove ljestvice za mjerenje stavova koja ima pet intenziteta, a sastoji se od većeg broja tvrdnji koje su pokazatelj određenog stava ispitanika (Tablica 5) Upitnik je poslan elektronskom poštom.

Tablica 5. Uzroci lošeg izvršenja projekta

#	Uzrok lošeg izvršenja projekta	Opis
1	izmjene projekta (uzrok projektant)	izmjene projekta uzrokovane zbog uočenih nesukladnosti tijekom građenja a odnose se na: nemogućnost napredovanja građenja (npr. uslijed preklapanja sa postojećim elementima), nesukladnosti s obzirom na zakonske propise ili zahtjeve naručitelja, greške prilikom konstruiranja koje onemogućuju izvedbu, krivo specificiranog materijala ili pogrešno kvantificiranih dijelova, nedovoljno razrađene ili nerazumljive tehničke dokumentacije, izmjene projekta zbog naknadno utvrđenih geomehaničkih uvjeta i dr.
2	izmjene projekta (uzrok investitor)	izmjene projekta uzrokovane naknadnim zahtjevima korisnika, izmjene opsega projekta, projektni zadatak nejasno određuje zahtjeve naručitelja u pogledu nabave usluga ili roba temeljem kojeg je izrađena projektna dokumentacija, projekt temeljen na nevjerodostojnoj, pogrešnoj dokumentaciji izvedenog stanja
3	izmjene projekta (uzrok izvođač)	izmjene projekta a koje je zatražio izvođač, a ne uključuje razloge navedene u #1 i 2 , nemogućnost opskrbe specificiranim materijalom ili opremom čime se zahtjeva promjena projekta te povećanim nabavnim periodom za dobavu zamjenske opreme
4	Neadekvatno upravljanje projektom od strane izvođača	problemi s podizvođačima, nedostatak materijala i opreme na tržištu, zakašnjelo ugovaranje isporuke, loše planiranje resursa- vrijeme, radna snaga, nedostatak iskusnog i kvalificiranog inženjerskog osoblja, nedostatak iskustva i znanja radnika, loša kontrola kvalitete opreme ili/i materijala i radova, krivi odabir tehnologije, neadekvatna primjena pravila vezana za osiguranje zdravlja, sigurnosti okoliša, dorade uslijed pogrešaka u izvedbi

Tablica 5. Uzroci lošeg izvršenja projekta- Nastavak

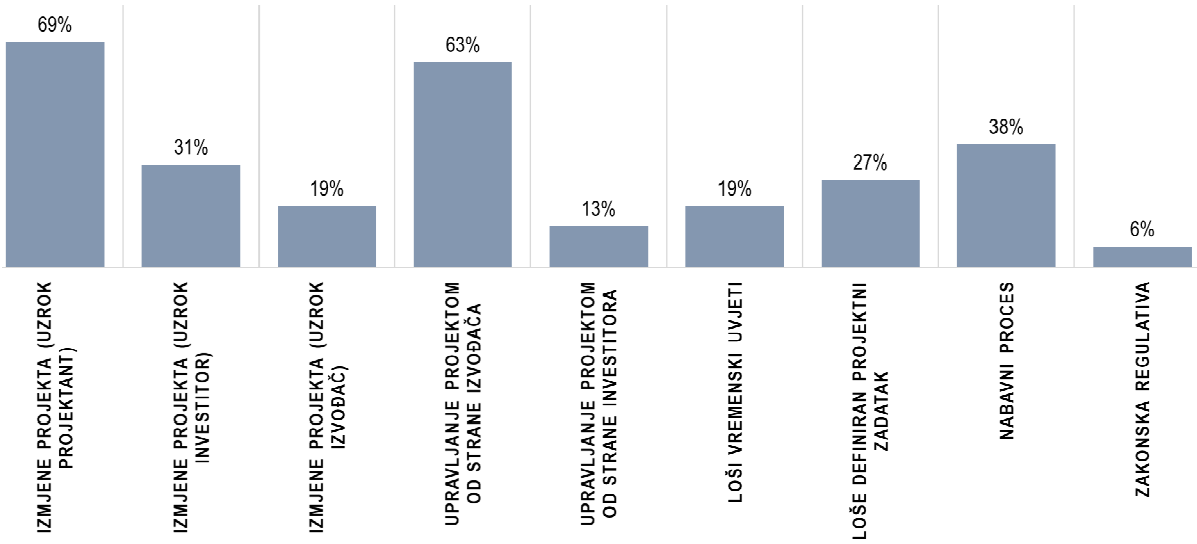
#	Uzrok lošeg izvršenja projekta	Opis
5	Neadekvatno upravljanje projektom od strane investitora	loš odabir izvođača, nerealno planiranje, krivi odabir strategije projekta, krivi odabir konzultanata, neadekvatni nadzor u ime investitora, neučinkovita ugovorna odredba o ugovornoj kazni za kašnjenje, loša kontrola kvalitete opreme ili/i materijala i radova, spor odaziv i donošenje odluka, neučinkovita koordinacija i komunikacija
6	loši vremenski uvjeti	zastoj u izvedbi zbog nepovoljnih vremenskih prilika, otežani vremenski uvjeti podrazumijevaju uvjete kod kojih se aktivnosti ne planiraju ili se postojeće prekidaju do dodatne procjene stanja
7	loše definiran projektni zadatak	nedovoljno jasno definirani ciljevi projekta, nedostatno sudjelovanje ključnog osoblja u procesu donošenja odluka i definiranju opsega
8	nabavni proces	Dugi rok natječajnog postupka i odabira, kriteriji za odabir dobavljača usluga i roba temelje se na kriteriju najniže cijene dok se kriteriji ekonomske najpovoljnije ponude i TCO rijetko koriste
9	zakonska regulativa	promjene u zakonskoj regulativi tijekom projektiranja, pravna nesigurnost, zastoj zbog izdavanja suglasnosti, dozvola i dr.

Većina ispitanika, 69% prepoznaje promjene u projektnoj dokumentaciji uz neadekvatno upravljanje projektom od strane izvođača 63%, kao glavni uzročnik povećanja trajanja izvedbe, eskalaciju troškova kroz dorade, zamjene ili povećanje količine ugrađenog materijala. Ovdje je zanimljivo napraviti usporedbu sa vrijednim istraživanjem provedenim u anketi (Galić, Dulaček-Alduk, Uremović, 2013) [64] koji pokazuje da 78% ispitanika tvrdi

kako vode račun o fazi izvođenja tijekom projektiranja. Potrebno je istaknuti da je spomenuto ispitivanje vršeno među populacijom projektanata usmjerenih na područje zgradarstva, te je potrebno uočiti razliku između projektiranja složenih industrijskih građevina (postrojenja, instalacija) gdje su projektanti većinom usmjereni na krajnji rezultat isporučene građevine; zadovoljenje projektiranih, od strane investitora, traženih parametara, sa izrazitom karakteristikom multidisciplinarnosti projekta, velikim brojem različitih učesnika i karakterom građevine usmjerenog na tehnološki proces i izlaze (output) tehnološkog procesa . Uzimajući u obzir iskustva u implementaciji investicijskih projekata u INA d.d. moguće je rangirati uzročnike odstupanja od ključnih pokazatelja uspješnosti projekta gdje greške u projektnoj dokumentaciji zauzimaju visoko mjesto.

Tablica 6. Rezultati provedenog ocjenjivanja o uzrocima lošeg izvršenja projekta

	u potpunosti se slažem (%)	djelomično se slažem (%)	niti se slažem niti se ne slažem (%)	djelomično se ne slažem (%)	u potpunosti se ne slažem (%)	Ukupno (%)
izmjene projekta (uzrok projektant)	69%	31%	0%	0%	0%	100%
izmjene projekta (uzrok investitor)	31%	75%	0%	0%	0%	100%
izmjene projekta (uzrok izvođač)	19%	13%	63%	0%	0%	100%
upravljanje projektom od strane izvođača	63%	25%	0%	0%	0%	100%
upravljanje projektom od strane investitora	13%	38%	31%	6%	0%	100%
loši vremenski uvjeti	19%	38%	56%	0%	0%	100%
loše definiran projektni zadatak	27%	63%	0%	0%	0%	100%
Nabavni proces	38%	6%	56%	0%	0%	100%
zakonska regulativa	6%	0%	31%	63%	0%	100%



Slika 19. Prikaz uzroka lošeg izvršenja projekta sa najvećim intenzitetom

Temeljeći se na *Lean* metodologiji prepoznavanja gubitaka u proizvodnji moguće je prepoznati gubitke kod građenja:

Tablica 7. Sedam vrsta gubitaka temeljena na *Lean* metodologiji

Vrste gubitaka	Učestali primjeri
Prekomjerna proizvodnja	izvođenje radnih operacija koje nisu neophodne (zbog neznanja/nestručnosti i nepotpunih, netočnih ili nepravodobnih informacija), stvaranje dokumentacije koju nitko ne zahtjeva ili koja se neće koristiti, slanje uputa prema previše ljudi , proizvodnja nepotrebnih zaliha
Prekomjerna obrada	uporaba prekapacitiranih strojeva (loše izabranih), kriva ili nedostajuća tehnološka oprema, pripremno-završno vrijeme, čišćenje između obrade, loš design (konstrukcija) proizvoda, koji zahtjeva previše koraka obrade ili aktivnosti kod montaže (kompleksni proizvod)

Tablica 7. Sedam vrsta gubitaka temeljena na *Lean* metodologiji - Nastavak

Vrste gubitaka	Učestali primjeri
Prekomjerna proizvodnja	izvođenje radnih operacija koje nisu neophodne (zbog neznanja/nestručnosti i nepotpunih, netočnih ili nepravodobnih informacija), stvaranje dokumentacije koju nitko ne zahtjeva ili koja se neće koristiti, slanje uputa prema previše ljudi , proizvodnja nepotrebnih zaliha
Prekomjerna obrada	uporaba prekapacitiranih strojeva (loše izabranih), kriva ili nedostajuća tehnološka oprema, pripremno-završno vrijeme, čišćenje između obrade, loš design (konstrukcija) proizvoda, koji zahtjeva previše koraka obrade ili aktivnosti kod montaže (kompleksni proizvod)
Nepotrebni pokreti	kod lošeg rasporeda strojeva i deponija materijala i nedovoljne obučenosti, loša ergonomija radnih mjesta, ljudi se trebaju micati da bi došli do informacija
Greške/Škart	loše izvedeni radovi (zbog nestručnosti ili pogrešnih, nepotpunih i nepravodobnih informacija- projektne dokumentacije) koji zahtijevaju dodatno trošenje vremena i materijala za popravke, prekid toka zbog grešaka, nepotrebna vremena, troškovi za analizu i otklanjanje
Zalihe	prekomjerne zalihe koje su "zamrznuti kapital" podložan oštećivanju i krađi i koje nepotrebno povećavaju troškove skladištenja i zauzimaju prostor
Čekanje	na materijale, na strojeve, na informacije, na radnike, na završetak radova koji se prethodno moraju obaviti, kao i čekanje na dozvole, rezultate kontrole i informacije (npr. u svezi izmjena i dopuna projekta)
Transporti	nepotrebni prijenosi materijala (zbog lošeg rasporeda na gradilištu i loše komunikacije), nepotrebno kretanje materijala između operacija, loša razrada layouta (razmještaj opreme i strojeva), neučinkovit transport informacija, neuspješna komunikacija (gubitak informacija), nekompatibilnost, nepouzdanost informacija

U periodu od 2017-2020 analizirani su gubici na tri reprezentativna investicijska projekta. Navedeni projekti su imali jedinstvenu strategiju provedbe, svedene na razdvojene faze: projektiranje-ugovaranje-građenje sa trajanjem faze građenja minimalno 6 mjeseci, uz sudjelovanje svih struka. Za sve projekte je izrađena projektna dokumentacija na razini izvedbenog projekta. Novo projektirane građevine su bile u službi usklađivanja postojećih proizvodnih jedinica sa odredbama o graničnim vrijednostima emisija (ekološki razlozi) te povećanje efikasnosti proizvodnje, te sami zahvati imaju karakter rekonstrukcije. Prikazani su ugovorene vrijednosti projekta te rokovi završetka, kao i pokazatelji izvršenja. Prekoračenje troškova je iskazano kao predložen i usvojen zahtjev izvođača za naknadnim radovima prema investitoru. Prekoračenje roka pokazuje prekoračenje ugovorenog roka gdje je investitor zahtijevao ugovornu kaznu od izvođača. Podaci za svaki projekt, razumljivo je, su različiti uslijed raznolikosti i složenosti projekta, detalja i isporuka, različitih resursa i primijenjenih praksi, međutim svaki projekt u svojem razvoju mora proći zajedničke faze. Iskazani podaci se odnose na fazu građenja.

Tablica 8. Odstupanja od ugovorenih parametara na primjeru tri investicijska projekta u fazi implementacije (vrijednosti bez uračunatog troška izmakle dobiti za naručitelja)

Projekt	Ugovoreni i ostvareni pokazatelji izvršenja	Vrijednost		Promjena
A	Ugovorena vrijednost radova*	1,00	NJ	↑3,0%
	Prekoračenje troškova	0,03	NJ	
	Ugovoreno trajanje radova	270	dana	↑27,8%
	Prekoračenje trajanja	75	dana	
B	Ugovorena vrijednost radova*	1,00	NJ	↑ 7,2%
	Prekoračenje troškova	0,072	NJ	
	Ugovoreno trajanje radova	545	dana	↑ 8,8%
	Prekoračenje trajanja	48	dana	
C	Ugovorena vrijednost radova*	1,00	NJ	↑ 24,4%
	Prekoračenje troškova	0,244	NJ	
	Ugovoreno trajanje radova	180	dana	↑ 6,1%
	Prekoračenje roka	11	dana	

**Jedinična vrijednost izražena u novčanim jedinicama (NJ)*

U tablici 9 navedeni su i opisani dominantni gubici u investicijskim projektima temeljeni na istraživanju prezentirani u prethodnom poglavlju, na primjeru tri projekta.

Prepoznati gubici svrstani su u sedam kategorija kako ih opisuje *Lean* metodologija (defekti/greške/ispravci, čekanje, prekomjerna obrada, zalihe, nepotrebni pokreti transporti prekomjerna proizvodnja), te je za svaki gubitak izraženo kašnjenje u danima. S obzirom da su se pojedine aktivnosti koje su uzrokovale kašnjenje provodile paralelno, iskazano je kumulativno (apsolutno) kašnjenje i stvarno (realizirano) kašnjenje. Analizirati će se apsolutno kašnjenje.

Tablica 9. Dominantni gubici u prema provedenom istraživanju na primjeru tri reprezentativna investicijska projekta

Opis rasipanja	Vrste rasipanja	Kašnjenje dana				Promjena
		Projekt			Ukupno	
		A	B	C		
Izmjena projekta kao posljedica kolizija u prostoru	Greške	23	12	0	35	14,9%
Kašnjenje zbog nejasne / nedorečene projektne dokumentacije	Čekanje	23	2	2	27	11,5%
Dorada zbog loše kvalitete uslijed nestručne izvedbe, odabir krive metode	Prekomjerna obrada	6	8	5	19	8,1%
Čekanje na dostavu roba i materijala	Čekanje	6	0	12	18	7,7%
Čekanje na uvjete za comissioning (sirovina, energija)	Čekanje	12	0	3	15	6,4%
Izmjene projekta. uzrokovane naknadnim zahtjevima korisnika	Greške	14	0	0	14	6,0%
Izmjena projektne dokumentacije zbog pogrešno kvantificiranih dijelova	Greške	12	0	0	12	5,1%
Čekanje na usluge podizvođača	Čekanje	4	3	5	12	5,1%
Čekanje zbog nedostatka materijala i opreme na tržištu	Čekanje	0	0	12	12	5,1%
Kašnjenje zbog oštećenja opreme / materijala	Zalihe	12	0	0	12	5,1%
Kašnjenje zbog loše produktivnost radnika zbog krivog odabira tehnologije	Nepotrebni pokreti	4	5	0	9	3,8%

Tablica 9. Dominantni gubici u prema provedenom istraživanju na primjeru tri reprezentativna investicijska projekta- Nastavak

Opis rasipanja	Vrste rasipanja	Kašnjenje dana				Promjena
		Projekt			Ukupno	
		A	B	C		
Kašnjenje zbog loše produktivnost radnika zbog neadekvatne radne snage	Čekanje	4	5	0	9	3,8%
Kašnjenje zbog krivog rasporeda opreme i ljudi	Transporti	4	1	3	8	3,4%
Čekanje na odluke i odobrenja	Čekanje	2	5	0	7	3,0%
Čekanje na punu mobilizaciju/zamjenu/dopunu radne snage	Čekanje	7	0	0	7	3,0%
Čekanje zbog loših vremenskih uvjeta	Čekanje	3	1	2	6	2,6%
Prekomjerno administriranje/nepotrebni sastanci	Prekomjerna proizvodnja	3	1	1	5	2,1%
Čekanje na izdavanje dozvole za rad	Čekanje	1	3	0	4	1,7%
Čekanje zbog sporova	Čekanje	2	0	0	2	0,9%
Čekanje zbog ozljede na radu ili kršenja osnovnih pravila sigurnosti	Čekanje	0	1	0	1	0,4%
Čekanje zbog kvarova	Održavanje	1	0	0	1	0,4%
Izmjena projekta uslijed nemogučnosti izvedbe (zamjena materijala)	Greške	0	0	0	0	0,0%
Kumulativno kašnjenje (apsolutno)		143	47	45	235	100%
Ugovorno kašnjenje (relativno)		75	48	5	102	

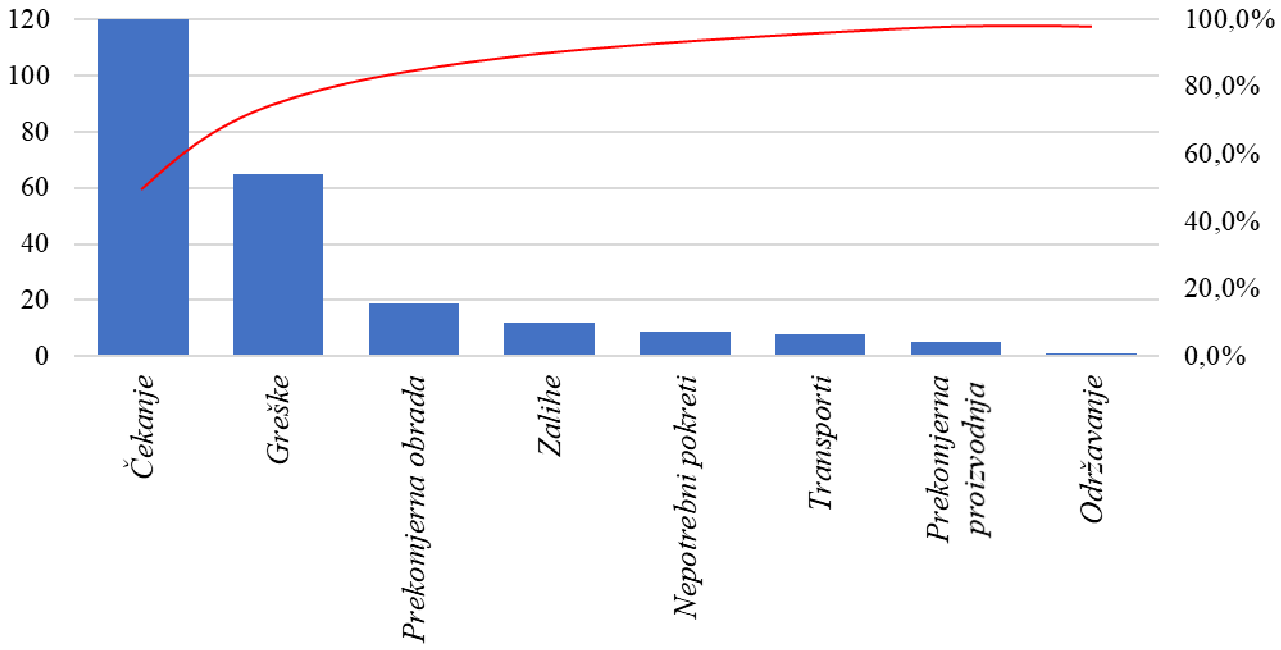
U slijedećem koraku vrši se rangiranje uzroka prema veličini frekvencije i to od najveće ka najmanjoj, te se izračunava postotno učešće svakog uzroka u ukupnom zbiru i kumulativ postotnog učešća.

Tablica 10. Rangiranje uzroka rasipanja u investicijskim projektima temeljem *lean* metodologije prema veličini frekvencije

Opis rasipanja	Kašnjenje		
Čekanje	120	50,2%	50,2%
Greške	65	77,4%	27,2%
Prekomjerna obrada	19	85,4%	7,9%
Zalihe	12	90,4%	5,0%
Nepotrebni pokreti	9	94,1%	3,8%
Transporti	8	97,5%	3,3%
Prekomjerna proizvodnja	5	99,6%	2,1%
Održavanje	1	100,0%	0,4%

Na osnovu Pareto dijagrama moguće je uočiti koja se rasipanja najčešće pojavljuju (slika 19). Ideja je klasificirati uzroke prema važnosti te eliminirati one koji se konstantno pojavljuju, ne obazirući se na one manje bitne. U brojkama je Pareto načelo poznato i pod nazivom 80/20 prema čemu je 80 % posljedica uzrokovano samo iz 20 % uzroka. Ako se gleda primjer proizvodnje, tada se može reći da 80 % nesukladnih proizvoda proizlazi iz samo 20 % konkretnih uzroka, dok su ostali uzroci zanemarivi

Paretov dijagram pomaže otkriti koji su to uzroci (20%) koji izazivaju najveći dio posljedica (80%). Otklanjanjem tih uzroka ili njihovim ublažavanjem u procesu se ostvaruju bitna poboljšanja. Na horizontalnoj osi (x-osi) Paretovog dijagrama nanose se kategorije uzroka u padajućem nizu učestalosti pojavljivanja ili troškovi otklanjanja posljedica. Na vertikalnog osi (y-os) nanosi se učestalost pojavljivanja, relativna učestalost i postotak. Obično Paretov dijagram ima dvostruku vertikalnu os. Na drugoj se osi nanosi mjerilo kumulativnog postotka pojavljivanja uzroka, odnosno kumulativnog postotka troškova, ovisno razmatra li se broj pojavljivanja ili trošak otklanjanja posljedica.



Slika 20. Pareto dijagram, prikaz gubitaka u investicijskim projektima

Kako je prikazano na slici 20, greške i defekti su vodeći uzročnici rasipanja. Čekanje i greške reprezentiraju 80% svih gubitaka na projektu.

5.2. Poboljšanja u fazi definicije projekta

Vlasnici rafinerijska postrojenja zadnji niz godina povećavaju zahtjeve vezane primarno na povećanje efikasnosti i rasta, usklađivanja i prilagođavanja najboljim raspoloživim tehnikama (*Best Available Techniques*) već postojećih postrojenja koji doživljavaju promjene kroz rekonstrukcije, sanacije i smanjenja uskih grla proizvodnje (*debottleneck*) gdje je brzina implementacije od presudnog značenja za mogućnost neprekinute proizvodnje odnosno tamo gdje je to nužno, minimalnog prekida proizvodnje. Uzimajući u obzir prethodno navedene negativne pokazatelje izvršenja povezanih za period pripreme i definicije projekta u INA d.d. pokreću se akcije kojima je cilj utjecati na kvalitetu i vrijeme projektiranja te time radikalno utjecati na ključne pokazatelje izvršenje kod implementacije, te dugoročno na zadovoljenje krajnjih korisnika. Aktivnosti su prvenstveno usmjerene na preventivu grešaka u fazi definicije, te umjesto do sada uobičajenih tehnika projektiranja i izmjera, investitor je uveo obaveznu primjenu BIM (*Building Information Management*) alata u sinergiji sa terestričkim laserskim skeniranjem. Iako nije inicijalno razvijan kao *Lean* alat, BIM platforma služi kao podrška integriranom projektiranju, te se

kroz usvajanje digitalnih rješenja postiže cilj provođenja *Lean* načela u projektiranju i implementaciji projekta.

Tijekom korištenja određenih BIM alata zabilježena su kvantificirana poboljšanja na razini projekta – kao što je rano otkrivanje grešaka (*clash detection*) te nemjerljiva poboljšanja vezana za bolju suradnju među timovima. Ključni pokazatelji koji su određeni, usmjereni su na poboljšanje svih onih negativnih parametra uz primjenu alata koji se nisu ili se nisu u dovoljnoj mjeri koristili u praksi do trenutka odluke investitora o njihovoj obaveznoj primjeni, uz očekivani doprinos kako se navodi u tablici 11.

Tablica 11. Pokazatelji početnog i planiranog stanja nakon primjene 3D modeliranja uz prethodno lasersko snimanje postojećeg stanja industrijske građevine

Metrika	Opis	Početno stanje	Planirano stanje	Planirano poboljšanje
Promjene u projektu	svako odstupanje od originalne specifikacije ili ugovora koja kao za posljedicu ima izmjenu verificirane projektne dokumentacije, iskazano kroz broj promjena	>5	< 2	>60%
Broj grešaka	greške u projektnoj dokumentacije koja uzrokuje više od 1 dan zastoja pri montaži i uzrokuje povećanje više od 0,1% ugovorene vrijednosti radova	>10	< 2	>80%
Ukupna stopa projektnih promjena	% troškova naknadnih radova uzrokovanih promjenama na projektu u odnosu na ukupnu vrijednost projekta	>10%	<2%	>80%
Promjena u terminskom planu izvršenja	% povećanja trajanja projekta s obzirom na ugovoreni rok završetka projekta	>10%	<5%	>50%

Dio ovog rada je prikazati mogućnosti poboljšanja negativnih pokazatelja izvršenja navedenih u prethodnim poglavljima, upotrebom suvremenih tehnika projektiranja sa alatima za trodimenzionalno snimanje i modeliranje postojećeg stanja industrijske građevine.

Analiza projektnog zadatka počinje tek nakon odabira davatelja usluge projektiranja, što onemogućuje da projektant sudjeluje u kreiranju ciljeva i ograničenja projekta zajedno sa naručiteljem. Ovaj vremenski odmak rezultira potrebom za intenzivnom razmjenom informacija između korisnika/naručitelja i projektanta, prikupljanje podataka, snimanju postojećeg stanja te prezentacije mogućih rješenja od strane projektanta, tek po sklapanju ugovora. Prezentacija mogućih projektnih rješenja u ovom trenutku većina projektanata prikazuje na neodgovarajućim podlogama, obično u plošnom dvodimenzionalnom prikazu, što onemogućuje uključenje svih struka u kolaboracijski timove. Korisnik nije u mogućnosti sagledati krajnji proizvod, te je i njegov udio u donošenju odluka o konačnom rješenju ograničen.

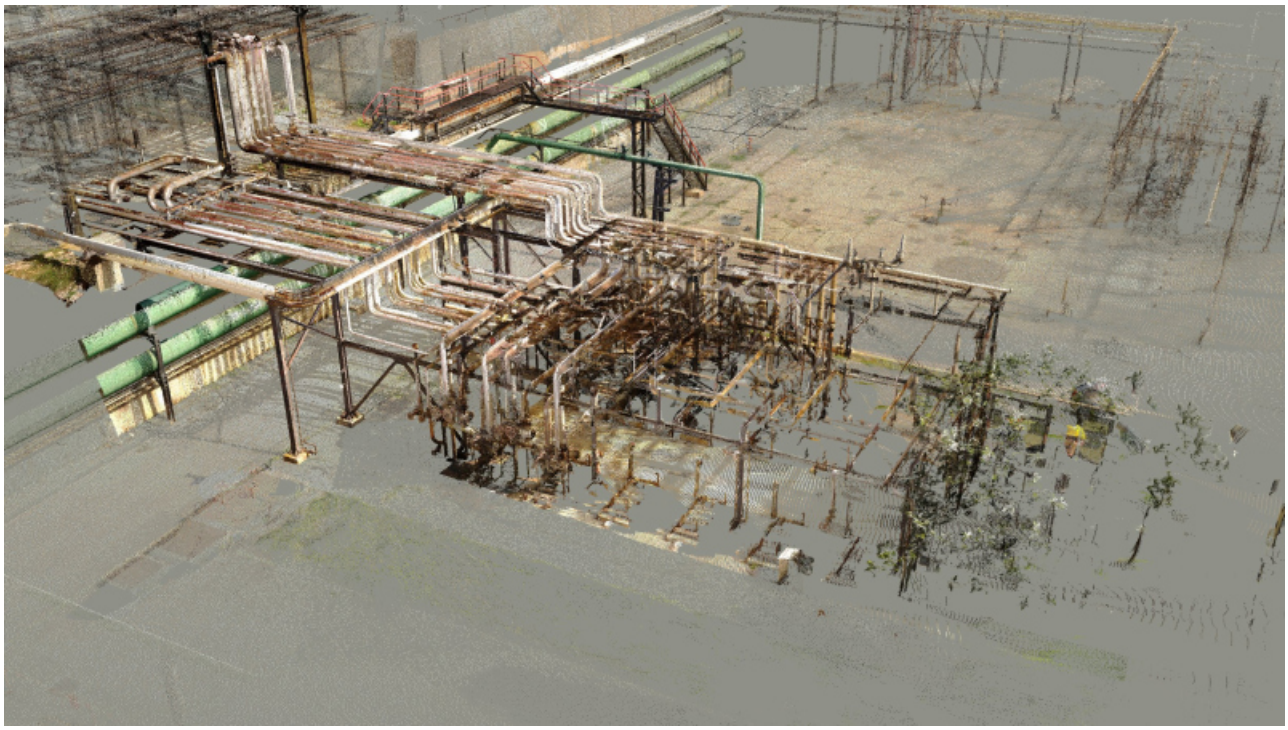
S obzirom da su promjene na projektu u fazi implementacije redovito uzrokovane lošom pripremom, bez obzira radilo se o nedorečenosti zadatka uslijed nedostatka jasne komunikacije unutar tima naručitelja ili krivog tumačenja zadataka od strane izvođača uspostavlja se takva organizacija projekta koja omogućuje pravodobnu izmjenu podataka, potiče rad izvan organizacijskih silosa, koristiti digitalne platforme za komunikaciju te sve dionike procesa usmjerava na stvaranje vrijednosti za kupca.

Većina projekata se odnosi na rekonstrukcije, održavanje ili sanaciju postojećih instalacija i/ili sustava, te je za svaki početak izrade projektne dokumentacije nužno prikupiti podatke zatečenog stanja (eng. *as is*) Projektanti su suočeni sa nedostatnom, nevjerodostojnom pa čak i pogrešnom dokumentacijom zatečenog - izvedenog stanja. Pretraživanje arhive je zamorno i dugotrajno a projektna dokumentacija se često nalazi na neadekvatnim podlogama. Tradicionalne metode izmjere kao što je ručnom mjerenje mjernim trakama, laserskim daljinomjerima, mjerenje klasičnim geodetskim instrumentima, povećavaju rizik od ozljeda na radu s obzirom na vrlo čestu nepristupačnost mjestima izmjere, izmjere su dugotrajne, proces čest iziskuje ponavljanje mjerenja a rezultati mjerenja postaju vidljivi tek u projektnim uredima koji su redovito udaljeni od mjesta mjerenja.

Izrada dokumentacije izvedenog stanja je proces opisivanja stanja proizvodnog pogona (građevine) u određenom trenutku korištenjem analognog ili digitalnog dokumentiranja.

Krajnji cilj je pružiti adekvatne podloge za projektiranje, postići značajna poboljšanja u procesu kojima će se prikupiti i valorizirati sve one podatke o zatečenim stanjima građevine

Terestričko lasersko skeniranje relativno je nova metoda – tehnologija mjerenja koja se pored tradicionalnih metoda koristi kao metoda dobivanja koordinata traženih točaka u 3D prostoru. Instrumenti koji odašilju, prema unaprijed određenom razmaku, niz laserskih impulsa kako bi izmjerili udaljenost te horizontalni i vertikalni kut od pojedine točke prostor, nazivaju se terestrički laserski skeneri. Oni se koriste za bezdodirno prikupljanje podataka u vrlo kratkom vremenskom razdoblju te naknadnu obradu podataka za modeliranje i vizualizaciju objekata. Skeniranje je provedeno sa Leica HDS6200 skenerom. Opisana tehnika se koristila za snimanje postojećeg stanja kao način prikupljanja podataka o prostornom rasporedu opreme i instalacija u svrhu izmještanja pumpaonice na novu lokaciju te spajanje na postojeći cijevni most i izgradnja novog cijevnog mosta. Izmjereni objekt je prekriven velikom količinom detaljnih točaka prikupljenih u oblak točaka (eng. *point cloud*) slika 21. Postrojenje, dominantno sačinjeno od cjevovoda i cijevnog mosta-čelične konstrukcije, je snimljeno s više stajališta. Stajališta su izabrana tako da se obuhvati cijelu građevinu te da se skenovi preklapaju kako bi se snimke mogle međusobno spojiti.



Slika 21. Dio industrijske građevine prikazan u oblaku točaka poslije provedenog terestričkog laserskog skeniranja – reverzno projektiranje

Skeniranje sa svakog stajališta producira svoj jedinstveni oblak točaka koji se u procesu obrade moraju transformirati u jedinstveni koordinatni sustav. Registracijom se naziva faza pretvaranja više oblaka točaka u jedinstveni koordinatni sustav, odnosno njihovo spajanje u jedan jedinstveni oblak točaka. Postupak kojim se takav zajednički oblak točaka prevodi u koordinatni referentni sustav Republike Hrvatske naziva se georeferenciranje oblaka točaka. U slijedećem koraku potrebno je registrirani point cloud model uvesti u CADWorx aplikaciju, gdje se sa CADWorx fieldPipe nadogradnjom omogućuje prepoznavanje i modeliranje postojećih cijevnih linija i potporne konstrukcije, te je daljnjim postupcima modeliranja moguće izraditi inteligentni model postojeće građevine ili dijelova građevina sa svrhom projektiranja nove instalacije ili rekonstrukcije postojeće.



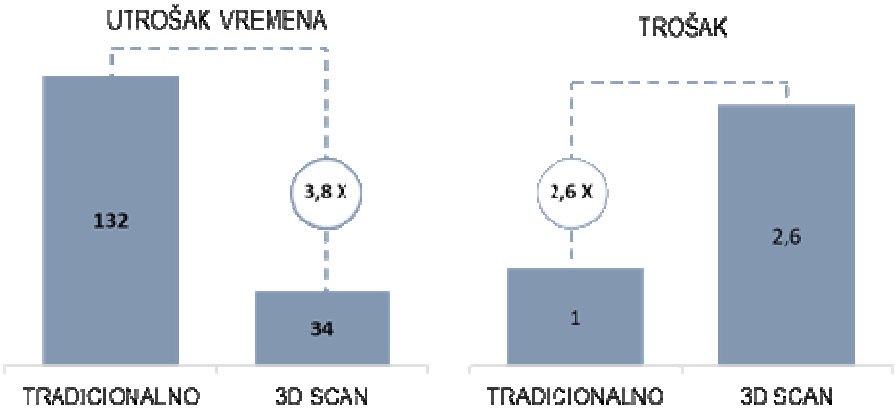
Slika 22. Dio industrijske građevine nakon modeliranja postojećeg stanja sa prikazom spoja novo projektiranih instalacija – označeno crvenom bojom

Metrika vremena i troška za dvije metode snimanja djela postojeće građevine u svrhu njihove usporedbe prikazana je tablicom 12.

Tablica 12. Usporedni odnosi procesne metrike vremena i troškova za dvije metode reverznog inženjeringa za dio industrijske građevine

Vrsta snimanja	Prikupljanje podataka-snimanje / h	Registracija podataka / h	Modeliranje / h	Ukupno vrijeme /h	Jedinični novčani trošak	Ukupni novčani trošak
3D lasersko	6	8	20	34	2,6	102
tradicionalno	48	24	60	132	1	132

Lasersko snimanje omogućilo nam je da u vrlo kratkom vremenu prikupimo velike količine prostornih podataka. Brzina i preciznost prikupljanja takvih podataka nemjerljiva je u odnosu na klasična ručna mjerenja, te je na primjeru zabilježena ušteda od 3,8 puta s obzirom na pretpostavljeno trajanje izmjere konvencionalnim metodama, slika 23. Opravdano je očekivati da ovaj odnos bude još izraženiji pri mjerenju kompleksnih i teško dostupnih dijelova objekta. Udio troška laserskog snimanja postojećeg stanja u odnosu na ukupnu vrijednost projektiranja nije dominantna i prosječno ne prelazi iznos od 5% cijene izrade projektne dokumentacije. Bez obzira na zabilježena poboljšanja u vremenu i trošku, najveći benefit metode je osiguranje potpune redukcije fizičkih konflikata, na primjer, sudar cijevi i zida bez definiranja otvora ili ugrađene opreme koja se sudaraju s vodoravnim strukturama kao što su grede, pod itd.



Slika 23. Grafički prikaz odnosa vremena i troškova za tradicionalnu i lasersku izmjeru za dio industrijske građevine

Tipična analiza koja se provodi nakon razvoja 3D modela je analiza kolizija. Pokretanje takve analize ovisno o stupnju razrade može rezultirati otkrivanjem tvrdih kolizija

(eng. *hard clashes*) i/ili lakih kolizija (eng. *soft clashes*). Tvrda kolizija je definirana kao kolizija dvaju čvrstih elemenata koji zauzimaju isti fizički prostor te aplikacija sama detektira ovu vrstu preklapanja, dok se laka kolizija definira kao kolizija u slučaju kada prvi element zauzima prostor koji je potreban za normalno funkcioniranje drugog elementa.

Uz prevenciju prostornih konflikata uz automatsku registraciju tvrdih kolizija, očekuje se na promatranom projektu znatna ušteda sa smanjenim utroškom vremena na dorade u fazi implementacije. Prosječni trošak naknadnih radova, navedenih u tablici 11 u iznosu do11,5% ugovorene vrijednosti a koji nastaje uslijed prepoznatih grešaka, ipak se ne mogu u potpunost reducirati detekcijom tvrdih kolizija. Na analiziranom projektu zahtjevi za manipulativnim prostorom ljudi i mogućom potrebom za manipulacijom elementima u periodu rada i održavanja sustava, razmatraju u procesu projektiranja, te je u otkrivanju mekih kolizija nužna participacija svih dionika u projektu, a osobito krajnjeg korisnika i službe održavanja.

5.3. Ograničenja i preporuke

Iako BIM koncept omogućava efektivno upravljanje projektom u svim njegovim fazama, s vrlo jasnim prednostima primjene kroz eliminaciju i analizu kolizija, povećanje kontrole, smanjenje vremena modeliranja i mogućnošću bolje vizualizacije modela i dalje se ne bilježe očekivana poboljšanja u izvršenjima projekta. Vodeći razlog je neujednačena praksa primjene kod različitih dionika projekta. Tako je prije 2019. godine od kada se uvodi od strane poslovne jedinice Upravljanje investicijama unutar INA Grupe, obavezna primjena BIM alata za određenu grupu projekata, primjena BIM-a bila svedena na nekoliko vodećih projektantskih tvrtki, dok je primjena potpuno izostala kod svih drugih dionika; voditelja projekta, korisnika, naručitelja, sponzora, nadzora i dr. Međutim i među samim projektantima različitih struka postoji problem rada u jedinstvenom modelu, čiji je prvenstveno razlog nedostatak jedinstvenog općeg standarda za implementaciju i primjenu BIM-a. S obzirom da su opisani projekti u ovom radu svedeni na 3D parametarsko modeliranje, pri čemu uvrštavanje dimenzije vremena u pogledu rasporeda i faza gradnje što čini 4D BIM, te trošak (planiranje i procjena) što čini 5D nije primijenjeno, govorimo o niskoj zrelost primjene BIM-a. Kako zbog još uvijek visoke cijene implementacije BIM-a, nedostataka stručnjaka te potrebe za prilagodbom poslovnih organizacija, nije izvjesno da će se benefiti BIM-a o potpuno suradničkom radu ostvariti, predlaže se objedinjavanje procesa i ljudi kroz sinergiju *Lean* metodologije i BIM-a kroz metodu vizualnog upravljanja.

Osnovna metoda razmjene informacija unutar projektnoga tima tijekom svih projektnih faza jest sastanak projektnoga tima. U pripremi i razradi projekta, voditelj projekta mora osigurati efikasnu razmjenu informacija i koordinaciju svih dionika projekta. Ako nisu kvalitetno organizirani i pripremljeni, sastanci mogu biti efektivni, ali ne i efikasni. Pri tome ulogu ne igra mjesto i oblik održavanja sastanka. Isto vrijedi za fizičke sastanke i za virtualne sastanke uz korištenje informacijske tehnologije. Rješenje predstavljaju alati vizualnoga menadžmenta. Postoji nekoliko komercijalno dostupnih aplikacija poput *IObeya* ili *Virbeya* koji „veliku sobu"- *Obeya* sele u digitalno okruženje koje omogućava lakše i brže donošenje odluka koje rezultiraju uklanjanjem gubitaka čekanja i prepoznavanjem grešaka.

Današnja tehnologija omogućuje korištenje raznih softverskih rješenja za kolaboraciju, što je prijeko potrebno za inovativne tehnološke projekte u čijemu provođenju sudjeluju projektni timovi sastavljeni od pojedinaca koji rade na zemljopisno udaljenim lokacijama. Međutim, mnogi projektni timovi, odnosno voditelji projekata, naglašavaju važnost osobnoga kontakta tijekom sastanka projektnoga tima. Upravo u takvim slučajevima korištenje vizualnih alata i unaprijed definirani oblici i trajanje sastanka, u velikoj mjeri pridonose povećanju efikasnosti komunikacije.

6. ZAKLJUČAK

Investitor koji ima potrebu kroz svoje projekate ostvariti rast i povećanje, te kroz tehnološke iskorake zadržati i ojačati svoju poziciju na tržištu, ima imperativ kroz sveobuhvatni pristup svim dionicima na projektu dijeleći istovjetne pokazatelje uspješnost usvojiti onaj model upravljanja koji će dovesti do uspješnih ishoda projekta istovremeno šireći pojam uspjeha na socioekonomsku komponentu.

Lean metodologija iako već desetljećima dobro poznata sa vidljivim i zapaženim rezultatima u industrijama čiji su procesi repetitivni i čiji odgovor na želje kupaca moraju biti izuzetno adaptabilni, u djelatnostima izgradnje industrijskih građevina i infrastrukture pak, gdje direktno sami kupci određuju vrijednost, nije u dovoljnoj mjeri prepoznata. Pokazatelji izvršenja u industrijama građenja ukazuju na izuzetno nizak stupanj uspjeha. Ovo se pripisuje kompleksnošću i potrebom za angažiranjem velikog broja različitih dionika uključeni u prolaznu koaliciju, često sa divergentnim ključnim indikatorima uspjeha.

Prikupljeni podaci o rasipanjima u investicijskim projektima ukazuju da su pripremne faze projekta svedene na aktivnosti izrade projektnog zadatka i izrade projektne dokumentacije najvećim djelom uzročnici grešaka i kašnjenja u fazi implementacije. Većina ispitanika, u provedenom istraživanju, prepoznaje promjene u projektnoj dokumentaciji uz neadekvatno upravljanje projektom kao glavni uzročnik povećanja trajanja izvedbe, eskalacije troškova kroz dorade, zamjene ili povećanje količine ugrađenog materijala, uz lošu produktivnost, česte zastoje i stvaranje demotivirajuće okoline zbog navedenih razloga.

Aktivnosti koje su prepoznate kao uzročnici neuspjeha projekta opisane su *Lean* terminologijom koja prepoznaje glavne uzročnike rasipanja koje pak dovode do onih aktivnosti koje ne dodaju vrijednost proizvodu, odnosno onih aktivnosti za koje kupac nije spreman platiti. U investicijskim projektima to je još naglašenije jer rasipanja ne samo da ne stvaraju vrijednost proizvodu ili usluzi nego dovode do vremenskog i troškovnog prekoračenja zadanih vrijednosti, te loše kvalitete izvedbe.

Svedeni na inovativnu i jednostavnu - *Lean* ideju o aktivnostima koja stvaraju vrijednost, odnosno na upravo ono sto kupac želim u vrijeme, kvaliteti i količini, te o radikalnim metodama za uklanjanje svih onih aktivnosti koje ne stvaraju vrijednost za kupca u radu se promoviraju one metode koje je moguće primijeniti u vođenju kompleksnih

investicijskih projekata, u najvećoj mjeri orijentiranih na rekonstrukcije i modernizacije već postojećih postrojenja.

Želje kupca u ovom slučaju su projektni zadaci za davatelje usluga, projektante i izvođače koji imaju za cilj upravo prema usvojenim zadacima isporučiti svoje proizvode (projektnu dokumentaciju-dizajn, odnosno industrijski sustav- građevinu izgrađenu temeljem dizajna). Ukazuje se da već u fazi promišljanja o projektnim zadacima mora postojati kooperacija između svih budućih učesnika u građenju jer loša definicija uzrokuje značajna rasipanja tijekom implementacije projekta.

Lean ukazuje na nužnost holističkog pristupa kroz različite metode koje mogu ublažiti rasipanja ili pak (ponekad) radikalno utjecati na isporuke svake od faza u projektu. Naglašen je razarajući učinak korporacijskih silosa na uspjeh organizacije, što dodatno potvrđuje tezu K. Albrechta koji u svojoj knjizi Moć umova u organizacijama definira organizacijske i kulturne silose kao jedan od najznačajnijih simptoma nedjelotvorne organizacije. Holistički pristup, koji se ističe je nedvojbeno imperativ svake organizacije.

U radu se ističu tehnologije koje izvorno nisu razvijane kao *Lean* alati međutim u primjeni stvaraju jako kolaboracijsko oruđe koje pridonosi uspjehu projekta. Pokazano je da iako je primijenjena razina BIM zrelosti niska, svedena na 3D modeliranje, u kombinaciji sa terestričkim laserskim skeniranjem, u značajnoj mjeri uklanja greške koje dovode do značajnih rasipanja u fazi građenja, međutim isto tako se naglašava da greške koje nije moguće detektirati kao tvrde kolizije (eng. *hard clashes*) dovode i dalje do pojave grešaka i zastoja tijekom građenja uslijed nemogućnosti da se sagledaju zahtjevi svih dionika projekta, osobito krajnjeg korisnika i službe održavanja, u fazi razvoja- definicije industrijske građevine. Novi oblici suradnje se prepoznaju kroz korištenje digitalnog vizualnog upravljanja, platformama koje zamjenjuju fizičke prostora za komunikaciju kao što je digitalna *Obeya* soba.

Lean u upravljanju složenim investicijskim projektima se ostvaruje kroz primjenu Lean alata kao svakodnevnog načina rada i djelovanja. Alati se često preklapaju i djeluju na iste probleme, ali svi alati djeluju kroz rješavanje problema, eliminiranje gubitaka te povećanje efikasnosti i sigurnosti.

7. LITERATURA

[1] Bajjou, M.S., Chafi, A., Ennadi, A., i Hammoumi, M.El. : Journal of Engineering Science and Technology Review 10 (4) (2017) 170-177

[2] HRN ISO 10006:2002, Upravljanje kvalitetom – Smjernice za kvalitetu u vođenju projekata (ISO 10006:1997)

[3] Fertalj. K., Car, Ž., Nižetić Kosović. I.; Upravljanje projektima, Fakultet elektrotehnike i računarstva (2009)

[4] Radujković, M., Sjekavica, M.: Razvoj modela za poboljšanje uspješnosti upravljanja projektom analizirajući rizike, promjene i ograničenja, Građevinar, 69 (2017) 2, pp.105-120.

[5] The construction productivity imperative, McKinsey Productivity Scieneces Center (2015), http://www.mckinsey.com/

[6] Remon Fayek, A., Hafez, S.M. : Applying lean thinking in construction and performance improvement: Alexandria Engineering Journal, Volume 52, Issue 4, December 2013, Pages 679-695

[7] Womack, JP., Jones DT., Roos D.: The machine that changed the world : how Japan's secret weapon in the global auto wars will revolutionize western industry, Harper Collins Publishers, New York (1991)

[8] Štefanić, N., Lean menadžment (predavanja), Fakultet strojarstva i brodogradnja, Zavod za industrijsko inženjerstvo, Zagreb, 2016

[9] Vukomanović, M.; Radujković, M. Poslovna izvrsnost u građevinarstvu RH, Zagreb, Sveučilište u Zagrebu, Građevinski fakultet, Hrvatska udruga za organizaciju građenja, 2011

[10] Narodne novine (2019). Zakon o gradnji (NN 153/13, 20/17, 39/19). Preuzeto s https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2019_04_39_802.html (14.11.2019.)

[11] Omazić, M.A., Baljkas, S.: Projektni menadžment, Sinergija nakladništvo, Zagreb, 2005., str 30-31

[12] Ralph C. Davis, The Fundamentals of Top Management. New York: Harper and Brothers, 1951.

[13] Fayol. H.: General and Industrial Management, IEEE Press, New York, 1984

[14] A guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK ® Guide), Third edition, 2004., Project Management Institute

[15] Vujasinović, R., Procjena i upravljanje rizicima investicijskih projekata, Magistarski rad, Zagreb, 2007

[16] Temeljne individualne kompetencije za upravljanje projektima, IPMA International Project Management Association, Verzija 4.0, 2019

[17] Orsag, S., Dedi, L. : Budžetiranje kapitala-procjena investicijskih projekata, Masmedia, 2011

[18] Chandra, P Projects-planning, analysis, financing, implementation and review, V izdanje, Tata-McGraw Hill, New Delhi, 2007

[19] Dekanić, I., Karasalihović Sedlar, D., Ekonomika energije, Golden marketing- Tehnička knjiga, Zagreb, 2016

[20] Williams, T.M., The need for new paradigms for complex projects. International Journal of Project Management, 17(5), p 269-273, 1999

[21] Maylor, H.: Project management, 2nd ed. , FT-Prentince Hall, Harlow etc, 1999

[22] Čulo: Ekonomika investicijskih projekata, Sveučilište J.J. Strossmayera u Osijeku, 2010

[23] Muiño, A. & Akselrad, F. (2009). Gates to Success: Ensuring the Quality of the Planning. Paper presented at PMI® Global Congress 2009—EMEA, Amsterdam, North Holland, The Netherlands. Newtown Square, PA: Project Management Institute.

[24] Chan, A.PC, Framework for Measuring Success of Construction Project, Report 2001-003
https://www.researchgate.net/publication/27469728_Framework_for_measuring_success_of_constructionprojects/citation/download (14.11.2019)

[25] Pinto, J.K & Mantel, S.J.: The causes of Project Failure. IEEE Transaction On Engineering Management, 37(4), 1990

[26] Pinto, J.K, & Slevin, D. Critical Success Factors Across the Project Life Cycle. Project Management Journal 19(3), 1988

[27] Salama, M., El Hamid, M.A. i Keogh, B.: Investigating the causes of delay within oil and gas projects in the U.A.E., Procs 24th Annual ARCOM Conference, 1-3 September 2008, Cardif, UK, Association of Rasarches in COnstruction Management, 819-827, 2008

[28] Ljevo, Ž., Vukomanović, M., Rustempašić, N..: Istraživanje važnosti ključnih faktora kvalitete pri upravljanju građevinskim projektima, Građevinar, 69 (2017) 5, pp.359-366.

[29] Upravljanje rizikom –terminološki rječnik (2010) Zagreb, Hrvatski zavod za norme

[30] Upravljanje rizikom-metode procjene rizika (IEC/ISO 31010:2090: EN 31010:2010) (2010) Hrvatski zavod za norme

[31] Drucker, P.: Najvažnije o menadžmentu, M.E.P. Consult, 2005

[32] Preuzeto s (https://www.tportal.hr/biznis/clanak/za-uspjeh-projekta-kljucan-je-dogovor-interesnih-skupina-20130904) 10.05.2019.

[33] Sikavica, P., Hernaus, T. (2011) Dizajniranje organizacije-strukture, procesi, poslovi, Zagreb, Novi informator

[34] Kanižaj, T. Model uravnotežene tablice rezultata za upravljanje izvedbom projekta, Magistrski rad, Svučilište u Zagrebu Ekonomski fakultet, Zagreb, 2006

[35] Wiliams, T.M., 1999, The need for new paradigms for complex projects, International Journal of Project Management 17(5)

[36] Bukša, T. Diferencijacija upravljanja kvalitetom kod cikličkih projekata u brodograđevnoj industriji, Doktorska disertacija, Sveučilište u Rijeci, Tehnički fakultet, 2012

[37] Spotlight on oil and gas megaprojects, Ernst & Young Global Limited, Preuzeto s: https://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/EY-spotlight-on-oil-and-gas megaprojects/$FILE/EY-spotlight-on-oil-and-gas-megaprojects.pdf, (10.06.2019)

[38] Kovačec, M.: Model učinkovitoga upravljanja proizvodnim sustavima, Doktorski rad, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb, 2011

[39] Štefanić, N.: Zelena i vitka proizvodnja i usluge – prilika za hrvatska poduzeća, Green and Lean Production GALP 2011, 1. Konferencija o zelenoj i vitkoj proizvodnji i uslugama, Lean menadžment inicijativa, Zagreb, studeni 2011.

[40] Womack, P.J., Jones, D.T. Lean thinking: banishwaste and createwealth in your corporation. Simon&Schuster: New York, 1996

[41] Art, B.: The Lean Turnaround: How Business Leaders Use Lean Principles to Create Value and Transform Their Company, McGraw-Hill Education; 1 edition (Kolovoz, 2012)

[42] Ballard, G.: The Lean Project Delivery System: An Update, Lean Construction Journal 2008

[43] The MacLeamy Curve: https://www.danieldavis.com/macleamy/ preuzeto 12.06.2019.

[44] Kerzner, H.: Project Management: A Systems Approach to Planning, Scheduling and Controlling, JohnWiley & Sons, 2003

[45] Flanagan, R., Norman, G.: Risk Management and Construction, Blackwell Science, Oxford, 1999.

[46] Radujković, M.: Izvor prekoračenja rokova i proračuna građevinskih projekata, Građevinar br. 51(2), HDGI, Zagreb, 1999., str.159-165

[47] https://www.tportal.hr/biznis/clanak/za-uspjeh-projekta-kljucan-je-dogovor-interesnih-skupina-20130904 (11.04.2019)

[48] https://integrativeimprovementblog.wordpress.com/2011/09/07/3-wastes-mura-murimuda/ (11.04.2019.)

[49] https://www.kaizen.com/about-us/definition-of-kaizen.html, (21.01.2019)

[50] Poljak D. Integralni model za povećanje učinkovitosti javne vodopskrbe [Doktorski rad]. Sveučilište u Zagrebu: Fakultet strojarstva i brodogradnje; 2020. UDK: 628.1.

[51] Mika G.: Kaizen Implementation Manual 5th Edition, Dearborn: Society of Manufacturing Engineers, 2006

[52] Hegedić M. Model upravljanja proizvodnjom integriranjem vitkog i zelenog menadžmenta [Doktorski rad]. Sveučilište u Zagrebu: Fakultet strojarstva i brodogradnje; 2017; UDK: 658.5

[53] Pereira, R.: Kaizen Rules, http://blog.gembaacademy.com/2007/07/22/kaizen-rules%E2%80%93-1-2/; (5.2.2019.)

[54] Mohamed Ben-Daya, Salih O. Duffuaa, Abdul Raouf, Jezdimir Knezevic, Daoud Ait-Kadi (2009) Handbook of Maintenance Management and Engineering, Total Productive Maintenance (17): 417-460.

[55] Rivera, L. & Manotas, D. F. (2013) How to forsee and measure real impact of a Lean Manufacturing implementation, Proceedings of the International Conference on Flexible Automation and Inteligent Manufacturing, 1425-1436

[56] Škec S. Nematerijalni indikatori u razvoju tehničkih sustava [Doktorski rad]. Sveučilište u Zagrebu: Fakultet strojarstva i brodogradnje; 2015; UDK: 658.5:65.012.2

[57] Buić. S. Potencijalni apsorpcijski kapaciteti organizacije za prihvaćanje inovacije na primjeru informacijskog modeliranja građevine [Doktorski rad]. Fakultet organizacije i informatike Varaždin, UDK_144

[58] https://www.danieldavis.com/macleamy/ (02.12.2019)

[59] Ferišak V. Nabava: politika - strategija - organizacija - management, 2. aktualizirano i dop. izd., Vlastita naklada, Zagreb, 2002.

[60] Cvitanić S. (2003) Smanjenjem troškova do veće konkurentnosti, Poslovni magazin, 1 (7/8), str. 59.

[61] Marinković D., Stojadinović Z., Ivanišević N., Dinamički planovi utemeljeni na ciklusima rada , Građevinar 65 (2013) 11, 993-1002

[62] Locatelli G· Mancini M., ·G. Gastaldo G., · Mazza F., Improving projects performance with lean construction: state, organization, technology and management in construction · an international journal · 6(2)2013

[63] Tezel, B. A.; Koskela, L.; Tzortzopoulos P. (2010), Visual management in Construction – Study report on Brasilian Cases, SCRI Research Report 3, Salford Centre for Research and Innovation

[64] Galić, M., Dolaček-Alduk, Z., i Uremović, B. (2013). 'CONSTRUCTABILITY-BUILDABILITY-IZGRADIVOST', Electronic Journal of the Faculty of Civil Engineering Osijek-e-GFOS, 4(6), str. 68-80. Preuzeto s: https://hrcak.srce.hr/104332 (Datum pristupa: 02.12.2019.)

[65] Terenghi, F.; Cassina, J.; Kristensen, K.; Terzi, S. 2014. Virtual Obeya: A new collaborative web application for running lean management workshops, in 2014 International Conference on Engineering, Technology and Innovation: Engineering Responsible Innovation in Products and Services (ICE 2014), 2014. https://doi.org/10.1109/ICE.2014.6871554(Datum pristupa: 02.02.2020.)

ŽIVOTOPIS

Tomislav Sedlar rođen je 11. travnja 1975. godine u Zagrebu. Osnovnu i srednju tehničku školu Ruđer Boškovića završio je u Zagrebu. 1993. godine upisao je Fakultet strojarstva i brodogradnje na kojem je i diplomirao strojarstvo na proizvodnom smjeru. Diplomski rad na temu „Tehnologije obradbe površine Cr-Ni čelika“ obranio je 2002. godine.

Po završetku studija zaposlio se u izgradbenom dioničkom društvu Enikon na radnom mjestu inženjer montaže. Od 2005. do 2006. radi u TPK Nova- SAACKE kao projektant brodskih kotlova. Tvrtki Ivicom Consulting d.o.o. pridružio se 2006 gdje radi kao voditelj projekata, a od 2009. godine radi kao ovlašteni projektant. 2013. godine zapošljava se u INA-Industrija nafte d.d. u organizacijskoj jedinici Upravljanje investicijama gdje je prošao niz radnih mjesta povezanih uz upravljanje investicijskim projektima. Od svibnja 2019 imenovan je na radno mjesto direktora Upravljanja izvođačima.

Državni stručni ispit za obavljanje poslova prostornog uređenja i graditeljstva položio je 2007. godine, a od 2009. je Ovlašteni inženjer strojarstva (Hrvatska komora inženjera strojarstva). Stručni ispit za stručnjaka zaštite na radu polaže 2014. godine. 2018. godine certificiran je prema međunarodnom standardu za upravljanje projektima (IPMA).

Aktivno se služi engleskim jezikom u govoru i pismu. Oženjen je i otac je dvoje djece.

BIOGRAPHY

Tomislav Sedlar was born on April 11, 1975 in Zagreb. He finished elementary school and Technical School Ruđer Bošković in Zagreb. In 1993 he enrolled in the Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture where he graduated with a degree in production engineering. He defended his thesis "Technology of Processing the Surface of CR-Ni Steel" in 2002.

Upon graduation he got a job as an assembly engineer in the construction company Enikon d.d. From 2005 to 2006 he worked in TPK Nova SAACKE as a designer of marine boilers. He joined IVICOM Consulting d.o.o. in 2006 as project manager, and since 2009 he has worked as a chartered engineer. In 2013 he started working in INA d.d. in the Investment Management organizational unit, where he worked in several positions related to management of investment projects. In May 2009 he was appointed director of Contractor Management.

He passed the professional state examination for performing activities in the field of physical planning and construction in 2007, and since 2009 he has been a chartered mechanical engineer (Croatian Chamber of Mechanical Engineers). He passed the professional examination for occupational safety experts in 2014. In 2018 he was certified according to the international standard for project management (IPMA).

He actively uses English in speech and writing. He is married with two children.