

Sveučilište u Zagrebu

Građevinski fakultet

Helena Jelić, Petra Konta, Lea Matošević

Istraživanje ključnih smjernica za primjenu koncepta Lean construction-a
kod građevinskih izvođačkih poduzeća u Republici Hrvatskoj

Zagreb, 2020.

Ovaj rad izrađen je u Zavodu za organizaciju i ekonomiku građenja Građevinskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu pod vodstvom izv. prof. dr. sc. Mladena Vukomanovića i asistenta Kristijana Roberta Prebanića te je predan na natječaj za dodjelu Rektorove nagrade u akademskoj godini 2019./2020.

Sadržaj

1. Uvod.....	1
2. Plan i metodologija rada	4
3. Pregled literature	7
3.1. Vremenska i troškovna prekoračenja u građevinskim projektima.....	7
3.2. Loše izvođenje građevinskih projekata.....	11
3.3. Općenito o Lean-u.....	15
3.3.1. Lean production	15
3.3.2. Lean construction.....	17
3.3.3. Načela i alati/tehnike.....	18
3.3.4. Koristi primjene	25
3.3.5. Lean construction i održivost.....	31
3.3.6. Što je, a što nije Lean construction	33
3.4. Prepreke u primjeni Lean construction-a.....	35
4. Studija slučaja o primjeni Lean construction-a.....	38
4.1. Principi primjene Lean construction-a u promatranom građevinskom izvođačkom poduzeću	38
4.2. Studija slučaja	41
4.2.1. Izrada inicijalnih planova.....	42
4.2.2. Organiziranje gradilišta.....	43
4.2.3. Izvođenje radova.....	49
4.2.4. Diskusija o primijenjenim alatima/tehnika Lean construction-a	52
5. Ključne smjernice za primjenu koncepta Lean construction-a kod građevinskih izvođačkih poduzeća u Republici Hrvatskoj	57
5.1. Koje koristi se ostvaruju primjenom Lean construction-a?	57

5.2. Što su prepreke u primjeni Lean construction-a i kako ih prevladati?	58
5.3. Dijagram tijeka koraka za primjenu Lean construction-a.....	60
5.3.1. Faza pripreme.....	62
5.3.2. Faza organizacije gradilišta.....	68
5.3.3. Faza izvođenja	70
5.3.4. Sumarni prikaz Lean alata/tehnika u pojedinim fazama projekta iz perspektive izvođača	73
5.4. Ključni faktori uspjeha za primjenu Lean construction-a.....	74
6. Verifikacija ključnih smjernica za primjenu koncepta Lean construction-a kod građevinskih izvođačkih poduzeća u Republici Hrvatskoj i rasprava	76
7. Zaključak.....	83
Zahvala.....	85
Popis literature	86
Prilozi	93

Popis grafikona

Grafikon 1 Plan rada	6
Grafikon 2 Prikaz postotaka gubitaka vremena u proizvodnji i građevinskoj industriji (prilagođeno prema: Aziz i Hafez, 2013)	12
Grafikon 3 Udio aktivnosti prema dodatnoj vrijednosti (Mossman, 2009)	12
Grafikon 4 Gubitci prema važnosti (El-Namrouty i AbuShaaba, 2013)	13
Grafikon 5 Ciklički slijed aktivnosti za postizanje savršenstva (prilagođeno prema: Howell, 1999)	15
Grafikon 6 Koristi od primjene Lean-a (prilagođeno prema: Locatelli i dr., 2013)	26
Grafikon 7 Identifikacija problema pomoću Ishikawa dijagrama (prilagođeno prema: Nowotarski i dr., 2016).....	27
Grafikon 8 Akcije i procesi na koje utječe Lean metodologija s podjelom prema jednostavnosti procjene uštede (prilagođeno prema: Nowotarski i dr., 2016).....	28
Grafikon 9 Procjena primjene alata - „paukov” mrežni dijagram (prilagođeno prema: Salem i dr., 2005)	31
Grafikon 10 Usporedba najznačajnijih prepreka u primjeni Lean-a iz različitih istraživanja	36
Grafikon 11 Prikaz razmjene znanja među zaposlenicima promatranog poduzeća po završenom Lean tečaju (preuzeto od promatranog poduzeća)	39
Grafikon 12 Podjela aktivnosti prema dodatnoj vrijednosti (preuzeto od promatranog poduzeća)	40
Grafikon 13 Organizacijska struktura promatranog projekta	41
Grafikon 14 Prikaz dijelova izvršenja promatranog projekta s pripadajućim primijenjenim alatima/tehnika	42
Grafikon 15 Plan nabave (preuzeto od promatranog poduzeća).....	46
Grafikon 16 Prikaz trenutnog statusa montažnih elemenata.....	51
Grafikon 17 Koristi primjene Lean construction-a.....	58
Grafikon 18 Dijagram tijeka koraka za primjenu Lean construction-a	61
Grafikon 19 Prijedlog primarnih alata/tehnika za primjenu u fazi pripreme	62
Grafikon 20 Sudionici u primjeni Lean construction-a iz perspektive izvođača.....	63
Grafikon 21 Predloženi postupak edukacije o Lean construction-u	64

Grafikon 22 Prijedlog primarnih alata/tehnika za primjenu u fazi organizacije gradilišta	68
Grafikon 23 Nužni uvjeti za provedbu Lean alata/tehnike <i>sustav posljednjeg planera</i>	69
Grafikon 24 Prijedlog primarnih alata/tehnika za primjenu u fazi izvođenja	70
Grafikon 25 Pitanja koja treba uzeti u obzir pri prijavljivanju postignutih koristi	72
Grafikon 26 Zastupljenost primjene Lean alata/tehnika u pojedinim fazama	73

Popis slika

Slika 1 Poslovna zgrada „Baltic“ (Nowotarski i dr., 2016)	27
Slika 2 (a) Skladišni prostor prije promjena; (b) i nakon provedenih promjena (Nowotarski i dr., 2016)	29
Slika 3 Detalj generalnog vremenskog plana (preuzeto od promatranog poduzeća).....	43
Slika 4 Tjedni plan rada (preuzeto od promatranog poduzeća)	44
Slika 5 Generalni plan taktne gradnje (preuzeto od promatranog poduzeća)	45
Slika 6 Izrada 4D BIM modela proizvodnog pogona	47
Slika 7 Detalj video simulacije vremenskog plana (preuzeto od promatranog poduzeća)	48
Slika 8 Shema gradilišta (preuzeto od promatranog poduzeća).....	48
Slika 9 Prikaz opterećenosti toranjskih dizalica (preuzeto od promatranog poduzeća)	49
Slika 10 Skeniranje QR koda elementa za ugradnju (preuzeto od promatranog poduzeća).....	50

Popis tablica

Tablica 1 Uzroci vremenskih prekoračenja	8
Tablica 2 Uzroci troškovnih prekoračenja.....	9
Tablica 3 Preporuke izvođačima radova i naručiteljima za izbjegavanje prekoračenja vremena i troškova.....	11
Tablica 4 Devet gubitaka koji se javljaju u građevinskoj industriji (Bajjou i dr., 2017a)	13
Tablica 5 Područja primjene i nužni uvjeti za primjenu alata/tehnika Lean construction-a (Salem i dr., 2006).....	18
Tablica 6 Alati/tehnike za primjenu Lean construction-a.....	20
Tablica 7 Zastupljenost primjene/postupka primjene pojedinih alata/tehnika u Ujedinjenom Kraljevstvu (prilagođeno prema: Tezel i dr., 2018).....	24
Tablica 8 Koristi primijenjenih alata/tehnika u istraživanju (Salem i dr., 2005).....	30
Tablica 9 Veza Lean-a i održivosti (prilagođeno prema: Khodeir i Othman, 2016)	32
Tablica 10 Usporedba točnih i netočnih tvrdnji o Lean construction-u.....	34
Tablica 11 Prepreke u primjeni Lean construction-a (prilagođeno prema: Demirkesen i dr., 2019)	35
Tablica 12 Lean principi u promatranom poduzeću	38
Tablica 13 Pregled primijenjenih alata/tehnika Lean construction-a u projektu proizvodnog pogona	52
Tablica 14 Područja prepreka s pripadajućim objašnjenjima i prijedlozima za prevladavanje prepreka.....	59
Tablica 15 Prikaz igara koje se koriste tijekom edukacije.....	65
Tablica 16 Najvažnije skupine ključnih faktora uspjeha u primjeni Lean construction-a.....	74
Tablica 17 Ocjene odgovora na pitanja za verifikaciju definiranih smjernica	77

Sažetak

Autori: Helena Jelić, Petra Konta, Lea Matošević

Naslov: Istraživanje ključnih smjernica za primjenu koncepta Lean construction-a kod građevinskih izvođačkih poduzeća u Republici Hrvatskoj

Ovaj znanstveni rad bavi se razvojem smjernica za primjenu koncepta Lean construction-a u građevinskim izvođačkim poduzećima u Republici Hrvatskoj. Glavni cilj je, definiranjem smjernica, pružiti pomoć u primjeni Lean construction-a građevinskim izvođačkim poduzećima te time povećati vjerojatnost primjene koja je trenutno skoro pa nepostojeća u Republici Hrvatskoj. Primjenom Lean construction-a, može se utjecati na smanjenje uzroka vremenskih i troškovnih prekoračenja te slabog izvršenja u fazi izvođenja građevinskih projekata.

Prema postojećim istraživanjima i teorijskim saznanjima iz pregleda literature, dokazano je da primjena Lean construction-a omogućuje uklanjanje različitih tipova gubitaka, povećanje produktivnosti, bolje odnose s dobavljačima, povećano zadovoljstvo radnika te doprinosi poboljšanju kvalitete rada, stoga se smatra pozitivnim pristupom u upravljanju građevinskim projektima. Kako bi se mogle razviti smjernice, koje predstavljaju detaljne upute i prijedloge primjene Lean-a u izvođenju projekata, identificirani su uzroci vremenskih i troškovnih prekoračenja i lošeg izvođenja građevinskih projekata. Uz to, definirana su osnovna načela i alati/tehnike Lean construction-a kako bi se isti mogao uspješno primijeniti. Navedene su koristi koje se ostvaruju prilikom njegove provedbe, a prepoznate su u primjerima iz prakse koji su navedeni u literaturi. S obzirom na to da principi održivosti utječu na Lean principe, napominje se važnost zajedničke primjene Lean-a i održivosti kako bi se poboljšala kvaliteta radnih procesa te smanjili različiti tipovi gubitaka. Nadalje, naglašene su tvrdnje koje se odnose na Lean construction te one koje bi se u neznanju mogle zamijeniti s Lean-om. Na samom kraju pregleda literature, na temelju niza istraživanja diljem svijeta, izdvojene su najznačajnije prepreke u primjeni Lean construction-a te problem nepostojanja jasnih smjernica za njegovu primjenu. Razumijevanje načina primjene Lean construction-a u poduzeću i projektu, bilo je nužno za definiranje ključnih smjernica, stoga se pristupilo detaljnoj studiji slučaja na dobro vođenom projektu izgradnje proizvodnog pogona u Austriji. Provedbom studije slučaja, prikupili su se

podatci o primijenjenim Lean alatima/tehnikama te načinu njihove primjene, koji su potom uspoređeni sa saznanjima iz pregleda literature.

Za provjeru kvalitete definiranih smjernica, odlučeno je provesti verifikaciju metodom strukturiranog intervjua. Potrebno je bilo pronaći ispitanike koji su upoznati s osnovama Lean-a. S obzirom da u Republici Hrvatskoj ne postoji znatan broj velikih građevinskih izvođačkih poduzeća koja primjenjuju Lean construction, za ispitanike je izabrano dvoje zaposlenika različitih operativno – funkcijskih uloga u hrvatskoj podružnici velikog građevinskog izvođačkog poduzeća promatranog u studiji slučaja. Uloge ispitanika u poduzeću vrlo su važne za primjenu Lean construction-a koju navedeno poduzeće postupno provodi u Republici Hrvatskoj. Definiranjem smjernica za primjenu Lean construction-a potvrđena je postavljena hipoteza znanstvenog rada – moguće je za izvođačka građevinska poduzeća, na temelju primjera uspješnog građevinskog projekta i trenutnih saznanja iz literature, prepoznati i strukturirati ključne karakteristike primjene Lean construction-a. Verifikacija smjernica služi potvrdi kvalitete i korisnosti načina strukturiranja ključnih karakteristika primjene Lean construction-a, što se moglo iščitati iz vrlo pozitivnih odgovora ispitanika.

U zaključku znanstvenog rada navedeni su ostvareni doprinosi – znanstveni i stručni. Znanstvenim doprinosom omogućen je sažeti prikaz znanja o Lean construction-u i uzrocima najčešćih problema u izvođenju građevinskih projekata, na koje se može utjecati primjenom Lean-a, dok je prepoznavanjem i strukturiranjem ključnih smjernica za primjenu Lean construction-a ostvaren stručni doprinos. Naposljetku su navedena ograničenja u kojima je provedeno istraživanje te su dane preporuke za buduća istraživanja.

Ključne riječi: vremensko prekoračenje u građevinskim projektima, troškovno prekoračenje u građevinskim projektima, loša izvedba građevinskih projekata, Lean production, Lean construction

Summary

Authors: Helena Jelić, Petra Konta, Lea Matošević

Title: Research of key guidelines for the application of the Lean construction concept in construction companies in the Republic of Croatia

This paper deals with the development of guidelines for the application of Lean construction concept in construction companies in the Republic of Croatia. The main goal is to assist in the application of Lean construction to construction companies by defining the guidelines for its implementation. Defined guidelines could enhance the likelihood of its application. At the time this paper is written, the application of Lean construction in the Republic of Croatia is almost non-existent. By applying Lean construction, the causes of time and cost overruns, and poor execution in the construction phase of the projects can be reduced as well.

According to existing research and theoretical findings from the literature review, the application of Lean construction has shown to eliminate various types of losses, increase productivity, better relationships with suppliers, increase employee satisfaction and contribute to improving the quality of work, which makes it considered as a positive approach to construction project management. To develop guidelines that provide detailed instructions and suggestions for the application of Lean concepts in the execution of projects, the causes of time and cost overruns and poor execution of construction projects have been identified. Also, the basic principles and tools/techniques of Lean construction have been defined so that it can be successfully applied. The benefits that are realized during its implementation are stated, and they are recognized in practical examples which are referenced from the literature. Since sustainability principles affect Lean principles, the importance of joint application of Lean and sustainability to improve the quality of work processes and reduce different types of losses is remarked. Furthermore, the allegations related to Lean construction and those that could be mistakenly replaced by Lean were highlighted. At the very end of the literature review, based on a series of studies around the world, the most significant obstacles in the application of Lean construction and the problem of lack of clear guidelines for its application were highlighted. Understanding the application of Lean construction in the companies and the projects were necessary to define the key guidelines, so a detailed case study was approached on the well managed project of building a production plant in Austria. By conducting

a case study, data was collected on the applied Lean tools/techniques and the manner of their application, which were then compared with the findings from the literature review.

To evaluate the quality of the defined guidelines, it was decided to conduct a verification using the structured interview method. It was necessary to find respondents who were familiar with the basics of Lean construction. Given that in the Republic of Croatia there is no significant number of large construction companies applying Lean construction, two employees, of different operational and functional roles in the Croatian branch of a large construction company observed in the case study, were selected as the respondents. The roles of the respondents in the company are very important for the application of Lean construction, which this company is gradually implementing in the Republic of Croatia. By defining guidelines for the application of Lean Construction, the hypothesis of this paper has been confirmed – it is possible for construction companies, based on examples of successful construction projects and current knowledge from the literature, to recognize and structure Lean Construction application characteristics. The verification of the guidelines was a confirmation of the quality and usefulness of the way the key characteristics of the application of Lean Construction were structured, which can be read from the strongly positive answers of the examiners.

The verification of the guidelines confirmed the hypothesis – the guidelines identified the key characteristics of the application of Lean construction, which were assessed very positively by the respondents and considered useful for further application of Lean construction in construction projects.

In conclusion, the realized contributions, both scientific and professional, are listed. The scientific contribution provides a concise knowledge overview of Lean construction and the causes of the most common problems in the execution of construction projects which can be eased by using Lean while recognizing and structuring key guidelines for the application of Lean construction achieved the professional contribution. Finally, limitations are listed in which the research was conducted and recommendations for future work are given.

Key words: time overrun in construction projects, cost overrun in construction projects, poor performance of construction projects, Lean production, Lean construction

1. Uvod

U razdoblju između 2011. i 2018., tek oko 50% projekata završeno je na vrijeme, dok je 55% završeno u okviru planiranih troškova (PMI, 2018). Precizno planiranje, kao i praćenje te kontrola izvršenja projekata, težak je zadatak neovisno o tome je li riječ o građevinarstvu ili nekoj drugoj djelatnosti, odnosno o javno ili privatno financiranim projektima (Grushka-Cockayne, 2020). Značajni novčani iznosi troše se na loše upravljanje projektima iz nekoliko razloga. Naime, organizacije ne uspijevaju premostiti jaz između odabrane strategije poslovanja i ostvarenih rezultata, a vrhovni menadžment ne razumije da se strategija poduzeća treba primijeniti na projekte (PMI, 2018). Iako tvrtke ulažu u tehnike upravljanja projektima od 1970-ih, točnost projektnih planova nije se znatnije poboljšala. U SAD-u je, primjerice, 2016. donesen Zakon o poboljšanju odgovornosti za upravljanje programima s ciljem poboljšanja tehnika upravljanja programima i projektima unutar Savezne vlade uspostavljajući inicijalne smjernice za koordinirane i vladine pristupe jačanju prakse upravljanja projektima (Grushka-Cockayne, 2020).

U jedanaest vodećih zemalja svijeta (Kina, Indija, Sjedinjene Američke Države, Japan, Brazil, Njemačka, Ujedinjeno Kraljevstvo, Kanada, Australija, Saudijska Arabija i Ujedinjeni Arapski Emirati) od 2017. do 2020. analiziralo se koliki je udio projektne industrije po pojedinim sektorima. Istraživanje je pokazalo kako je najveća potražnja za radnim mjestom voditelja projekta upravo u građevinarstvu i prerađivačkoj industriji (9,7 milijuna) što predstavlja udio od 44,4% u odnosu na druge promatrane sektore (PMI, 2017). Prognoze su da će do 2027. poslodavci na pet kontinenata svijeta trebati 87,7 milijuna pojedinaca koji rade u ulogama usmjerenim na upravljanje projektima, a doprinosi BDP-a iz projektno orijentirane industrije će iznositi 20,2 bilijuna američkih dolara (PMI, 2017). Građevinska industrija se u posljednjih nekoliko desetljeća suočava s padom produktivnosti u cijelom svijetu (Aziz i Hafez, 2013), niskom konkurentnosti te lošim upravljanjem gubitcima i sigurnošću (Shuquan i dr., 2020). Prema Radujkoviću i dr. (2010) pokazano je kako Republika Hrvatska zaostaje za svjetskim dostignućima u području upravljanja građevinskim projektima. Na temelju istraživanja koje je provedeno na dvanaest različitih građevinskih projekata s područja Republike Hrvatske, utvrdilo se prosječno prekoračenje troškova (6,51%) i vremena (28,16%) za sve projekte, u fazi izvođenja, zbog čega se preporuča poboljšanje praksi upravljanja građevinskim projektima (Tijanić i Car-Pušić, 2018). Uvođenjem promjena u upravljanje građevinskim projektima, može se utjecati na vremenska i troškovna

prekoračenja (Arleroth i Kristensson, 2011) te loše izvođenje, što predstavlja glavne probleme u građevinskim projektima.

Kako bi se stanje u upravljanju projektima poboljšalo, započelo se s primjenom novih koncepata poput Lean-a (hrv. *vitko, oslanjanje*) (Aziz i Hafez, 2013). Pojam Lean predstavlja način poslovanja koji nastoji unaprijediti izvršenje tako da se obavi što više sa što manje pogona i opreme, skladišta, vremena, ljudskog napora te financijskih sredstava, uključujući potpuno zadovoljstvo kupca proizvodom (Vidaković i dr., 2017). Ovakav pristup počeo se primjenjivati oko 1970. od strane japanskog proizvođača automobila Toyota koji je promijenio način na koji bi se svijet približio proizvodnji (Intergraph, 2012). Do danas se njegova primjena proširila i na ostalu proizvodnju, kao i različite vidove pružanja usluga te se i dalje istražuje i razvija (Vidaković i dr., 2017), stoga je Lean prihvaćen i u građevinskoj industriji te nazvan Lean construction (hrv. *vitka gradnja*) (Banna, 2017).

Koristi primjene Lean construction-a su povećanje produktivnosti te uklanjanje različitih vrsta gubitaka u cijelom procesu gradnje – od narudžbe do isporuke i korištenja proizvoda (Piškor i Kondić, n.d.). Kao dodatne koristi navode se poboljšana kvaliteta rada, upravljanje rizicima u opskrbi, poboljšano zadovoljstvo radnika i bolji odnosi s dobavljačima te niz drugih (Madrazano i dr., 2019). Određena istraživanja nakon primjene Lean-a u građevinskim projektima pokazala su bolje rezultate u vidu troškova i vremena, 15,57% iznosilo je smanjenje ukupnog trajanja projekta izgradnje tunela u Egiptu (Issa, 2013), dok je u projektu izgradnje zgrade ambulante Sutter Health u Sjedinjenim Američkim Državama ostvarena novčana ušteda od 5,29% (Zimina, 2012). Često se zbog nedostatka podrške vrhovnog menadžmenta, poteškoća u razumijevanju Lean-a, nedostatka razmjene informacija i ostalih prepreka, Lean construction ne primjenjuje uspješno (Demirkesen i dr., 2019; Abdullah i dr., 2009).

Primjenom Lean construction-a utječe se na smanjenje uzroka vremenskih i troškovnih prekoračenja te lošeg izvođenja građevinskih projekata (Arleroth i Kristensson, 2011; Nowotarski i dr., 2016). Nakon odluke članova uprave poduzeća o primjeni Lean construction-a, potrebno je promijeniti način razmišljanja zaposlenika te o Lean construction-u educirati vrhovni menadžment i sve sudionike u poduzeću i projektu (Tezel i dr., 2018; Lean Construction Institute, n.d.). Na temelju proučene literature, osim koristi, uočeni su i brojni problemi u primjeni Lean construction-a u svjetskoj praksi (Mano i dr., 2020) koji su u Republici Hrvatskoj još više naglašeni zbog

nedovoljnog znanja o Lean-u i niskog stupnja primjene. Problem niskog stupnja primjene mogao bi se djelomično riješiti smjernicama za primjenu koje kao takve ne postoje u literaturi (Tezel i dr., 2018; Abdullah i dr., 2009). Stoga, glavni cilj ovog znanstvenog rada je istražiti i definirati ključne smjernice za primjenu koncepta Lean construction-a u građevinskim izvođačkim poduzećima u Republici Hrvatskoj koje će koristiti svim razinama unutar organizacijske strukture poduzeća i bit će doprinos ovog znanstvenog rada hrvatskom građevinskom sektoru.

U nastavku, drugo poglavlje navodi plan i metodologiju rada s opisanim metodama znanstvenog istraživanja i provedenim koracima, što je prikazano na planu istraživanja. Treće poglavlje obuhvaća pregled literature u kojem su opisani uzroci vremenskih i troškovnih prekoračenja te loše izvedbe građevinskih projekata. Istražen je Lean construction koji utječe na određene prethodno spomenute uzroke te su navedene prepreke u njegovoj primjeni. Četvrto poglavlje prikazuje studiju slučaja o primjeni Lean construction-a s objašnjenjem principa primjene unutar promatranog građevinskog izvođačkog poduzeća te navedenim načinima primjene Lean alata/tehnika u promatranom projektu izgradnje proizvodnog pogona u Austriji. U petom poglavlju, na temelju rezultata istraživanja literature i detaljnih uvida iz studije slučaja, definirane su ključne smjernice za primjenu koncepta Lean construction-a kod građevinskih izvođačkih poduzeća u Republici Hrvatskoj. Šestim poglavljem prikazana je verifikacija i rasprava ključnih smjernica kroz dva istraživačka intervjua. Konačno, u sedmom poglavlju istaknuti su zaključci koji obuhvaćaju postignute ciljeve, znanstveni i stručni doprinos, ograničenja u istraživanju te preporuke za buduća istraživanja.

2. Plan i metodologija rada

Istraživački problem ovog znanstvenog rada su vremenska i troškovna prekoračenja te loše izvođenje i niska razina primjene Lean construction-a u upravljanju građevinskim projektima. Prepoznati nedostatak u dosadašnjim istraživanjima je nepostojanje smjernica koje bi pružile jasne upute za primjenu Lean construction-a.

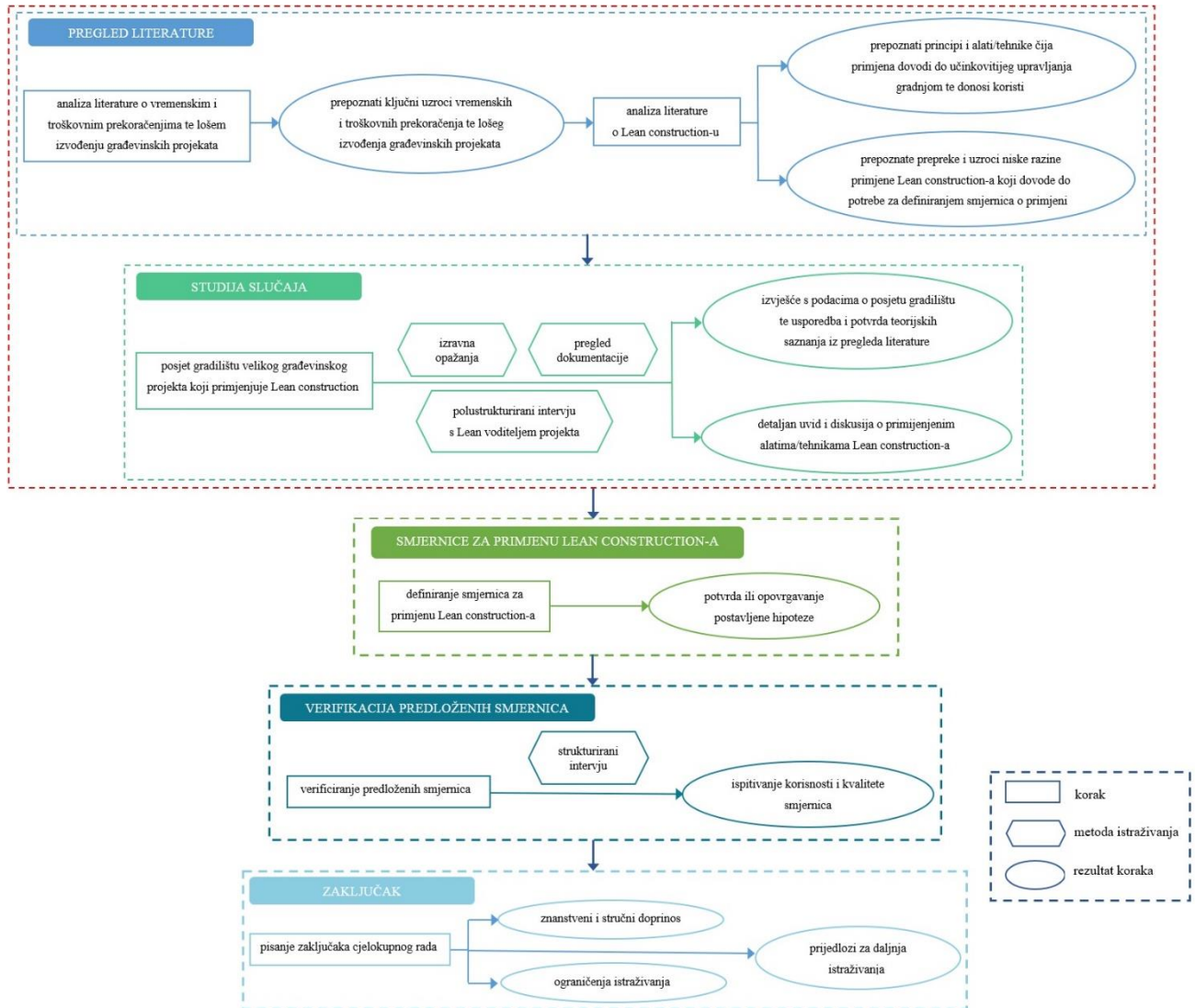
Pisanjem znanstvenog rada htjela su se ostvariti dva cilja – znanstveni i stručni. Znanstveni cilj istraživanja bio je prikazati najnovija istraživanja o uzrocima vremenskih i troškovnih prekoračenja i loše izvedbe građevinskih projekata te sažeti postojeća znanja o Lean construction-u, kao novom načinu upravljanja, kojim se djelomično mogu riješiti navedeni problemi. Stručni cilj istraživanja bio je definirati ključne smjernice za primjenu Lean construction-a u hrvatskim građevinskim izvođačkim poduzećima koje ukazuju na prepreke u primjeni i pojašnjavaju primjenu Lean principa u upravljanju građevinskim projektima. Definiranjem smjernica za primjenu Lean construction-a potvrđena je postavljena hipoteza znanstvenog rada – moguće je za izvođačka građevinska poduzeća, na temelju primjera uspješnog građevinskog projekta i trenutnih saznanja iz literature, prepoznati i strukturirati ključne karakteristike primjene Lean construction-a. Korisnost i kvaliteta smjernica ispitane su kroz proces verifikacije smjernica.

Na početku pisanja ovog znanstvenog rada, pristupilo se prikupljanju i iščitavanju literature pomoću različitih internetskih pretraživača znanstvene literature i ključnih riječi. U pregledu literature korišteni su znanstveni članci iz časopisa *Lean Construction Journal* u kojem se proučava područje Lean construction-a te se kao takav smatra najrelevantnijom literaturom. Dodatno su korišteni najbolji znanstveni časopisi iz područja upravljanja građevinskim projektima, koje kao znanstveno područje obuhvaća i specifičnu temu primjene Lean construction-a. U pregledu literature korišteni su stariji izvori literature kako bi se opisao koncept Lean-a, a potom i začetak Lean construction-a do najnovijih istraživanja u području primjene Leana.

Analizom literature, prikupljeni su podaci o vremenskim i troškovnim prekoračenjima i lošem izvođenju građevinskih projekata te podaci o njihovim uzrocima, kao postojećim praktičnim i istraživačkim problemima. Potom su navedena saznanja o Lean construction-u te njegovi principi i alati/tehnike, čija primjena dovodi do učinkovitijeg upravljanja gradnjom te donosi brojne koristi. Osim toga, prepoznate su prepreke i uzroci niske razine primjene Lean construction-a koji dovode do potrebe za definiranjem smjernica o primjeni. Za bolje razumijevanje i analizu primjene Lean

construction-a, provedena je studija slučaja na uspješnom projektu izgradnje proizvodnog pogona u Austriji. Prilikom posjeta gradilištu, prikupljeni su podaci o primjeni Lean-a koji su sažeti u izvješću o posjetu gradilištu te uspoređeni i potvrđeni s teorijskim saznanjima iz pregleda literature. Podatci su prikupljeni pomoću nekoliko metoda: izravno opažanje iz prezentiranja projekta i rada na gradilištu, polustrukturirani intervju s Lean voditeljem projekta te pregled dokumentacije. Posjet gradilištu omogućio je detaljan uvid i diskusiju o primijenjenim alatima/tehnika Lean construction-a. Za provedbu polustrukturiranog intervju s Lean voditeljem projekta, bila su pripremljena pitanja (Prilog 1) koja su se tijekom intervju dopunila dodatnim pitanjima s obzirom na odgovore ispitanika.

Na temelju pregleda literature i studije slučaja te uočenog nepostojanja jasnih smjernica za primjenu Lean construction-a, iste su definirane kako bi svim razinama unutar organizacijske strukture poduzeća pružile osnovna teorijska znanja i praktične upute za primjenu. Smjernicama bi se pomoglo u prevladavanju postojećeg problema neznanja i poteškoća u primjeni te podizanja kvalitete rada u poslovanju građevinskih poduzeća. Završno su se definirane smjernice verificirale metodom strukturiranog intervju s dvoje zaposlenika različitih operativno – funkcijskih uloga u poduzeću koje postupno uvodi i primjenjuje Lean construction u Republici Hrvatskoj. Navedeno poduzeće hrvatska je podružnica poduzeća koje je promatrano u studiji slučaja. Ispitanicima su postavljena pitanja (Prilog 2) o kvaliteti ključnih karakteristika primjene Lean construction-a, definiranim u smjernicama – koristima, preprekama, koracima primjene te ključnim faktorima uspjeha Lean construction-a. Na kraju intervju, ispitana je namjera za primjenom te korisnost definiranih smjernica. Odgovori ispitanika analizirani su i uspoređeni prema predloženoj skali za odgovore od 1 (najlošija) do 4 (najbolja). Postavljena hipoteza testirana je definiranjem smjernica što je rezultiralo potvrdom ili opovrgavanjem iste. U zaključku znanstvenog rada su navedeni postignuti ciljevi koji su dali znanstveni i stručni doprinos hrvatskom građevinskom sektoru. U Grafikonu 1 prikazan je prethodno opisani plan rada.



Grafikon 1 Plan rada

3. Pregled literature

3.1. Vremenska i troškovna prekoračenja u građevinskim projektima

Građevinska industrija važan je dio društveno – ekonomskog razvoja svake države (Ajayi i dr., 2012). Kao glavni kriteriji uspjeha građevinskih projekata navode se trošak, vrijeme i kvaliteta. Unatoč tome, građevinska industrija puna je projekata koji su završeni uz značajna prekoračenja vremena i troškova. Problemi i izazovi koji dovode do kašnjenja javljaju se tijekom faze provedbe projekta (Abisuga i dr., 2014). Vremenski učinak jedan je od najvidljivijih i najznačajnijih kriterija za ocjenu uspješnosti projekta zbog objektivnosti koja karakterizira njegovo mjerenje (Asiedu i dr., 2016). Prema istraživanju provedenom u Saudijskoj Arabiji, prosječno prekoračenje vremena iznosi između 10% i 30% početno planiranog trajanja projekta. Zaključeno je kako je 70% projekata doživjelo vremensko prekoračenje, a 60% razmatranih projekata je odgođeno (Assaf i Al-Hejji, 2006). Prekoračenje vremena uobičajena je pojava u građevinskim projektima te ih obično prate i prekoračenja troškova (Mahamid, 2017). Vremensko prekoračenje definira se kao razlika između stvarnog i procijenjenog vremena završetka (Shanmugapriya i Subramanian, 2013) dogovorenog između naručitelja i izvođača za vrijeme potpisivanja ugovora (Mahamid, 2017). Mnogi čimbenici koji se odnose na prekoračenje vremena razlikuju se ovisno o vrstama projekta te njegovom položaju, veličini i opsegu (Shanmugapriya i Subramanian, 2013). Prema Kamingu i dr. (1997), vremenska prekoračenja mogu se podijeliti u:

1. ona nad kojima nijedna strana ugovora nema kontrolu
2. ona nad kojima naručitelj ima kontrolu
3. ona nad kojima izvođač radova ima kontrolu.

Prekoračenje troškova/proračuna definirano je kao razlika između izvorne procjene troškova projekta i stvarnih troškova projekta nakon dovršetka radova (Choundry i Phatak, 2004). Singh (2009) navodi kako veći projekti postižu znatno veća prekoračenja troškova u usporedbi s manjim projektima, što se posebno ističe kod duljeg razdoblja izvođenja radova. Različiti istraživači proveli su studije o uzrocima, učincima i metodama minimiziranja kašnjenja i prekoračenja troškova tijekom procesa izgradnje u različitim zemljama diljem svijeta. Prema istraživanju u dva indonezijska grada, došlo se do zaključka kako su prekoračenja troškova češća od vremenskih prekoračenja (Kaming i dr., 1997). U Tablicama 1 i 2 izdvojeni su najvažniji

uzroci vremenskih i troškovnih prekoračenja na temelju istraživanja nekoliko autora. Vidljivo je kako više autora izdvaja iste uzroke kao najvažnije, čime se dodatno naglašava njihov značaj.

Tablica 1 Uzroci vremenskih prekoračenja

Uzroci vremenskih prekoračenja	Shanmugapriya i Subramanian, 2013	Doloi i dr., 2012	Omoregie i Radford, 2006	Abisuga i dr., 2014	Mahamid, 2017	Assaf i Al-Hejji, 2006	Olawale i Sun, 2010
Tržišna cijena materijala	✓			✓		✓	✓
Izmjene ugovora	✓		✓			✓	
Lokacija projekta							
Ponovljeni rad zbog loše kvalitete						✓	
Česte izmjene podizvođača i dobavljača						✓	✓
Nedostatak tehničkih vještina				✓		✓	✓
Nedostatak iskustva u sličnim projektima						✓	✓
Manjakiskusnih zaposlenika						✓	✓
Nedostatak posvećenosti poslu		✓		✓	✓	✓	

Neučinkovito upravljanje gradilištem i kontrola		✓	✓	✓		✓	✓
Loša koordinacija na gradilištu		✓		✓		✓	
Neppravilno planiranje		✓		✓	✓	✓	✓
Nedovoljno jasan opseg projekta		✓		✓	✓	✓	
Nedostatak komunikacije		✓		✓	✓	✓	
Odgoda isplate od strane naručitelja				✓		✓	✓
Loše financijsko stanje izvođača						✓	

Tablica 2 Uzroci troškovnih prekoračenja

Uzroci troškovnih prekoračenja	Shannugapriya i Subramanian, 2013	Omoregie i Radford, 2006	Abisuga i dr., 2014	Mahamid, 2017	Assaf i Al-Hejji, 2006	Olawale i Sun, 2010
Promjena u specifikaciji materijala	✓				✓	✓
Povećanje cijene materijala	✓	✓			✓	✓
Česti kvarovi građevinskih	✓		✓		✓	

postrojenja i opreme te loš raspored istih						
Ponovljeni rad	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Nedostatak koordinacije u fazi projektiranja	✓		✓		✓	

Odgovarajuće planiranje u ranim fazama projekta presudno je za minimiziranje vremenskih i troškovnih prekoračenja. Kašnjenje i prekoračenje troškova negativno utječu na naručitelja, izvođača i konzultanta zbog mogućih nesuglasica, nepovjerenja, parnica, arbitraža i problema s novčanim tokom (Mahamid, 2017). Na temelju istraživanja iz Hong Konga, uočen je utjecaj netočne početne procjene iskorištenosti radnih sredstava na vremenska prekoračenja. Naime, zabilježena je prosječna iskorištenost toranjske dizalice od 62,3% dok je procijenjena vrijednost istoga prije istraživanja iznosila 70%. Zbog lošeg plana korištenja toranjske dizalice, došlo je do praznog hoda tijekom 20,6% ukupnog vremena rada (Chan i Kumaraswamy, 1995). Drugo istraživanje u Hong Kongu, devedesetih godina 20. stoljeća, također je istraživalo uzroke vremenskih prekoračenja te kao najvažniji izdvaja neučinkovito upravljanje gradilištem i kontrolu. Zbog prirode građevinskih projekata, kašnjenja često uzrokuju i nepredviđeni geotehnički uvjeti. Dodatno je prepoznato da su promjene u ugovorima o gradnji uzrok mnogih problema te povećanja vremena i troškova. Na temelju istraživanja u 248 građevinskih projekata u Australiji, pokazalo se kako su naručitelji utjecali na 41% promjena, dok su savjetnici (arhitekti/inženjeri) uzrokovali 25% promjena (Chan i Kumaraswamy, 1997). Olawale i Sun (2010) navode promjene u projektiranju kao najvažniji čimbenik za smanjenje mogućnosti kontrole vremena i troškova građevinskih projekata.

Abisuga i dr. (2014) za minimiziranje kašnjenja u izgradnji preporučuju pet najučinkovitijih metoda:

- pravilno upravljanje gradilištem i kontrola
- imenovanje kompetentnog voditelja projekta
- pravilan protok informacija i komunikacija
- česti sastanci o napretku
- pravilne nabavke materijala.

Svih pet navedenih metoda sukladno je principima Lean-a, stoga bi se njegovom primjenom lakše uklonili uzroci vremenskih i troškovnih prekoračenja. Dodatno, Shanmugapriya i Subramanian (2013) te Assaf i Al-Hejji (2006) daju određene preporuke, koje su navedene u Tablici 3, izvođačima radova i naručiteljima za izbjegavanje prekoračenja vremena i troškova.

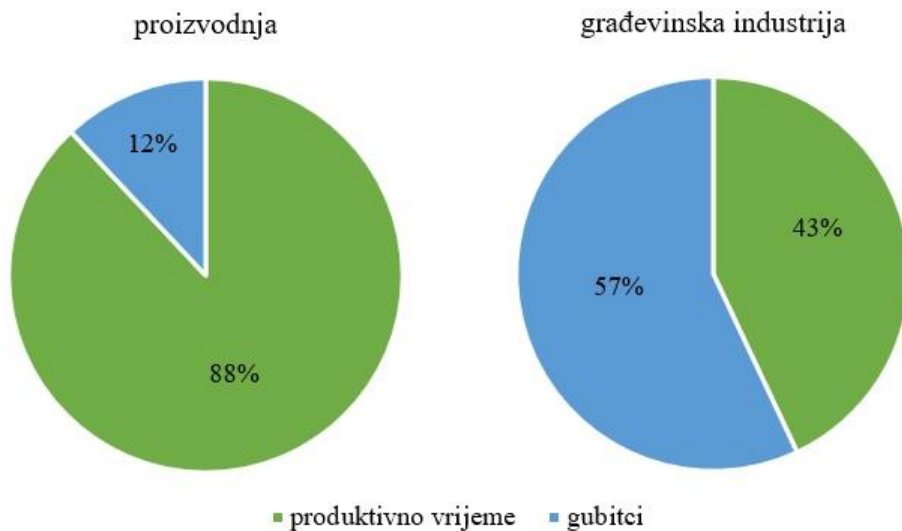
Tablica 3 Preporuke izvođačima radova i naručiteljima za izbjegavanje prekoračenja vremena i troškova

IZVOĐAČI RADOVA	NARUČITELJI
pravovremeno nabaviti građevinski materijal potreban za rad	pregledati dokumentaciju za nadmetanje
imenovati kvalificirano osoblje s odgovarajućim iskustvom i motivirati ih kako bi poboljšali produktivnost	pravovremena isplatiti avans izvođačima
redovito pratiti aktivnosti	procijeniti izvođačeve financijske sposobnosti za provedbu projekta s obzirom na dostupnost materijala
dodijeliti administrativno i tehničko osoblje na početku projekta kako bi se postiglo pravovremeno izvršavanje aktivnosti odgovarajuće kvalitete te u okviru planiranih troškova	odrediti realno trajanje projekta
pratiti financijsku potrošnju na projektu i isplate	smanjiti zahtjeve za promjenama
	angažirati kompetentnog voditelja projekta

Glavni uzrok vremenskih prekoračenja – neučinkovito upravljanje gradilištem i kontrola, ujedno je i glavni uzrok lošeg izvođenja građevinskih projekata koje je opisano u nastavku.

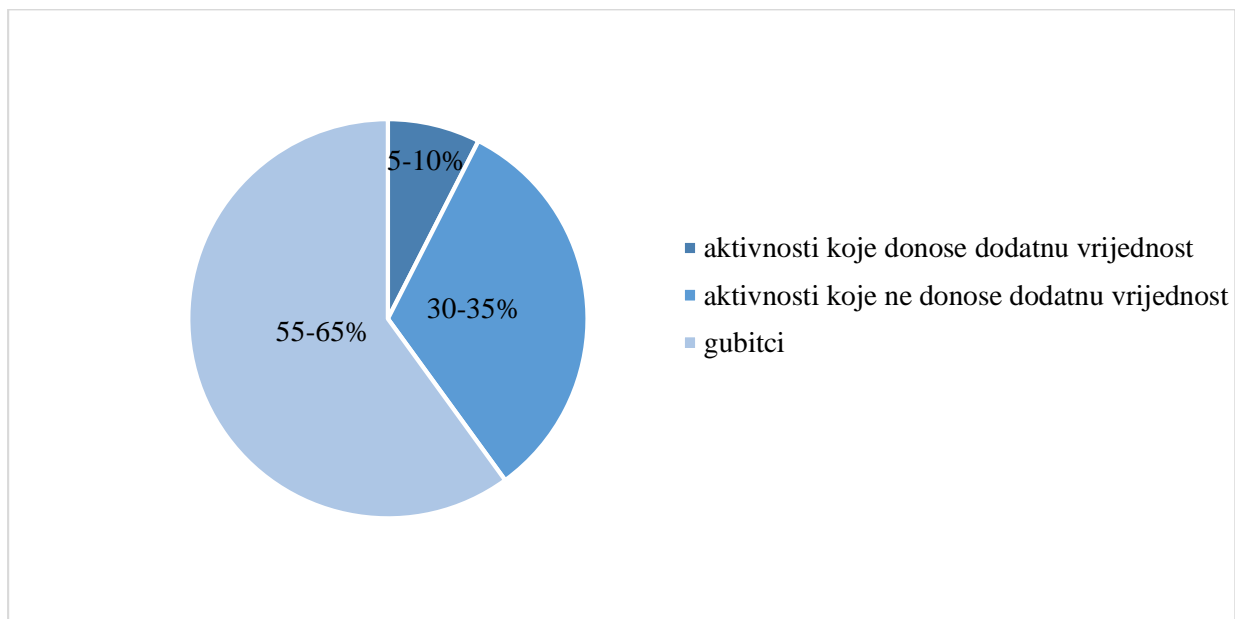
3.2. Loše izvođenje građevinskih projekata

Za građevinske projekte karakteristično je loše izvođenje u odnosu na unaprijed planirane ciljeve (Ajayi i dr., 2012). Građevinarstvo, kao sektor s visokim udjelom projektne industrije (PMI, 2017), suočava se s velikim gubitcima u poslovanju koji nastaju uslijed kašnjenja isporuke materijala i/ili opreme, lošeg planiranja, vanjskih utjecaja, neodgovarajućeg radnog rasporeda, neučinkovite opreme i oštećenja (Innella i dr., 2019). Naime, pojam gubitka definiran je prema Alarcónu (1997) kao: „Sve ono što odstupa od minimalne potrebne količine materijala, opreme i radne snage koje doprinose vrijednosti proizvoda.“ Uspoređujući gubitke vremena koji se pojavljuju u proizvodnji i građevinskom sektoru, na Grafikonu 2 se može vidjeti kako je gubitak u građevinarstvu mnogo veći (za 45%) nego u proizvodnji.



Grafikon 2 Prikaz postotaka gubitaka vremena u proizvodnji i građevinskoj industriji (prilagođeno prema: Aziz i Hafez, 2013)

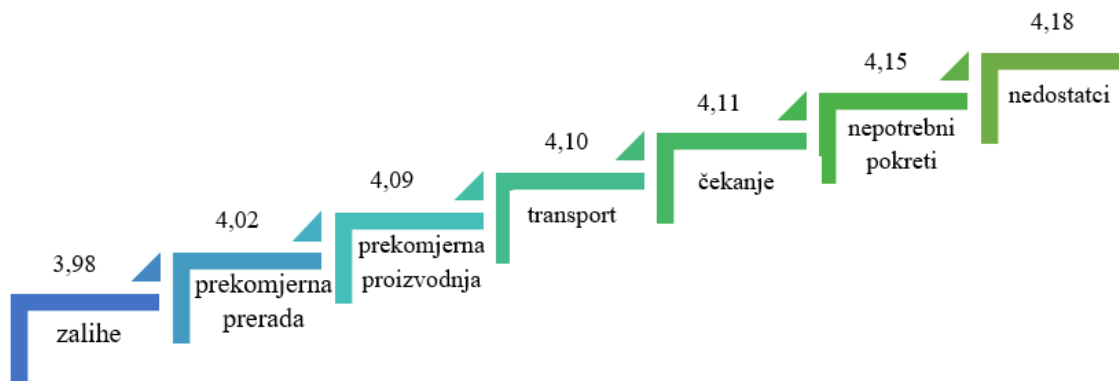
Koliko su gubitci u građevinarstvu veliki procijenio je Alan Mossman (2009) u istraživanju provedenom u Velikoj Britaniji. Naime, svega 5% – 10% aktivnosti donose dodatnu vrijednost za kupca, dok gubitci čine 55 – 65% kao što je prikazano na Grafikonu 3.



Grafikon 3 Udio aktivnosti prema dodatnoj vrijednosti (Mossman, 2009)

Postoje različite podjele tehnoloških gubitaka, primjerice, Taichi Ohno definirao je sedam gubitaka – transport, zalihe, nepotrebni pokreti, čekanje, prekomjerna proizvodnja i prerada te nedostaci

(Sarhan i dr., 2017; Verrier i dr., 2016). U istraživanju provedenom na 114 zaposlenika proizvodnih poduzeća u Pojasu Gaze, navedeni gubitci ocijenjeni su po važnosti (Grafikon 4). Vidljivo je kako se nedostaci smatraju najvećim gubitkom s ocjenom 4,18, dok su zalihe najmanji gubitak s ocjenom 3,98 (El-Namrouty i AbuShaaba, 2013).



Grafikon 4 Gubitci prema važnosti (El-Namrouty i AbuShaaba, 2013)

Prema drugom izvoru literature, navodi se podjela gubitaka koja obuhvaća prethodno definirane gubitke od strane inženjera Ohnoa te dva nova gubitka prema Bajjou i dr. (2017a). Svih devet najznačajnijih gubitaka objašnjeno je u nastavku u Tablici 4.

Tablica 4 Devet gubitaka koji se javljaju u građevinskoj industriji (Bajjou i dr., 2017a)

GUBITAK	OBJAŠNJENJE GUBITKA
prekomjerna proizvodnja	Ovaj gubitak odnosi se na proizvodnju koja prekoračuje potražnju za proizvodom. Primjerice, rad koji se neće koristiti, odnosno nema dodanu vrijednost za kupca (ili krajnjeg korisnika).
nepotreban transport	Nepotreban transport nastaje zbog neoptimiziranog logističkog tijeka, prilikom kojeg dolazi do naknadnog premještanja materijala s jedne lokacije na drugu i tome sličnih aktivnosti koje se moraju više puta ponavljati.
zalihe	Zalihe predstavljaju pohranjeni materijal u skladištu koji se ne koristi, a koji je plaćen pri čemu dolazi do opadanja vrijednosti za poduzeće. Gomilanje zaliha nastaje uglavnom zbog toga što se prilikom narudžbe teži iskoristiti maksimalan kapacitet prijevoznog sredstva i tako ostvariti nižu cijenu transporta.

nepotrebni pokreti	Studije provedene u građevinskom sektoru cijelog svijeta ukazuju na to da radnik na gradilištu dnevno prehoda između sedam i devet kilometara. Razloga može biti nekoliko. Primjerice, potraga za informacijama (planovima, nalogima, detaljima izvedbe i sl.), alatom, materijalom ili prelazak s jednog radnog mjesta na drugo.
čekanje	Čekanje nema dodanu vrijednost za korisnika i nastaje zbog nedostatka određenog resursa zbog čega se ne može odmah obaviti zadatak (npr. materijal, oprema, rad, informacije, plan, potvrda).
prekomjerna prerada	Prekomjerna prerada su nepotrebne aktivnosti izvršene na proizvodu, bez klijentova zahtjeva. Uz to, prekomjerna prerada uključuje i upotrebu alata koji su preskupi i većeg kapaciteta nego što je potrebno da bi se zadovoljile potrebe kupca.
nedostatci	Rok za dovršetak građevinskih projekata može se brzo povećati ako poduzeća naiđu na nedostatke u fazi izgradnje, što dovodi do popravljivanja već postignutog.
neiskorišteni potencijal zaposlenika	U tradicionalnom sustavu temeljenom na klasičnom principu zapovijedanja/kontrole, naredbe koje je dao nadređeni ne ostavljaju veliku slobodu za inicijativu i kreativnost, bilo pojedinačnu ili kolektivnu.
nesreće na radu	Smrt ili ozljede kvalificiranih i iskusnih radnika predstavljaju gubitak pouzdanosti procesa i stvaraju dodatne troškove poput troškova uslijed izgubljenog vremena, troškova osiguranja te visokih troškova liječenja.

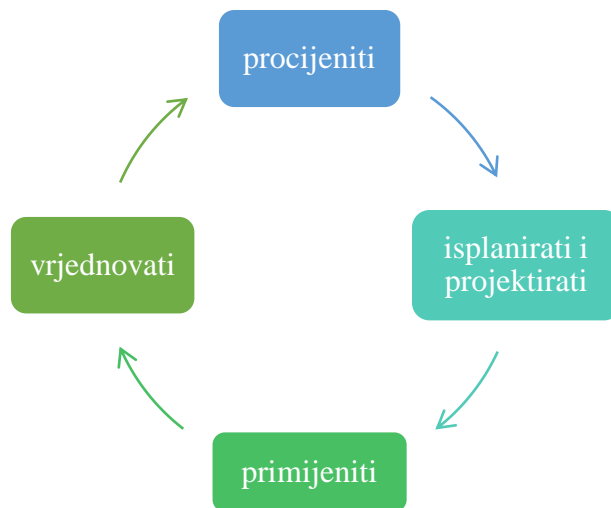
Nadalje, problem (ne)usklađenosti radne snage s količinom posla koja se treba obaviti služi kao dobra osnova za usporedbu suvremenog pogleda na radna mjesta, nasuprot Lean-a. Prema doktoru Demingu, 94% neuspjeha nastaje u sustavu, tj. odgovornost je uprave, dok 6% nastaje zbog posebnih slučajeva poput pogreške zaposlenika (Sarhan i dr., 2017), pri čemu se odgovornost najčešće prebacuje na radnike i voditelje radnih grupa (Howell, 1999). Na ljudsko ponašanje uvijek utječe okruženje u kojem se provode radni procesi (Sarhan i dr., 2017). Dodatno, u građevinskim projektima se javlja problem vezan uz upravljanje neizvjesnošću (Howell, 1999). Ako sudionici u građevinskom projektu mogu poboljšati radne procese optimiziranjem aktivnosti koje donose dodatnu vrijednost, uklanjanjem aktivnosti koje ne donose dodatnu vrijednost i minimiziranjem gubitaka, uštede mogu biti velike. Primjerice, ako se aktivnosti koje ne donose dodatnu vrijednost i gubitci smanje za 5%, ostvarit će se ušteda od 7 285 779,57 HRK. Takva ušteda može imati potencijalni učinak na profitnu maržu i vrijeme trajanja građevinskog projekta (Arleroth i Kristensson, 2011).

3.3. Općenito o Lean-u

Za razumijevanje cjelokupnog rada, u nastavku su objašnjeni osnovni pojmovi o konceptu Lean-a.

3.3.1. Lean production

Razvoj Lean production-a (hrv. *vitka proizvodnja*) započeo je u japanskoj automobilskoj kompaniji Toyota na inicijativu inženjera Taiichia Ohnoa zbog velikog duga u poslovanju (Piškori i Kondić., n.d.). Izraz „Lean“ za njih je osmislio John Krafcik, koji je bio član istraživačkog tima za knjigu „The Machine That Changed the World“ (Graban, 2010) na Institutu za tehnologiju u saveznoj državi Massachusetts, s ciljem smanjenja gubitaka (engl. *waste*) u proizvodnji (Sarhan i Fox, 2013). Ovakav novi pristup djelomično su koristile velike proizvodne kompanije u Americi, Europi i Japanu (Koskela, 1994). Ohno je pratio rad Henryja Forda i nastavio razvijati proizvodnju temeljenu na protoku. Međutim, za razliku od Forda koji je imao gotovo neograničenu potražnju za standardnim proizvodima, Ohno je isključivo htio izrađivati automobile po narudžbi kupaca, stoga je izradio poslovni model s tako jasno definiranim ciljevima (Howell, 1999). Cilj Ohnoa i ostatka tima bio je razviti sustav koji potiče kvalitetu u svakom koraku procesa (Liker, 2004). Ciklički slijed aktivnosti kojima je ova kompanija nastojala ostvariti savršenstvo prikazan je na Grafikonu 5 (Howell, 1999).



Grafikon 5 Ciklički slijed aktivnosti za postizanje savršenstva (prilagođeno prema: Howell, 1999)

Načelo poštovanja ljudi dugo je bilo nepriznato, zanemareno ili pogrešno shvaćeno od strane većine menadžera (Emiliani, 2006). Na ovaj problem, Ohno i ostalo Toyotino osoblje je upućivalo

i pri tome isticalo važnost timskog rada, odnosno uključenja svih u proces kontinuiranog poboljšanja (Liker, 2004). Zaposlenici su imali slobodu iznošenja ideja i prijedloga te su na transparentan način mogli sudjelovati u ostvarenju ciljeva cijelog proizvodnog sustava. U sustavu kontrole zaliha, centralizirani sustav potiska (eng. *push*) zamijenjen je s distribuiranim sustavom povlačenja (engl. *pull*) (Howell, 1999). Svrha ovakvog sustava je razvoj proizvoda na temelju stvarne potražnje, a ne na temelju predviđanja (Kanbanize, 2020). Drugim riječima, povlačenje znači idealno stanje u kojem se proizvodi ono što naručitelj želi, kada i u kojoj količini (Liker, 2004). U skladu s tim, Koskela (1994) izdvaja jedanaest načela kojima se može znatno ubrzati i poboljšati protočnost procesa u proizvodnji. Načela se mogu sažeti na sljedeći način:

1. smanjiti udio aktivnosti bez dodatne vrijednosti (koje se nazivaju i gubitcima)
2. povećati izlaznu vrijednost sustavnim razmatranjem zahtjeva naručitelja
3. smanjiti promjenjivost načina rada
4. smanjiti vrijeme ciklusa
5. pojednostaviti proces smanjenjem broja koraka, dijelova i veza
6. povećati učinak procesa
7. povećati transparentnost procesa
8. ciljano kontrolirati cijeli proces
9. neprekidno poboljšavati proces
10. uravnotežiti napredak protoka s napretkom proizvodnje
11. skupljati podatke za usporedbu s konkurentima.

Iskustvo pokazuje da su navedena načela univerzalna – primjenjuju se na čisto fizičku proizvodnju i na proizvodnju informacija (primjerice projektiranje), kao i na masovnu i pojedinačnu proizvodnju (Koskela, 1994). Nastavno na jedanaest načela Lean production-a, može se izdvojiti šest osnovnih načela koji se smatraju teoretskom osnovom nazvanom Lean thinking (hrv. *vitko razmišljanje*) s primjenom u građevinarstvu (Bertelsen i Koskela, 2004; Tezel i dr., 2018):

1. uklanjanje gubitaka tijekom procesa rada
2. precizno definiranje vrijednosti proizvoda sa stajališta kupca
3. prepoznavanje toka vrijednosti (engl. *value stream*) za određenu vrstu proizvoda
4. ujednačen i kontinuiran tok proizvodnje (tok materijala i informacija bez prekida)
5. povlačenje proizvoda kroz cjelokupan proces proizvodnje
6. usvajanje kulture kontinuiranog poboljšanja s težnjom ka savršenstvu.

- Lean production i Lean thinking važni su za razumijevanje cjelokupnog rada s obzirom na to da će se u nastavku govoriti o pojmu koji se temelji upravo na njihovim osnovnim postavkama – Lean construction, a vezan je uz područje građevinarstva koje ima karakteristike i proizvodnih i uslužnih sustava (Salem i dr., 2006; Shuquan i dr., 2020).

3.3.2. Lean construction

Izraz „Lean construction“ razvijen je od strane Međunarodne organizacije za Lean construction (engl. *International Group for Lean Construction – IGLC*) koja je osnovana 1993. U ovom kontekstu riječ „construction“ uključuje cjelokupnu građevinsku industriju, a ne samo jednu fazu u kojoj se izvode radovi na gradilištu. U skladu s tim, može se reći kako Lean construction obuhvaća sve sudionike u procesu gradnje – arhitekta, projektanta, inženjere, izvođače radova i dobavljače. Nakon osnutka Međunarodne organizacije za Lean construction, 1997. osnovan je i Institut za Lean construction (engl. *Lean Construction Institute*) od strane Glenna Ballarda i Gregory A. Howella sa željom da se unaprijedi upravljanje građevinskim projektima (Banna, 2017).

Građevinski projekti razlikuju se od tvorničkih u tri kategorije – proizvodnja na gradilištu, jedinstvenost projekata i njihova složenost (Bajjou i dr., 2017a) zbog vrlo nesigurnog okruženja i strogih zahtjeva za poštivanje vremenskih rokova. No, cilj da se projekt isporuči na vrijeme, otklone gubitci, smanje promjene i pri tome zadovolje svi zahtjevi naručitelja zajednički je za obje industrije (Aziz i Hafez, 2013; Howell, 1999). Upravljanje građenjem prema Lean principima razlikuje se od uobičajene suvremene prakse po tome što (Howell, 1999):

- ima jasan skup ciljeva u procesu isporuke
- usmjeren je na maksimiziranje performansi za kupca na razini projekta
- istovremeno projektira proizvode i procese
- provodi kontrolu proizvodnje tijekom cijelog životnog vijeka projekta.

Nasuprot tomu, principi zastupljeni u trenutnoj praksi upravljanja građenjem usredotočeni su na aktivnosti, pri čemu je cilj optimizirati projekt aktivnost po aktivnost čime se zanemaruje razmatranje projekta u cijelosti što predstavlja jedan od glavnih nedostataka suvremenog upravljanja građevinskim projektima (Howell, 1999).

3.3.3. Načela i alati/tehnike

Salem i dr. (2006) na temelju teorijskih saznanja grupirali su alate/tehnike za primjenu Lean construction-a prema područjima primjene i nužnim uvjetima za primjenu, kako je prikazano u Tablici 5. Navedeni alati/tehnike temelje se na ranije navedenim načelima Lean thinking-a.

Tablica 5 Područja primjene i nužni uvjeti za primjenu alata/tehnika Lean construction-a (Salem i dr., 2006)

PODRUČJE PRIMJENE	ALAT/TEHNIKA	NUŽNI UVJETI ZA PRIMJENU
promjenjivost toka (engl. <i>Flow variability</i>)	sustav posljednjeg planera (engl. <i>Last planner system</i>)	plan obrnutih faza (engl. <i>Reverse phase Scheduling</i>)
		šestotjedni plan unaprijed (engl. <i>Six-week look-ahead</i>)
		tjedni plan rada (engl. <i>Weekly work plan</i>)
		razlozi za promjene (engl. <i>Reasons for variance</i>)
		planirani postotak izvršenja (engl. <i>Percentage Plan Completed</i>)
promjenjivost procesa (engl. <i>Process variability</i>)	opadanje sigurnosti i kvalitete (engl. <i>Fail safe for quality an safety</i>)	provjera kvalitete (engl. <i>Check for quality</i>)
		provjera sigurnosti (engl. <i>Check for safety</i>)
transparentnost (engl. <i>Transparency</i>)	proces 5S (engl. <i>Five S's</i>)	razvrstavanje (engl. <i>Sort</i>)
		uspostava reda (engl. <i>Straighten</i>)
		standardizacija (engl. <i>Standardize</i>)
		čišćenje (engl. <i>Shine</i>)

		samodisciplina (engl. <i>Sustain</i>)
	povećana vizualizacija (engl. <i>Increased visualization</i>)	tablica obveza (engl. <i>Commitment charts</i>)
		sigurnosni znakovi (engl. <i>Safety signs</i>)
		mobilni znakovi (engl. <i>Mobile signs</i>)
		prekretnice u projektu (engl. <i>Project milestones</i>)
		planska tablica postotaka dovršenosti (engl. <i>Percentage Plan Completed chart</i>)
kontinuirano poboljšanje (engl. <i>Continuous improvement</i>)	dnevni sastanci za okupljanje (engl. <i>Daily huddle meetings</i>)	sastanak za početak radnog dana (engl. <i>Start of the day meeting</i>)
		sastanak poslovođa s radnicima (engl. <i>All foreman meeting</i>)
	inicijalna istraživanja (engl. <i>First-run studies</i>)	planirati (engl. <i>Plan</i>)
		učiniti (engl. <i>Do</i>)
		provjeriti (engl. <i>Check</i>)
		djelovati (engl. <i>Act</i>)

U Tablici 6 su ukratko objašnjeni poznati alati/tehnike koje navode Maradzano i dr. (2019), Tezel i dr. (2018) te Wagner (2019).

Tablica 6 Alati/tehnike za primjenu Lean construction-a

REDNI BROJ	AUTOR	ALAT/TEHNIKA	OBJAŠNENJE
1.	Maradzano i dr., 2019	cjelovito produktivno održavanje (engl. <i>Total productive maintenance - TPM</i>)	Odnosi se na proaktivno i preventivno održavanje opreme kako bi se dostiglo maksimalno vrijeme njezine ispravnosti.
2.	Maradzano i dr., 2019	cjelovito upravljanje kvalitetom (engl. <i>Total quality management – TQM</i>)	Podrazumijeva prepoznavanje i procjenu problema, razvoj i provedbu rješenja te mjerenje rezultata.
3.	Maradzano i dr., 2019	dnevni sastanci za okupljanje	Aktivnost koja se održava kako bi se u potpunosti uključilo zaposlenike u pitanja vezana za projekt te kako bi ih se potaknulo na zajedničko rješavanje istih.
4.	Tezel i dr., 2018	informatijske tehnologije za primjenu Lean construction-a (engl. <i>Information technologies to support lean construction deployments</i>)	Opsežna upotreba digitalnih tehnologija, posebno tehnologija informacijskog građenja (npr. informacijsko modeliranje gradnje – engl. <i>Building Information Modeling, BIM</i>) omogućava razvoj objektnog, parametričnog te virtualnog prototipa građevinskog sustava, koji se može koristiti od projektiranja do rušenja, kako bi se olakšao protok informacija u Lean construction-u.
5.	Tezel i dr., 2018	integracija opskrbnog lanca (engl. <i>Supply chain integration</i>)	Usklađivanje i koordinacija unutar lanaca opskrbe kroz partnerstvo, dugoročne ugovore, podršku obuci pružatelja usluga, transparentnost u protoku informacija, zajednički rizik/koristi i tome slične aktivnosti.
6.	Wagner, 2019	integrirana isporuka projekta (engl. <i>Integrated Project Delivery – IPD</i>)	Odnosi se na zajedništvo zaposlenika, poslovne strukture poduzeća i njegovih najboljih praksi pri čemu se optimizacija rezultata projekta, povećanje vrijednosti za naručitelja, smanjenje gubitaka te maksimalizacija učinkovitosti ostvaruje kroz talente svih sudionika u projektu.

7.	Maradzano i dr., 2019	Ishikawa dijagram (engl. <i>Ishikawa diagram</i>)	Služi za prepoznavanje i analizu uzroka određenog problema.
8.	Maradzano i dr., 2019; Tezel i dr., 2018	izbjegavanje pogreške – poka yoke (engl. <i>Error proofing</i>)	Cilj mu je sprječavanje ljudskih nenamjernih pogrešaka pri izvođenju aktivnosti. Često se naziva i „poka-yoke” što na japanskom jeziku predstavlja mehatronički uređaj koji provjerava pogreške i sprječava da iste dospiju u proces rada (Maradzano i dr., 2019).
9.	Maradzano i dr., 2019; Tezel i dr., 2018	kontinuirano poboljšanje	Potiče kontinuirano mjerenje, analizu i unaprjeđivanje na temelju korištenih resursa, potrebnog vremena, zahtijevane kvalitete naručitelja i drugih značajki gradnje.
10.	Tezel i dr., 2018	metoda linije balansa (engl. <i>Line of balance method</i>)	Grafička metoda rasporeda rada, upravljanja i uravnoteženja resursa s obzirom na lokaciju. Često se koristi u linearnim građevinskim projektima (npr. autoceste, niskogradnje i sl.).
11.	Maradzano i dr., 2019; Tezel i dr., 2018	određivanje toka vrijednosti (engl. <i>Value stream mapping - VSM</i>)	Koristi se za grafičku vizualizaciju trenutnog stanja i planiranje budućeg stanja građevinskog procesa uz smanjenje svih izvora gubitaka.
12.	Maradzano i dr., 2019	Paretova analiza (engl. <i>Pareto analysis</i>)	Rezultira grafikonom za isticanje najvažnijih uzroka koji utječu na promatrani sustav te omogućuje razvoj inovativnih aktivnosti za poboljšanje trenutne situacije.
13.	Maradzano i dr., 2019	pet pitanja zašto (engl. <i>5 whys</i>)	Koristi se za identificiranje uzroka ciljanog problema ponavljanjem pitanja „zašto” pet puta čime uzroci problema postaju jasniji.
14.	Maradzano i dr., 2019	plan uvjeta i radnog okruženja u građevinarstvu (engl. <i>Plan of conditions and work environment in the construction industry</i>)	Upravlja ukupnim sigurnosnim zahtjevima, kontrolira primjenu zaštite na radu te upravlja rizicima kroz ciklus kontinuiranog prepoznavanja rizika, njegove procjene i kontrole.

15.	Salem i dr., 2006	povećana vizualizacija	Temelji se na korištenju lako razumljivih vizualnih prikaza za povećanje transparentnosti procesa te olakšavanje kontrole rada i protoka informacija.
16.	Maradzano i dr., 2019; Tezel i dr., 2018	povlačni kanban sustav (engl. <i>Pull kanban system</i>)	Zasniva se na povlačenju (engl. <i>pull</i>), tj. radi se isključivo na zahtjev naručitelja. Cilj mu je smanjenje, odnosno zadržavanje, zaliha na što nižoj razini te postizanje maksimalne učinkovitosti.
17.	Maradzano i dr., 2019; Tezel i dr., 2018	pretproizvodnja i modularizacija (engl. <i>Pre-fabrication and modularisation</i>)	Teži korištenju gotovih i modularnih građevinskih komponenti kojima se sprječavaju uobičajeni problemi i gubitci pri proizvodnji na licu mjesta.
18.	Tezel i dr., 2018	inicijalna istraživanja (engl. <i>First run studies</i>)	Alternativni pristup poboljšanju rada kroz promatranje procesa i snimanje fotografija/videozapisa najčešće na početku kritičnih građevinskih zadataka kako bi se razumjela razina produktivnosti za bolje planiranje i poboljšanje rada te precizno prilagođavanje projektnih zadataka.
19.	Tezel i dr., 2018	priprema i poboljšanje postavljanja (engl. <i>Set-up preparation and improvement</i>)	Služi za sustavno proučavanje radnog plana s ciljem optimiziranja učinkovitosti i sigurnosti svakog uključenog zadatka.
20.	Maradzano i dr., 2019; Tezel i dr., 2018	proces 5S	Označava razvrstavanje, uspostavu reda, standardizaciju, čišćenje i samodisciplinu. Provođenje ovog alata/tehnike povećava produktivnost radnih procesa jer smanjuje vrijeme koje se troši na pronalazak alata i opreme uslijed nereda ili zaliha materijala na radnom mjestu.
21.	Tezel i dr., 2018	proces za rješavanje problema - PDCA ciklus (engl. <i>Problem solving process – Plan - Do - Check - Act Cycle</i>)	Služi za poboljšanje rada pomoću identificiranja i analiziranja procesnih problema (planirati), razvoja i testiranja potencijalnih rješenja (učiniti), mjerenja učinkovitosti testnog rješenja (provjeriti) te provedbe i standardizacije rješenja (djelovati).

22.	Maradzano i dr., 2019	projektiranje ciljne vrijednosti (engl. <i>Target value design – TVD</i>)	Primjenjuje metode kojima bi se projektiranje trebalo obaviti u skladu s ograničenjima naručitelja, posebno troškovima, s ciljem isporuke tražene ciljne vrijednosti.
23.	Maradzano i dr., 2019; Tezel i dr., 2018	standardizacija (engl. <i>Standardisation</i>)	Obuhvaća skup metoda, komponenti ili procesa koji se ponavljaju te ih je potrebno pravilno propisati kako bi se u budućnosti koristili na jedinstven način. Rezultat standardizacije su standardni operativni postupci (SOP).
24.	Tezel i dr., 2018	strukturiranje rada (engl. <i>Work structuring</i>)	Koristi se za opisivanje načina proizvodnje i izvršavanja procesa svih struka tijekom projekta kako bi se optimizirala proizvodnja na licu mjesta.
25.	Maradzano i dr., 2019; Tezel i dr., 2018	sustav posljednjeg planera	Ovim se alatom/tehnikom postižu temeljni ciljevi Lean-a – smanjenje gubitaka, povećanje produktivnosti i smanjenje nepredvidivosti. Alat se temelji na redovitoj komunikaciji i sastancima, zajedničkom planiranju te povećanju razine pouzdanosti i predanosti članova tima.
26.	Tezel i dr., 2018	taktno planiranje vremena (engl. <i>Takt time planning</i>)	Podrazumijeva planiranje rada na temelju vremena potrebnog za isporuku određenog procesa – takta, koji se višekratno ponavlja.
27.	Maradzano i dr., 2019	uklanjanje gubitaka (engl. <i>Waste elimination</i>)	Cilj mu je širenje kulture među zaposlenicima kako bi se uklonili različiti izvori gubitaka što je bit koncepta Lean construction-a.
28.	Maradzano i dr., 2019; Tezel i dr., 2018	upravo na vrijeme (engl. <i>Just in time - JIT</i>)	Upravljanje opskrbom građevinskim materijalom i opremom s ciljem isporuke istoga neposredno prije ugradnje, izbjegavajući prekomjerno skladištenje na gradilištu.
29.	Tezel i dr., 2018	višenamjenske građevinske radne jedinice	Predstavljaju timove s članovima različitih građevinskih struka koji zajedno rade na određenom mjestu na gradilištu, kako bi se

		(engl. <i>Multi-functional construction work units</i>)	umanjili nedostupni radovi i održao kontinuirani tijek proizvodnje.
30.	Maradzano i dr., 2019	vrsta neuspjeha, analiza učinaka i kritičnosti (engl. <i>Failure mode, effects and criticality analysis</i>)	Metoda je kvalitativne analize pouzdanosti koja omogućuje procjenu rizika od pojave kvarova, utvrđivanje njihovih uzroka i procjenu njihovih posljedica.

Prema istraživanju u Ujedinjenom Kraljevstvu, u Tablici 7 prikazani su postotci u koliko promatranih projekata je primijenjen pojedini alat/tehnika, odnosno u koliko projekata je pojedini alat/tehnika u postupku primjene (Tezel i dr., 2018).

Tablica 7 Zastupljenost primjene/postupka primjene pojedinih alata/tehnika u Ujedinjenom Kraljevstvu (prilagođeno prema: Tezel i dr., 2018)

REDNI BROJ	ALAT/TEHNIKA	PRIMIENJEN	U POSTUPKU PRIMJENE
1.	informacijske tehnologije za primjenu Lean construction-a	17%	22%
2.	integracija opskrbnog lanca	21%	21%
3.	izbjegavanje pogreške – poka yoke	0%	2%
4.	kontinuirano poboljšanje	14%	25%
5.	metoda linije balansa	4%	6%
6.	određivanje toka vrijednosti	5%	4%
7.	povećana vizualizacija	24%	23%
8.	povlačni kanban sustav	0%	5%
9.	pretproizvodnja i modularizacija	48%	26%
10.	inicijalna istraživanja	0%	5%
11.	priprema i poboljšanje postavljanja	9%	15%
12.	proces 5S	11%	13%
13.	proces za rješavanje problema - PDCA ciklus	40%	28%
14.	standardizacija	15%	23%

15.	strukturiranje rada	4%	5%
16.	sustav posljednjeg planera	31%	23%
17.	taktno planiranje vremena	3%	7%
18.	upravo na vrijeme	0%	7%
19.	višenamjenske građevinske radne jedinice	0%	7%

Na temelju postotaka o primjeni, zaključuje se kako su najzastupljeniji alati/tehnike *povećana vizualizacija, pretproizvodnja i modularizacija, proces za rješavanje problema – PDCA ciklus, sustav posljednjeg planera te integracija opskrbnog lanca*. Alati/tehnike koji, prema ovom istraživanju, nisu poznati niti primijenjeni su *izbjegavanje pogreške – poka yoke, inicijalna istraživanja, povlačni kanban sustav, višenamjenske građevinske radne jedinice te upravo na vrijeme* (Tezel i dr., 2018).

Iako je važno, provođenje Lean alata/tehnika ne znači da je Lean u potpunosti primijenjen. Kako bi se ostvarila potpuna primjena, uz izbor i provedbu prikladnih alata/tehnika, potrebno je uvesti četiri dodatna faktora uspjeha, a to su ponašanje i kultura svih sudionika u projektu, utjecaj Lean-a na cjelokupno poslovanje poduzeća, ugovori i ugovorni odnosi te sudjelovanje svih zaposlenika u primjeni alata/tehnika (Chick i dr., 2013; Salem i dr., 2005). Primjena Lean construction-a još uvijek predstavlja problem u malim i srednjim poduzećima, jer se njihov interes za istim razlikuje od interesa velikih poduzeća, što daje mogućnost za daljnja istraživanja (Tezel i dr., 2018).

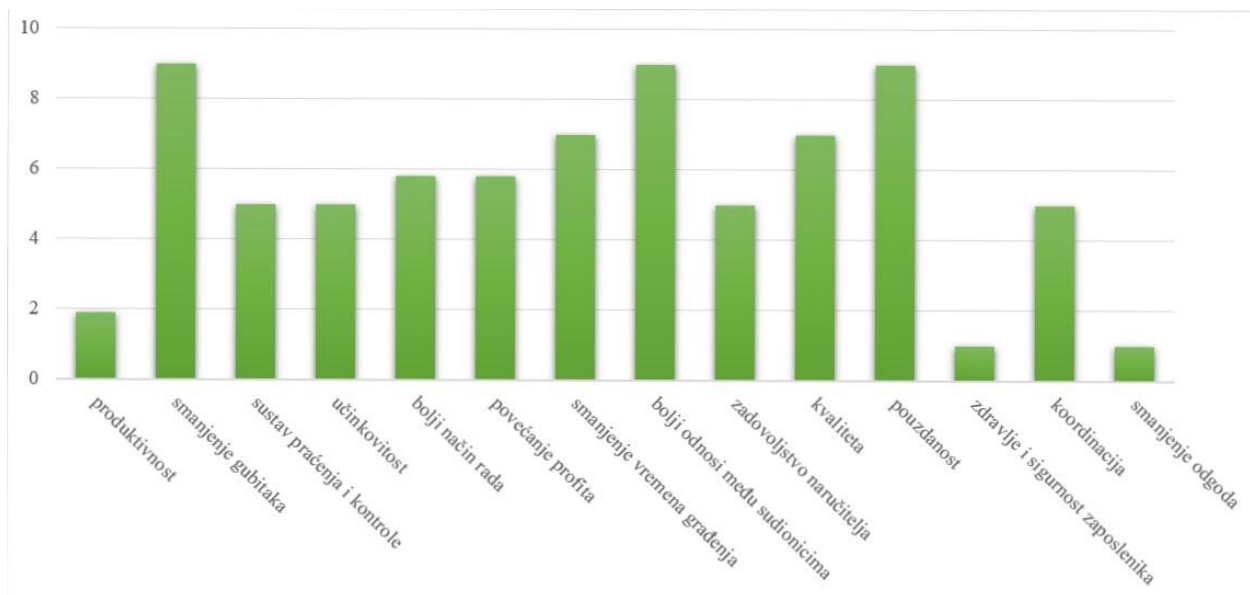
3.3.4. Koristi primjene

Kontinuirano upravljanje i nadziranje gradilišta primjenom ranije navedenih načela i alata/tehnika u poslovanju s vremenom pokazuje brojne koristi Lean construction-a. Njegova provedba u kratkoročnim projektima ponekad se ocjenjuje kao nedostatak, tj. dodatan napor, unatoč dugoročnim prednostima za poduzeće, stoga se izvođači u takvim projektima teže odlučuju na primjenu Lean-a (Demirkesen i dr., 2019). Kao njegove najveće prednosti navode se smanjenje gubitaka, zadovoljstvo naručitelja i ukupno smanjenje troškova projekta. U nastavku su nabrojane i ostale koristi Lean construction-a koje navode Maradzano i dr. (2019):

- skraćanje ukupnog trajanja projekta
- poboljšanje kvalitete rada

- poboljšanje ekološke učinkovitosti
- poboljšanje sigurnosti radnika
- poboljšane metode izvođenja projekata
- upravljanje rizicima u opskrbi
- podrška razvoju timskog rada i prijenos odgovornosti u lancu opskrbe
- kontinuirano poboljšanje projekata
- minimiziranje sukoba koji mogu značajno promijeniti proračun i raspored
- trenutna isporuka proizvoda po mjeri bez gubitaka
- dostava proizvoda i usluga na vrijeme i unutar budžeta
- smanjenje izravnih troškova i vremena u prijevozu i komunikaciji
- poboljšana kontrola kvalitete i minimiziranje rizika
- poboljšano zadovoljstvo radnika i bolji odnosi s dobavljačima.

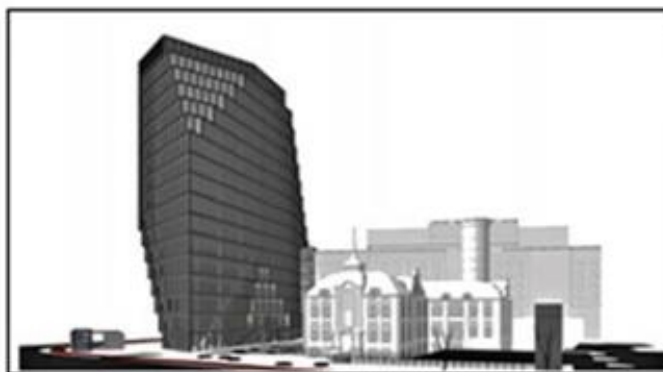
Na temelju 19 studija slučaja, Locatelli i dr. (2013) izdvojili su najznačajnije koristi koje bi mogle biti dodatan poticaj poduzećima za primjenu Lean construction-a. Izdvojene koristi ocijenjene su prema važnosti ocjenama od 1 do 10 (Grafikon 6).



Grafikon 6 Koristi od primjene Lean-a (prilagođeno prema: Locatelli i dr., 2013)

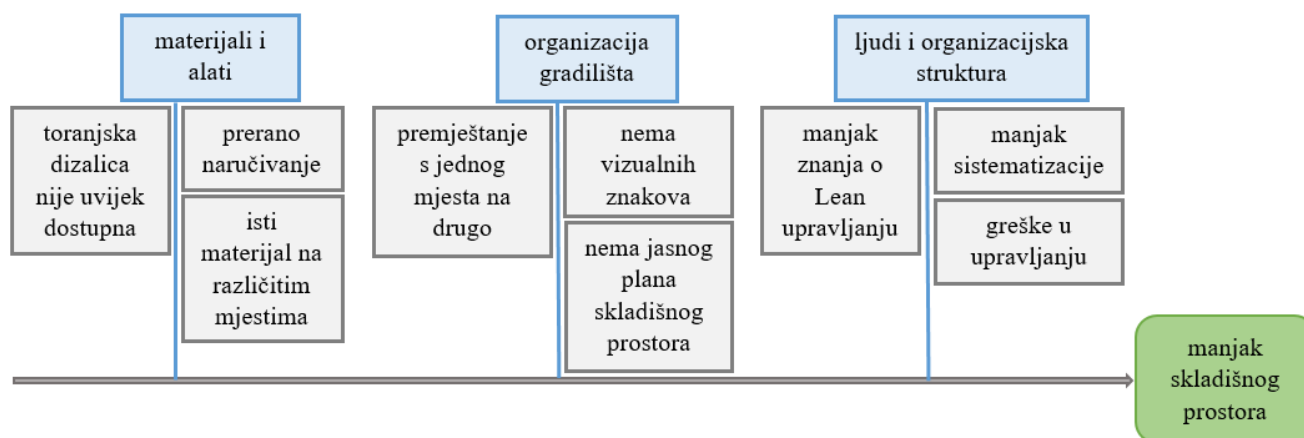
Smanjenje gubitaka, razvoj boljih odnosa među sudionicima te veća pouzdanost u procjeni troškova i rasporeda aktivnosti izdvojene su kao najvažnije koristi ocijenjene ocjenom 9 (Locatelli i dr., 2013).

Istraživanje provedeno u Poljskoj (Nowotarski i dr., 2016) predstavilo je ideju uvođenja Lean metodologija u odabrane građevinske procese i prikazalo koristi nakon uvođenja. Mjesto istraživanja bilo je gradilište poslovne zgrade „Baltic“ (Slika 1) u centru grada Poznana gdje je Lean uveden i testiran kao novi pristup upravljanja građevinskim projektima.



Slika 1 Poslovna zgrada „Baltic“ (Nowotarski i dr., 2016)

Izgradnja takvog objekta zahtijeva tehnički objekt, uključujući skladišni prostor koji je jedan od ključnih elemenata u procesu izgradnje. Isto je dokazano analizom postojećeg stanja pomoću Lean alata/tehnike *Ishikawa dijagram* gdje se, preko navedenih parametara – materijala i alata, organizacije gradilišta, ljudi i organizacijske strukture, došlo do zaključka kako je najveći problem promatranog gradilišta upravo manjak skladišnog prostora (Grafikon 7) (Nowotarski i dr., 2016).



Grafikon 7 Identifikacija problema pomoću Ishikawa dijagrama (prilagođeno prema: Nowotarski i dr., 2016)

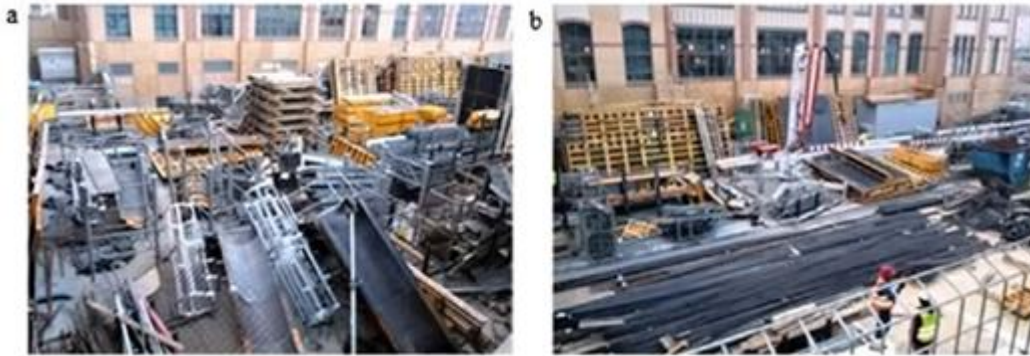
Nakon primjene Lean-a u nekoliko odabranih procesa te nakon provedene analize troškova i razmatranja mogućih ušteda, rukovodstvo gradilišta odobrilo je uvođenje Lean alata/tehnika s

obzirom na uočene velike uštede prilikom analize troškova. Za poboljšanje odabranog procesa, razmatrana su tri moguća rješenja – alati/tehnike *upravo na vrijeme* i *proces 5S* te drugi načini skladištenja. *Proces 5S* izabran je za primjenu kao jedan od jeftinijih Lean alata/tehnika budući da u ovom slučaju nije bila potrebna edukacija za primjenu istog, nego su članovi istraživačkog tima prenijeli znanja radnicima i rukovoditeljima gradilišta, što je bio glavni razlog odabira ovog alata/tehnike između ostalih dvaju predloženih. Najvažnije akcije i procesi na koje je utjecala primjena *procesa 5S* na analiziranom gradilištu prikazani su na Grafikonu 8, s podjelom po jednostavnosti procjene uštede – jako teška ili srednja (Nowotarski i dr., 2016).



Grafikon 8 Akcije i procesi na koje utječe Lean metodologija s podjelom prema jednostavnosti procjene uštede (prilagođeno prema: Nowotarski i dr., 2016)

Promjene u organizaciji gradilišta prije i nakon uvođenja odabranih Lean alata/tehnika prikazane su na Slici 2.



Slika 2 (a) Skladišni prostor prije promjena; (b) i nakon provedenih promjena (Nowotarski i dr., 2016)

Prije uvođenja koncepta Lean-a, tri puta se dogodila situacija kada je uprava gradilišta morala donijeti odluku o istovaru materijala u rezervno skladište kooperanta zbog nedostatka prostora u vlastitom skladištu na gradilištu. Istovar materijala u skladište kooperanta uzrokovalo je deset puta veće troškove (6 282 HRK) od uobičajenih (685 HRK), kada bi se materijal istovarilo u skladište na gradilištu. Pretpostavka je da bi se problemi sa skladištenjem, koji su se dogodili tri puta, nastavili događati jednom mjesečno do završetka projekta te bi tako uzrokovali troškove u iznosu od 75 350 HRK. Nakon primjene *procesa 5S*, taj se problem više nije ponovio te je od tada do kraja projekta ostvarena ušteda u iznosu od 18 840 HRK. Provedenim analizama te predloženim i uspješno implementiranim rješenjima, ostvarene su značajne uštede novca i vremena te je postignuta bolja organizacija skladišnog prostora. Dokazano je kako je primjena *procesa 5S* uzrokovala visok utjecaj na uštedu novca i brži pristup materijalima, dok je na smanjenje gradilišnog prijevoza imala srednji utjecaj. Koncept Lean-a donio je obostrano zadovoljstvo, radnicima i naručitelju, te omogućio brži i efikasniji rad uz kontinuirani rast ušteda (Nowotarski i dr., 2016).

Prilikom izgradnje zgrade ambulante Sutter Health u Sjedinjenim Američkim Državama, dokazano je kako Lean alat/tehnika *projektiranje ciljne vrijednosti*, koji se koristi od početka do završetka projekta, zajedno s ostalim Lean alatima/tehnikama daje bolje rezultate u vidu vremena i troškova. Primjena je rezultirala smanjenjem ciljnih troškova projekta s 18,9 milijuna američkih dolara na 17,9 milijuna američkih dolara, što je ušteda od 5,29% (Zimina, 2012).

Nadalje, na temelju provedenog istraživanja izgradnje prve faze sveučilišne garaže na četiri kata, u kojem su sudjelovali glavni izvođač i dva podizvođača, dokazane su koristi primjene dodatnih

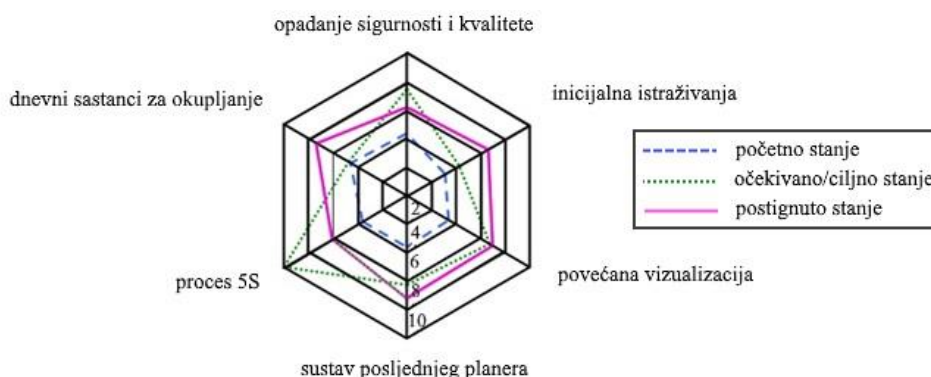
šest Lean alata/tehnika. U Tablici 8 vidljivi su testirani i ocijenjeni alati/tehnike te koristi ostvarene primjenom (Salem i dr., 2005).

Tablica 8 Koristi primijenjenih alata/tehnika u istraživanju (Salem i dr., 2005)

PRIMIJEJENI ALAT/TEHNIKA	KORISTI OSTVARENE PRIMJENOM
sustav posljednjeg planera	<ul style="list-style-type: none"> ▪ završetak prve faze osam dana prije nego je predviđeno planom obrnutih faza te šesnaest dana prije predviđenog generalnim planom ▪ dvosmjerna komunikacija zbog optimiziranja kapaciteta radnog procesa i tehnologije izvođenja te prepoznavanja ponavljajućih aktivnosti
povećana vizualizacija	<ul style="list-style-type: none"> ▪ povećana sigurnost na radu ostvarena uključivanjem radnika u proces postavljanja sigurnosnih znakova
dnevni sastanci za okupljanje	<ul style="list-style-type: none"> ▪ postignuta dvosmjerna komunikacija ▪ uključenost radnika u projekt ▪ više od 80% planera i 67% radnika smatralo je kako im sastanci pomažu te bi češće voljeli razgovarati sa svojim voditeljima ▪ redovito održavanje sastanaka za početak radnog dana između planera te sastanaka poslovođa s radnicima
inicijalna istraživanja	<ul style="list-style-type: none"> ▪ značajno povećanje produktivnosti nakon prvog ispitivanja ▪ povećanje produktivnost za tri puta od očekivane vrijednosti uslijed kontinuiranih poboljšanja ▪ otvorena komunikacija ▪ radnici su naučili slobodno prijaviti učinjene pogreške
proces 5S	<ul style="list-style-type: none"> ▪ izrada rasporeda materijala zbog čega su smanjeni gubici koji nastaju prilikom traženja materijala i mjesta za odlaganje te vremena čekanja

	<ul style="list-style-type: none"> ▪ održavanje mjesta rada urednim
opadanje sigurnosti i kvalitete	<ul style="list-style-type: none"> ▪ obvezno praćenje rada pomoću standarda za praćenje i kontrolu ▪ sigurnost na radu poboljšala se za 27,8%

Na kraju primjene pojedinih alata/tehnika, sudionici u istraživanju ocijenili su primjenu u tri stanja – početno, očekivano/ciljno i postignuto. Razina primjene značajki pojedinog alata ocjenjuje se skalom od 0 do 10. Konačno dodijeljene ocjene alatima/tehnika po pojedinim stanjima prikazane su tzv. „paukovim“ mrežnim dijagramom (engl. *Spider Web Diagram*) na Grafikonu 9 (Salem i dr., 2005).



Grafikon 9 Procjena primjene alata - „paukov” mrežni dijagram (prilagođeno prema: Salem i dr., 2005)

Promatrajući ocjene triju stanja projekta, može se zaključiti kako je postignuto stanje znatno bolje ocijenjeno nego početno, što dokazuje pozitivan utjecaj primjene Lean construction alata/tehnika u pojedinim područjima izgradnje. Pozitivan utjecaj također je dokazan većom ocjenom postignutog, nego očekivanog stanja u gotovo svim alatima/tehnika.

3.3.5. Lean construction i održivost

Problemi resursa i utjecaj različitih industrija na okolno okruženje promatraju se od 1992. Industrija arhitekture, inženjerstva i graditeljstva troši oko 50% materijalnih resursa iz prirode, 40% energije te je odgovorna za 50% ukupno proizvedenog otpada, stoga je jedna od glavnih industrija koja bi se trebala brinuti o održivosti (Khodeir i Othman, 2016). U to vrijeme pojavljuju se i prvi članci o povezanosti Lean-a i održivosti u gradnji (Solaimani i Sedighi, 2019) koja u novije doba ima sve veći značaj. Naime, prema direktivi Europske unije, koju je Republika Hrvatska pretočila u svoje propise o gradnji, od 2014. zahtijeva se primjena nultog razreda energetske učinkovitosti za sve veći broj zgrada (Ministarstvo graditeljstva i prostornog uređenja,

2014). Održive zgrade uključuju one s niskom emisijom ugljičnog dioksida te zelene zgrade. Provedene studije u Kini dokazale su kako upravo Lean principi doprinose učinkovitosti i smanjenju emisija ugljičnog dioksida (Shuquan i dr., 2020). Održivost razmatra ravnotežu između ekonomske, socijalne i ekološke dimenzije, tzv. „trostruki konačni ishod”. Dimenzije održivosti međusobno su ovisne, stoga se može tvrditi da „ekonomija postoji u društvu i društvo postoji u okruženju“ (Solaimani i Sedighi, 2019). U Tablici 9 prikazana je veza Lean-a i održivosti.

Tablica 9 Veza Lean-a i održivosti (prilagođeno prema: Khodeir i Othman, 2016)

<i>Karakteristike Lean-a koje odgovaraju planu održivosti</i>	
1.	Lean je način postizanja novog holističkog pogleda na održivost kao integracije učinkovitosti procesa (troškova, vremena i kvalitete) i koncepta održivosti (kvalitete okoliša, socijalne jednakosti, zdravstvene ekonomije).
2.	Lean construction postiže održivost u svoja tri područja: ekonomskom (smanjenje resursa i troškova), društvenom (omogućavanje zdravlja, sigurnosti, radnog okruženja i povjerenja među sudionicima) i okolišnom (uklanjanje otpada, smanjenje zagađenja i očuvanje resursa).
3.	Lean construction i održivost dijele isti program smanjenja gubitaka i povećanja učinkovitosti, ali s različitim pristupima. Dok se Lean construction primjenjuje tijekom izgradnje, održiva gradnja dugoročan je proces koji traje tijekom cijelog životnog ciklusa građevine.
4.	Održivost i Lean nerazdvojne su dimenzije jer su smanjenje potrošnje energije i očuvanje okoliša jedne od najvažnijih komponenti smanjenja gubitaka.
<i>Karakteristike Lean-a koje ne odgovaraju planu održivosti, posebno dijelu o zaštiti okoliša</i>	
5.	Lean nije „zelen” jer je njegov glavni cilj maksimizirati vrijednost za kupca. Nije nužno da vrijednost za kupca odgovara ekološkim kriterijima. Vjeruje se kako Lean slučajno postiže održivost, a ne zato što mu je to jedan od glavnih ciljeva.
6.	Primjena Lean praksi ne doprinosi značajno ekološkom učinku poduzeća.
<i>Zajedničke karakteristike Lean-a i održivosti</i>	
7.	Lean thinking je prvi korak ka održivoj budućnosti. Smatra se kako je održivost okoliša sljedeći korak Lean filozofije za smanjenje negativnog utjecaja proizvoda na okoliš i sigurne resurse.
8.	Održiva praksa tijekom korištenja građevine nastavak je Lean filozofije.
9.	Lean-a i održivost primjenjuju se na sličan komplementaran način, stoga bi poduzeća mogla postići učinkovitije rezultate ako istodobno primjenjuju načela Lean-a i održivosti.

Khodeir i Othman (2016) zaključili su temeljem istraživanja da principi održivosti utječu na Lean principe. Iako je postotak podudarnosti između načela Lean construction-a i pokazatelja održivosti svega 13,5%, plan za budućnost je da razvoj i primjena Lean-a i održivosti zajednički doprinesu poboljšanju kvalitete radnih procesa, smanjujući sve vrste gubitaka te uključujući praćenje i samoprocjenu radi kontinuiranog unaprjeđenja. Kako bi se ostvarila veća korist, poduzećima se preporučuje istovremena primjena Lean-a i održivosti u poslovanju.

3.3.6. Što je, a što nije Lean construction

Nakon upoznavanja s teorijom o Lean-u, važno je napomenuti što se ne podrazumijeva Lean praksom, a često dovodi do krivog shvaćanja zbog nerazumijevanja koncepta Lean-a (Simonsen i dr., 2014). Međunarodno udruženje za Six Sigma certificiranje (engl. *International Association for Six Sigma Certification – IASSC*) navodi deset činjenica o tome što nije Lean construction (Chandra, 2015). Six Sigma je prepoznata kao metoda za smanjenje gubitaka, povećanje zadovoljstva naručitelja i poboljšanje financijskih rezultata poslovanja (Alshehri i dr., 2017). Primjena Lean načina upravljanja često se poistovjećuje s primjenom Six Sigme (Chandra, 2015). U osnovi, Six Sigma i Lean koncept imaju iste ciljeve – smanjiti gubitke i stvoriti učinkoviti sustav, ali ih ostvaruju na različite načine. Glavna razlika je u tome što oni različito identificiraju uzroke gubitaka (Johnson, n.d.). Također, često se smatra kako su Lean principi usmjereni isključivo na smanjenje gubitaka, no to je samo jedan aspekt ovog koncepta (Umstot, 2013; Chandra, 2015). Nadalje, nedovoljno razvijena svijest o potrebi za kontinuiranim prikupljanjem i prikazivanjem podataka o projektu dovodi do problema prilikom primjene Lean alata/tehnika koji tek na temelju opširne baze podataka mogu poboljšavati procese. Najveća pogreška u percepciji Lean-a je njegova jednostavnost. Međutim, za potpunu primjenu Lean-a u poslovanju poduzeća potrebna je dugogodišnja edukacija i iskustvo. Uz to, poduzeća očekuju kako je moguće povećati dobit samo uz primjenu Lean alata/tehnika, a da pri tom ne ulažu u nove tehnologije te kontrolu kvalitete i ciklusa procesa.

Dodatnom pogrešnom percepcijom smatra se besciljan boravak na gradilištu ili mjestu proizvodnje (Chandra, 2015). Lean koncept karakterizira fleksibilnost, što znači „raditi kada i gdje je potrebno“ (Dibia i Onuh, 2010). Otpuštanje radne snage također se ne smatra Lean načinom za postizanje ušteda u projektu (Umstot, 2013; Chandra, 2015), s obzirom na to da u takvim okolnostima dolazi do rada s nedostatnim brojem zaposlenika, što u Lean konceptu nije prihvatljivo (Dibia i Onuh,

2010). Radnike se često ograničava u iznošenju mišljenja i problema s radnog mjesta, a trebalo bi biti upravo suprotno. Tijekom proizvodnje i rada, radnike je potrebno poticati na ukazivanje grešaka u radu, kako bi se iste otklonile i tako postiglo povećanje kvalitete proizvodnih procesa. Kao posljednja zabluda navodi se primjena Lean alata/tehnika pod svaku cijenu bez ulaganja u razvoj ljudskih potencijala (Chandra, 2015; Dibia i Onuh, 2010). Piatt (2012) ističe kako sama primjena Lean alata/tehnika za poboljšanje procesa nije dovoljna, budući da je Lean koncept puno više od toga. Potrebno je u potpunosti promijeniti način razmišljanja svih zaposlenika poduzeća te stvoriti Lean kulturu poslovanja. Dibia i Onuh (2010) navode da Lean nije samo trenutna akcija, već dugoročan i cjelovit postupak koji dovodi do učinkovitog sustava upravljanja organizacijom. Prethodno navedene karakteristike usporedno su prikazane u Tablici 10.

Tablica 10 Usporedba točnih i netočnih tvrdnji o Lean construction-u

ŠTO JE LEAN CONSTRUCTION	ŠTO NIJE LEAN CONSTRUCTION
promjena načina razmišljanja svih zaposlenika poduzeća i stvaranje Lean kulture poslovanja kroz primjenu svih alata/tehnika	usmjerenost isključivo na alat/tehniku <i> smanjenje gubitaka</i>
razvijena svijest o potrebi za kontinuiranim prikupljanjem i prikazivanjem podataka o projektu	besciljan boravak na gradilištu ili mjestu proizvodnje
dugoročan i cjelovit postupak	jednostavna primjena
dugogodišnja edukacija i iskustvo	primjena Lean alata/tehnika bez ulaganja u razvoj ljudskih potencijala
poticanje radnika na iznošenje mišljenja i ukazivanje na probleme u radu	otpuštanje radne snage radi postizanja ušteda u projektu
fleksibilnost („raditi kada i gdje je potrebno“)	povećanje dobiti samo uz primjenu Lean alata/tehnika, bez ulaganja u nove tehnologije te kontrolu kvalitete i ciklusa procesa
	Six Sigma/Lean Six Sigma

Nakon prikaza teorijskih znanja o Lean construction-u, usvojenost istih ispitana je u studiji slučaja proizvodnog pogona s naglaskom na stupanj primjene načela i alata/tehnika Lean construction-a.

3.4. Prepreke u primjeni Lean construction-a

Prilikom primjene Lean koncepta u poduzeću, pojavljuju se brojne prepreke. Važno je na samom početku primjene odrediti prepreke te se posebno posvetiti rješavanju istih (Demirkesen i dr., 2019), stoga se one smatraju privremenima (Markazi Movaghar, 2016). Demirkesen i dr. (2019) na temelju niza istraživanja diljem svijeta izdvajaju 15 najznačajnijih prepreka u primjeni Lean-a koje su prikazane u Tablici 11 te grupirane u sedam skupina koje su objašnjene na dnu tablice.

Tablica 11 Prepreke u primjeni Lean construction-a (prilagođeno prema: Demirkesen i dr., 2019)

POREDAK PREMA VAŽNOSTI	SKUPINA	PREPREKA	SREDNJA VRIJEDNOST OCJENE
1	U	nedostatak podrške vrhovnog menadžmenta	4,61
2	U	pogrešna percepcija o Lean praksi	4,14
3	KO	nedostatak razmjene informacija i integrirane kontrole promjena	4,09
4	KO	problemi u komunikaciji sudionika	4,04
5	U	neučinkovito planiranje resursa	4,00
6	T	neuspjeh u operativnoj izvrsnosti	4,00
7	KO	nedostatak organizacijske komunikacije	4,00
8	RS	otpor zaposlenika prema Lean-u	3,96
9	KU	otpor promjenama	3,96
10	RS	problemi u timskom radu i različiti ciljevi Lean-a	3,91
11	KU	raznolikost u usvajanju Lean kulture	3,91
12	P	nedostatak znanja o Lean-u	3,83
13	E	trošak prekomjernog skladištenja	3,74

14	KU	nedostatak dugoročnog Lean razmišljanja	3,67
15	E	uvjeti na tržištu	3,65

Skupine: političke (P), ekonomske (E), upravljačke (U), radna snaga (RS), kultura (KU), komunikacija (KO) i tehničke (T).

Uz prethodno navedene prepreke, kao značajne se izdvajaju i troškovi savjetovanja o Lean-u te trošak promjena prilikom primjene Lean alata/tehnika (Demirkesen i dr., 2019). Studije slučaja i razgovori s Lean stručnjacima pokazuju kako provedba Lean-a često zahtijeva ulaganja od oko 750 000 HRK. Međutim, navedeni iznos najčešće ne predstavlja velik problem za proračun poduzeća nego se kao veći izazov navodi otpor prema promjenama od strane zaposlenika (Locatelli i dr., 2013). U Grafikonu 10 prikazana je usporedba prvih triju najznačajnijih prepreka iz različitih istraživanja. Promatrajući rezultate provedenih istraživanja na različitim lokacijama i u različitim vremenima, može se zaključiti kako su u svim slučajevima, kao najznačajnije, izdvojene približno iste prepreke u primjeni Lean construction-a.

ISTRAŽIVANJA				
	Demirkesen i dr., 2019	Sarhan i Fox, 2013	Abdullah i dr., 2009	Oke i dr., 2019
PREPREKE	<ul style="list-style-type: none"> •nedostatak podrške vrhovnog menadžmenta •pogrešna percepcija o Lean praksi •nedostatak razmjene informacija i integrirane kontrole promjena 	<ul style="list-style-type: none"> •nedostatak odgovarajućeg razumijevanja i svijesti o Lean-u •nedostatak podrške vrhovnog menadžmenta •problemi u kulturološkim i ljudskim stavovima 	<ul style="list-style-type: none"> •nedostatak pozornosti i posvećenosti vrhovnog menadžmenta •poteškoće u razumijevanju Lean-a •nedostatak odgovarajuće edukacije 	<ul style="list-style-type: none"> •loša kultura među projektnim partnerima •nedostatak dobrih praksi •manjak razumijevanja Lean-a

Grafikon 10 Usporedba najznačajnijih prepreka u primjeni Lean-a iz različitih istraživanja

S obzirom na dodijeljene ocjene u istraživanjima, kao prva najznačajnija prepreka pokazao se nedostatak podrške vrhovnog menadžmenta. Uz podršku vrhovnog menadžmenta, primjena Lean-a postaje lakša i transparentnija što dovodi do veće učinkovitosti u radnim procesima (Demirkesen i dr., 2019). Ova prepreka pokazala se važnija za mala i srednja poduzeća nego za velika (Tezel i dr., 2018). Druga najznačajnija prepreka je nedostatak znanja, razumijevanja i edukacije o Lean

construction-u unutar poduzeća. Mano i dr. (2020) ističu kako se organizacije često odlučuju na djelomičnu primjenu alata/tehnika za brzo postizanje rezultata što uzrokuje negativan efekt i čini djelomičnu ili neprikladnu primjenu Lean alata/tehnika još jednom preprekom. Prilikom djelomične primjene, poduzeća se najčešće odlučuju na primjenu alata/tehnika *kontinuirano poboljšanje, sustav posljednjeg planera i vizualno upravljanje*. Jedino potpuna i pravilna primjena Lean alata/tehnika donosi korist za poduzeće. Stoga se na temelju djelomične primjene, nedostatka standardizacije, nedovoljnog znanja i nepostignutih rezultata često donosi pogrešan zaključak kako Lean alati/tehnike ne doprinose poboljšanju poslovanja (Tezel i dr., 2018). Sve navedene prepreke te uočeno nepostojanje jasnih smjernica za primjenu Lean construction-a (Tezel i dr., 2018; Abdullah i dr., 2009) dovode do potrebe za definiranjem jasnih smjernica za primjenu koncepta Lean construction-a u građevinskim izvođačkim poduzećima u Republici Hrvatskoj, što je jedan od ciljeva ovog znanstvenog rada.

4. Studija slučaja o primjeni Lean construction-a

Promatrano veliko građevinsko poduzeće radi na uvođenju Lean-a u poslovanje svojih podružnica diljem svijeta. Treba naglasiti kako je Lean construction u određenim podružnicama primijenjen djelomično, dok se u nekima tek postupno primjenjuje. Lean construction, kao novi način upravljanja građevinskim projektima, trenutno primjenjuju u velikim složenim projektima poput projekta izgradnje proizvodnog pogona koji će u nastavku biti opisan u studiji slučaja.

4.1. Principi primjene Lean construction-a u promatranom građevinskom izvođačkom poduzeću

Promatrano građevinsko izvođačko poduzeće djeluje u svim područjima građevinske industrije – projektiranje, izgradnja prometnica, visokogradnja te inženjerske građevine, poslujući u više od 80 zemalja diljem svijeta. Predstavlja jedno od vodećih ponuđača građevinskih usluga na prostorima srednje i srednjoistočne Europe koji zapošljava preko 70 000 djelatnika na više od 500 lokacija. U promatranom poduzeću, Lean construction se na europskoj razini djelomično primjenjuje od 2008., a u Republici Hrvatskoj se postupno primjenjuje od 2018. Za postizanje poboljšanja primjenom Lean-a, promatrano poduzeće ističe važnost provođenja četiriju principa: neprekidnost, taktnost, povlačenje i izvrsnost za koje su dali određena objašnjenja (Tablica 12).

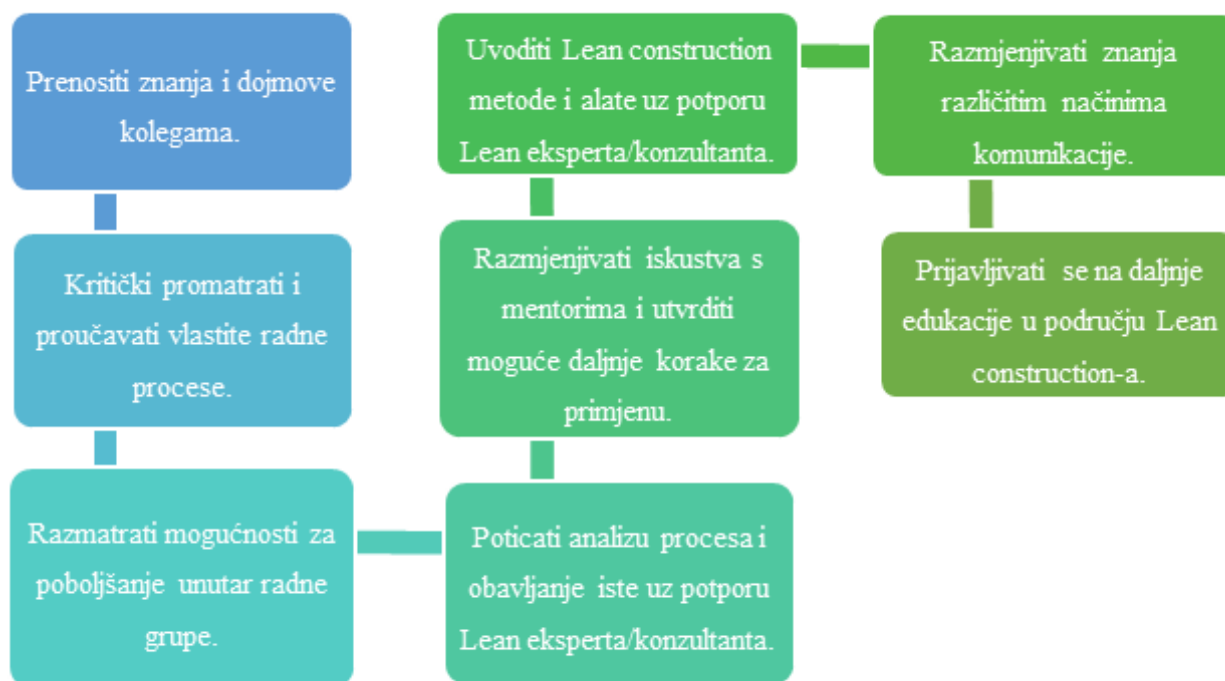
Tablica 12 Lean principi u promatranom poduzeću

LEAN PRINCIP	OBJAŠNJENJE
neprekidnost	Brz i kontinuiran protok materijala i informacija, bez zastoja i kašnjenja, preduvjet je za stabilno funkcioniranje procesa.
taktnost	Redovito ponavljajući procesi su klasificirani u istim vremenskim jedinicama čime se osigurava jednakomjeran i kontinuiran tok. Vrijeme ciklusa je vremensko razdoblje u kojem se specificirana količina proizvoda ugradi, upotrijebi ili transportira.
povlačenje	Procesu je potrebno dodijeliti samo onoliko resursa (materijala, strojeva, informacija) i osoblja koliko mu je stvarno potrebno. Sljedbena aktivnost “povlači” stupanj izvršenosti prethodne aktivnosti (tzv. pull princip).
izvrsnost	Cilj izvrsnosti je izvoditi bez greške i popravaka u onoj mjeri koja je moguća. Prvi i najvažniji korak je promjena u pristupu greškama, tj. zaustavljanje kulture straha i skrivanja grešaka. Na greške se ne smije gledati kao na neizbježne pojave nego kao na priliku za poboljšanje.

Navedene Lean principe zaposlenici usvajaju na edukacijama kroz pohađanje Lean tečaja u tri koraka:

1. osnovna edukacija – osnovna prezentacija o Lean principima u trajanju od 40 minuta
2. radionice – simuliranje vođenja projekta na određenom primjeru pri čemu se ukazuje na razliku vođenja projekta prema Lean principima i klasičnog iskustvenog vođenja projekta
3. seminari – po završetku edukacije u trajanju tri puta po dva dana stječe se status Lean eksperta/konzultanta.

Nakon pohađanja Lean tečaja, promatrano poduzeće za svakog od sudionika ističe nekoliko izazova i zadataka (Grafikon 11).



Grafikon 11 Prikaz razmjene znanja među zaposlenicima promatranog poduzeća po završenom Lean tečaju (preuzeto od promatranog poduzeća)

Nakon što promatrano poduzeće uvede Lean način upravljanja u svoje poslovanje kroz edukaciju zaposlenika, formira se projektni tim te slijedi primjena Lean construction-a u projektima. Promatrano poduzeće provodi Lean construction na složenijim projektima pomoću pet koraka:

1. identifikacija stvarnih potreba naručitelja
 - kvalitetna komunikacija s naručiteljem na sastancima s ciljem prepoznavanja njegovih želja i usvajanja zahtjeva
2. snimanje i analize (trenutno – ciljno stanje) za identifikaciju potencijalnih poboljšanja
 - izvještavanje o trenutnom i ciljnom stanju na gradilištu uz uvažavanje ideja i mišljenja zaposlenika na dnevnim sastancima
3. kontinuirano smanjenje količina i vrsta gubitaka
 - većinu gubitaka nije jednostavno u potpunosti ukloniti, ali je potrebno što više umanjiti kritične gubitke
 - razvoj rješenja sukladno četirima principima, definiranje mjera za poboljšanje, vizualizacija
 - u procesu rada, promatrano poduzeće razvilo je klasifikaciju aktivnosti prema dodatnoj vrijednosti – aktivnosti koje donose dodatnu vrijednost, potrebne aktivnosti koje ne donose dodatnu vrijednost te gubitci (Grafikon 12)

Aktivnosti koje donose dodatnu vrijednost	Aktivnosti koje ne donose dodatnu vrijednost	Gubitci
<ul style="list-style-type: none"> - aktivnosti koje povećavaju vrijednost proizvoda/usluge - naručitelj je za njih spreman platiti 	<ul style="list-style-type: none"> - neophodne i potrebne, ali ne povećavaju izravno vrijednost proizvoda - ne plaćaju se posebno po ugovoru 	<ul style="list-style-type: none"> - aktivnosti koje nisu zahtijevane od strane naručitelja i ne povećavaju vrijednost proizvoda
<ul style="list-style-type: none"> - asfaltiranje, betoniranje, kopanje, nasipavanje, kabliranje, armiranje, zastakljivanje i sl. 	<ul style="list-style-type: none"> - transporti, čišćenja, radovi pripreme oplata, organiziranje, savjetovanje, pripremni radovi, testiranja i certifikati i sl. 	<ul style="list-style-type: none"> - čekanja, zastoji, kvarovi, inventure, otklanjanje grešaka, popravci, prekomjerna proizvodnja i nabava i sl.

Grafikon 12 Podjela aktivnosti prema dodatnoj vrijednosti (preuzeto od promatranog poduzeća)

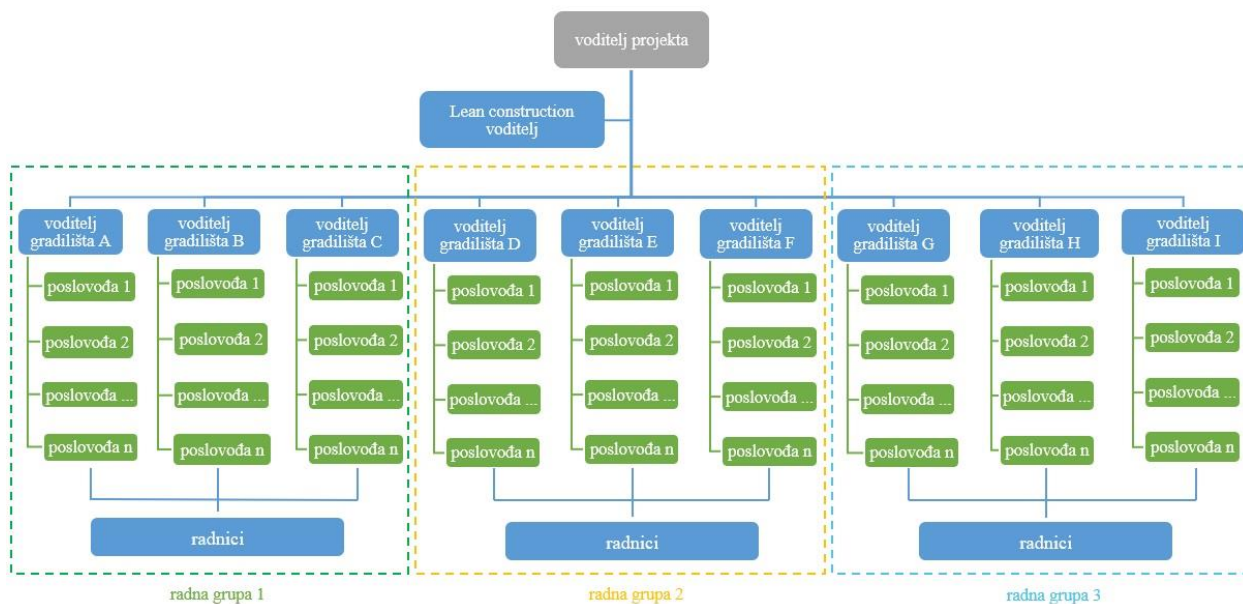
4. trajna provedba mjera poboljšanja
 - definiranje novih procesnih standarda
5. neprekidna optimizacija

- redovito propitivanje i prilagodba svih sudionika, širenje znanja

Za identifikaciju stupnja provedbe prethodno navedenih koraka i principa Lean-a koje promatrano poduzeće navodi, provedena je studija slučaja na najvećem austrijskom gospodarskom projektu proizvodnog pogona u gradu Villachu.

4.2. Studija slučaja

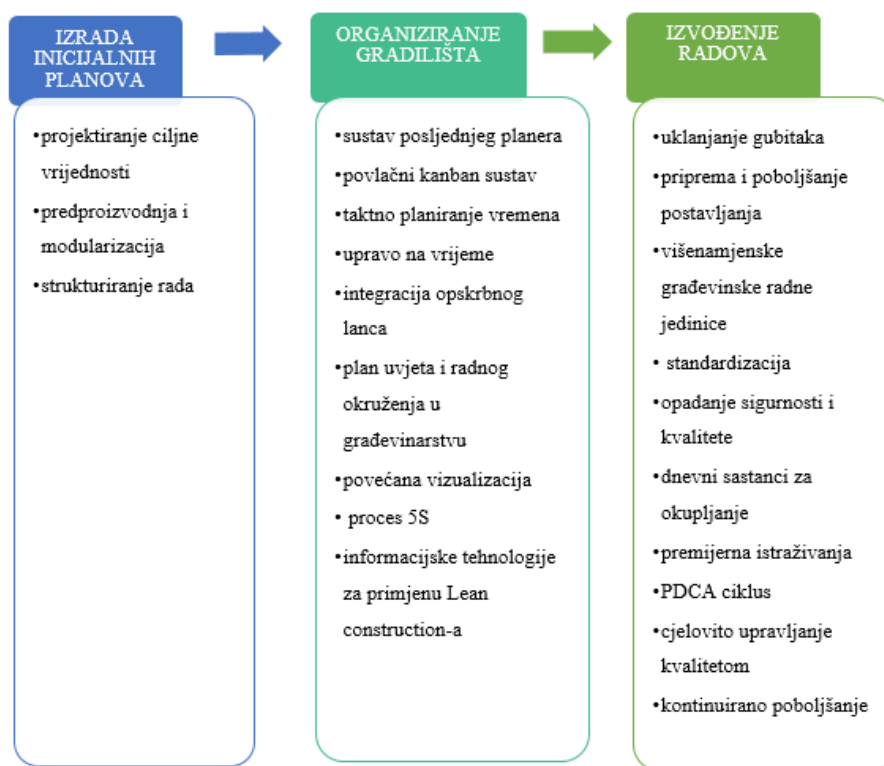
Projekt analiziran u studiji slučaja usmjeren je na izgradnju proizvodnog pogona za proizvodnju čipova promjera (Φ) 300 mm. Izvedba projekta događa se tijekom 2019. i 2020., a vrijednost mu je 1,6 milijardi eura uključujući ugrađenu tehnologiju. Projekt obuhvaća izgradnju triju većih objekata te pomoćnih objekata pri čemu je svakom većem objektu dodijeljena jedna radna grupa. Na čelu svake radne grupe je voditelj projekta s tri voditelja gradilišta na sljedećoj razini strukture i određenim brojem poslovođa pojedinih vrsta radova. Lean construction voditelj koordinira sve radne grupe. Organizacijska struktura po radnim grupama prikazana je na Grafikonu 13.



Grafikon 13 Organizacijska struktura promatranog projekta

Zbog veličine pojedinih elemenata konstrukcije i zahtjevne tehnologije radova, izvedba ovog proizvodnog pogona sličnija je izvedbi mosta te se smatra specijalnom građevinom. Za izvedbu je odabrana djelomično montažna gradnja zbog velikih elemenata čija bi monolitna izvedba zahtijevala znatno više vremena te zbog neovisnosti proizvodnje istih o vremenskim uvjetima. Proizvodnja čipova koja će se obavljati u proizvodnom pogonu zahtijeva preciznost i stroge uvjete za čistoćom (tzv. čiste sobe) jer i najmanja čestica prašine čini čip neupotrebljivim. Za izgradnju

pogona traženih uvjeta potrebno je angažirati stručnjake u tom području, stoga je za glavnog izvođača izabran svjetski koncern specijaliziran za izgradnju „čistih soba”. Promatrano poduzeće jedan je od izvođača u ovom projektu, što je za njih novo iskustvo s obzirom na složenost projekta. Za uspješno dovršenje projekta i moguće kvalitetno korištenje objekata, važno je da svi izvođači završe radove prema planu. Najvažniji zahtjev u upravljanju ovim projektom je dostići planirane vremenske rokove jer je proizvodnja i distribucija čipova unaprijed dogovorena stoga bi kašnjenje uzrokovalo visoke novčane naknade. Lean način upravljanja se u ovom projektu primjenjuje od početka do kraja projekta zbog strogih zahtjeva kvalitete i poštivanja rokova izvedbe. Na Grafikonu 14 prikazani su dijelovi izvršenja građevinskog projekta s pripadajućim alatima/tehnikama koji su primijenjeni u promatranom projektu.



Grafikon 14 Prikaz dijelova izvršenja promatranog projekta s pripadajućim primijenjenim alatima/tehnikama

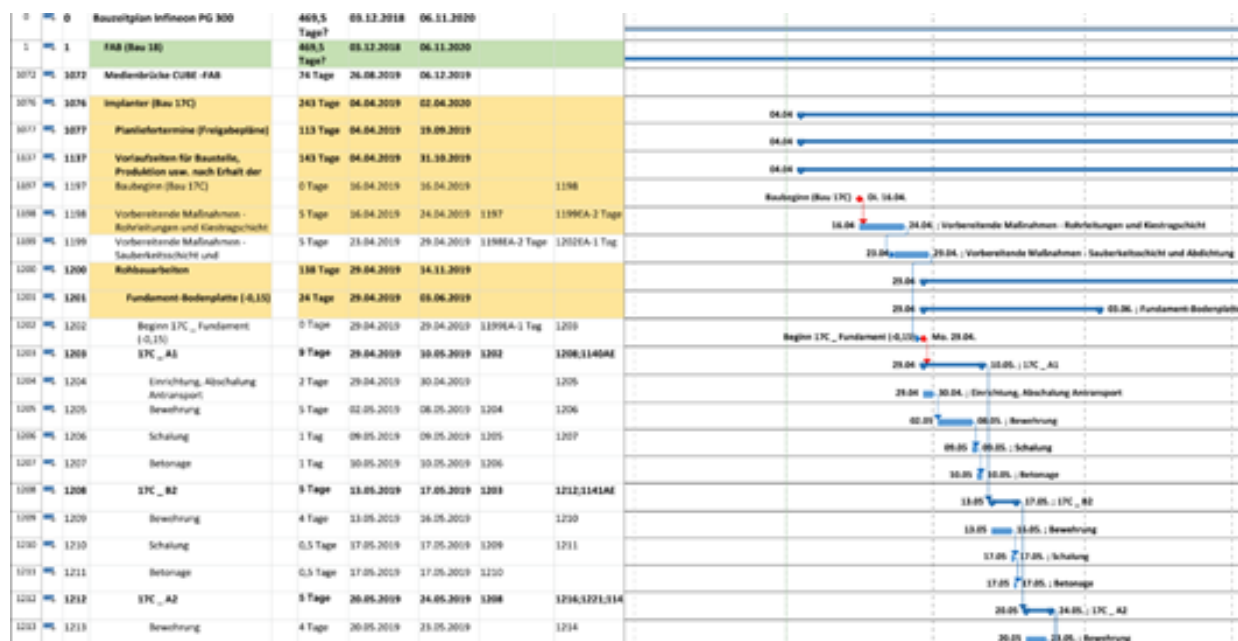
4.2.1. Izrada inicijalnih planova

Na početku promatranog projekta, bilo je važno prepoznati i definirati sve zahtjeve naručitelja na temelju kojih je vrhovni menadžment mogao donijeti odluku o mogućnosti provedbe projekta. Pri tome treba paziti da svi zahtjevi budu u skladu s ograničenjima, posebno troškovnim. Takvom

suradnjom sudionika projekta, potvrđena je primjena alata/tehnike *projektiranje ciljne vrijednosti*. Na osnovu toga, izrađen je generalni vremenski plan niže razine detaljnosti kako bi se mogla obaviti kalkulacija cijena. Visoki zahtjevi za kvalitetom, strogi vremenski rokovi i veličina elemenata konstrukcije uvjetovali su djelomično korištenje montažnih građevinskih elemenata, čime se ostvarila primjena alata/tehnike *pretproizvodnja i modularizacija*, što je bilo potrebno uzeti u obzir prilikom izrade plana nabave. Tijekom planiranja faza projekta, identifikacije ponovljivih područja, definiranja faza gradnje te konačno, određivanja ugovornih rokova tzv. prekretnica, vrlo je važna bila primjena alata/tehnike *strukturiranje rada* koja se provela na promatranom projektu.

4.2.2. Organiziranje gradilišta

Nakon faze izrade planova, slijedi faza organizacije gradilišta kada se pomoću odgovarajućih alata/tehnika priprema za početak gradnje. Primjenom alata/tehnika *sustav posljednjeg planera*, izrađen je detaljan generalni vremenski plan u Microsoft Project-u (Slika 3) na temelju kojeg se radi prikaz napredovanja radnih grupa u vremenu i po elementima građevine.



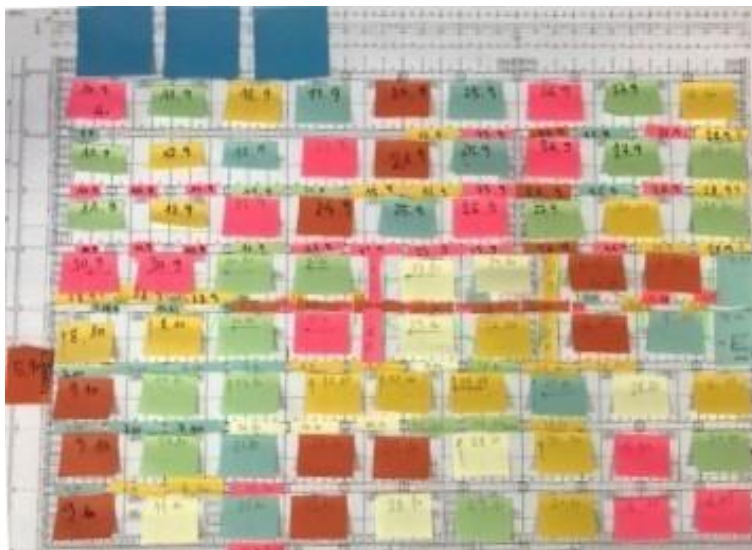
Slika 3 Detalj generalnog vremenskog plana (preuzeto od promatranog poduzeća)

Za potpunu provedbu ovoga alata/tehnika potrebno je ispuniti određene nužne uvjete:

- plan obrnutih faza, koji u ovom projektu predstavlja generalni vremenski plan temeljen na „pull” principu,

- šestotjedni plan unaprijed kojim se detaljizira prethodno spomenuti plan i predviđa dinamika radova
- tjedni planovi rada na temelju kojih se računa planirani postotak izvršenja posla u odnosu na plan
- ako dođe do određenog odstupanja od plana, potrebno je pravovremeno reagirati i donijeti razloge za promjene.

Tjedni planovi rada izrađuju se na temelju generalnog vremenskog plana te prikazuju raspored radnih grupa podizvođača pomoću samoljepljivih papirića u boji (Slika 4) prema kojima poslovođe upućuju radnike na sljedeću aktivnost za izvršenje. Tako se sprječava situacija da radnici u određenom trenutku ne znaju što trebaju raditi, što bi dovelo do kašnjenja radova jednog podizvođača te svih sljedbenih aktivnosti.



Slika 4 Tjedni plan rada (preuzeto od promatranog poduzeća)

Veze između aktivnosti u generalnom vremenskom planu postavljene su prema “pull” principu, što ukazuje na primjenu alata/tehnike *povlačni kanban sustav* kojim se osigurava kontinuitet aktivnosti bez zastoja i gomilanja materijala. Naime, završena aktivnost povlači sljedeću aktivnost te potrebne radnike i materijal za istu, primjerice, nakon što je ozidan jedan zid, slijedi obrada njegove površine te nanošenje boje. Radnici koji su radili aktivnost zidanja, prelaze na sljedeću lokaciju gdje je potrebno zidanje. Također, na temelju generalnog vremenskog plana te primjenom alata/tehnike *taktno planiranje vremena*, izrađuje se plan taktne gradnje. Isti prikazuje zone

objekta u tlocrtu i smjerove kretanja pojedinih radnih grupa po taktovima (Slika 5). Ono što je označeno istom bojom u obliku pravokutnika, izvodi se istovremeno te se odnosi na betoniranje podne ploče, dok su strelicama u boji označena kretanja grupa radnika koji zidaju zidove na gotovoj ploči. Jedan takt vezan je uz jednu grupu radnika koja obavlja određenu vrstu rada te se kreće po planiranim zonama u planom određeno vrijeme. Primjerice, radna grupa označena plavom bojom kreće sa zidanjem na lokaciji D1.b, nakon čega prelazi na lokaciju BC1, potom D1.c i redom dalje. Grubi građevinski radovi izvode se redom u taktovima po pojedinim etažama, dok se završni radovi istovremeno izvode na više etaža.



Slika 5 Generalni plan taktne gradnje (preuzeto od promatranog poduzeća)

Na temelju plana taktne gradnje, izrađuje se plan nabave resursa. Potrebno je uzeti u obzir vrijeme koje je potrebno za slanje upita za ponudu, primitak ponude, usporedbu cijena, pregovaranje o ponudi, prijedlog ustupanja radova/dostave materijala te planirani rok isporuke kao što je to vidljivo na primjeru s Grafikonu 15.

Mjesto troška: xxx/xxx						Projekt: xxx							
Plan nabave - termini													
						Interni rokovi							
Podizvođač / dobavljač	Ime tvrtke	Vrsta radova/materijala	Kontakt osoba	Telefonski broj	E-mail adresa	Slanje upita za ponudu	Primitak ponude	Usporedba cijena	Pregovaranje o ponudi	Prijedlog ustupanja radova/dostave materijala	Ugovor / narudžbenica (rok isporuke)	Ugovoreno (DA/NE)	Planirani početak podizvođačkih radova/ugovaranje materijala prema detaljnom dinamičkom planu
Podizvođač	Podizvođač 1	Radovi A	xxx	xxx	xxx	01.11.2019.	20.11.2019.	22.11.2019.	25.11.2019.	01.12.2019.	10.12.2019.	NE	01.01.2020.
Podizvođač	Podizvođač 2	Radovi A	xxx	xxx	xxx	01.11.2019.	20.11.2019.	22.11.2019.	25.11.2019.	01.12.2019.	10.12.2019.	NE	01.01.2020.
Dobavljač	Dobavljač 1	Materijal X	xxx	xxx	xxx	20.09.2019.	01.10.2019.	05.10.2019.	07.10.2019.	10.10.2019.	15.10.2019.	DA	01.12.2019.
Podizvođač	Podizvođač 3	Radovi A	xxx	xxx	xxx	01.11.2019.	20.11.2019.	22.11.2019.	25.11.2019.	01.12.2019.	10.12.2019.	DA	01.01.2020.
Dobavljač	Dobavljač 2	Materijal X	xxx	xxx	xxx	20.09.2019.	01.10.2019.	05.10.2019.	07.10.2019.	10.10.2019.	15.10.2019.	NE	01.12.2019.
Dobavljač	Dobavljač 3	Materijal X	xxx	xxx	xxx	20.09.2019.	01.10.2019.	05.10.2019.	07.10.2019.	10.10.2019.	15.10.2019.	NE	01.12.2019.
Podizvođač	Podizvođač 4	Radovi B	xxx	xxx	xxx	01.11.2019.	20.11.2019.	22.11.2019.	25.11.2019.	01.12.2019.	10.12.2019.	NE	01.01.2020.
Podizvođač	Podizvođač 5	Radovi B	xxx	xxx	xxx	20.09.2019.	01.10.2019.	05.10.2019.	07.10.2019.	10.10.2019.	15.10.2019.	NE	01.12.2019.
Dobavljač	Dobavljač 4	Materijal X	xxx	xxx	xxx	15.12.2019.	08.01.2020.	10.01.2020.	12.01.2020.	15.01.2020.	20.01.2020.		15.02.2020.
Podizvođač	Podizvođač 6	Radovi B	xxx	xxx	xxx	15.12.2019.	08.01.2020.	10.01.2020.	12.01.2020.	15.01.2020.	20.01.2020.		15.02.2020.

Grafikon 15 Plan nabave (preuzeto od promatranog poduzeća)

Tijekom izrade plana nabave, djelomično je primijenjen alat/tehnika *upravo na vrijeme*. Zbog nedostatka skladišnog prostora na gradilištu, elementi prošupljenih betonskih ploča međuskladište se na privremenoj deponiji nakon dovoza vlakom iz Bosne i Hercegovine do Villacha te se na gradilište dovoze u potrebnom trenutku. Također, u projektu su ostvareni usklađivanje i koordinacija dobavljača resursa, s naglaskom na dugoročne ugovore, transparentan protok informacija i podjela rizika/koristi, zbog čega je primijenjen alat/tehnika *integracija opskrbnog lanca*.

Primjenom alata/tehnike *plan uvjeta i radnog okruženja u građevinarstvu* kontrolirani su rizici i sigurnosni uvjeti. U nastavku su navedena neka od pravila s gradilišta kojima se postiže sigurnost i zaštita na radu:

- svaki radnik prije početka rada mora proći obuku o zaštiti na radu nakon koje dobije karticu s vlastitim identifikacijskim brojem
- za početak rada potrebno je imati važeću radnu dozvolu i odgovarajuću zaštitnu opremu (zaštitna kaciga i naočale, radna odjeća i cipele, rukavice)
- postavljanje sigurnosnih i obavještajnih znakova u čijoj izradi i odluci o mjestu postavljanja sudjeluju radnici
- obvezno korištenje zaštitnih gumenih kapica na svakoj šipki armature
- obvezno postavljanje gumenih ispuna otvora na prošupljenim elementima betonskih ploča
- stroga zabrana konzumacije alkohola na gradilištu i ulaska radnika pod utjecajem istog na gradilište
- zabrana pušenja, osim u vrijeme pauze isključivo na za to predviđenim mjestima.

Poseban naglasak stavlja se na vizualne prikaze važnih informacija o projektu čime se primjenjuje alat/tehnika *povećana vizualizacija*. U tu svrhu, prikazan je generalni vremenski plan na dugačkom listu na zidu sobe za sastanke, koji je tako dostupan svim zaposlenicima. Također, sve važne informacije za radnike istaknute su znakovima obavijesti i upozorenja na gradilištu. Lean alat/tehnika koji se u potpunosti primjenjuje na gradilištu i upravnim prostorijama gradilišta je *proces 5S* – radni prostor je uredan i čist, istaknute su važne informacije o projektu, označeni transportni putevi, sredstva rada su uredno razvrstana i odložena te niz drugih karakteristika ovog alata. Kako bi sve informacije o projektu bile na jednom mjestu i dostupne svim sudionicima, izrađene su digitalne baze podataka te simulacijski modeli čime je primijenjen alat/tehnika *informacijske tehnologije za primjenu Lean construction-a*. Vremensko i organizacijsko planiranje temelji se na izrađenom BIM modelu (Slika 6) proizvodnog pogona u računalnom programu Autodesk Revit. Izradom modela i vizualizacijom svih instalacija, sprječava se moguće preklapanje različitih vodova instalacija.



Slika 6 Izrada 4D BIM modela proizvodnog pogona

Vremenski plan građenja prikazan je i video simulacijom (Slika 7) na osnovu generalnog vremenskog plana i planova taktne gradnje. Dodatne prednosti takvog prikaza su jasnoća, prikaz trenutnog mjesta rada i transportnih puteva, istaknute kritične aktivnosti te bolja koordinacija.



Slika 7 Detalj video simulacije vremenskog plana (preuzeto od promatranog poduzeća)

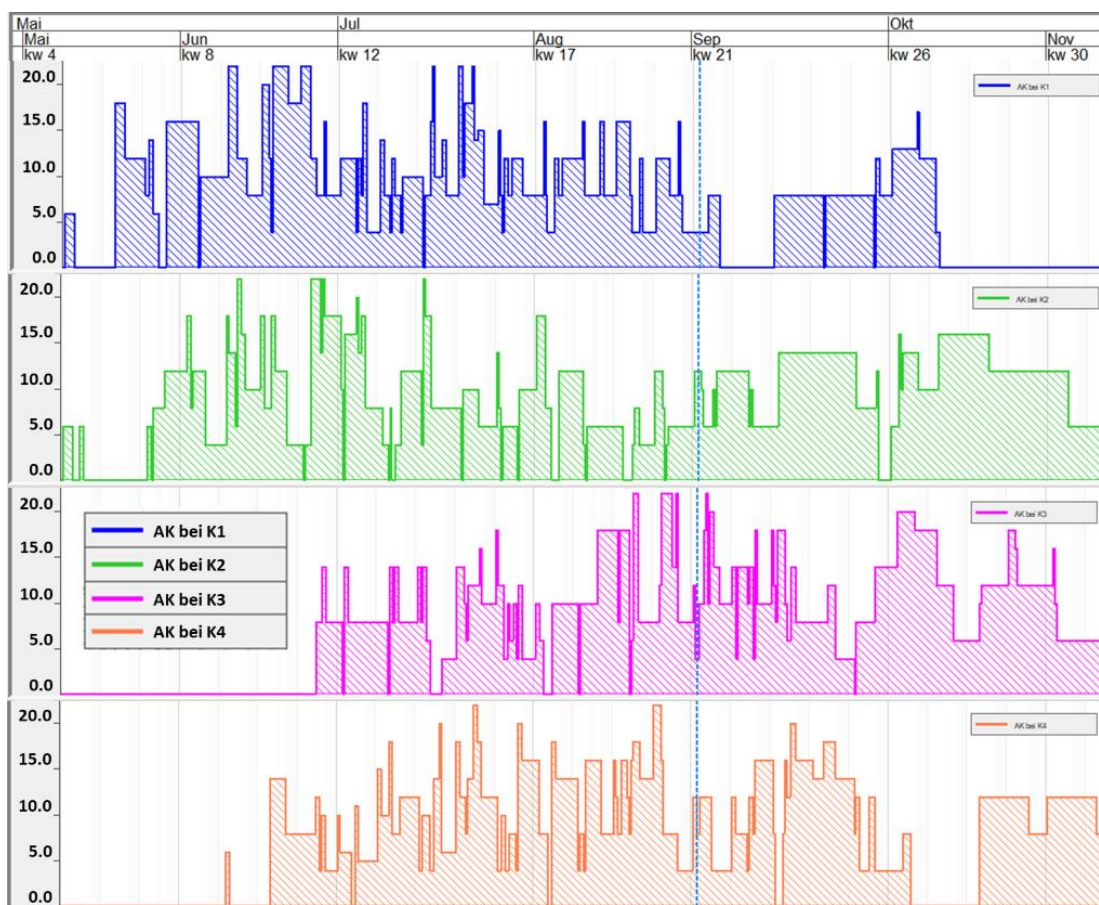
Plan organizacije građenja (Slika 8) prikazan je pomoću digitalne sheme gradilišta na kojoj su ucrtani dohvati pojedinih toranjskih dizalica te vidljive staze pokretnih kranova.



Slika 8 Shema gradilišta (preuzeto od promatranog poduzeća)

Za izradu vremenskog plana bilo je potrebno provesti analizu o broju aktivnosti koje opslužuje pojedina toranjska dizalica. Rezultati analize prikazani su u digitalnom obliku pregleda

opterećenosti toranjskih dizalica (Slika 9). Uz osnovne četiri toranjske dizalice, koje se nalaze na gradilištu, po potrebi se koriste i dodatne autodizalice.



Slika 9 Prikaz opterećenosti toranjskih dizalica (preuzeto od promatranog poduzeća)

4.2.3. Izvođenje radova

Nakon faze organizacije gradilišta, slijedi faza izvođenja radova tijekom koje se kontinuirano provodi praćenje i kontrola. Primjenom Lean construction alata/tehnika u prethodnim fazama, smanjila se mogućnost za pojavom gubitaka u radu, a u fazi izvođenja su se gubitci dodatno smanjiti i/ili ukloniti primjenom alata/tehnike *uklanjanje gubitaka*. Provođenjem edukacija o Lean-u i promjenom kulture zaposlenika, nastojalo se prepoznati gubitke koji se mogu odmah ukloniti te predvidjeti druge potencijalne gubitke. Uštede koje se postignu uklanjanjem gubitaka, prikazuju se svim sudionicima pomoću različitih grafičkih prikaza, što je dokaz uspješne primjene navedenog alata/tehnike.

Poznavanje rasporeda sljedećih aktivnosti za izvođenje, omogućuje bolju učinkovitost radnika što je cilj alata/tehnike *priprema i poboljšanje postavljanja*. Primjenom alata/tehnike *višenamjenske građevinske radne jedinice*, osiguran je pravovremeni početak izvođenja različitih vrsta radova na jednom dijelu objekta te dobra komunikacija poslovođa tih grupa radnika. Takvim načinom rada spriječeno je kašnjenje izvođenja pojedinih aktivnosti. Načini izvođenja pojedinih vrsta radova propisani su i obvezno je pridržavati ih se, čime je postignuta primjena alata/tehnike *standardizacija*. Praćenje i kontrola gradnje provodi se pomoću pet alata/tehnika:

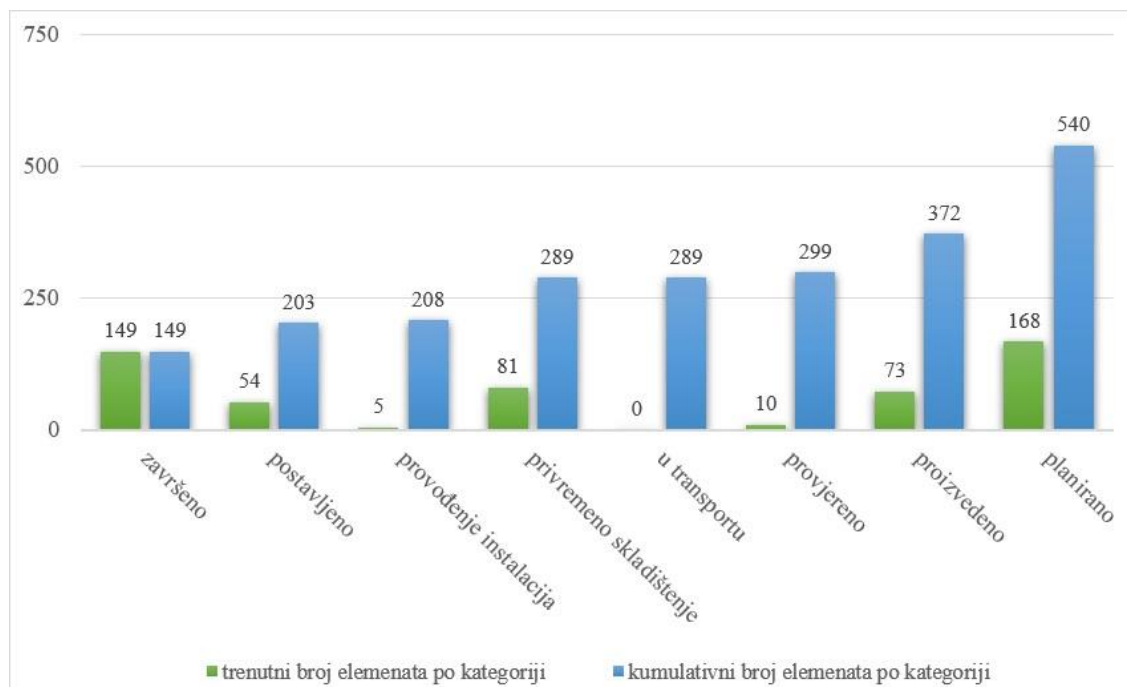
- *opadanje sigurnosti i kvalitete*
- *dnevni sastanci za okupljanje*
- *inicijalna istraživanja*
- *PDCA ciklus*
- *cjelovito upravljanje kvalitetom.*

Prednost izrade BIM modela je ta što je povezana s aplikacijom IRIS (softver unutar IRIS Company) koja koristi QR kodove (Slika 10).



Slika 10 Skeniranje QR koda elementa za ugradnju (preuzeto od promatranog poduzeća)

Budući da svi montažni elementi na sebi imaju QR kod, pomoću njega se kontrolira kvaliteta elemenata što je dokaz primjene alata/tehnike *opadanje sigurnosti i kvalitete*. QR kod također služi za provjeru trenutnog statusa montažnih elemenata (Grafikon 16).



Grafikon 16 Prikaz trenutnog statusa montažnih elemenata

Kontrola stvarnog učinka u radu provodi se svakodnevno te se o istome izvještava na sastancima inženjera zaduženih za pojedine radne grupe. Održavanje navedenih sastanaka svakodnevno u isto vrijeme dokaz je primjene alata/tehnike *dnevni sastanci za okupljanje*. Inženjeri na sastancima također dobivaju informacije o radovima koje je potrebno obaviti toga dana što zatim prenose svojoj radnoj grupi.

Primjene alata/tehnika *inicijalna istraživanja, PDCA ciklus i cjelovito upravljanje kvalitetom* međusobno se nadopunjuju te se provode u četiri koraka – planiraj, učini, provjeri i djeluj. Nakon početne izrade generalnog vremenskog plana, određuju se faze gradnje i smjerovi napredovanja što je temelj za detaljnu dnevnu razradu i izradu plana taktne gradnje (planiraj). Tijekom izvođenja radova (učini), tjednim izvještajima o obavljenim aktivnostima analiziraju se odstupanja (provjeri). Za izvještavanje o napredovanju radova koriste se propisani obrasci tzv. Progress meeting protocol koji se upućuju vrhovnom menadžmentu za potvrdu ili odbijanje predloženih mjera. Konzultirajući se s naručiteljem, vrhovni menadžment donosi konačne odluke o mogućim nadoknadama (djeluj).

Uz velik broj primijenjenih alata/tehnika, značajan utjecaj ima i primjena alata/tehnika *kontinuirano poboljšanje*, što je, uz otklanjanje gubitaka, temeljna svrha Lean-a. Alat/tehnika

kontinuirano poboljšanje potiče kontinuirano mjerenje, analizu i unaprjeđivanje resursa, vremena, kvalitete i niza drugih značajki gradnje. Primjena alata/tehnika *dnevni sastanci za okupljanje*, *inicijalna istraživanja* i *PDCA ciklus* upotpunjuje učinak primjene alata/tehnike *kontinuirano poboljšanje*.

4.2.4. Diskusija o primijenjenim alatima/tehnika Lean construction-a

Na temelju provedenog istraživanja, prethodno su opisani načini primjene pojedinih alata/tehnika u projektu, a u Tablici 13 je sažet pregled primijenjenih alata/tehnika s pokazateljima primjene te tipovima gubitaka na koji pojedini alat/tehnika utječe.

Tablica 13 Pregled primijenjenih alata/tehnika Lean construction-a u projektu proizvodnog pogona

ALAT/ TEHNIKA	POKAZATELJ PRIMJENE	UTJECAJ NA SMANJENJE ODREĐENOG TIPA GUBITKA	
		PRIMARAN	POS LJEDIČAN
cjelovito upravljanje kvalitetom	u projektu se nadopunjuje s alatima/tehnika inicijalna istraživanja i PDCA ciklus te se provodi u 4 koraka – planiraj, učini, provjeri i djeluj	čekanje, neiskorišteni potencijal zaposlenika, nedostaci, prekomjerna proizvodnja, nepotreban transport, nepotrebni pokreti, prekomjerna prerada	zalihe, nesreće na radu
dnevni sastanci za okupljanje	održavanje sastanka članova projektnog tima na početku radnog dana te sastanaka poslovođa s radnicima	nedostaci, neiskorišteni potencijal zaposlenika	nepotreban transport, nepotrebni pokreti
informacijske tehnologije za primjenu Lean construction-a	upotreba tehnologije informacijskog građenja, izrada digitalnih baza podataka, izrada simulacijskih modela	nepotreban transport, zalihe, nepotrebni pokreti, nesreće na radu	čekanje, neiskorišteni potencijal zaposlenika, nedostaci, prekomjerna proizvodnja, prekomjerna prerada

inicijalna istraživanja	kontinuirano provođenje postupka planiraj, učini, provjeri i djeluj	čekanje, neiskorišteni potencijal zaposlenika, nedostaci, zalihe	prekomjerna proizvodnja, nepotreban transport, nepotrebni pokreti, prekomjerna prerada, nesreće na radu
integracija opskrbnog lanca	u projektu se ostvaruje kroz dugoročne ugovore s dobavljačima, transparentan protok informacija te podjelom rizika/koristi	zalihe	prekomjerna proizvodnja
kontinuirano poboljšanje	u svim fazama projekta provodi se tjedno izvještavanje o napredovanju radova koristeći propisane obrasce tzv. Progress meeting protocol, analiziranje ostvarenih rezultata pomoću različitih grafičkih prikaza	čekanje, neiskorišteni potencijal zaposlenika, nedostaci, nepotreban transport, zalihe, nesreće na radu	prekomjerna proizvodnja, nepotrebni pokreti, prekomjerna prerada
opadanje sigurnosti i kvalitete	postizu se kroz provjeru kvalitete, sigurnosti, evidenciju kvalitete elemenata pomoću IRIS aplikacije	nedostaci	nesreće na radu
plan uvjeta i radnog okruženja u građevinarstvu	u projektu su definirana neka od pravila s gradilišta kojima se postiže sigurnost i zaštita na radu	nesreće na radu	nedostaci
povećana vizualizacija	prikaz generalnog vremenskog plana na dugačkom listu na zidu sobe za sastanke, koji je na taj način dostupan svim zaposlenicima izrada tablica obveza, postavljanje sigurnosnih i mobilnih znakova, isticanje prekretnica u projektu, izrada planskih tablica postotaka dovršenosti	čekanje, nesreće na radu	neiskorišteni potencijal zaposlenika, nepotreban transport
povlačni kanban sustav	„pull“ princip povezivanja aktivnosti u generalnom vremenskom planu, osiguran	čekanje, neiskorišteni potencijal zaposlenika, zalihe	prekomjerna proizvodnja, nepotreban

	kontinuitet aktivnosti bez zastoja i gomilanja materijala		transport, nepotrebni pokreti, prekomjerna prerada
predproizvodnja i modularizacija	prepoznavanje mogućnosti za korištenje te postavljanje montažnih građevinskih elemenata	čekanje, nedostaci	prekomjerna proizvodnja, prekomjerna prerada
priprema i poboljšanje postavljanja	jasno izrađen i svima dostupan uvid u raspored aktivnosti za izvođenje	čekanje, neiskorišteni potencijal zaposlenika	nedostaci
proces 5 S	radni prostor je uredan i čist (čišćenje i samodisciplina), istaknute su važne informacije o projektu (standardizacija), označeni transportni putevi (ustpostava reda), sredstva rada su uredno razvrstana i odložena (razvrstavanje)	nepotreban transport, nepotrebni pokreti	čekanje, nesreće na radu
proces za rješavanje problema - PDCA ciklus	izrada generalnog vremenskog plana i plana taktne gradnje (planiraj); tijekom izvođenja radova (učini), tjednim izvještajima o obavljenim aktivnostima analiziraju se odstupanja (provjeri); vrhovni menadžment donosi konačne odluke o mogućim nadoknadama (djeluj)	čekanje, neiskorišteni potencijal zaposlenika, nedostaci, zalihe	prekomjerna proizvodnja, nepotreban transport, nepotrebni pokreti, prekomjerna prerada, nesreće na radu
projektiranje ciljne vrijednosti	u projektu se ostvaruje kroz kontinuiranu kvalitetnu komunikaciju s naručiteljem pomoću redovitih sastanaka s ciljem prepoznavanja njegovih želja i usvajanja svih zahtjeva; definiraju se ciljni troškovi u vremenu te se prati njihovo prekoračenje	nedostaci	neiskorišteni potencijal zaposlenika, prekomjerna proizvodnja, nepotreban transport, zalihe, prekomjerna prerada
standardizacija	obvezno pridržavanje propisanih načina izvođenja radova	čekanje, nedostaci, nesreće na radu	nepotreban transport, nepotrebni pokreti

strukturiranje rada	optimizacija rada pomoću određivanja načina izvedbe procesa tijekom planiranja faza projekta, identifikacije ponovljivih područja, definiranja faza gradnje te određivanja prekretnica projekta	čekanje, neiskorišteni potencijal zaposlenika	nedostatci, prekomjerna proizvodnja, prekomjerna prerada
sustav posljednjeg planera	u projektu ispunjena svi nužni uvjeti za primjenu ovog alata/tehnike	čekanje, neiskorišteni potencijal zaposlenika, zalihe	nedostatci, prekomjerna proizvodnja, nepotreban transport, nepotrebni pokreti, prekomjerna prerada
taktno planiranje vremena	prepoznavanje ponovljivih procesa i izrada plana taktne gradnje na temelju generalnog vremenskog plana	čekanje, neiskorišteni potencijal zaposlenika, zalihe	nedostatci, prekomjerna proizvodnja, nepotreban transport, nepotrebni pokreti, prekomjerna prerada
uklanjanje gubitaka	u projektu se ostvaruje kroz primjenu ostalih Lean alata/tehnika	čekanje, neiskorišteni potencijal zaposlenika, nedostatci, prekomjerna proizvodnja, nepotreban transport, nepotrebni pokreti, prekomjerna prerada	zalihe, nesreće na radu
upravo na vrijeme	djelomično je primijenjen tijekom izrade plana nabave; zbog nedostatka skladišnog prostora na gradilištu, elementi se međuskladište na privremenoj deponiji te se dovoze na gradilište po potrebi	zalihe, čekanje	prekomjerna proizvodnja, nepotreban transport, nepotrebni pokreti

višenamjenske građevinske radne jedinice	pravovremeni početak izvođenja različitih vrsta radova na jednom dijelu objekta te dobra komunikacija između poslovođa radnih grupa pojedinih struka	čekanje, neiskorišteni potencijal zaposlenika	nedostatci
--	--	---	------------

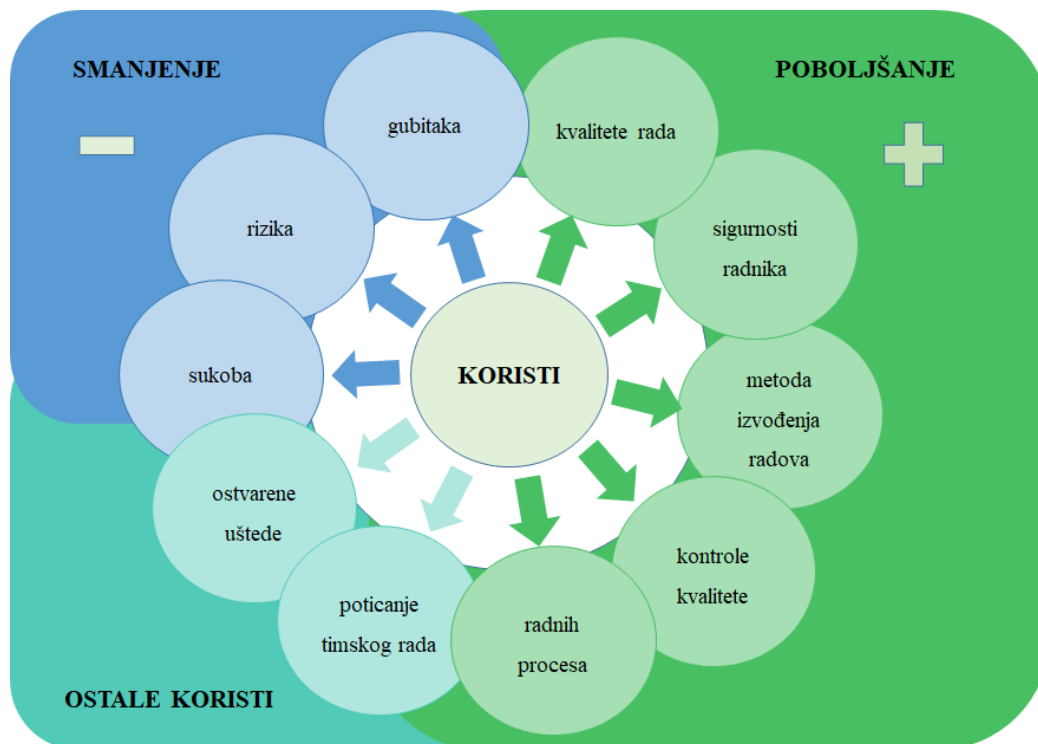
Iz Tablice 13 vidljiv je velik broj primijenjenih Lean alata/tehnika, koji zauzimaju udio od 71% poznatih Lean alata/tehnika iz pregleda literature. Alati/tehnike koji nisu primijenjeni poznati su sudionicima u projektu, ali mogućnost njihove primjene ovisi o vrsti projekta i dogovoru između Lean construction eksperata/konzultanta i uprave poduzeća. Primjerice, u projektima niskogradnje moguća je primjena alata/tehnike *metoda linije balansa*, što ovdje nije bio slučaj. Alat/tehniku *način neuspjeha, analiza učinaka i kritičnosti*, koji se odnosi na analizu rizika, promatrano poduzeće poznaje, ali ne provodi u svojim projektima, nego na razini poduzeća po njima prilagođenim smjernicama. Zbog veće preglednosti i jasnoće planova te postignutih ušteda, alate/tehnike *povećana vizualizacija* i *taktno planiranje vremena*, Lean construction voditelj ovoga projekta izdvaja kao najvažnije u ostvarenju smanjenja gubitaka. S obzirom na to da primjena pojedinog alata/tehnike zahtijeva značajan trud i vrijeme svih sudionika, za primjenu od strane Lean construction voditelja projekta i voditelja gradilišta, izabrani su samo oni za koje je bilo poznato da će ostvariti očitu korist. Promatrano građevinsko izvođačko poduzeće nije glavni izvođač u ovom projektu nego tek jedan od izvođača, stoga za najveći problem u primjeni Lean construction-a izdvaja izradu i česte izmjene vremenskih planova i planova taktne gradnje zbog brojnih promjena opsega i trajanja faza radova ostalih izvođača na što oni ne mogu utjecati. Visok postotak primjene Lean alata/tehnika u navedenom projektu dokaz je ozbiljnosti namjere vrhovnog menadžmenta poduzeća za prihvatom Lean-a kao novog načina vođenja sve većeg broja njihovih projekata. Na temelju značajnog broja potpuno primijenjenih alata/tehnika Lean-a, postignutih koristi te prikupljenih podataka o projektu, zaključuje se kako je promatrani projekt uspješan te može poslužiti kao dobar primjer primjene Lean construction-a. Stoga su, na temelju ove studije i teorijskih znanja o konceptu Lean-a, na kraju rada definirane smjernice za primjenu Lean construction-a u građevinskim izvođačkim poduzećima.

5. Ključne smjernice za primjenu koncepta Lean construction-a kod građevinskih izvođačkih poduzeća u Republici Hrvatskoj

Saznanja o značajnim vremenskim i troškovnim prekoračenjima, lošem upravljanju građevinskim projektima te nepostojanju smjernica u hrvatskoj i svjetskoj praksi, bila su poticaj za definiranje smjernica kojima bi se ukazalo na ključne karakteristike u primjeni. Ključne karakteristike – koristi, prepreke, koraci za primjenu te ključni faktori uspjeha, važne su za potpunu primjenu Lean construction-a kao pozitivnog pristupa u upravljanju građevinskim projektima. Smjernice su pisane na temelju saznanja iz literature, posebice o primijenjenim alatima/tehnika Lean construction-a, te dobrih praksi primjene Lean construction-a u velikom građevinskom poduzeću koje svoja znanja i iskustva o primjeni Lean-a prenosi iz Europe u Republiku Hrvatsku te tako povećava izvrsnost. Primjena Lean construction-a u hrvatskim građevinskim izvođačkim poduzećima mogućnost je za povećanje njihove konkurentnosti na domaćem i europskom tržištu. Verifikacijom definiranih smjernica, koje su navedene u nastavku, nastojat će se potvrditi hipoteza znanstvenog rada – moguće je za izvođačka građevinska poduzeća, na temelju primjera uspješnog građevinskog projekta i trenutnih saznanja iz literature, prepoznati ključne karakteristike primjene Lean construction-a.

5.1. Koje koristi se ostvaruju primjenom Lean construction-a?

Ulaganje truda i sredstava u primjenu Lean construction-a može biti vrlo isplativo jer je s malim ulaganjima moguće uvelike povećati vjerojatnost postizanja koristi u poslovanju. Koristi primjene Lean construction-a najčešće se promatraju kroz smanjenje troškova i vremena te povećanje kvalitete rada, kao i promjenu drugih važnih mjerljivih dimenzija. Iako građevinsku industriju karakteriziraju izmjene uspješnih i kriznih razdoblja, primjena Lean construction-a uvijek daje mogućnost za postizanje značajnih koristi. Primjena Lean-a donosi bolju suradnju zaposlenika u poduzeću i/ili sudionika u građevinskim projektima, koji se nekada ponašaju kao suradnici, a nekada kao natjecatelji. Najznačajnije koristi primjene Lean construction-a vidljive su na Grafikonu 17.



Grafikon 17 Koristi primjene Lean construction-a

U poslovnu strategiju poduzeća potrebno je uklopiti postizanje koristi primjenom Lean-a što će se ostvariti kontinuiranom provedbom alata/tehnika te mjerenjem napretka. Značajno povećanje vjerojatnosti uspjeha i postizanja koristi ostvaruje se dobrim definiranjem uloga i odgovornosti. Razmatrajući mnoge temeljne koncepte i principe ostvarivanja koristi, postoje četiri važna međusobno povezana elementa koja je potrebno uspostaviti unutar poduzeća, a to su:

- postavljanje strateških ciljeva i suradnja među sudionicima u primjeni Lean-a
- kontinuirano razmišljanje o postizanju željenih vrijednosti
- provođenje aktivnosti za primjenu Lean-a
- uspostavljanje mjerenja koristi i trenutnih ključnih pokazatelja izvršenja.

5.2. Što su prepreke u primjeni Lean construction-a i kako ih prevladati?

Primjena Lean construction-a u poslovanju poduzeća zahtijeva predanost članova i korjenite promjene u cijelom poduzeću te među njegovim suradnicima. Uloženo će postupno dovesti do prekretnice i početka uviđanja koristi primjene Lean-a uz mogućnost kontinuiranog poboljšanja. Na temelju dosadašnjih istraživanja postupaka primjene Lean construction-a, u Tablici 14 prikazana su područja u kojima se mogu javiti prepreke s pripadajućim objašnjenjima i predloženim uputama za izbjegavanje/rješavanje prepoznatih prepreka.

Tablica 14 Područja prepreka s pripadajućim objašnjenjima i prijedlozima za prevladavanje prepreka

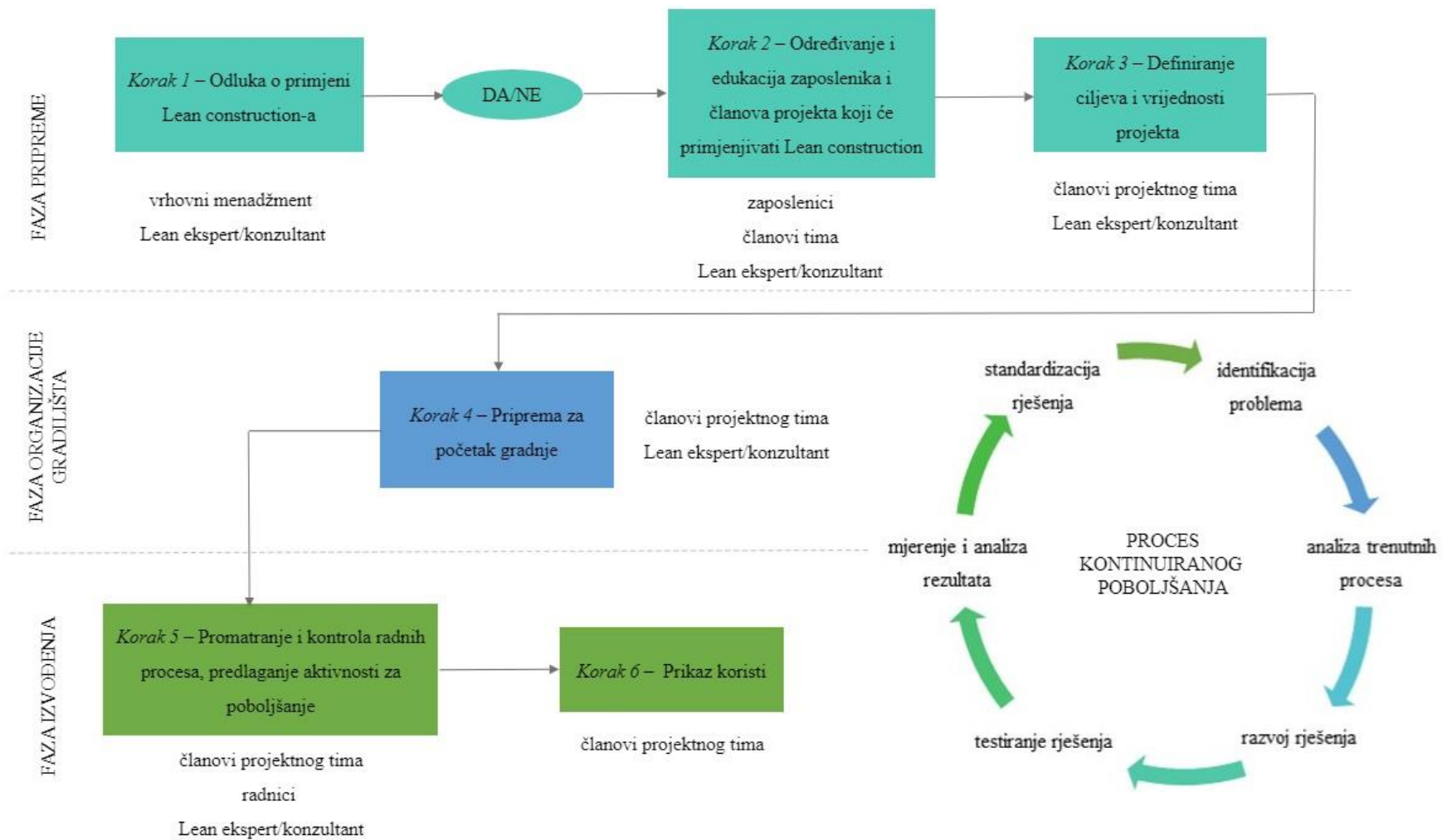
PODRUČJE PREPREKE	OBJAŠNENJE ZNAČAJKE PREPREKE	PRIJEDLOZI ZA PREVLADAVANJE PREPREKA
fragmentacija i podugovaranje	kratkoročni ugovorni odnosi na razini projekta onemogućuju primjenu dugoročnih postupaka kao što je Lean construction	<ul style="list-style-type: none"> ▪ uspostaviti učinkovitu komunikaciju svih sudionika i timova u pojedinim dijelovima projekta ▪ potpisati partnerske ugovore između naručitelja i podizvođača u slučaju podugovaranja poslova s ciljem izbjegavanja neodgovornosti i smanjene kvalitete rada
kultura i ljudski stavovi	partnerstvo s poduzećima čija se kultura i ciljevi te načini rada znatno razlikuju od onih promatranog poduzeća	<ul style="list-style-type: none"> ▪ poticati predanost radu i timski rad ▪ poticati komunikaciju i transparentnost informacija među timovima ▪ poticati prihvaćanje promjena ▪ poticati povjerenje i priznavanje pogrešaka s ciljem učenja
pridržavanje tradicionalnih koncepta upravljanja	nedostatak dobrih praksi primjene Lean construction-a	<ul style="list-style-type: none"> ▪ poticati preventivnu primjenu novih načina upravljanja (Lean construction) s ciljem poboljšanja učinkovitosti i kvalitete rada bez obzira na pretežito zadovoljstvo trenutnim načinom rada
financiranje	nedostatak svijesti o postizanju dugoročnih koristi na temelju jednokratnih početnih financijskih ulaganja	<ul style="list-style-type: none"> ▪ uključivanjem primjene Lean-a u plan poslovanja, osigurati potrebna financijska sredstva za edukacije, programe razvoja, profesionalne plaće, poticaje i nagrađivanja
nedostatak podrške vrhovnog menadžmenta	djelomična ili neprikladna primjena Lean alata/tehnika	<ul style="list-style-type: none"> ▪ osigurati dovoljno vremena i sredstava za razvoj plana i upravljanje promjenama prilikom primjene Lean-a ▪ rasporediti odgovornosti za poboljšani tijek rada
neovisnost projektiranja i izgradnje	primjena Lean construction-a različito se odražava u različitim dijelovima građevinske industrije	<ul style="list-style-type: none"> ▪ potpisati ugovor koji obuhvaća projektiranje i izgradnju ▪ analizirati mogućnosti izvođenja radova već tijekom projektiranja ▪ zahtijevati dobru suradnju i komunikaciju između projektanta i izvođača

<p>nedostatak razumijevanja i svijesti o Lean-u</p>	<p>pojedini timovi građevinskih radnika po strukama različito sagledavaju sheme i projekte u različitim geografskim područjima</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ iznijeti definiciju i pojednostaviti razumijevanje principa Lean-a prezentacijom njegovih temeljnih dijelova ▪ promijeniti način razmišljanja ▪ zahtijevati primjenu isključivo na razini cijelog poduzeća i skupa vrijednosti kako bi se postigli pozitivni rezultati
<p>obrazovanje</p>	<p>nedostatak znanja, razumijevanja i edukacije o Lean construction-u</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ poboljšati tehničke vještine i informatičku pismenost zaposlenika ▪ poboljšati vještine rada u timu
<p>nedostatak sustava za mjerenje uspješnosti</p>	<p>nedostatak razmjene informacija i integrirane kontrole promjena</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ neprekidno provoditi sustav mjerenja i kontrole tijekom rada ▪ redovito izvještavati o dobivenim rezultatima ▪ istražiti i navesti uzroke utvrđenih gubitaka

Važno je na samom početku primjene Lean construction-a uzeti u obzir dosad poznate prepreke te se posebno posvetiti rješavanju istih kako bi se tijekom primjene postigle koristi.

5.3. Dijagram tijeka koraka za primjenu Lean construction-a

Uvođenje Lean construction-a u poslovanje poduzeća nije kratkotrajna aktivnost, nego kontinuirani sveobuhvatan proces koji obuhvaća sve razine poduzeća i sve faze građevinskog projekta. Grafikon 18 prikazuje dijagram tijeka primjene Lean construction-a kroz tri faze građevinskog projekta sa stajališta izvođača radova – priprema, organizacija gradilišta i izvođenje s pripadajućim koracima te sudionicima. Preporuka je da se na svakom projektu angažira barem jedan ekspert/konzultant na području Lean construction-a, s prethodnim iskustvom primjene istoga u stvarnim projektima. Uloga ovog eksperta/konzultanta bila bi dati smjernice za tim tijekom faze pripreme i kontinuiranu pomoć i podršku tijekom faze provedbe. U svim fazama provodi se *kontinuirano poboljšanje* uz pomoć istoimenog alata/tehnike kroz analizu ostvarenih rezultata i utvrđivanje znanja za buduće projekte u šest koraka. Također je važno tijekom cijelog projekta provoditi alat/tehniku *cjelovito upravljanje kvalitetom* kojim se pokušava maksimizirati konkurentnost poduzeća povećanjem kvalitete proizvoda, usluga, zaposlenika i procesa. Primjenom ovog alata/tehnike stvaraju se temelji za razvoj organizacijskog sustava za planiranje, kontrolu i poboljšanje kvalitete.

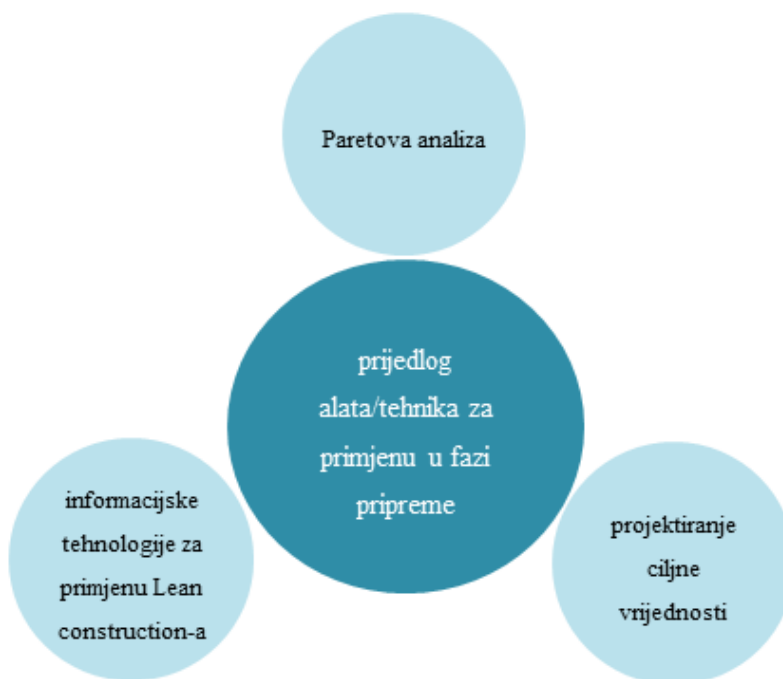


Grafikon 18 Dijagram tijeka koraka za primjenu Lean construction-a

U nastavku će biti dane smjernice po fazama za provedbu svakog koraka koje će praktičarima služiti kao pomoć prilikom primjene Lean construction-a u poduzeću.

5.3.1. Faza pripreme

Na Grafikonu 19 prikazan je prijedlog primarnih Lean alata/tehnika koji mogu biti primijenjeni u fazi pripreme unutar tri koraka.



Grafikon 19 Prijedlog primarnih alata/tehnika za primjenu u fazi pripreme

Primjena predloženih alata/tehnika u fazi pripreme građevinskog projekta bit će pojašnjena u nastavku.

Korak 1 – Odluka o primjeni Lean construction-a

Kao jedan od važnijih Lean alata/tehnika u provedbi ovog koraka ističe se *Paretova analiza* pomoću kojeg se daju prioriteta prepoznatim problemima te se definiraju ključni pokazatelji izvršenja kako bi se poduzeće usporedilo sa svojim konkurentima i utvrdilo daljnje korake za poboljšanje. Prilikom donošenja odluke o mogućoj primjeni Lean construction-a, potrebno je analizirati poboljšanja u vidu ekonomskih, društvenih, okolišnih i drugih učinaka na rad poduzeća, izmjeriti učinkovitost i prepoznati najčešće vrste gubitaka kako bi se najviše rukovodstvo odlučilo za provedbu Lean construction-a. Isti je moguće primijeniti na jednostavnijim i složenijim

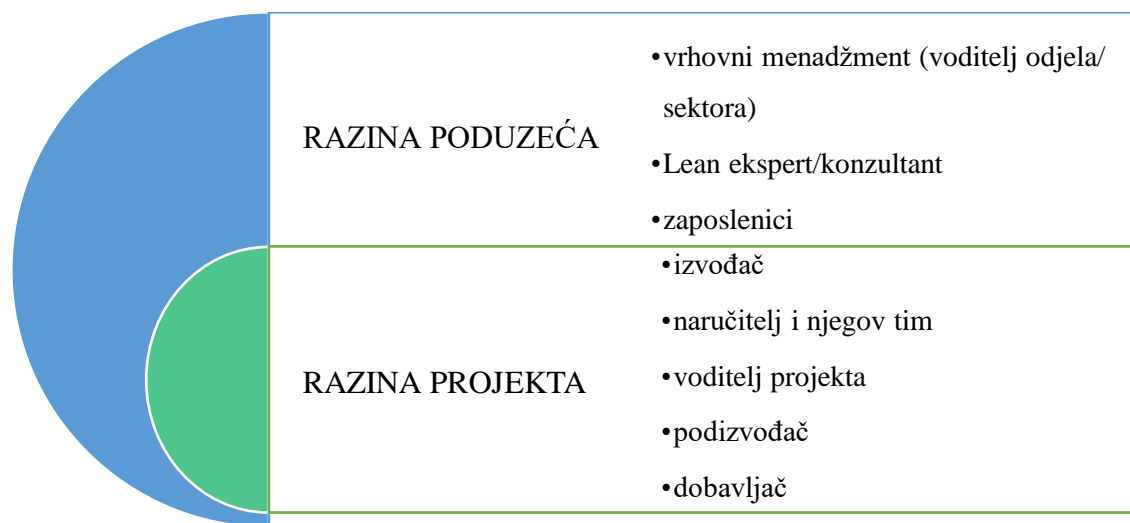
projektima, iako se veća korist ostvaruje kod složenih, rizičnih i dugotrajnih projekata jer nastoji poboljšati procese u gradnji pa tako i konačan proizvod gradnje. Poznate su dobre prakse uvođenja Lean construction-a u poslovanje poduzeća koje razlikuju dva pristupa:

1. primjena Lean construction-a u jednom pilot-projektu uz mogućnost za odluku primjene i na sve buduće projekte u portfelju ako se uvide koristi
2. primjena Lean construction-a u pilotskoj poslovnoj jedinici poduzeća, a zatim isti primijeniti na ostale jedinice.

Svako poduzeće u skladu sa svojim mogućnostima bira način kako će pristupiti uvođenju Lean construction-a u svoje poslovanje.

Korak 2 – Određivanje i edukacija zaposlenika i članova projekta koji će primjenjivati Lean construction

Sudionici u primjeni Lean construction-a iz perspektive izvođača mogu se podijeliti u dvije razine – poduzeće i projekt (Grafikon 20).



Grafikon 20 Sudionici u primjeni Lean construction-a iz perspektive izvođača

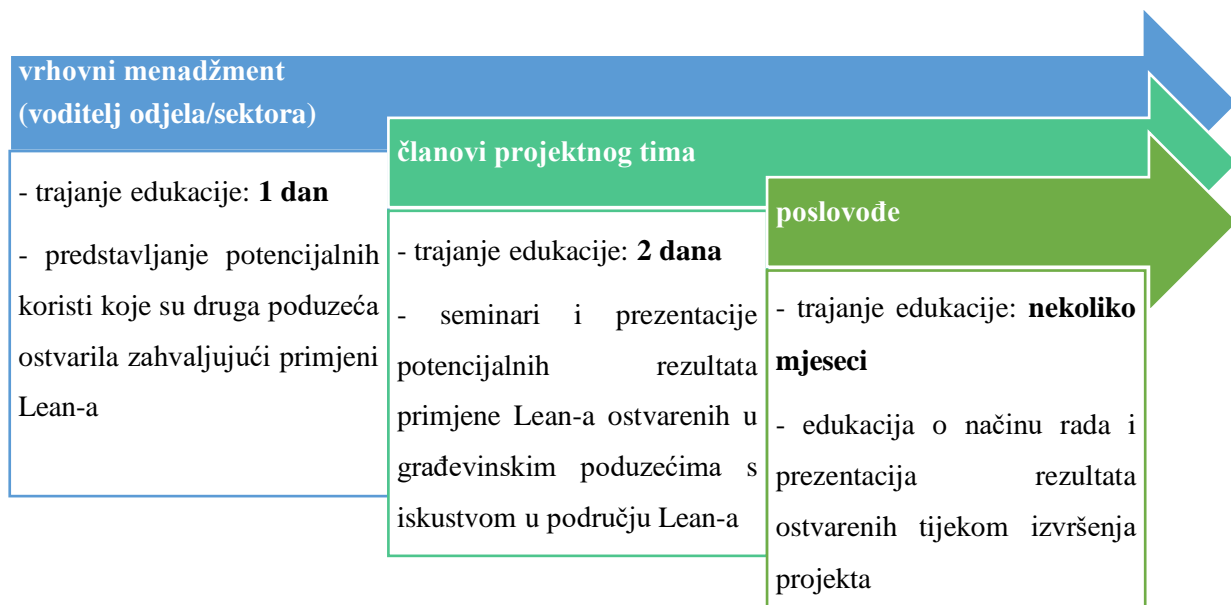
Prilikom odluke o primjeni Lean construction-a, potrebno je vrhovnom menadžmentu predstaviti primjere dobrih praksi i postignutih koristi drugih poduzeća. Važno je da vrhovni menadžment prepozna sve koristi i podrži daljnju primjenu Lean-a u poduzeću. Potvrdom vrhovnog menadžmenta o primjeni Lean construction-a, potrebno je donijeti odluku o educiranju zaposlenika. Poduzeće može izabrati između dva pristupa:

1. educirati člana tima iz poduzeća koji će provoditi daljnju edukaciju među kolegama
2. angažirati vanjskog Lean eksperta/konzultanta.

Nakon odabranog pristupa, formira se i educira interdisciplinarni projektni tim koji će sudjelovati u primjeni Lean načina upravljanja, budući da niti jedan pojedinac nema cjelovito znanje o tijeku rada potrebnom za isporuku visokokvalitetnog projekta naručitelju. Edukacijom se mijenja način razmišljanja i tako usvaja Lean thinking kako bi se povećala spremnost i mogućnost kontinuiranog poboljšanja izvršenja. To se ostvaruje različitim načinima motivacije od strane uprave:

- prikazom primjera iz prakse o ostvarenim vremenskim i troškovnim uštedama te uštedama materijala i opreme u svrhu uočavanja koristi od primjene
- prikazom kako će novi način upravljanja dovesti do kvalitetnijeg rada i suradnje među kolegama, manje mogućnosti za nastankom grešaka koje bi mogle dovesti do novčanih kazni, nesuglasica i tome slično.

Interdisciplinarni projektni tim na temelju stečenog znanja upućuje poslovođe i radnike na pravilnu primjenu Lean alata/tehnika tijekom rada te prati ostvarena poboljšanja i prikuplja podatke za završnu prezentaciju postignutih rezultata. Grafikon 21 sažeto prikazuje tijek provođenja edukacije i stjecanja iskustva tijekom trajanja projekta, ovisno o sudionicima u organizacijskoj strukturi poduzeća, što je prethodno detaljnije objašnjeno.



Grafikon 21 Predloženi postupak edukacije o Lean construction-u

Prilikom edukacija, osim seminara i prezentacija, provode se i radionice na kojima se održavaju igre za obuku polaznika podučavajući ih o načelima i konceptu Lean construction-a. Osim toga, igre omogućuju polaznicima uključivanje u proces učenja te uspješno ispunjavanje zadataka nakon završene edukacije o Lean načinu upravljanja. Pojedina igra može obuhvaćati nekoliko kategorija temeljenih na Lean principima i alatima/tehnikama, a to su sljedeće:

1. organizacija gradilišta
2. gubitci
3. *kontinuirano poboljšanje*
4. standardizacija
5. *povlačni kanban sustav*
6. planiranje i kontrola
7. kvaliteta.

U Tablici 15 prikazano je nekoliko igara koje obuhvaćaju najveći broj kategorija.

Tablica 15 Prikaz igara koje se koriste tijekom edukacije

KATEGORIJA IGRA	ORGANIZACIJA GRADILIŠTA	GUBITCI	KONTINUIRANO POBOLJŠANJE	STANDARDIZACIJA	POVLAČNI KANBAN SUSTAV	PLANIRANJE I KONTROLA	KVALITETA
Kuća karata (engl. <i>House of Cards</i>)	✓	✓	✓		✓	✓	
Standardna igra sa svinjom (engl. <i>Standard Pig Game</i>)	✓	✓	✓	✓			✓
Igra zrakoplova (engl. <i>Airplane game</i>)			✓	✓	✓	✓	✓
Igra vođena posljednjim planerom (engl. <i>Last planner Driven Game</i>)			✓	✓	✓	✓	✓

Igra *Kuća karata* može se koristiti na početku sastanaka ili predavanja kako bi se stvorila opuštenija atmosfera tijekom edukacije. Razvijena je radi poticanja rasprave i primjene Lean principa s naglaskom na alate/tehnike *proces 5S*, *povlačni kanban sustav*, *uklanjanje gubitaka* te transparentnost i timsku suradnju tijekom upravljanja građevinskim projektima. Organizacija,

suradnja i provedba malih promjena dovode do smanjenja gubitaka i promiču kontinuirano poboljšanje. Trajanje igre je između 30 i 60 minuta, ovisno o tome koliko traju diskusije između faza. Za igru je potrebno osigurati 3-4 igrača, standardni špil od 52 igraće karte, igraću površinu i mjerač vremena. Trajanje pojedine faze je glavni pokazatelj u ovoj igri i osnova je za ocjenu poboljšanja performansi. Igra je podijeljena u šest faza, napredujući od najgore situacije (faza 1) do optimiziranog ideala (faza 6). Cilj je u što manje vremena izgraditi zgradu s 13 katova gdje pojedini kat označava pojedina vrsta karte. Kao i u gradnji, potreban je logičan slijed radova - donji katovi moraju biti izgrađeni prije gornjih katova, građevinski radovi moraju prethoditi instalaterskim, a instalaterski moraju prethoditi završnim radovima. Poboljšanjem procesa primjenom Lean principa uočeno je znatno smanjenje trajanja faza - početna faza trajala je prosječno dvije minute dok je posljednja trajala tek 15 sekundi. Priprema, organizacija i optimizirano upravljanje resursima bili su najveći faktori poboljšanja tijekom faza igre.

Standardna igra sa svinjom jednostavna je igra koja ne iziskuje velike troškove budući da je za njezinu provedbu potreban samo list papira i olovka. Cilj igre je ukazati sudionicima na važnost *standardizacije rada* kao jednog od bitnijih Lean alata/tehnika. Igra se provodi u tri faze:

1. faza – sudionici imaju zadatak samostalno nacrtati svinju iz profila nakon čega svoje crteže pokazuju ostalim članovima grupe
2. faza – sudionicima se daju detaljne pisane upute na temelju kojih trebaju nacrtati svinju
3. faza – sudionicima se, osim pisanih uputa, daje i vizualni prikaz kako bi nacrtana svinja trebala izgledati.

Nakon završene prve faze igre, mogu se uočiti velike razlike među crtežima s obzirom na to da sudionicima nisu dane nikakve upute niti znaju što se od njih očekuje. Prelaskom u svaku sljedeću fazu igre, crteži postaju sličniji jedan drugome, sudionici znaju što i kako trebaju činiti, a vrijeme potrebno za izvršenje zadatka postaje sve kraće. Time je dokazan značaj alata/tehnike *standardizacija rada* čijom se provedbom uklanjaju različitosti iz faze u fazu. Davanje uputa sudionicima u pojedinim fazama, što predstavlja vrstu učenja, pokazalo se vrlo važnim u ovoj igri te se isto može poistovjetiti s učenjem kako primijeniti Lean principe i alate/tehnike.

Igra zrakoplova pomaže u učenju Lean principa izradom papirnatih zrakoplova u nekoliko timova. Svaki član tima ima određenu ulogu, a izradom svakog sljedećeg zrakoplova istu usavršava i

poboljšava cjelokupan proces. Prednosti ove igre su ekonomičnost, dostupnost materijala te jednostavnost provedbe, a karakteriziraju je:

- primjena Lean principa u provedbi igre
- važnost timskog rada
- identifikacija gubitaka u procesu
- ograničeno vrijeme izrade zrakoplova
- primjena alata/tehnika *povlačni kanban sustav, kontinuirano poboljšanje, metoda linije balansa i uklanjanje gubitaka.*

Igra vođena posljednjim planerom brz je i interaktivan način edukacije sudionika o ključnim karakteristikama alata/tehnike *sustav posljednjeg planera*. Slaganje kuća od lego kockica za potrebe igre predstavlja simulaciju stvarnog procesa gradnje. Igra se provodi u dvije faze - primjenom tradicionalnog planiranja i primjenom planiranja pomoću alata/tehnike *sustav posljednjeg planera*. Provedbom igre u dvije faze prikazuju se prednosti i razlike dvaju načina planiranja. Cilj simulacijske igre je izgraditi 9 kuća tijekom svakog kruga u najkraćem vremenu, s najvećom preciznošću i maksimalnim postotkom izvršenja. Svaka kuća se sastoji od četiri etaže: prizemlje, prvi kat, drugi kat i krovnište. Po završetku svake faze izračunava se dodatan trošak. Tijekom igre, poznato je osam određenih uloga koje su slične onima u stvarnom procesu gradnje:

- poslovođe radova po pojedinim etažama
- planer
- mjerač vremena
- nadzorni inženjer za kvalitetu
- dobavljač.

Iskustva su pokazala kako se provedbom ove igre prevladavaju prepreke u primjeni Lean-a, a znanje o alatu/tehnici *sustav posljednjeg planera* i principima Lean-a povećava se za oko 25%.

Po završetku početnih edukacija, projektni tim je potrebno usmjeriti na određeni projekt tijekom kojeg se treba poticati otvorena komunikacija i suradnja među sudionicima, bez straha za priznavanje nastalih pogrešaka. Članovi projektnog tima trebali bi imati mogućnost iznošenja prijedloga i ideja koje su usmjerene prema istim ciljevima te tako unaprijediti provođenje Lean alata/tehnika.

Korak 3 – Definiranje ciljeva i vrijednosti projekta

Tijekom početnog sastanka projektnog tima i Lean eksperta/konzultanta, definiraju se ciljevi i vrijednosti projekta, a potom i generalni vremenski plan. Bitno je uspostaviti kontinuiranu kvalitetnu komunikaciju s naručiteljem pomoću redovitih sastanaka s ciljem prepoznavanja njegovih želja i usvajanja svih zahtjeva. Odgovarajući Lean alat/tehnika za to je *projektiranje ciljne vrijednosti* kojim se definiraju ciljni troškovi u vremenu te se prati njihovo prekoračenje. Slično kao Lean koncept, ovaj alat/tehnika daje bolje rezultate u uvjetima složenih projekata i većih rizika što je potvrđeno projektom visokogradnje spomenutim u radu gdje se ostvarila ušteda stvarnih troškova u odnosu na planirane za 1,0 milijun američkih dolara. Drugi bitan Lean alat/tehnika koji bi se trebao koristiti od početka do završetka projekta su *informacijske tehnologije za primjenu Lean construction-a*, za čiju je provedbu nužan preduvjet korištenje računalnih programa, poput Autodesk BIM 360, Tekla BIMsight, Revit, Navisworks, Arhcad, Procore, Allplan Architecture te još niz drugih programa.

5.3.2. Faza organizacije gradilišta

Na Grafikonu 22 prikazan je prijedlog primarnih Lean alata/tehnika koji mogu biti primijenjeni u fazi organizacije gradilišta unutar koraka pripreme za početak gradnje.

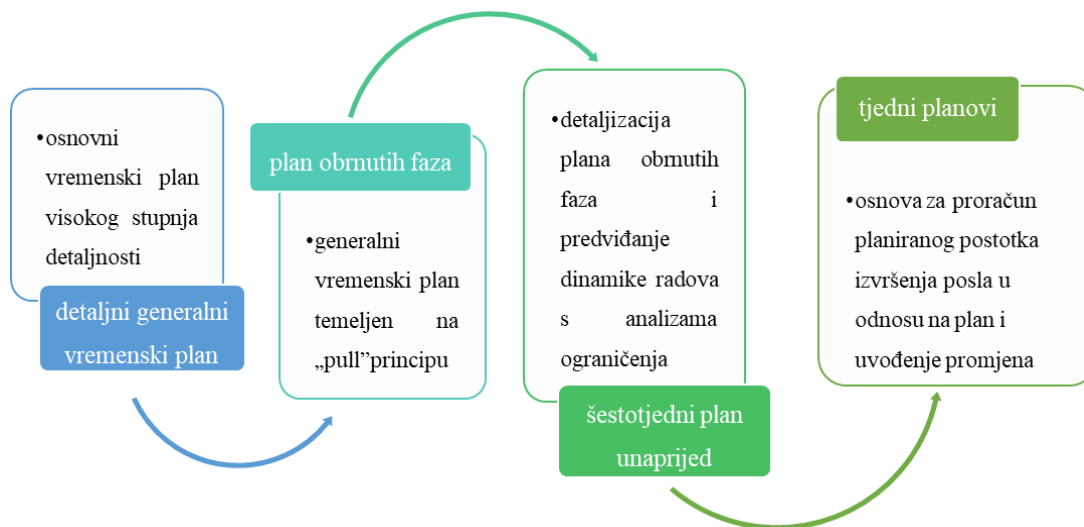


Grafikon 22 Prijedlog primarnih alata/tehnika za primjenu u fazi organizacije gradilišta

Primjena predloženih alata/tehnika u fazi organizacije gradilišta građevinskog projekta bit će pojašnjena u nastavku.

Korak 4 – Priprema za početak gradnje

Nakon definiranja ciljeva i vrijednosti projekta, slijedi organizacija gradilišta za početak gradnje. U ovoj fazi preporučuje se primjena Lean alata/tehnike *sustav posljednjeg planera* za kojeg su propisani nužni uvjeti koje treba usvojiti, a prikazani su na Grafikonu 23.



Grafikon 23 Nužni uvjeti za provedbu Lean alata/tehnike *sustav posljednjeg planera*

Pozitivni rezultati primjene alata/tehnike *sustav posljednjeg planera* mogu se uočiti na primjeru iz prakse, spomenutom u pregledu literature ovog rada, gdje je prva faza projekta završena šesnaest dana prije nego je predviđeno generalnim vremenskim planom projekta. Valja spomenuti kako je plan obrnutih faza, kao nužan preduvjet za provedbu alata/tehnike *sustav posljednjeg planera*, vezan uz Lean alat/tehniku *povlačni kanban sustav*. Istim se ostvaruje smanjenje, odnosno zadržavanje, zaliha na što nižoj razini te maksimalna učinkovitost. Primjena alata/tehnike *povećana vizualizacija* omogućava prikaz generalnog vremenskog plana te tjednih planova rada na zidu prostorije u kojoj se održavaju sastanci. Tjednim planovima rada se prikazuje raspored grupa podizvođača samoljepljivim papirićima u boji. Dodatno, ovim alatom/tehnikom znatno se povećava i sigurnost rada na gradilištu budući da su sve važne informacije za radnike istaknute znakovima obavijesti i upozorenja na gradilištu. Lean alatom/tehnikom *taktno planiranje vremena* izrađuje se plan taktne gradnje na temelju generalnog vremenskog plana. Plan taktne gradnje prikazan je zonama objekta u tlocrtu i smjerovima kretanja pojedinih radnih grupa označenih

različitim bojama. Sljedeći Lean alat/tehnika koji donosi značajne uštede, a može se primijeniti u ovom koraku je *proces 5S*. Primjena obuhvaća aktivnosti razvrstavanja, uspostave reda, standardizacije, čišćenja i samodiscipline na gradilištu čime se smanjuje vrijeme za pronalazak alata, opreme i materijala na gradilištu. Primjerom navedenim u ovom radu dokazano je kako je primjena *proces 5S* imala visok utjecaj na uštedu novca i brži pristup materijalima, dok je na smanjenje gradilišnog prijevoza imala srednji utjecaj. Kako bi se alat/tehnika *proces 5S* mogao u potpunosti provoditi, važno je primjenjivati i Lean alat/tehniku *upravo na vrijeme* kojim se izbjegava prekomjerno skladištenje građevinskog materijala i opreme na gradilištu. Alat/tehnika *integracija opskrbnog lanca*, koji je usko vezan uz alat/tehniku *upravo na vrijeme*, važan je za ostvarenje dugoročnih ugovornih odnosa s dobavljačima, pravilnu raspodjelu rizika i koristi te transparentan protok informacija. Primjenom alata/tehnike *plan uvjeta i radnog okruženja* izrađuje se istoimni plan kojim je moguće ostvariti visoku razinu sigurnosti i zaštite na radu te definirati pravila ponašanja i rada na gradilištu.

5.3.3. Faza izvođenja

Na Grafikonu 24 prikazan je prijedlog primarnih Lean alata/tehnika koji mogu biti primijenjeni u fazi izvođenja unutar dva koraka.



Grafikon 24 Prijedlog primarnih alata/tehnika za primjenu u fazi izvođenja

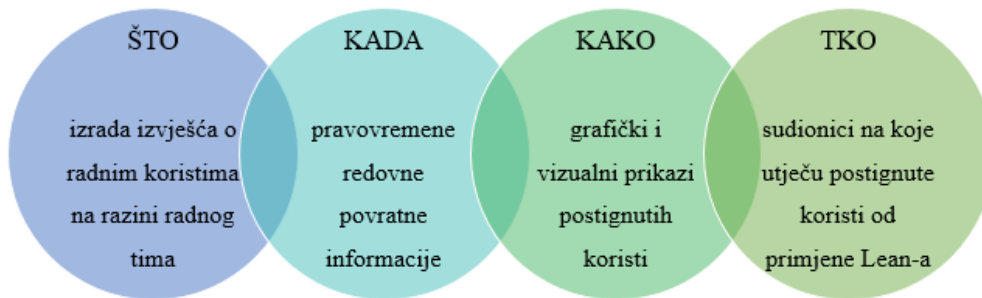
Primjena predloženih alata/tehnika u fazi izvođenja građevinskog projekta bit će pojašnjena u nastavku.

Korak 5 – Promatranje i kontrola radnih procesa i predlaganje aktivnosti za poboljšanje

Primjenom alata/tehnike *određivanje toka vrijednosti* izrađuje se prikaz trenutnog stanja toka materijala i informacija u projektu koji pomažu sudionicima razumjeti procese, prepoznati gubitke te razlikovati aktivnosti koje donose i koje ne donose dodatnu vrijednost. Prikaz trenutnog stanja otkriva područja koja bi se mogla poboljšati u budućem radu te se u isti unose promjene kako bi se izradio prikaz budućeg stanja s poboljšanim procesima koji maksimiziraju aktivnosti s dodatnom vrijednosti te minimiziraju gubitke. Zbog bitnog zahtjeva za prikupljanjem nekoliko vrsta podataka tijekom cijelog životnog vijeka projekta, Lean ekspert/konzultant bi trebao poticati provedbu tekuće analize i evaluacije te pružiti obuku o potrebnim tehnikama. Naime, stalno praćenje i evaluacija uključuje analizu učinkovitosti primijenjenih metodologija, učinkovitosti procesa i količine nastalih gubitaka. Lean alatom/tehnikom *Ishikawa dijagram* moguće je analizirati preduvjete i stanje u projektu te prepoznati probleme, kao i njihove uzroke. Nakon što se prepoznaju, isti se mogu umanjiti, a ponekad i potpuno ukloniti korištenjem alata/tehnike *uklanjanje gubitaka*. Ovaj alat/tehnika ima važnu ulogu u provedbi navedenih koraka faze izvođenja te značajno doprinosi uspješnijem troškovnom i vremenskom okončanju projekta. Osim toga, alat/tehnika koji pomaže u poboljšanju kvalitete u fazi izvođenja je *opadanje sigurnosti i kvalitete* te prema već spomenutom istraživanju u radu doprinosi povećanju sigurnosti radnika na gradilištu za oko 30%. Važno je za napomenuti da bi se projektni tim trebao sastajati jednom tjedno za učinkovitiju provedbu rada. Uz to, na gradilište se trebaju postaviti vizualni prikazi kako bi radnici mogli vidjeti kako projekt napreduje u različitim fazama. Lean alati/tehnike koji doprinose značajnom povećanju produktivnosti, otvorenijoj komunikaciji i slobodnijem prijavljivanju grešaka u ovoj fazi su *inicijalna istraživanja* te *priprema i poboljšanje postavljanja*. Ovakav pristup poboljšanju rada ostvaruje se kroz promatranje procesa, snimanje fotografija/videozapisa te poznavanje rasporeda sljedećih aktivnosti za izvođenje.

Korak 6 – Prikaz koristi

Nakon postizanja koristi, potrebno je odgovoriti na pitanja koja su prikazana na Grafikonu 25, na temelju čega se izrađuju izvješća koja je potrebno dokumentirati kako bi poslužila kao trajno naučene lekcije za budućnost.



Grafikon 25 Pitanja koja treba uzeti u obzir pri prijavljivanju postignutih koristi

Izvješće o postignutoj koristi (ŠTO) potrebno je sastaviti primjereno onome kome je upućeno. Izvještavanje o koristima u radu na razini radnog tima značajnije je od financijskog iznosa koji se smatra relevantnijim jer prikazuje opipljive rezultate poslovanja. Poboljšanja u radu posljedično utječu i na financijske rezultate postignutih koristi. Neophodno je pravovremeno (KADA) davanje povratnih informacija kako bi se moglo odlučiti o budućim potrebnim radnjama. Jednostavni grafički i vizualni prikazi (KAKO) imaju znatno veći utjecaj od financijskih pokazatelja. Rezultati primjene pojedinih Lean alata/tehnika u vidu poboljšanja često govore sami za sebe i vidljivi su golim okom te ih nije potrebno kvantificirati niti o njima izvještavati – primjerice, neki rezultati primjene alata/tehnike *proces 5S* su vidljive količine u skladištu te uredan i sigurniji radni prostor. Timovi sudionika u primjeni Lean-a obično sastavljaju izvještaje o koristima pomoću standardiziranih obrazaca te ih podnose sudionicima na koje utječu postignute koristi (TKO).

5.3.4. Sumarni prikaz Lean alata/tehnika u pojedinim fazama projekta iz perspektive izvođača

Na Grafikonu 26 prikazan je prijedlog primjene Lean alata/tehnika u pojedinim fazama projekta.

ALAT/TEHNIKA	FAZA PRIPREME	FAZA ORGANIZACIJE GRADILIŠTA	FAZA IZVOĐENJA
cjelovito upravljanje kvalitetom	■	■	■
informatijske tehnologije za primjenu Lean construction-a	■	■	■
integracija opskrbnog lanca	■	■	■
Ishikawa dijagram	■	■	■
kontinuirano poboljšanje	■	■	■
određivanje toka vrijednosti	■	■	■
opadanje sigurnosti i kvalitete	■	■	■
Paretova analiza	■	■	■
plan uvjeta i radnog okruženja u građevinarstvu	■	■	■
povećana vizualizacija	■	■	■
povlačni kanban sustav	■	■	■
inicijalna istraživanja	■	■	■
priprema i poboljšanje postavljanja	■	■	■
proces 5S	■	■	■
projektiranje ciljne vrijednosti	■	■	■
sustav posljednjeg planera	■	■	■
taktno planiranje vremena	■	■	■
uklanjanje gubitaka	■	■	■
upravo na vrijeme	■	■	■

Grafikon 26 Zastupljenost primjene Lean alata/tehnika u pojedinim fazama

Vidljivo je kako se pojedini alati/tehnike primjenjuju samo u jednoj primarnoj fazi, dok se neki od njih mogu primijeniti tijekom više faza, odnosno tijekom cijelog projekta. Alati/tehnike koji se ne

koriste u svim fazama smatraju se jednostavnijima jer zahtijevaju manje vremena i truda za primjenu, za razliku od alata/tehnika *cjelovito upravljanje kvalitetom, informacijske tehnologije za primjenu Lean construction-a, kontinuirano poboljšanje, projektiranje ciljne vrijednosti te uklanjanje gubitaka* koji se primjenjuju tijekom cijelog projekta.

5.4. Ključni faktori uspjeha za primjenu Lean construction-a

Kako bi poduzeće moglo uspješno uvesti Lean construction u svoje poslovanje, trebalo bi razmotriti ključne faktore uspjeha koji su, na temelju proučene literature i provedene studije slučaja, podijeljeni u četiri skupine – strategija i ciljevi, vodstvo i upravljanje, ljudski potencijali te vanjski faktori (Tablica 16).

Tablica 16 Najvažnije skupine ključnih faktora uspjeha u primjeni Lean construction-a

STRATEGIJA I CILJEVI	VODSTVO I UPRAVLJANJE	LJUDSKI POTENCIJALI	VANJSKI FAKTORI
definiranje opsega i jasnih ciljeva te usmjerenost svih zaposlenika prema istima	podrška i predanost vrhovnog menadžmenta	osiguravanje kontinuirane edukacije i treninga radnika	kvalitetna komunikacija i suradnja s podizvođačima i dobavljačima
usmjerenost na kontinuirano poboljšanje aktivnosti i smanjenje gubitaka	razmatranje mogućnosti primjene Lean construction-a	mogućnost i želja za promjenama	razumijevanje zahtjeva i potreba naručitelja
promjene u organizacijskoj strukturi i načinu poslovanja poduzeća	učinkovit sustav motivacije i nagrađivanja	interdisciplinarni radni timovi	političko i ekonomsko okruženje
sustavna promjena strategije	promjena organizacijske kulture	sigurnost posla među zaposlenicima	
usmjerenost na srednje i dugoročne ciljeve	načini rukovođenja		
povezivanje ciljeva s Lean aktivnostima	uključivanje zaposlenika u proces odlučivanja		
mjerenje ciljeva	sustavno praćenje i kontrola, izrada izvješća te ažuriranje planova s obzirom na odstupanja, probleme i promjene		

postavljanje prioriteta među projektima te njihov odabir, vrednovanje i praćenje	prenošenje znanja i treninzi		
detaljna i cjelovita primjena odgovarajućih Lean alata/tehnika s raspodjelom na one koji se tiču projekta (operativna razina) te onih koji se tiču poduzeća (organizacijska razina)	provjera raspoloživosti i osiguranje financijskih sredstava za provedbu Lean construction-a		
	prepoznavanje rizika primjenom Lean alata/tehnika i upravljanje istima		

Podrška i predanost vrhovnog menadžmenta smatra se najvažnijim ključnim faktorom uspjeha za primjenu Lean-a. Menadžeri s izraženim osobinama uspješnog vođe sposobni su sjediniti misiju, viziju, strategiju i ciljeve poduzeća uz uvažavanje mišljenja svih zaposlenika. Uz to, važno je potpunom primjenom Lean alata/tehnika definirati jasne ciljeve te u potpunosti razumjeti zahtjeve i potrebe naručitelja. U konačnici, osobitu pažnju treba posvetiti ostvarivanju ključnih faktora iz skupina vodstva i upravljanja te ljudskih potencijala, koje su izravno povezane sa zaposlenicima kao najvećom vrijednosti svakog poduzeća.

6. Verifikacija ključnih smjernica za primjenu koncepta Lean construction-a kod građevinskih izvođačkih poduzeća u Republici Hrvatskoj i rasprava

Ključne karakteristike primjene koncepta Lean construction-a kod građevinskih izvođačkih poduzeća u Republici Hrvatskoj verificirane su putem istraživačkog intervjua s dvoje ispitanika različitih operativno – funkcijskih uloga unutar hrvatske podružnice poduzeća, promatranog u studiji slučaja, koje u podružnici u Austriji djelomično primjenjuje Lean construction, dok ga u hrvatskoj podružnici postupno uvodi u svoje poslovanje. Istraživačkim intervjuom htjelo se saznati hoće li prepoznate i strukturirane ključne karakteristike primjene Lean construction-a, definirane u obliku smjernica, biti potvrđene kao korisne za njegovu buduću primjenu. Metoda intervjuiranja je bila strukturirana – pitanja su bila unaprijed definirana te su svi ispitanici odgovarali na ista, što omogućuje usporedbu odgovora ispitanika i njihovih mišljenja. Prije provedbe intervjua, ispitanici su dobili smjernice na uvid kako bi bili spremni dati kvalitetne odgovore na pitanja.

Ispitanik A osoba je s 25 godina iskustva u području građevinarstva te dugogodišnjim iskustvom na menadžerskoj funkciji u velikim građevinskim poduzećima. U promatranom građevinskom izvođačkom poduzeću je na radnom mjestu tehničkog voditelja grupe i osobe odgovorne za primjenu Lean construction-a. Zadužen je za upravljanje tehničkim i personalnim zadacima radnih jedinica u sektoru visokogradnje pri čemu daje jasne, precizne i pravovremene upute članovima radnih jedinica te koordinira rad voditelja projekata koji su dužni redovito ga informirati i s njim se usklađivati. Tijekom dosadašnje primjene principa Lean construction-a u poslovanju, ispitanik A uočio je nedostatak želje za prihvaćanjem novog načina vođenja građevinskih projekata među zaposlenicima zbog straha od promjene uobičajenih navika, što bi se moglo riješiti prikazom koristi iz primjera dobrih praksi i kvalitetnom edukacijom.

Ispitanik B je u promatranom građevinskom izvođačkom poduzeću na radnom mjestu inženjera građevinarstva te je u projektu zadužen za nadzor gradnje, kontrolu kvalitete, izradu i provedbu vremenskih planova, slanje upita prilikom odabira podizvođača, koordinaciju s podizvođačima, izradu izvještaja i ostale dokumentacije te ispunjavanje građevinske knjige. U području građevinarstva ima 2 godine iskustva te se s primjenom Lean construction-a po prvi puta susreo u projektu u kojem trenutno sudjeluje.

Ispitanici u trenutku verifikacije sudjeluju u istom projektu. *Ispitanik A* nije isključivo sudionik samo na tom projektu, budući da ima višu funkciju na razini poduzeća, dok je *ispitanik B* u tom projektu izravno zadužen za primjenu Lean construction-a te sve zadatke upravljanja projektom. U ovom projektu izgradnje poslovno – pogonske zgrade, koji je na početku faze izvođenja, parcijalno se primjenjuje Lean construction zbog čega su ispitanici izabrani kao odgovarajući za verifikaciju ključnih karakteristika primjene Lean construction-a, definiranih u obliku smjernica. Ukupna vrijednost projekta bez PDV-a procijenjena je na približno 21 milijun HRK. Tijekom intervjuiranja, svaka tematska cjelina ključnih karakteristika ukratko je objašnjena te je postavljeno nekoliko pitanja (Prilog 2) s predloženom ljestvicom ocjena odgovora od 1 (najlošija) do 4 (najbolja), pri čemu su ocjene odgovora na pojedino pitanje i za pojedinog ispitanika vidljive u Tablici 17.

Tablica 17 Ocjene odgovora na pitanja za verifikaciju definiranih smjernica

REDNI BROJ	PITANJE	ISPITANIK A	ISPITANIK B
1.	Mislite li da su definirane smjernice detaljno napisane?	4	3
2.	Slažete li se s koristima koje se ostvaruju primjenom Lean construction-a i navedene su u smjernicama? Smatrate li da Lean construction donosi još neke koristi koje nisu navedene u smjernicama i možete li ih navesti?	4	4
3.	Smatrate li da su prepreke navedene u smjernicama opravdane?	4	4
4.	Jesu li prijedlozi za prevladavanje prepreka, izneseni u smjernicama, korisni u primjeni Lean construction-a?	3	4
5.	Jesu li koraci za primjenu Lean construction-a, predloženi u smjernicama, prikladni za definirane faze građevinskog projekta? Smatrate li da su potrebni još neki koraci u primjeni Lean-a i koji bi to bili?	3	4
6.	Jesu li Lean alati/tehnike, predloženi u smjernicama, prikladni za definirane faze građevinskog projekta? Smatrate li da je određeni alat/tehnika neprimjeren za određenu fazu građevinskog projekta i koji bi to bio?	4	4

7.	Prema Vašem iskustvu, jesu li ključni faktori uspjeha, predloženi u smjernicama, odgovarajući za uspješno uvođenje Lean-a u poslovanje poduzeća?	4	4
8.	U kojoj mjeri su Vam definirane smjernice povećale namjeru za primjenom Lean construction-a u poslovanju?	3	4
9.	Mislite li da definirane smjernice mogu biti korisne za primjenu Lean construction-a s ciljem smanjenja vremenskih i troškovnih prekoračenja te uklanjanja gubitaka u građevinskim projektima i/ili poslovanju poduzeća?	4	4

Objašnjenje pojedinog pitanja, odgovori ispitanika i zaključci na temelju odgovora navedeni su u nastavku.

1. Mislite li da su definirane smjernice detaljno napisane?

Jesu li struktura i oblikovanje definiranih smjernica odgovarajući, htjelo se saznati odgovorom na ovo pitanje. *Ispitanik A* je sveukupnu detaljnost napisanih smjernica ocijenio ocjenom 4 čime smatra da su *u potpunosti detaljno napisane*. Uz to, napominje kako bi se tematske cjeline o preprekama i koracima unutar dijagrama tjeka za primjenu Lean construction-a prema potrebi mogle detaljizirati. *Ispitanik B* smatra da su definirane smjernice *većinom detaljno napisane* te ih je ocijenio ocjenom 3 uz prijedlog dodavanja slikovnih prikaza uz opisane alate/tehnike u dijagramu tjeka koraka za primjenu Lean construction-a.

2. Slažete li se s koristima koje se ostvaruju primjenom Lean construction-a i navedene su u smjernicama? Smatrate li da Lean construction donosi još neke koristi koje nisu navedene u smjernicama i možete li ih navesti?

Pitanjem o koristima predloženim u smjernicama, koje su prikupljene pregledom literature i primjerima dobrih praksi, htjelo se iste usporediti s onima koje su ispitanici uočili tijekom primjene Lean načina upravljanja u projektima. *Ispitanik A u potpunosti se slaže* s navedenim koristima jer su obuhvatile sva područja u kojima se pojavljuju, stoga dodjeljuje ocjenu 4. Posebno je naglasio koristi koje se tiču ostvarenih vremenskih ušteda, optimizacije radnih procesa, standardizacije metoda izvođenja radova i prepoznavanja ponovljivih skupova aktivnosti te visokih sigurnosnih uvjeta za rad postignutih primjenom Lean alata/tehnike proces 5S. Navedene koristi koje se

ostvaruju primjenom Lean construction-a *ispitanik B* ocjenjuje ocjenom 4 jer se s istima *u potpunosti slaže*.

3. Smatrate li da su prepreke navedene u smjernicama opravdane?

Opravdanost područja prepreka, prikupljenih temeljem dosadašnjih istraživanja postupaka primjene Lean construction-a, s pripadajućim objašnjenjima ocijenjena je odgovorom na ovo pitanje. *Ispitanik A* navedene prepreke smatra *u potpunosti opravdanima*, izborom ocjene 4. Neovisnost projektiranja i izgradnje izdvaja kao karakterističnu prepreku na području Republike Hrvatske zbog ustaljene prakse da projektiranje i izgradnju pojedinog građevinskog projekta obavljaju različita poduzeća. Zbog sporog prihvata novih načina rada u sektoru građevinarstva, *ispitanik A* smatra kako je navedenu prepreku teško prevladati. Također, nedostatak sustava za mjerenje uspješnosti još je jedna važna prepreka u Republici Hrvatskoj jer rijetko koje građevinsko poduzeće izrađuje baze podataka te provodi analizu projektne dokumentacije i problema tijekom izvođenja radova završenih projekata kako bi se izbjeglo ponavljanje istih grešaka na budućim projektima. *Ispitanik B*, kao i *ispitanik A*, smatra navedene prepreke *u potpunosti opravdanima* te im dodjeljuje ocjenu 4.

4. Jesu li prijedlozi za prevladavanje prepreka, izneseni u smjernicama, korisni u primjeni Lean construction-a?

Uz prepoznata područja prepreka, predložene su upute za izbjegavanje/rješavanje istih čija se korisnost htjela ocijeniti ovim pitanjem. Sve navedene prijedloge, *ispitanik A* ocijenio je ocjenom 3 – *većinom korisni*. Razlog ovakve ocjene je mogućnost dodatnog detaljiziranja prijedloga za prevladavanje prepreka, primjerice, prijedlog kod pridržavanja tradicionalnih koncepata upravljanja mogao bi dodatno navoditi pojedine korake za primjenu Lean-a – edukacija, primjena na gradilištu i tome slično. *Ispitanik B* navedene prijedloge za prevladavanje prepreka u primjeni Lean construction-a smatra *u potpunosti korisnima*, stoga dodjeljuje ocjenu 4. Kod područja prepreke kultura i ljudski stavovi, *ispitanik* dodaje kako zaposlenici u projektu primjenu Lean-a smatraju dodatnom obvezom zbog nedostatka radne snage kojoj bi se delegirale pojedine uloge i radni zadatci, stoga oni sami zbog nedostatka vremena nisu u mogućnosti uz uobičajene obveze na sebe preuzeti i primjenu Lean-a.

5. Jesu li koraci za primjenu Lean construction-a, predloženi u smjernicama, prikladni za definirane faze građevinskog projekta? Smatrate li da su potrebni još neki koraci u primjeni Lean-a i koji bi to bili?

Prikladnost predloženih šest koraka, koji su osmišljeni na temelju teorijskih zapažanja i primjera iz prakse, unutar tri faze građevinskog projekta, procijenjena je odgovorom na ovo pitanje. Navedene korake *ispitanik A* smatra *većinom prikladnima* te dodjeljuje ocjenu 3. Naime, fazu organizacije gradilišta s pripadnim korakom 4 – priprema za početak gradnje, smatra najznačajnijom za građevinsko izvođačko poduzeće, stoga bi istu podijelio na barem dva koraka pri čemu bi postojećem koraku dodao postupak ugovaranja. Upravo potpuna i kvalitetna priprema za početak gradnje znači obavljeno više od pola ukupnog posla u projektu. Korake dodijeljene pojedinim fazama *ispitanik B* smatra *u potpunosti prikladnima* te ih ocjenjuje ocjenom 4. S obzirom na dosadašnja znanja i primjenu Lean-a, ne prepoznaje niti jedan korak koji trenutno nije naveden u nekoj od faza dijagrama tijekom koraka (Grafikon 18).

6. Jesu li Lean alati/tehnike, predloženi u smjernicama, prikladni za definirane faze građevinskog projekta? Smatrate li da je određeni alat/tehnika neprimjeren za određenu fazu građevinskog projekta i koji bi to bio?

Trima predloženim fazama građevinskog projekta iz perspektive izvođača radova, dodijeljeni su Lean alati/tehnike koji bi se primjenjivali u pojedinim fazama. Prikladnost rasporeda istih po fazama ocijenjena je danim odgovorom na ovo pitanje. *Ispitanik A* ocjenjuje raspored alata/tehnika ocjenom 4, čime *u potpunosti potvrđuje njihovu prikladnost* te ne smatra niti jedan od njih neprikladno dodijeljenim. Napominje da je za razumijevanje podijele alata/tehnika po fazama potrebno osnovno znanje o Lean construction-u. Nastavno na zaključak kako je dobra priprema projekta izrazito važna, isto je vidljivo iz prikaza zastupljenosti alata/tehnika po pojedinim fazama (Grafikon 26) koji se nalazi u tematskoj cjelini *Dijagram tijekom koraka za primjenu Lean construction-a*. Za potrebe digitalizacije i modernizacije sektora građevinarstva, što se smatra sve potrebnijim, *ispitanik A* ističe važnost korištenja alata/tehnike informacijske tehnologije za primjenu Lean construction-a u svim fazama građevinskog projekta. Primjenom istog rad postaje brži, bolji i kvalitetniji, ali problem se javlja u neusklađenosti korištenja jednakih računalnih aplikacija među poduzećima koja surađuju te nemogućnosti osiguravanja računalnih aplikacija za korištenje zbog velikih novčanih opterećenja i/ili nedovoljnog znanja za rad pomoću istih.

Raspored Lean alata/tehnika po fazama projekta *u potpunosti se slaže* s mišljenjem *ispitanika B*, stoga im dodjeljuje ocjenu 4. Prilikom primjene Lean construction-a, naglašava važnost prepoznavanja ponovljivih područja u objektima te mogućnost primjene alata/tehnike taktno planiranje vremena kojim se postižu vremenske i troškovne uštede jer se uspostavlja ustaljeni način izvođenja pojedinih građevinskih procesa.

7. Prema Vašem iskustvu, jesu li ključni faktori uspjeha, predloženi u smjernicama, odgovarajući za uspješno uvođenje Lean-a u poslovanje poduzeća?

Prepoznati ključni faktori uspjeha grupirani su, prema proučenoj literaturi i provedenoj studiji slučaja na projektu proizvodnog pogona, u četiri skupine te se ovim pitanjem htjelo provjeriti jesu li oni uistinu odgovarajući za uspješno uvođenje Lean-a u poslovanje poduzeća. Dodijeljenom ocjenom 4, *ispitanik A* smatra navedene ključne faktore uspjeha *u potpunosti odgovarajućima*. Slaže se sa zaključkom kako je najvažnije ostvarenje ključnih faktora koji se odnose na zaposlenike te dodaje kako je dobrom organizacijom poduzeća lakše ostvariti ključne faktore uspjeha. *Ispitanik B* također ključne faktore uspjeha ocjenjuje ocjenom 4 jer ih smatra *u potpunosti odgovarajućima*. Osobito važnim ističe ključni faktor kvalitetne komunikacije i suradnje s podizvođačima i dobavljačima, koji bi također trebali biti upoznati s Lean principima koji se primjenjuju u projektu, kako bi se izbjegla kašnjenja i dodatni troškovi zbog nepravovremene dostave materijala i/ili nedostupnosti radnika u planirano vrijeme. Navedena odstupanja dovode do potrebe za dodatnim ažuriranjem planova koje zahtijeva dodatni rad i troškove.

8. U kojoj mjeri su Vam definirane smjernice povećale namjeru za primjenom Lean construction-a u poslovanju?

Sveukupna korisnost definiranih smjernica za buduće primjene, odredit će se odgovorom na ovo pitanje. S obzirom na to da *ispitanik* aktivno primjenjuje i upoznat je s principima Lean construction-a, stavljajući se u položaj osobe koja bi tek krenula primjenjivati Lean construction u poslovanju, *ispitanik A* misli kako bi definirane smjernice *većinom povećale njegovu namjeru za primjenom* te za odgovor odabire ocjenu 3. Dodaje kako je za pravilno korištenje definiranih smjernica potrebna osnovna edukacija o Lean construction-u. Također, ističe važnost upućivanja i najnižih razina unutar organizacijske strukture na principe i alate/tehnike Lean-a kako bi prepoznali da neke od principa Lean-a već primjenjuju kroz svoje svakodnevne aktivnosti, čime se mijenja mišljenje o zahtjevnosti potpune primjene Lean construction-a. *Ispitaniku B* su

definirane smjernice *u potpunosti povećale namjeru za primjenom* Lean construction-a u budućem radu (ocjena 4) s obzirom na to da se zbog kratkog radnog iskustva tek sudjelovanjem u trenutnom projektu susreo s njegovom primjenom.

9. Mislite li da definirane smjernice mogu biti korisne za primjenu Lean construction-a s ciljem smanjenja vremenskih i troškovnih prekoračenja te uklanjanja gubitaka u građevinskim projektima i/ili poslovanju poduzeća?

Ispitanik A na ovo pitanje odgovara ocjenom 4 i ocjenjuje definirane smjernice *u potpunosti korisnima*. Naime, korištenje definiranih smjernica u budućim primjenama Lean-a moglo bi poboljšati kvalitetu primjene i dodatno utjecati na smanjenje vremenskih i troškovnih prekoračenja te uklanjanje većine gubitaka koji se javljaju u procesu rada, što ispitanik A zaključuje primjenjujući Lean construction u svakodnevnoj praksi. *Ispitanik B* odgovara ocjenom 4 i smatra definirane smjernice *u potpunosti korisnima* za primjenu Lean construction-a te posebno naglašava korisnost njihove primjene u velikim građevinskim poduzećima koja bi u tom slučaju rezultirala i većim uštedama.

Zaključno, prepoznavanjem i strukturiranjem ključnih karakteristika primjene Lean construction-a, definiranih u obliku smjernica, potvrđena je postavljena hipoteza. Ispitanici su način strukturiranja definiranih smjernica, ocijenili vrlo pozitivno, smatrajući ih korisnima za daljnju primjenu.

7. Zaključak

Prvi korak u radu bilo je istraživanje vremenskih i troškovnih prekoračenja te lošeg izvođenja građevinskih projekata, koji su najčešće uzrokovani neučinkovitim upravljanjem i kontrolom projekata. Ovaj uzrok izraženiji je u Republici Hrvatskoj nego u svijetu, s obzirom da je dokazano zaostajanje za svjetskim dostignućima u području upravljanja građevinskim projektima. U drugom dijelu pregleda literature naglasak je stavljen na Lean construction kao koncept koji dokazano utječe na smanjenje gubitaka. Iz literature su prepoznate brojne koristi, ali i brojne prepreke u primjeni Lean construction-a od kojih se kao najvažnije izdvajaju nedovoljno znanje o Lean-u, nedostatak podrške vrhovnog menadžmenta u primjeni te nedostatak odgovarajuće edukacije. Analizirajući literaturu, prepoznat je problem nepostojanja jasnih smjernica za primjenu koncepta Lean construction-a u hrvatskoj i svjetskoj praksi, što je bio razlog za definiranje istih. Kako bi se bolje razumjela teorijska saznanja o Lean-u te potvrdile prepoznate prepreke i koristi u primjeni Lean construction-a, pristupilo se detaljnom razmatranju praktične primjene Lean-a kroz studiju slučaja u velikom i uspješno vođenom projektu koji se izvodi u Austriji. Na temelju razmatranja, dobiveni su uvidi u to kako primijeniti pojedini alat/tehniku i u kojoj fazi. Nakon usporedbe pregleda literature s podacima prikupljenim u studiji slučaja, definirane su ključne karakteristike primjene Lean construction-a koje su strukturirane u obliku smjernica za primjenu Lean construction-a u građevinskim izvođačkim poduzećima. Prepoznavanjem i strukturiranjem ključnih karakteristika primjene Lean construction-a, definiranih u obliku smjernica, potvrđena je postavljena hipoteza. Ispitanici su sadržaj i strukturu definiranih smjernica, ocijenili vrlo pozitivno, smatrajući ih korisnima za daljnju primjenu.

Na početku pisanja znanstvenog rada, postavljena su dva cilja koja su u konačnici postignuta te je ostvaren znanstveni i stručni doprinos. Sažimanjem postojećih znanja o Lean construction-u te dodavanjem novih u tijelo literature, ostvaren je znanstveni doprinos. Iz različitih istraživanja, sažeti su i prikazani najvažniji uzroci vremenskih i troškovnih prekoračenja te lošeg izvođenja građevinskih projekata, na koje se može utjecati primjenom Lean-a. Istaknute se brojne koristi koje se postižu primjenom Lean construction-a te prepreke koje otežavaju i/ili onemogućuju primjenu istoga. Lean alati/tehnike, koji su prepoznati i sažeto prikazani na temelju teorijskih saznanja, na kraju studije slučaja povezani su s pojedinim dijelovima izvršenja građevinskog projekta. Stručni doprinos je postignut definiranjem ključnih karakteristika primjene Lean

construction-a u obliku smjernica, što do sada nije postojalo u literaturi i praksi. Kao jedna od ključnih karakteristika primjene Lean-a, navedeni su alati/tehnike koji su raspoređeni po fazama izvođenja građevinskog projekta s naglaskom na to kako i kada ih je potrebno primijeniti. Za primjenu pojedinog alata/tehnike, izdvojene su njegove značajke, odnosno, pojašnjeno je s kojim dokumentima, planovima i/ili radnjama je povezana njegova primjena. Potreba za detaljnim pojašnjenjem primjene Lean alata/tehnika prepoznata je zbog nedostatka literature koja kvalitetno opisuje proces primjene istih. Primjena Lean construction-a posebno je učinkovita u velikim građevinskim izvođačkim poduzećima koji su glavni izvođači te u potpunosti upravljaju procesom gradnje. U Republici Hrvatskoj ne postoji znatan broj velikih građevinskih izvođačkih poduzeća koja primjenjuju Lean construction, stoga se definirane smjernice nisu mogle verificirati na većem broju odgovarajućih ispitanika, što je bilo ograničenje istraživanja.

Iako je teško odlučiti se na primjenu Lean construction-a, zbog velikih koraka u promjeni načina poslovanja, treba naglasiti dugoročne koristi koje njegova primjena donosi za poduzeće. U konačnici, važno je nastaviti istraživati područje Lean construction-a u Republici Hrvatskoj te uz to prikazivati primjere dobrih praksi iz svjetskog građevinskog sektora s ciljem promjene načina razmišljanja ljudi. Za buduća istraživanja o Lean construction-u, moguće je nakon primjene provesti validaciju korisnosti definiranih smjernica u postizanju vremenskih i troškovnih ušteda te poboljšanja rada tijekom upravljanja stvarnim građevinskim projektom. Nadalje se predlaže provesti diferencijaciju definiranih smjernica prema vrsti poduzeća i/ili projekta s ciljem ostvarenja boljih rezultata. Nakon što znatniji broj poduzeća primijeni koncept Lean-a u svoje poslovanje, preporuka je razviti model zrelosti primjene Lean construction-a kojim bi se ocijenila razina primjene u svijetu ili pojedinoj državi.

Zahvala

Zahvaljujemo se izv. prof. dr. sc. Mladenu Vukomanoviću na stručnoj pomoći, vodstvu, izdvojenom vremenu te na svim uputama tijekom izrade ovog znanstvenog rada.

Veliko hvala asistentu Kristijanu Robertu Prebaniću na nesebičnom zalaganju, svim ustupljenim materijalima, strpljenju, korisnim savjetima i idejama te pristupačnosti i suradnji u ugodnoj radnoj atmosferi.

Naravno, velika zahvala svim kolegama iz prakse na izrazitoj susretljivosti, izdvojenom vremenu i trudu u prenošenju praktičnih znanja te na pruženoj prilici za posjet gradilištu u Austriji.

Hvala našim obiteljima na podršci, ljubavi i blizini koju su nam pružili tijekom pisanja ovog znanstvenog rada.

Zahvaljujemo se Emanuelu, Marinu i Denisu što su nam pružali ohrabrenje u svim trenucima nesigurnosti te na molitvama kojima su nas nesebično pratili.

Hvala našoj dragoj Suzani na ustupljenim materijalima, svakoj podršci i molitvi te što je dijelila s nama studentske brige.

Najveću zahvalu upućujemo dragom Bogu, jer je bio štit i utočište na našem putu te Duhu Svetom koji je nadahnjivao pisanje ovoga rada.

Popis literature

Abdullah, S., Abdul Razak, A., Hassan Abu Bakar, A. i Sarrazin Mohammad, I. (2009) „Towards Producing Best Practice in the Malaysian Construction Industry: The Barriers in Implementing the Lean Construction Approach”, *International Conference on Construction Industry 2*.

Abisuga, A.O, Amusu, O.R.O i Salvador, K.A (2014) „Construction Delay in Nigeria: A Perception of Indigenous and Multinational Construction Firms“, *Journal of Emerging Trends in Economics and Management Sciences*, vol. 5, br. 3, str. 371-378.

Ajayi, O., Ogunsanmi, O., Salako, O. i Mafimidiwo, B. (2012) „Impact of risk on performance of design and build projects in Lagos State, Nigeria”, *Journal of Civil Engineering and Architecture*, vol. 6, br. 9, str. 1210-1217.

Alarcón, L. F. (1997) *Lean Construction*, Rotterdam, August Aimé Balkema.

Alshehri, A., Motawa, I. i Ogunlana, S. (2017) „Quality Manual Based on ISO 9001 for Building Maintenance”, *International Journal of Structural and Civil Engineering Research*, vol. 6, br. 1, str. 65-70.

Arleroth, J. i Kristensson, H. (2011) „Waste in Lean Construction – A case study of a PEAB construction site and the development of a Lean Construction Tool”, *Chalmers University of Technology*, Gothenburg, Švedska.

Asiedu, R. O., Frempong, N. K. i Nani, G. (2016) „Parametric time overrun estimation of building projects”, *Journal of Financial Management of Property and Construction*, vol. 21, br. 3, str. 253-268.

Assaf, S. A. i Al-Hejji, S. (2006) „Causes of delay in large construction projects”, *International Journal of Project Management*, vol. 24, str. 349–357.

Aziz, R. F. i Hafez, S. M. (2013) „Applying lean thinking in construction and performance improvement”, *Alexandria Engineering Journal*, vol. 52, br. 4, str. 679-695.

Bajjou, M. S., Chafi, A. i En-Nadi, A. (2017a) „A Comparative Study between Lean Construction and the Traditional Production System”, *International Journal of Engineering Research in Africa*, vol. 29, str. 118-132.

- Bajjou, M. S., Chafi, A. i En-Nadi, A. (2017b) „The potential effectiveness of lean construction tools in promoting safety on construction sites”, *International Journal of Engineering Research in Africa*, vol. 33, str. 179-193.
- Banna, M. (2017) „A Quick Guide to Lean Construction”, *KaiNexus Blog*. Dostupno na: <https://blog.kainexus.com/improvement-disciplines/lean/lean-construction/a-quick-guide-to-lean-construction> (Pristupljeno: 27.03.2020.)
- Bertelsen, S. i Koskela, L. (2004) „Construction beyond lean: a new understanding of construction management“ Dostupno na: <https://iglcstorage.blob.core.windows.net/papers/iglc-09b1f648-9c05-4490-8365-7be7dd48a05e.pdf> (Pristupljeno: 25. ožujka 2020.)
- Chan, D. W. M. i Kumaraswamy, M. M. (1995) „A study of the factors affecting construction durations in Hong Kong”, *Construction Management and Economics*, vol. 13, str. 319-333.
- Chan, D. W. M. i Kumaraswamy, M. M. (1997) „A comparative study of causes of time overruns in Hong Kong construction projects”, *International Journal of Project Management*, vol. 15, br. 1, str. 55-63.
- Chandra, V. (2015) „10 Things Lean is NOT!“ *Process Excellence Network*. Dostupno na: <https://www.processexcellencenetwork.com/lean-six-sigma-business-performance/articles/10-things-lean-is-not> (Pristupljeno: 01.06.2020.)
- Choudry, I. i Phatak, O. (2004) „Correlates of Time Overrun in Commercial Construction“, *Associated Schools of Construction – International 40. Annual Conference*, Provo, Utah.
- Demirkesen, S, Wachter, N., Oprach, S. i Haghsheno, S. (2019). „Identifying Barriers in Lean Implementation in the Construction Industry”, *27. Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC)*, Dublin, Irska, str. 157-168.
- Dibia, I. K. i Onuh, S. (2010) „Lean Revolution and the Human Resource Aspects“, *World Congress on Engineering 2010*, vol. 3, London, Ujedinjeno Kraljevstvo.
- Doloi, H., Sawhney, A. i Iyer, K.C. (2012) „Structural equation model for investigating factors affecting delay in Indian construction projects”, *Journal of Construction Management and Economics*, vol. 30, str. 869-884.

El-Namrouty, K.A. i AbuShaaba, M.S. (2013) „Seven wastes elimination targeted by lean manufacturing case study “gaza strip manufacturing firms“, *International Journal of Economics, Finance and Management Sciences*, vol. 1, br. 2, str. 68-80.

Emiliani, M. L. (2006) „Origins of lean management in America: The role of Connecticut businesses“, *Journal of Management History*, vol. 12, br. 2, str. 167-184.

Chick, G., Building Research Establishment Ltd i Collaborative Improvement Ltd Alliance (2013) „Implementing Lean in construction: a Lean guide for client organisations“, *CIRIA*, London, Ujedinjeno Kraljevstvo.

Graban, M. (2010) „Who Coined the Term “Lean”? And Where is He Today?“ *Mark Graban`s Lean Blog*. Dostupna na: <https://www.leanblog.org/2010/08/who-coined-the-term-lean-and-where-is-he-today/> (Pristupljeno: 16.06.2020.)

Grushka-Cockayne, Y. (2020) „Use Data to Revolutionize Project Planning“, *Harvard Business Review*. Dostupno na: <https://hbr.org/2020/02/use-data-to-revolutionize-project-planning#comment-section> (Pristupljeno: 06. ožujka 2020.)

Howell, G.A. (1999) „What is Lean Construction?“, *Proceeding International Group for Lean Construction (IGLC)*, vol. 7, str. 1-10.

Innella, F., Arashpour, M., ASCE, M. i Bai, Y. (2019) „Lean Methodologies and Techniques for Modular Construction: Chronological and Critical Review“, *Journal of Construction Engineering and Management*, vol. 145, br. 12, str. 1-18.

Intergraph (2012) „Lean Construction: Technology Advances in Lean Construction“, *White paper*, Madison, Alabama.

Issa, U. H. (2013) „Implementation of lean construction techniques for minimizing the risks effect on project construction time“, *Alexandria Engineering Journal*, vol. 52, br. 4, str. 697-704.

Johnson, J. (n.d.) „Lean vs Six Sigma: What’s the Difference & Use Cases“ Dostupno na: <https://tallyfy.com/lean-vs-six-sigma/> (Pristupljeno: 01.06.2020.)

Kaming, P. F., Olomolaiye, P. O., Holt, G. D. i Harris, F. C. (1997) „Factors influencing construction time and cost overruns on high-rise projects in Indonesia“, *Journal of Construction Management and Economics*, vol. 15, br. 1, str. 83-94.

Kanbanize (2020) „What Is a Pull System? Details and Benefits” Dostupno na: <https://kanbanize.com/lean-management/pull/what-is-pull-system> (Pristupljeno: 15. svibnja 2020.)

Khodeir, L. M. i Othman, R. (2016) „Examining the interaction between lean and sustainability principles in the management process of AEC industry”, *Ain Shams Engineering Journal*, vol. 9, str. 1627 – 1634.

Koskela, L. (1994) „Lean production in construction“, *National Construction and Management Conference*, str. 47-54.

Lean Construction Institute (n.d.) „About us” Dostupno na: <https://www.leanconstruction.org/about-us/> (Pristupljeno: 14. svibnja 2020.)

Liker, J. K. (2004) „*The Toyota Way 14 Management Principles from the World s Greatest Manufacturer*”, New York, McGraw-Hill.

Locatelli, G., Mancini, M., Gastaldo, G. i Mazza, F. (2013) „Improving Projects Performance With Lean Construction: State Of The Art, Applicability And Impacts”, *Organization, Technology and Management in Construction*, vol. 6, br. 2, str. 775-783.

Mahamid, I. (2017) „Analysis of schedule deviations in road construction projects and the effects of project physical characteristics“, *Journal of Financial Management of Property and Construction*, vol. 22, br. 2, str. 192-210.

Mano, A. P., Gouvea da Costa, S. E. i Pinheiro de Lima, E. (2020) „Criticality assessment of the barriers to Lean Construction”, *International Journal of Productivity and Performance Management*.

Maradzano, I., Dondofema, R. A. i Matope, S. (2019) „Application of lean principles in the South African construction industry“, *South African Journal of Industrial Engineering*, vol. 30, br. 3, Special Edition, str. 210-223.

Markazi Movaghar, E. (2016) „Identifying the barriers of implementing lean construction principals in developing countries”, *Middle East Tehnical University*, Ankara, Turska.

Ministarstvo graditeljstva i prostornog uređenja (2014) „Plan za povećanje broja zgrada gotovo nulte energije do 2020. godine”, *Ministarstvo graditeljstva i prostornog uređenja*, Zagreb.

Mossman, A. (2009) „Why isn't the UK construction industry going lean with gusto?”, *Lean Construction Journal*, str. 24-36.

Nowotarski, P., Paslawski, J. i Matyja, J. (2016) „Improving Construction Processes Using Lean Management Methodologies – Cost Case Study”, *World Multidisciplinary Civil Engineering - Architecture - Urban Planning Symposium*, Poznan, Poljska, vol. 161, str. 1037-1042.

Olawale, Y. A. i Sun, M. (2010) „Cost and time control of construction projects: inhibiting factors and mitigating measures in practice”, *Journal of Construction Management and Economics*, vol. 28, str. 509-526.

Omoregie, A. i Radford, D. (2006), „Infrastructure Delays and Cost Escalation: causes and effects in Nigeria”, *6. International Postgraduate Research Conference in the Built and Human Environment*, Delft, Nizozemska.

Piatt, J. (2012) „Lean is About People, Not Tools”, Industry week, Dostupno na: <https://www.industryweek.com/operations/continuous-improvement/article/22008148/lean-is-about-people-not-tools> (Pristupljeno 02.06.2020.)

Piškor, M. i Kondić, V. (n.d.) „Lean production kao jedan od načina povećanja konkurentnosti hrvatskih poduzeća na globalnom tržištu“, *Tehnički glasnik*, vol. 4, br. 1-2 (ISSN 1846-6168).

PMI (2017) „Project Management Job Growth and Talent Gap 2017–2027”, *Project management Institute*. Dostupno na: https://www.pmi.org/-/media/pmi/documents/public/pdf/learning/job-growth-report.pdf?v=c304efd3-8c2a-48dc-9489-a945a8a07614&sc_lang_temp=en (Pristupljeno: 06. ožujka 2020.)

PMI (2018) „Success in Disruptive Times: Expanding the Value Delivery Landscape to Address the High Cost of Low Performance”, *PMI's Pulse of the Profession*. Dostupno na: <https://www.pmi.org/-/media/pmi/documents/public/pdf/learning/thought-leadership/pulse/pulse->

of-the-profession-2018.pdf?v=d5e5be9f-5496-41fe-97b4-4ac51d400736&sc_lang_temp=en
(Pristupljeno: 06. ožujka 2020.)

Radujković, M., Vukomanović, M. i Bezak, S. (2010) „Pristup voditeljima građevinskih projekata”, *Građevinar*, vol. 62, br. 7., str. 623-631.

Salem, O., Solomon, J., Genaidy, A. i Minkarah, I. (2006) „Lean Construction: From Theory to Implementation“, *Journal of Management in Engineering*, vol. 22, br. 4, str. 168-175.

Salem, O., Solomon, J., Genaidy, A. i Luegring, M. (2005) „Site Implementation and Assessment of Lean Construction Techniques“, *Lean Construction Journal*, vol. 2, br. 2, str. 1-21.

Sarhan, S. i Fox, A. (2013) „Barriers to Implementing Lean Construction in the UK Construction Industry”, *The Built & Human Environment Review*, vol. 6, str. 1-17.

Sarhan, S., Pasquire, C. i King, A. (2017) „The concept of 'institutional waste within the Construction industry': A potential theoretical framework”, *Lean Construction Journal 2017*, str. 12-24.

Shanmugapriya, S. i Subramanian, D. K. (2013) „Investigation of Significant Factors Influencing Time and Cost Overruns in Indian Construction Projects”, *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*, vol. 3, br. 10, str. 734-740.

Shuquan, L., Yanqing, F. i Xiuyu, W. (2020) „A systematic review of lean construction in Mainland China”, *Journal of Cleaner Production*, vol. 257.

Simonsen, R., Thyssen, M.H. i Sander, D. (2014) „Is lean construction another fading management concept?”, *22. Annual Conference of the International Group for Lean Construction*, Oslo, Norveška, str. 85-96.

Singh, R. (2009) „Delays and Cost Overruns in Infrastructure Projects: An Enquiry into Extents, Causes and Remedies”, *Centre for Development Economics*, br. 181, str. 1-27.

Solaimani, S. i Sedighi, M. (2019) „Toward a holistic view on Lean sustainable construction: a literature review“, *Journal of Cleaner Production*, vol. 248.

Tezel, A., Koskela, L. i Aziz, Z. (2018) „Lean thinking in the highways construction sector:

motivation, implementation and barriers“, *Production planning & control*, vol. 29, br. 3, str. 247-269.

Tijanić, K. i Car-Pušić, D. (2018) „Prekoračenja rokova i proračuna građevinskih projekata – studija slučajeva“, *Zbornik radova (Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci)*, vol. 21, br. 1, str. 87-101.

Umstot, D. (2013) „Introduction to lean construction: What is lean construction and how can it benefit you?“ *Associated Builders and Contractors Webinar*, London, Ujedinjeno Kraljevstvo.

Verrier, B., Rose, B. i Caillaud, E. (2016) „Lean and Green strategy: the Lean and Green House and maturity deployment model“, *Journal of Cleaner Production*, vol. 116, str. 150-156.

Vidaković, D., Lacković, Z. i Radman-Funarić, M. (2017) „Unaprjeđenje izvođenja građevinskih radova primjenom Lean metodologije“, *15. skup o prirodnom plinu, toplini i vodi i 8. međunarodni skup o prirodnom plinu, toplini i vodi*, Osijek, Hrvatska.

Wagner, R. (2019) „Integrated Project Delivery (IPD) – An Action Guide for Leaders“, IPMA. Dostupno na: <https://www.ipma.world/integrated-project-delivery-ipd-an-action-guide-for-leaders/> (Pristupljeno: 01.06.2020.)

Zimina, D., Ballard, G. i Pasquire, C. (2012) „Target value design: using collaboration and a lean approach to reduce construction cost“, *Journal of Construction Management and Economics* vol. 30, str. 383–398.

Prilozi

Prilog 1

1. Koji je razlog za primjenu Lean construction-a upravo na ovom projektu?
2. Koristite li u izgradnji montažne elemente i zašto?
3. Na koji način je prikazan vremenski plan te plan organizacije građenja?
4. Na koji način se prate planovi, odnosno na koji način se osigurava da se svi sudionici u projektu pridržavaju plana?
5. Objasnite generalni plan taktne gradnje ovog projekta.
6. Koji je kriterij za određivanje taktova?
7. Kako određujete veličinu vremenske rezerve u projektu?
8. Što predstavljaju različite boje samoljepljivih papirića na tjednim planovima rada?
9. Na koji način se postiže bliska suradnja s investitorom, tj. propitivanje očekivanja i uvjeta investitora? Kako možete biti sigurni da su prepoznate stvarne potrebe?
10. Provodite li kontrolu trenutnog i budućeg stanja s ciljem prikazivanja ušteda i smanjenja gubitaka ?
11. Radite li usporedbu planiranog i izvedenog na dnevnoj, tjednoj i/ili mjesečnoj razini? Imate li nazive za pojedine od tih izvještaja?
12. Postoje li rokovi vezani za isporuke u planu nabave i jesu li usklađeni s planom?
13. Na koji način se provodi alati/tehnike povlačni kanban sustav i taktno planiranje vremena?
14. Koristite li metodu kritičnog lanca prilikom izrade vremenskih planova?
15. Imate li u planu unaprjeđivati primjenu Lean construction-a i u kojem smjeru bi išao napredak?
16. Primjenom Lean construction-a, provodi li se planiranje neposredno prije gradnje ili tijekom cijelog projekta??
17. Kako se zaposlenici uključuju u proces odlučivanja te iznose svoje ideje za moguća poboljšanja?
18. Na koji način primjena Lean construction-a pomaže u kontroli gubitaka resursa?

Prilog 2

1. Koje je Vaše radno mjesto u poduzeću (ili u većini projekata)?
2. Koliko godina iskustva imate u području građevinarstva?
3. Jeste li do sada u svom poslovanju primjenjivali principe Lean construction-a? Ako jeste, kakva su Vaša iskustva?
4. Mislite li da su definirane smjernice detaljno napisane?

Predložena skala za ocjenjivanje:

- 1 – definirane smjernice nisu detaljno napisane*
- 2 – definirane smjernice djelomično su detaljno napisane*
- 3 – definirane smjernice većinom su detaljno napisane*
- 4 – definirane smjernice u potpunosti su detaljno napisane*

5. Slažete li se s koristima koje se ostvaruju primjenom Lean construction-a i navedene su u smjernicama? Smatrate li da Lean construction donosi još neke koristi koje nisu navedene u smjernicama i možete li ih navesti?

Predložena skala za ocjenjivanje:

- 1 – ne slažem se s navedenim koristima*
- 2 – djelomično se slažem s navedenim koristima*
- 3 – većinom se slažem s navedenim koristima*
- 4 – u potpunosti se slažem s navedenim koristima*

6. Smatrate li da su prepreke navedene u smjernicama opravdane?

Predložena skala za ocjenjivanje:

- 1 – navedene prepreke nisu opravdane*
- 2 – navedene prepreke djelomično su opravdane*
- 3 – navedene prepreke većinom su opravdane*
- 4 – navedene prepreke u potpunosti su opravdane*

7. Jesu li prijedlozi za prevladavanje prepreka, izneseni u smjernicama, korisni u primjeni Lean construction-a?

Predložena skala za ocjenjivanje:

- 1 – prijedlozi nisu korisni*
- 2 – prijedlozi su djelomično korisni*
- 3 – prijedlozi su većinom korisni*

4 – prijedlozi su u potpunosti korisni

8. Jesu li koraci za primjenu Lean construction-a, predloženi u smjernicama, prikladni za definirane faze građevinskog projekta? Smatrate li da su potrebni još neki koraci u primjeni Lean-a i koji bi to bili?

Predložena skala za ocjenjivanje:

1 – koraci nisu prikladni

2 – koraci su djelomično prikladni

3 – koraci su većinom prikladni

4 – koraci su u potpunosti prikladni

9. Jesu li Lean alati/tehnike, predloženi u smjernicama, prikladni za definirane faze građevinskog projekta? Smatrate li da je određeni alat/tehnika neprimjeren za određenu fazu građevinskog projekta i koji bi to bio?

Predložena skala za ocjenjivanje:

1 – alati/tehnike nisu prikladni

2 – alati/tehnike su djelomično prikladni

3 – alati/tehnike su većinom prikladni

4 – alati/tehnike su u potpunosti prikladni

10. Prema Vašem iskustvu, jesu li ključni faktori uspjeha, predloženi u smjernicama, odgovarajući za uspješno uvođenje Lean-a u poslovanje poduzeća?

Predložena skala za ocjenjivanje:

1 – navedeni ključni faktori uspjeha nisu odgovarajući

2 – navedeni ključni faktori uspjeha djelomično su odgovarajući

3 – navedeni ključni faktori uspjeha većinom su odgovarajući

4 – navedeni ključni faktori uspjeha u potpunosti su odgovarajući

11. U kojoj mjeri su Vam definirane smjernice povećale namjeru za primjenom Lean construction-a u poslovanju?

Predložena skala za ocjenjivanje:

1 – nisu povećale namjeru za primjenom

2 – djelomično su povećale namjeru za primjenom

3 – većinom su povećale namjeru za primjenom

4 – u potpunosti su povećale namjeru za primjenom

12. Mislite li da definirane smjernice mogu biti korisne za primjenu Lean construction-a s ciljem smanjenja vremenskih i troškovnih prekoračenja te uklanjanja gubitaka u građevinskim projektima i/ili poslovanju poduzeća?

Predložena skala za ocjenjivanje:

1 – smatram da nisu korisne

2 – smatram da su minimalno korisne

3 – smatram da su djelomično korisne

4 – smatram da su u potpunosti korisne