

Vitki i pametni fakultet

Rašidkadić, Dino

Undergraduate thesis / Završni rad

2017

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

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:235:944863>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-28**

Repository / Repozitorij:

[Repository of Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture University of Zagreb](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

ZAVRŠNI RAD

Dino Rašidkadić

Zagreb, 2017.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

ZAVRŠNI RAD

Mentor:

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

Student:

Dino Rašidkadić

Zagreb, 2017.

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

Zahvaljujem se prof. dr. sc. Nedeljku Štefaniću na podršci, povjerenju te pruženoj pomoći i stručnom usmjeravanju pri izradi završnog rada.

Također, zahvaljujem se obitelji na pruženoj podršci tijekom studiranja.

Dino Rašidkadić



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE



Središnje povjerenstvo za završne i diplomske ispite
Povjerenstvo za završne ispite studija strojarstva za smjerove:
proizvodno inženjerstvo, računalno inženjerstvo, industrijsko inženjerstvo i menadžment, inženjerstvo materijala i mehatronika i robotika

Sveučilište u Zagrebu	
Fakultet strojarstva i brodogradnje	
Datum: 23-02-2017	Prilog
Klasa: 602-04/17-6/4	
Ur.broj: 15-1703-17-65	

ZAVRŠNI ZADATAK

Student: **DINO RAŠIDKADIĆ**

Mat. br.: **0035192004**

Naslov rada na hrvatskom jeziku: **VITKI I PAMETNI FAKULTET**

Naslov rada na engleskom jeziku: **LEAN AND SMART FACULTY**

Opis zadatka:

Lean menadžment je jedna od najboljih menadžerskih metodologija koja se uspješno primjenjuje u proizvodnji, bankama, osiguravanju, građevinarstvu i drugdje. Principi i alati Lean menadžmenta mogu se vrlo lako primijeniti i u znanstveno - obrazovnim institucijama poput fakulteta, viših škola i instituta. Na fakultetima se svakodnevno odvija veliki broj procesa poput nastavnih, administrativnih, upravljačkih, logističkih, menadžerskih. Ako se uz Lean menadžment primijeni i digitalizacija procesa nastaje novi pojam: Vitki i pametni fakultet.

U radu je potrebno:

- opisati procesni pristup sa fokusom na fakultetske procese
- detaljno objasniti pojmove i alate Lean menadžmenta
- detaljno objasniti pojam digitalizacije procesa
- na primjeru proizvoljno odabranog fakulteta primijeniti najmanje dva Lean alata
- odabrati najmanje jedan proces na fakultetu i provesti njegovu digitalizaciju
- ocijeniti postignute rezultate primjene Lean alata i digitalizacije na fakultetima
- postaviti opći model Lean pametnog fakulteta

Zadatak zadan:
30. studenog 2016.

Rok predaje rada:
1. rok: 24. veljače 2017.
2. rok (izvanredni): 28. lipnja 2017.
3. rok: 22. rujna 2017.

Predviđeni datumi obrane:
1. rok: 27.2. - 03.03. 2017.
2. rok (izvanredni): 30. 06. 2017.
3. rok: 25.9. - 29. 09. 2017.

Zadatak zadao:

Prof.dr.sc. Nedeljko Štefanić

v.d. predsjednik Povjerenstva:

Izv. prof. dr. sc. Branko Bauer

SADRŽAJ

SADRŽAJ	I
POPIS SLIKA	II
SAŽETAK.....	III
1. UVOD.....	1
2. TRENUTNO STANJE HRVATSKOG OBRAZOVNOG SUSTAVA	2
2.1. Lean menadžement i mogućnosti primjene na hrvatskim fakultetima	3
3. PAMETNA REVOLUCIJA	8
3.1. Industrija 4.0	8
3.2. Internet stvari	9
3.3. Model pametne tvornice.....	11
3.4. Novosti koje donosi industrija 4.0	13
4. PAMETAN FAKULTET	15
4.1. Pogledi na vodeće svjetske fakultete	16
4.2. Primjene pametnih tehnologija svjetskih fakulteta	17
4.2.1. MIT – Masachussetts Institute of Technology.....	17
4.3. CALTECH	21
4.4. Sveučilište Cambridge	22
4.5. ETH Zurich	23
5. MOGUĆNOSTI UVOĐENJA NA FSB	25
5.1. Pametne dvorane	25
5.2. Pametne učionice	28
5.3. Knjižnica/čitaonica.....	29
5.4. Studentska menza.....	33
5.5. Referada	36
5.6. Hodnici.....	38
5.7. Nastava.....	40
6. ZAKLJUČAK.....	42
LITERATURA.....	43
PRILOZI.....	44

POPIS SLIKA

Slika 1	Razvoj industrije [4]	8
Slika 2	IOT model [5].....	10
Slika 3	Vizija inovativnog, pametnog poduzeća [3].....	12
Slika 4	Pametna tvornica [3]	13
Slika 5	MyMIT prijava [7]	17
Slika 6	Prostor za individualno učenje [8].....	19
Slika 7	Prostor za grupno učenje [8]	19
Slika 8	Konferencijska soba [8].....	20
Slika 9	TEAL učionica [9].....	21
Slika 10	NMC učionica [10].....	22
Slika 11	Računaska učionica [13]	23
Slika 12	Pokazivač emisije ugljika [15]	24
Slika 13	B dvorana	25
Slika 14	Krila na prozorima B dvorane	27
Slika 15	Knjižnica	30
Slika 16	Čitaonica.....	30
Slika 17	Čitač iksice	31
Slika 18	Knjižnica Filozofskog fakulteta	32
Slika 19	Gužva u studentskoj menzi.....	33
Slika 20	Neiskorišten prostor unutar menze.....	34
Slika 21	Ulaz u studentsku menzu.....	35
Slika 22	Vanjski prostor menze.....	35
Slika 23	Prostor unutar referade	36
Slika 24	Prozor u prostoru studentske referade	37
Slika 25	Touchscreen-ovi	38
Slika 26	Glavni hodnik	38
Slika 27	Ekрани na glavnom hodniku	39
Slika 28	Papirnati putokazi.....	39
Slika 29	Hodnik iza A dvorane.....	40

SAŽETAK

Cilj ovog rada je predložiti prednosti lean i smart principa na Hrvatski obrazovni sustav, a kao primjer odabran je Fakultet strojarstva i brodogradnje. Principi su vrlo jednostavni i pokazivanjem dobre volje za uvođenje promjena napravljen je veliki korak u odnosu na sadašnje stanje.

Ključne riječi: lean, smart, fakultet

1. UVOD

U okviru ovog rada biti će obuhvaćene globalno priznate metode poboljšanja procesa u tvornicama i poduzećima te će spoznaje o istima biti primjenjene na fakultete.

Sustavi "smart factory" i "lean management" dokazano su poboljšali produktivnost u mnogim svjetskim poduzećima te ukoliko gledamo fakultet kao ustanovu koja "proizvodi" najbitniju komponentu za razvoj svakog društva - znanje, logički je pokušati unaprijediti taj sustav koji se stoljećima nije mnogo mjenjao.

Mnogo distrakcijskih faktora je prisutno u obrazovnim institucijama, a još više zabrinjava da se niti ne pokušavaju riješiti, no uz znanje o problemima te znanje o provjerenim metodama poboljšanja, završni rad će ponuditi impuls za unapređenje fakultetskih ustanova.

U drugom poglavlju prikazano je trenutno stanje hrvatskog obrazovnog sustava. Treće poglavlje prikazuje sve komponente pametne revolucije koja se trenutno događa u svijetu. Četvrto poglavlje opisuje pametne sustave koji se mogu primjeniti na fakultetima te primjere sa svjetskih sveučilišta. Primjena pametnih sustava na Fakultetu strojarstva i brodogradnje u Zagrebu opisana je u petom poglavlju. Na kraju rada nalazi se zaključak.

2. TRENUTNO STANJE HRVATSKOG OBRAZOVNOG SUSTAVA

Iako sistemi poput "lean managementa" i "smart faculty-a" ne mogu direktno poboljšati krvnu sliku Hrvatske kao zemlje znanja, mogu dati poticaj za potrebne promjene te sistematičniji pristup u rješavanju istih.

Pametna fakultet u svojem meritumu sadrži konstantu promjenu koja je u koraku s vremenom. Ta promjena nije nešto od čega treba zazirati već je treba što hitrije prihvatiti i promijeniti svijest o obrazovanju.

1970-te tek oko 3,6 posto stanovnika imalo je fakultetsku diplomu, a srednja škola bila je osiguratelj egzistencije te je to za to vrijeme bilo dovoljno jer je tržište rada bilo ograničeno[1]. Danas su se tržišta otvorila, globalizacija i tehnologija uzele su maha kao nikada do sada te se samo uz praćenje trenutnih i budućih trendova, može osigurati egzistencija.

Više od dvije trećine djece rođene 1994./1995. upisalo je fakultet što daje naslutiti da će dobar dio i završiti isti. Trenutan postotak ljudi sa diplomom u Hrvatskoj je 22% dok je prosjek Europske Unije 30%, a u najrazvijenijim zemljama poput Švedske taj udio raste do 40% [1].

U budućnosti će taj postotak sigurno rasti i biti će potrebno znati vještine koje tržište zahtijeva par godina unaprijed.

Ukoliko se na fakultetima podučavaju iste stvari i na isti način kao i onda kada je fakultet završavalo manje od četiri posto stanovnika dolazimo do zabrinjavajućih statistika prema kojima će tržište rada biti prenapučeno visokoškoloanim ljudima koji tek trebaju naučiti vještine 21. stoljeća.

Uzmemo li u obzir činjenicu da jedna godina školovanja studenta državu košta između 45 000 i 50 000 kuna i činjenicu da oko 40% studenata odustane od svoje izobrazbe dok i oni sa diplomom ne mogu naći posao, možemo zaključiti kako je sadašnja strategija obrazovanja u državi zabrinjavajuća i nedovoljno iskorištena.

Sama modernizacija fakulteta i gradiva taj problem ne može riješiti, ali ako se tom modernizacijom promjeni svijest kod budućih studenata, ako ih se uvjeri da će im stečeno znanje koje je u koraku s vremenom uistinu biti od pomoći pri pronalasku posla i rješavanju egzistencijalnih pitanja, ne samo riječima već i burzovnim pokazateljima, dogodit će se motivativacija studenta za daljnje školovanje.

Pozamašan broj studenata ne može ostvariti svoj obrazovni potencijal, ne iz razloga što nisu sposobni savladati gradivo, već iz razloga što im nedostaje motivacije. Pametan fakultet, uz potporu države, će problemu motivacije doskočiti na način da će profesore i studente približiti i pomiriti.

Pametan fakultet uzima u obzir činjenicu da se u periodu od 10 godina udvostučilo cjelokupno znanje čovječanstva te tome ne pristupa na rudimentalan način da se od studenta očekuje dvostruko više znanja, već baš suprotno, da se ne inzistira na stvarima koje pripadaju drugim vremenima.

Također pametan fakultet iskorištava sve prilike koje se pružaju za unaprijeđenje, kako sa tehničkog aspekta tako i sa znanstvenog, ali je donedavno bilo puno teže s obzirom da Hrvatska nije bila članica Europske unije.

2.1. Lean menadžement i mogućnosti primjene na hrvatskim fakultetima

Kocept "vitke" proizvodnje (*eng. Toyota production system – TPS*) potječe iz Toyote. Začetnici TPS-a su japanski inženjeri Taiichi Ohno i Shigeo Shingo koji su po uzoru na tada uspješnog Američkog proizvođača automobila, Henry Forda, kreirali novi pristup japanskoj proizvodnji [2].

Henry Ford je postigao visoku produktivnost i relativno male zalihe tako što je prakticirao kratke cikluse proizvodnje još u 1910-ima. Taiichi Ohno je bio zadivljen proizvodnom tehnologijom te je proučavao Ford i njihova postignuća, kako tržišna tako i u minimizaciji viškova ranih montažnih postrojenja.

TPS je predstavio nov način proizvodnje svojim u pravo vrijeme (*eng. just in time- JIT*) sistemom, sistem koji je do danas jedan od glavnih razloga zašto je vitka proizvodnja toliko uspješna. JIT kako sam naziv sugerira dostavlja potrebne dijelove točno onda kada su potrebni te time izbjegava skladištenja te minimizira troškove skladišta i dodatnog transporta [2]. S druge strane Tihog oceana, tradicionalni američki sistem proizvodnje je baziran na takozvanom "Serija i red" koceptu. Visoka proizvodnja, velike serije i dugački redovi koji ne donose dodatnu vrijednost konačnom proizvodu karakteriziraju ondašnji sistem proizvodnje. Takva tehnika razvila se iz ekonomije omjera, koja pretpostavlja kako pomična traka i vrijeme izgubljeno na izmjeni radnika nisu isplativi za male serije. Takav pristup tipično rezultira proizvodima niže kvalitete jer se defekti ne uočavaju sve do slijedeće operacije ili na finalnom proizvodu. Kada bi analogno proizvodnji automobila primjenili ove pristupe na

"proizvodnju" učenih ljudi, odnosno pokretača ekonomije, uvidjeli bismo da je situacija u Hrvatskoj puno sličnija onoj u tvornicama Forda, odnosno masovnoj proizvodnji, nego pametnijoj japanskoj proizvodnji. Uzmemo li za ogledni primjer Ekonomski fakultet u Zagrebu, vidimo kako proizvodnja ekonomista ne jenjava unatoč činjenici da ih je tržište puno te da mnogi od njih ne dobe posao za koji su se školovali.

Uz problem malog tržišta u Hrvatskoj za ekonomiste, nimalo olakotna okolnost su privatna ekonomska veleučilišta koja sve više konkuriraju državnom sveučilištu i ako se trend nastavi, uskoro će do posla dolaziti još i teže. Problem je u tome što država, a time i fakultet, ne prate trendove poput tvornice Forda, nije im bitno što će se dogoditi sa ljudima kada završe fakultet već im je bitno da što veći broj ljudi upiše isti. Zbog takvih i sličnih primjera, sve više mladih kvalitetnih ljudi mora tražiti posao u drugoj zemlji te sav uloženi novac pa i vrijeme postaje sredstvo napretka drugih zemalja.

Kada bi se podigla svijest o poslovima koji se traže, trendovima koji su na tržištu, točnije što se najviše traži od potencijalnog zaposlenika, sami studenti bi pametnije birali što će upisati i na što će se više fokusirati tokom studija. Bitno je spomenuti da je fakultet samo zadnja stepenica prije pronalaska posla te da se tim problemom treba pozabaviti cjelokupno školstvo, pogotovo ono u srednjim školama, u kojima se forsira jako široko ali isto tako jako plitko znanje. Znanje koje prije svega vrednuje učenje stvari napamet, koje se višestruko brže zaboravlja nego li se nauče.

Učenike srednjih škola se ne potiče na "razmišljanje" u punini te riječi, na kritičko gledanje na stvari. Nakon izlaska iz takvog sustava većini učenika "teški" fakulteti uopće nisu ni opcija jer ne znaju kako pristupiti problematici učenja, ne znajući da ukoliko se stvarno gradivo razumije, puno lakše se savladava nego neko drugo gradivo koje zahtijeva učenje napamet.

Lean menadžment naglašava male serije a time i protok jednog "komada". Izraz "povlačenje" (*eng. pull*) implicira kako se ništa ne proizvodi dok nije potrebno od strane krajnjeg korisnika, a pristup "napravi kako bi bilo naručeno" se koristi kada god je to moguće.

U nekim industrijama, poput one osobnih računala, napravi kako bi se naručilo (*eng. make to order – MTO*) pristup je postao njihov osobni poslovni model. 'Dell'ov model direktne prodaje brzo pretvara narudžbu klijenta u gotovo osobno računalo spremno za pošiljku. Inicijalno "povlačenje" na Dellovoj proizvodnoj traci jest sam poziv ili mail klijenta. Dellov model omogućuje obradu svakog proizvoda prema želji klijenta. Kada bi usporedili lean način vidjeli bi da iako bi "output" studenata bio nešto manji na fakultetima, no to ionako nije bitno ako je tržište rada pretrpano školovanim ljudima koji ne mogu do posla niti nakon više od 17

godina školovanja. Taj podatak je poražavajuć i sramotan. Školstvo u 17 godina nije sposobno napraviti osobu koja se može bez problema zaposliti, a država radno mjesto za iste. No to možda u kapitalističkom društvu ni nije posao države, da stvaraju radna mjesta samo kako bi se najvrijedniji resurs bilo kojeg društva zaposlio, ali zadatak školstva je da osposobi svakog svojeg polaznika pa i najproblematičnijeg, za život bez straha za vlastitu egzistenciju. Pametan fakultet, u sklopu pametnog školstva, osposobljava studente da sami preuzmu inicijativu i sami stvaraju radna mjesta, na način da njeguju samostalno razmišljanje što je suprotno od utabanih pristupa obrazovanju koji su se nebrojeno puta pokazali kao pogrešni. Upravo taj protok "jednog komada" i male serije, ne znači da se treba bazirati na malu skupinu studenata ili učenika unutar generacije, već da je svaki pojedinac drugačiji i da je nemoguće jednu generaciju studenata ili učenika gledati kao jednu veliku seriju, već kao skup manjih serija i pojedinaca od kojih svaki ima potencijala za nešto, a ne svi za isto. Zadatak eliminacije gubitaka (*jap. muda*) u vitkoj proizvodnji, točnije da sve aktivnosti koje se izvršavaju donose vrijednost, naziva se perfekcija. Napori usmjereni na smanjenje gubitaka se oblikuju putem kontinuiranog poboljšanja tzv. "kaizen" događaji te putem radikalnih poboljšanja tzv. "kaikaku". I kaizen i kaikaku umanjuju gubitke, no termin kaikaku se općenito koristi kada se preispituje sama srž procesa, točnije kreće se od samog početka tražiti nova rješenja [2].

Kako je perfekcija konačna destinacija, proces poboljšavanja je kontinuiran, nema kraja jer tehnologija stalno napreduje pa tako i mogućnosti poboljšanja. Svaki dan proveden u sustavu obrazovanja trebao bi doprinositi vrijednosti studenta ili učenika kada ga isti napusti. Nažalost dobar dio vremena na fakultetima, a posebno u srednjim školama otpada na aktivnosti koje ne doprinose na vrijednostima traženih vještina studenata po završetku školovanja. Nerealno je očekivati da se unutar dvije godine problem može riješiti, no ukoliko se krene sa kontinuiranim poboljšanjima, situacija nakon dvije godine mora biti bolja. Nakon četiri godine kontinuiranog poboljšanja sustav bi trebao izgledati drastično drugačije ukoliko se primjenjuju principi vitke proizvodnje, a time i kontinuirana poboljšanja. Mnogo puta u hrvatskom školstvu, ali i drugim neizmjerljivo bitnim segmentima društva, vladajući ne gledaju niti dan dulje od trajanja vlastita mandata, te drastične ali i neophodne reforme ne zaživljavaju. Vitka proizvodnja također zahtijeva smanjenje varijabilnosti u svakoj prilici, točnije ponovljivost rezultata, uključujući varijabilnost potražnje, varijabilnost proizvodnje te varijabilnosti od strane dobavljača. Varijabilnost proizvodnje ne obuhvaća samo kvalitetu

proizvoda već i vremena operacija. Vitka proizvodnja pokušava smanjiti varijacije vremena operacija ustanovljivanjem standardiziranih radnih procedura.

Varijabilnost dobavljača uključuje nesigurnosti u kvaliteti i vremenima pošiljki. Smanjenje varijabilnosti dobavljača se često ostvaruje preko partnerstva i drugih oblika kooperacija dobavljača i proizvođača.

Varijabilnosti u školstvu sežu od velike razlike prosjeka u selima i gradovima, do zahtijevanja različite količine znanja na različitim ispitnim rokovima. U tehničkom pogledu takav sustav je vrlo nestabilan i oscilacije rezultata su neminovne. Svaki stabilan, kvalitetan sustav, će davati slične rezultate sa odstupanjima unutar dopuštenih granica, bilo to do prolaznosti na ispitama ili prosjeka u osnovnim školama.

Često vitka proizvodnja smanji vremena do te mjere da MTO (eng. *made to order*) plan postane izvediv te uz to i dalje stigne na vrijeme do kupca. Čak i u slučaju kada je potreban napravi za skladište (eng. *make to stock*- MTS) pristup, smanjenjem vremena proizvodnje poboljšava se vrijeme popunjavanja skladišta, a time se smanjuje potreba za većim skladištima u mreži te su opskrbljivački lanac brži na odzivu narudbenih nesigurnosti [2].

Lean menadžment mora biti ukomponiran na svim razinama kompanije, pojedinačno poboljšanje može narušiti cjelokupnu ideju lean menadžmenta. Na primjer ako direktor nabave dobije nagradu za smanjenje troškova dijelova, a to smanjenje troškova ide na uštrb kvalitete onda cjelokupna filozofija leana nestaje. Računovodstveni sistemi koji mjere produktivnost pojedinaca ili odjela, mogu podupirati izradu dijelova iako nisu potrebni kako bi poboljšali sliku o istom. Menadžment kvalitete u lean proizvodnji prakticira koncept tzv. "*zero quality control*" (ZQC). ZQC uključuje otpornost na greške, inspekciju na izvoru (sami operateri pregledavaju svoj rad), automatizirana sto postotna inspekcija, hitro zaustavljanje operacija kada se greška nađe te osigranje kvalitete samog postavljanja sustava.

Tipično, inspekcije koriste ide- ne ide (eng. *go-no go*) jamstvo prije nego li dugotrajnije složene metode mjerenja. Smanjenje vremena se u prvom redu treba odnositi na smanjenje vremena prihvaćanja i implementacije poboljšanja te mora biti ukomponiran od samog vrha prema dolje. Svaki sustav pa tako i obrazovni, će u početku pružati otpor na promjene, iz tog razloga bitno je da promjene krenu sa više prema nižoj razini. Nakon dovoljno dugog vremena bez zaustavljanja poboljšanja, promjene će postati nova norma te će otpor prema istima nestati, a pojavit će se otpor prema inerciji, odnosno ne donošenju promjena. Jamstvo ide - ne ide moglo bi pri provedbi reformi koristit. Često se dešava da se zbog otpora prema pormjenama samo dio zamišljenih promjena ostvari te rezultati budu osrednji. Ide- ne ide

princip pristupa tome problemu sa dva moguća ishoda, sve se prihvaća ili se ne prihvaća uopće. Iako djeluje radikalno, situacija u kojoj se nalazi država je također radikalna i zahtijeva temeljite promjene.

3. PAMETNA REVOLUCIJA

3.1. Industrija 4.0

Naziv Industrija 4.0 predstavlja sinonim za četvrtu industrijsku revoluciju koja se temelji na kibernetičko-fizičkom proizvodnom sustavu tj. na modelu pametne tvornice. Termin Industrie 4.0 predstavljen je 2011. kao dio nove njemačke industrijske strategije na *Hannover Messe* [3].

Zapadna civilizacija prošla je kroz tri industrijske revolucije koje se mogu opisati i kao skokovi napretka u industrijskim procesima koji rezultiraju značajnim povećanjem produktivnosti procesa. Slika 1. prikazuje razvoj industrije tijekom godina.

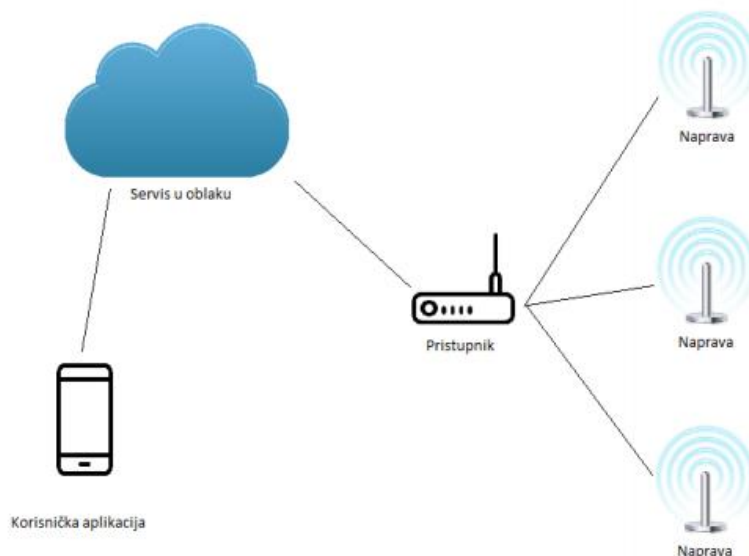
	1 st Industrial Revolution 1. Industrijska revolucija	2 nd Industrial Revolution 2. Industrijska revolucija	3 rd Industrial Revolution 3. Industrijska revolucija	Industry 4.0 Industrija 4.0
Power Snaga	Mechanization Uvođenje strojeva	Decentral mechanization Decentralizirani strojevi	Automation Automatizacija	Autonomy control Samostalno upravljanje
Principles Principi	Machine productivity Produktivnost strojeva	Taylorism/ scientific management Taylorizam / znanstveni pristup	TQM / Green and Lean Production TQM / Zelena i vitka proizvodnja	Smart Factory Pametna tvornica
Information Informacije	Analog communication Analogna komunikacija	Centralized control Centralizirano upravljanje	Decentralized networks Decentralizirane mreže	Cyber-Physical System Kibernetičko-fizički sustav
	1800	1900	1970	2015

Slika 1 Razvoj industrije [4]

Kao što je vidljivo sa slike, prvu industrijsku revoluciju karakterizira pojava mehanizacije, odnosno uvođenje strojeva u proizvodnju. Druga industrijska revolucija nastupila je pojavom podjele rada, pokretnih traka. To je bilo vrijeme masovne proizvodnje, a glavni principi su se temeljili na taylorizmu i centraliziranom upravljanju. S vremenom se proizvodnja odmicala od masovne prema pojedinačnoj, pojavom mikroprocesora dolazi do automatizacije proizvodnog procesa. Pojam vitke proizvodnje javlja se već 70-tih godina. Danas smo svjedoci 4. industrijske revolucije koju karakterizira samostalno upravljanje, koncept pametne tvornice te kibernetičko-fizički informacijski sustav. Novost koju donosi industrija 4.0 je integracija interneta stvari i interneta usluga u proizvodni okoliš.

3.2. Internet stvari

2000. godine na svijetu je živjelo 6 milijardi ljudi te je bilo 500 milijuna uređaja spojenih na internet. Tijekom 2008. godine kada je bila i organizirana konferencija u Francuskoj, *Internet of things – internet of the future* broj uređaja spojenih na internet je prvi put bio veći od broja ljudi na zemlji. 2011. ljudska populacija je dostigla broj od 7 milijardi, dok je broj uređaja spojenih na internet 13 milijardi. Nadalje, 2015. godine broj uređaja koji koriste internet je tri puta veći od broja ljudi na zemlji. Pojam *Internet of Things* (IoT) utemeljio je Kevin Ashton 1999. godine [5]. Britanski znanstvenik tada je u svom radu uočio ograničenje interneta u kojem većinu podataka stvara čovjek. *Internet of Things* sugerira da bi i uređaji mogli vršiti međusobnu komunikaciju pomoću vlastitih osjetila. U velikom broju današnjih uređaja su već ugrađeni senzori koji imaju mogućnost javljanja velikog broja informacija te slanja tih informacija putem interneta. U svojoj osnovi pojam IoT odnosi se na povezivanje svakodnevnih objekata/stvari na internet i/ili sa drugim uređajima s ciljem pružanja jednostavnijeg, preciznijeg i pametnijeg iskustva u korištenju ovih svakodnevnih uređaja. Konačna svrha IoT-a je olakšavanje svakodnevnih rutinskih i naprednijih radnji tijekom dana, na poslu ili kod kuće. Sustav IoT sastoji se od pametnih naprava kojima korisnik upravlja putem interneta. Tako, korisnik treba posjedovati neku vrstu aplikacije, npr. aplikaciju za pametni mobitel. Aplikacija ne mora komunicirati izravno s napravama, nego sa servisom koji upravlja napravama, te skladišti i obrađuje podatke s naprava [5]. Prikaz modela IOT prikazan je na slici 2.



Slika 2 IOT model [5]

Na slici su prikazani servis u oblaku, pristupnik za upravljanje napravama, tri naprave te korisnička aplikacija. Naprava je pametni uređaj kojime se može upravljati udaljeno. Pristupnik je uređaj koji povezuje naprave sa servisom u oblaku. Skuplja sve poruke iz lokalne mreže naprava te ih prosljeđuje servisu u oblaku. Također poruke sa servisa u oblaku prosljeđuje u lokalnu mrežu naprava. Servis u oblaku je servis koji obrađuje i skladišti podatke o napravama i pristupnicima. Za svaku napravu servis mora znati s kojim pristupnikom naprava komunicira te kakve poruke naprava može poslati i kakve poruke naprava može primiti. Sve poruke i podatke koje je naprava poslala ili koji su napravi poslani, servis sprema u bazu podataka. Servis u oblaku sadrži i podatke o korisnicima i korisničkim aplikacijama. Korisnička aplikacija je aplikacija pomoću koje korisnik upravlja napravama. Naprave komuniciraju s pristupnikom, šalju mu poruke ili poruke primaju od njega. Pristupnik komunicira sa servisom u oblaku. Korisnička aplikacija ne komunicira izravno s napravama niti s pristupnikom, nego sa servisom u oblaku.

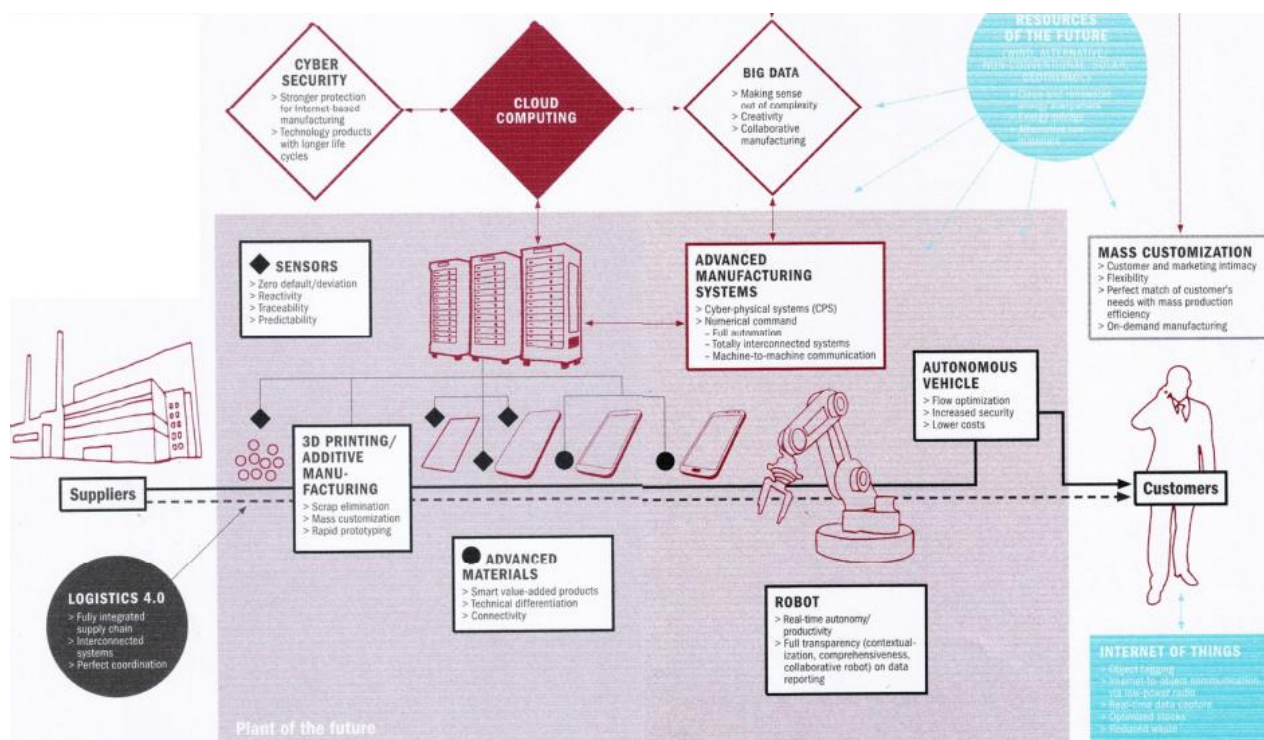
Novi europski istraživački program *Horizon 2020* navodi informacijsku i komunikacijsku tehnologiju kao glavni temelj za razvoj novih usluga i platformi. Polje informacijske i komunikacijske tehnologije orijentira se na razvoj novih komponenti i sustava i razvoj Interneta budućnosti. IoT će pridonijeti razvoju mnogih novih usluga koje su podržane platformama Interneta stvari. Glavni izazovi programa *Horizon 2020* koje definira Europska komisija su: održivi razvoj i optimalna potrošnja energije, definiranje novih tehnologija u prometu ljudi i roba, razvoj tehnologija za upravljanje poljoprivrednom proizvodnjom koja će

biti prilagođena ljudskim potrebama, sigurnost interneta te razvoj novih metoda liječenja i dijagnostike pacijenata. Svi ovi izazovi pokušavaju poboljšati kvalitetu života cjelokupnog društva. Usluge koje pruža IoT možemo podijeliti u tri skupine: usluge koje omogućuje pametna okolina, usluge vezane uz zdravstvo i usluge usmjerene na korisničko konzumiranje informacija.

Upravo na temelju Iot-a uspostaviti će se globalne mreže koje će obuhvaćati strojeve, proizvodne i skladišne objekte u formu virtualno-fizičkog sustava (*eng. Cyber-Physical System - CPS*). Industrija 4.0 i pametna tvornica uklapaju se u IoT te se povezuju i s ostalim pametnim tehnologijama iz svojih okruženja.

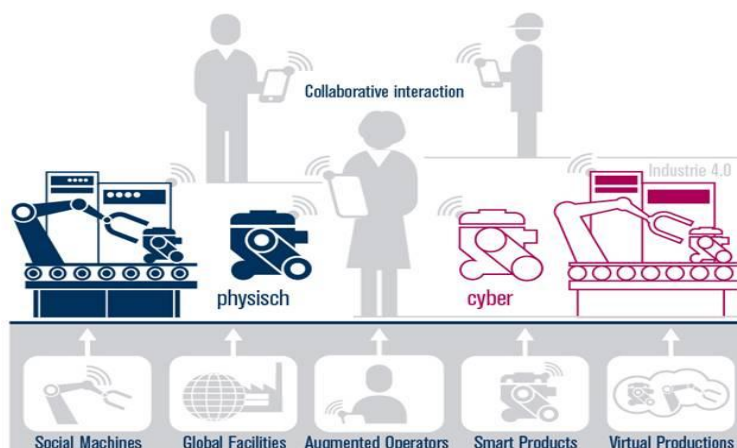
3.3. Model pametne tvornice

Osnovna karakteristika pametne tvornice je integracija raznih sustava na svim nivoima. U sustavu proizvodnih tehnologija, automatizacije i IT-a postoje horizontalna i vertikalna integracija koja vodi rješenju sa što manje posrednih slojeva. Horizontalna integracija označuje integraciju različitih podsustava, poput logistike, marketinga ili proizvodnje u različitim fazama planiranja proizvodnje bilo unutar firme ili između raznih firmi ili subjekata. Vertikalna ili hijerarhijska integracija omogućava visok stupanj integracije ICT-a kako bi se omogućio zajednički razvoj proizvoda, vođenje proizvodnje i proizvodnja[3]. Dakle, pametna tvornica se može definirati kao umreženi globalni sustav na mikrorazini s novim proizvodnim tehnologijama, novim materijalima i sustavima za obradu i pohranu podataka. Vizija inovativnog pametnog poduzeća za sljedeću generaciju proizvodnje može se predstaviti u sljedećim značajkama: vitka proizvodnja, fleksibilnost, agilnost, učinkovitost, korištenje nužnih informacija, jasna predviđanja i sigurnost što je prikazano na slici 3. Sve ove osobine rezultiraju dugoročnom održivošću.



Slika 3 Vizija inovativnog, pametnog poduzeća [3]

Kada se Industrija 4.0 svede na razinu jednog proizvodnog pogona ona omogućava umrežavanje svih elemenata, počevši od ulaznih vratiju, svjetala, grijanja, ventilacije, povezivanje strojeva pa sve do složenijih sustava poput zona skladištenja i komisioniranja. Omogućuje nam u svakom trenutku uvid u bilo koji od segmenata tog sustava pokrivenog umrežavanjem, brzim dijagnosticiranjem grešaka kao i nadzorom, mogućnosti izrade mnogo kvalitetnijih izvještaja na temelju kojih se mogu podnijeti daljnje proizvodne aktivnosti. Takav sustav ne služi da bi se iz pogona izbacio radnik već služi kao vrlo kompleksna informacijska podrška koja vodi i nadzire proizvodne djelatnosti kao što je to prikazano na slici 4.



Slika 4 Pametna tvornica [3]

Osnovni dio pametne tvornice su i pametni proizvodi. To su proizvodi koji znaju svoju povijest, trenutni status te alternativne pravce za dolazak do svog odredišta, odnosno znaju kako su proizvedeni i kako trebaju biti korišteni. Pametni proizvodi mogu komunicirati sa svojom okolinom, s robotima koji mogu očitati kako trebaju biti obrađeni, sa transportnim autonomnim vozilima te skladišnim objektima. Pametni strojevi i roboti su visoko autonomni, programirani u pravom vremenu. Imaju viši stupanj integracije što znači adaptaciju, komunikaciju i interakciju s okolinom. Također, u mogućnosti su raditi zajednički s ljudima na određenim zadacima [4].

3.4. Novosti koje donosi industrija 4.0

Industrija 4.0 donosi velike promjene u postojećem proizvodnom procesu. Nove značajke proizvodnje koju Industrija 4.0 nosi sa sobom su izrazita proizvodnja individualnih dijelova po zahtjevu kupca pomoću izrazito fleksibilnog proizvodnog pogona koji usko povezuje kupca s poduzećem kao i procesom stvaranja dodatne vrijednosti. Proizvodnja postaje visoko fleksibilna uz nisku cijenu, proizvodi se personaliziraju, tj. postaju visoko individualizirani i u uvjetima velikoserijske proizvodnje. Zatim, proizvode se manje serije uz brzu izmjenu proizvoda i veliki broj varijanti. Također, aditivne tehnologije zamjenjuju konvencionalne načine proizvodnje. Proizvodnja postaje skup inteligentnih postupaka i procesa koji proizvode inteligentne proizvode. Proces postaje potpuno umrežen što smanjuje gubitke u proizvodnji zbog bržeg uočavanja grešaka i zastoja. Poslovni modeli se također mijenjaju na način da se manjim proizvođačima daje prilika na globalnom tržištu, odnosno dolazi do fragmentacije

vrijednosnog lanca. Postaje ključno interdisciplinarno inženjersko razmišljanje kod zaposlenika. Dolazi do povećanja konkurencije te decentraliziranosti tržišta. Također, dolazi i do široke integracije kupaca i poslovnih partnera u procese stvaranja nove vrijednosti te u poslovne procese. U budućnosti će doći i do stvaranja tzv. hibridnih proizvoda, proizvodi koji nastaju povezivanjem proizvodnje i visoko kvalitetnih uslužnih djelatnosti [4].

4. PAMETAN FAKULTET

Pametani fakulteti prate trendove u tehnologijama te ih pokušavaju što efikasnije ukomponirati u svoj korpus, točnije ide u korak s vremenom. Visokoškolske ustanove su se malo mijenjale tokom zadnjih desetljeća, no ipak je razlika osjetljiva. To nam govori da je sustav kao takav veoma osjetljiv. Cilj je, kao i u pametnoj tvornici, minimizirati potreban broj ljudskih operacija da se dođe do konačnog cilja. Iskorak s vremenom su napravili fakulteti poput FER-a i KIF-a koji na ulazima u svaku učionicu imaju uređaj koji registrira serijski broj studentske iskaznice te pohranjuje podatke iz koji se vidi prisutnost na nastavi i u koje vrijeme. No ipak najbolji primjer udarne modernizacije je Sveučilište u Rijeci koje je 2015. godine ukomponiralo super-računalo vrijedno 4,2 milijuna eura u svoj tehnološki opus. Tom investicijom Rijeka je napravila ogroman skok u odnosu na sva druga sveučilišta u ovom dijelu Europe u smislu prepoznatljivosti i potencijala te je prema potrebi u mogućnosti davati računalo na upotrebu znanstvenicima iz ovog dijela svijeta. Ovakve investicije samo mogu dalje poticati modernizaciju ustanova povlačenjem sredstava iz EU fondova. Projekti koji daju ovakav vjetar u leđa moraju postati prioritet svakog pametnog fakulteta.

Servisi poput "Studomata" također su ogledni primjeri modernizacije fakulteta. Oni dopuštaju "up to date" informacije o studentu i o samim kolegijima te su u stalnom odnosu tokom svojega studija. Također, stvari koje su do prije 10 godina bile nezamislive, poput literature i predavanja dostupne u svakom trenutku putem interneta, danas su neizostavni dio studiranja. Empirijskim spoznajama, ne teoretiziranjem, uviđamo kako je uvođenje nove tehnologije uvelike poboljšalo cjelokupni protok znanja i olakšalo snalaženje studentima.

Danas je to uobičajena praksa za sve fakultete, no prije desetak godina takvo što je bilo apstraktno i revolucionarno te je gledano sa skepticizmom. Možemo zaključiti kako će studiranje u slijedećih desetak godina također izgledati drugačije nego danas, pitanje je samo koliko brzo ćemo prihvatiti neizbježne promjene koje slijede. Pametan fakultet, poput pametne tvornice, uviđa važnost tehnologije u svojoj kompetitivnosti. Ne samo u ubrzanju protoka, što jest osnovni cilj svake tvornice, ubrzati proces stvaranja uz povišenje kvalitete procesa, nego i smanjenju utrošaka energije.

Pametani fakulteti jest moderan, efikasan, umrežen, fleksibilan i otvoren prema poboljšanjima te je u koordinaciji sa državnim tijelima preteča modernog i proaktivnog društva.

4.1. Pogledi na vodeće svjetske fakultete

Sveučilište u Zagrebu se trenutno nalazi na 651. mjestu na svjetskoj ljestvici sveučilišta (2016. godina) što je, uzmemo li u obzir činjenicu da je 2014. bilo na 601. mjestu, nezavidna pozicija [6]. Ta pozicija odnosi se na prosjek svih fakulteta u Zagrebu, te nije realno očekivati da sveučilište sa preko 50000 studenata, koje je javno i pokriva široku lepezu znanja, može konkurrirati manjim i privatnim sveučilištima poput MIT-a ili Caltech-a. No to ne znači da pojedini fakulteti unutar sveučilišta ne mogu usvajati ono najbolje od stranih sveučilišta. *Massachusetts Institute of Technology* je sveučilište srednje veličine samo manje od 12000 studenata od kojih je čak trećina stranih studenata te je samim time znatno lakše i brže uvoditi unaprijeđenja koja su omogućila da se zadnje tri godine nalazi na prvom mjestu svjetske rang liste [6]. S obzirom da je područje kojim se MIT bavi informatičke znanosti i prirodne znanosti te su nam ona zanimljiva za dalji uvid. Misija MIT-a je školovanje studenata u područjima koja su relevantna u 21. Stoljeću te još bitnije, stvoriti želju i sposobnost za mudar, kreativan i efikasan rad. Kao i kod MIT-a i kod *California Institute of Technology* misija je stvarati kreativne članove društva, te bi i hrvatskim sveučilištima to trebao biti jedan od glavnih ciljeva. Također na stranicama ETH Zuricha može se vidjeti kako oglašavaju svoju ustanovu kao idealno mjesto za kreativne sposobnosti. Nije teško povući poveznicu i zaključiti kako je upravo kreativnost zaposlenih i studenata glavni pokretač tih sveučilišta odnosno njihove prestižnosti.

Ugledna i moderna sveučilišta koja nisu privatna i na koje se Sveučilište u Zagrebu može ugledati su Cambridgea, ETH Zurich i *Ecole normale supérieure*. Cambridge je trenutno 4. sveučilište na svijetu a prije samo dvije godine bilo je čak drugo po redu [6]. Osnovano je 1209. godine te je jedno od najstarijih i najbogatijih povješću na svijetu. Iako se nalazi u zemlji u kojoj se ne gleda blagonaklono na strance, primjer je kako znanje ne poznaje granice jer od 18900 studenata čak 6700 njih su stranci (podaci iz 2016. godine) [6]. Sličnim podacima raspolaže i sveučilište u Zurichu koje na 19200 studenata ima 7200 stranih. Iako je jezik glavna prepreka u pridobljavanju stranih studenata, poražavajuća je činjenica da sveučilište koje postoji trećinu tisućljeća nema ni 2% stranih studenata.

Ecole normale supérieure u Parizu ima čak 43% stranih profesora, od kojih mnogi dolaze iz poslovnog svijeta te imaju iskustvo o uspjehu koje studenti mogu čuti iz prve ruke. Način upisa je drugačiji, nakon srednje škole, budući participanti moraju dvije godine ići na intenzivne pripreme, koje nisu ni u sklopu srednje škole ni u sklopu fakulteta, te će ih

pripremiti za prijamni ispit kampusa [6]. Samo studiranje je puno manje iscrpljujuće nego pripreme te se tokom studija studenti mogu baviti projektima više nego učenjem zbog vrlo opsežnog predznanja.

4.2. Primjene pametnih tehnologija svjetskih fakulteta

U ovom poglavlju biti će predstavljeni primjeri korištenja pametnih tehnologija na nekim od najcjenjenijih svjetskih sveučilišta - MIT-u, Caltech-u, Sveučilištu Cambridge te ETH Zurich.

4.2.1. MIT – Massachusetts Institute of Technology

Massachusetts Institute of Technology (MIT) je privatno istraživačko sveučilište u američkom gradu Cambridge, država Massachusetts. Do sada je iz njega izašlo 63 nobelovca te je jedno od američkih sveučilišta s najvećim fundusom za istraživanje [7]. MIT svojim studentima pruža visoko kvalitetno obrazovanje uz korištenje najnovijih tehnologija. Tako prilikom prijavljivanja na MIT studenti se prijavljuju na MyMIT aplikaciju. Aplikacija se prvenstveno koristi za online prijavu studija, a moguće se prijaviti i ako kandidat još nije siguran želi li studirati na MIT-u. Registracija je jednostavna, potrebno je samo ispuniti polja prikazana na slici 5.

*I am interested in:

*Year I would enter MIT:

*First/Given Name:

Preferred First Name (if different than first/given name):

Middle Initial:

*Last/Family Name:

Suffix:

*Gender: Male Female

*Date of Birth(MM/DD/YYYY):

*Citizenship:

- US Citizen
- US Permanent Resident (Green Card Holder)
- Non-US Citizen/Non-US Permanent Resident

Country of citizenship (other than US):

Slika 5 MyMIT prijava [7]

Za prijavu su potrebne informacije, prikazane na slici, zašto se kandidat prijavljuje te koje godine želi započeti studij. Zatim osnovne informacije, ime i prezime, spol i datum rođenja te država iz koje dolazi. Nakon prijave kandidat dobiva na e-mail adresu svoje korisniško ime i lozinku kojima se prijavljuje u aplikaciju. MYMIT služi za lakše praćenje statusa prijave kandidata, vrijeme i voditelja obaveznog intervjua, ali i za dobivanje informacija o događanjima na MIT-u. MyMIT se može usporediti sa sustavom koji koriste hrvatska sveučilišta, eduroam. Velika razlika je u jednostavnosti kreiranja računa, MyMIT račun se može kreirati u nekoliko minuta, na bilo kojoj lokaciji.

Na MIT-u je stvorena ideja globalne učionice. Želi se studentima omogućiti praćenje nastave gdje god se oni nalaze. Također, omogućuje se praćenje predavanja i studentima koji ne studiraju MIT. Platforma se naziva *MITOpenCourseWare* – OCV, a osnovna ideja je online objavljivanje materijala sa svih predavanja kako bi svima bili dostupni. OCV omogućuje predavačima drugih sveučilišta da poboljšaju način održavanja svojih kolegija, a studentima MIT-a dodatne materijale kao pomoć pri učenju. Također, omogućuje im i praćenje predavanja iz svojih domova, ako su kojim slučajem propustili predavanje. Studentima drugih sveučilišta ili osobama koje žele saznati nešto više omogućuje korištenje sadržaja za potrebe rješavanja nekih problema, uključujući održiv razvoj, klimatske promjene, ljudske bolesti itd. OCV je nastao 2000.godine, prije Facebook-a i youtube-a, a danas broji oko 200 milijuna posjetitelja kojima su dostupni materijali sa 2340 kolegija [7]. Glavna karakteristika ovog sustava je njegovo lako korištenje. Za preuzimanje materijala nije potrebna registracija, a studenti MIT-a bazu mogu pregledavati i preko šifre kolegija.

Na kampusu je studentima dostupno za korištenje veći broj knjižnica, a najveća je *Barker Library* koja studentima nudi prostor za učenje koristeći pametne tehnologije [8]. Studenti mogu koristiti čitaone 24 sata dnevno u kojima im se osigurava mirna okolina za učenje. Primjer prostora za individualno učenje prikazano je na slici 6.



Slika 6 **Prostor za individualno učenje [8]**

Osim stolova za samostalno učenje, koji imaju pregrade kako bi se onemogućilo međusobno ometanje studenata, na raspolaganju su i prostorije za grupno učenje što prikazuje slika 7.



Slika 7 **Prostor za grupno učenje [8]**

Prostorije prikazane na slici omogućavaju grupni rad studenata bez ometanja ostalih korisnika knjižnice. *Barker Library* opremljena je i modernom konferencijskom sobom, koja je prikazana na slici 8.



Slika 8 Konferencijska soba [8]

Konferencijska soba može primiti 15-18 ljudi, a koristiti se za prezentacije, video konferencije te grupno proučavanje online dostupnog materijala. Soba je opremljena 48-inčnim plazma ekranom, DVD/VCR uređajem, laptopom, bežičnim internetom te opremom za video- konferencije. Za korištenje ove sobe potrebna je rezervacija. Knjižnica posjeduje i online bazu materijala. Studentima su tako dostupne e-knjige gdje god se oni nalazili.

MIT ima tradiciju uređenja učionica koje ne kaskaju za razvojem tehnologije. Primjer takve učionice je *Technology Enabled Active Learning* – TEAL učionica koja je prikazana na slici 9, a predstavlja format podučavanja koji povezuje grupni rad studenata, laptop sa potrebnim podacima za svaki tim, prikazivanje vizualizacija i simulacija na ekranima laptopa i projektoru te interakciju između studenata i profesora.



Slika 9 TEAL učionica [9]

Korištenjem TEAL učionice želi se poboljšati interakcija između studenata i profesora. Student može u bilo kojem trenutku doći do profesora, uživo ili koristeći laptop. Zatim, razvija se i timski rad između studenata, a korištenjem digitalne tehnologije se studentu olakšava vizualizacija određenih prirodnih fenomena. Ove učionice koriste se najčešće za praktikume vezane uz magnetizam i elektricitet.

4.2.2. CALTECH

The California Institute of Technology – Caltech je američko sveučilište koje se nalazi u Pasadeni, Kalifornija. Svojim studentima, baš kao i MIT želi pružiti najbolje moguće obrazovanje pri čemu se također koristi pametnim tehnologijama. Studenti do novih znanja dolaze u računskim učionicama, a jedna takva je i *New media classroom*- NMC prikazana na slici 10.



Slika 10 NMC učionica [10]

Učionica se svakodnevno koristi za održavanje i snimanje predavanja, cjelodnevne radionice, grupni rad na istraživanjima, polaganje doktorata, držanje presica, video-konferencija ili prijenosa uživo. Može primiti 25 posjetitelja. Opremljena je videokonferencijskim sustavom sa dvije HD kamere, video kamerom na daljinsko upravljanje, dva plazma zaslona, 2 HD LCD projektora, dvije pametne ploče, bežičnim mikrofonom te sustavom za web prijenos uživo. Osim pametnih učionica, studenti pri upisu na Caltech dobivaju i 1GB prostora na odabranom web servisu. Tako Caltech koristi i IoT tehnologiju. Student može birati između *cloud* servisa, *dropbox*-a, *Onedrive*-a ili *Sharepoint*-a. Također, preko svoje lozinke dobivaju pristup i Caltechovom zajedničkom *Dropbox*-u na kojem mogu pronaći korisne materijale, te serveru *Filesender* preko kojeg mogu dijeliti datoteke do 1TB-a [11].

4.2.3. Sveučilište Cambridge

Sveučilište Cambridge, u mnogim se studijama svrstava među pet najboljih sveučilišta na svijetu te se ocjenjuje kao najbolje europsko sveučilište. Tako je, 2015. godine, u istraživanju studentskih iskustava, ocjenjeno kao najbolje na svijetu zbog dobro organiziranih kolegija, visoke kvalitete podučavanja te podučavanja u malim grupama [12]. Sveučilište, u suradnji s sveučilišnim informacijskim centrom (*University Information Services - UIS*) studentima pruža mogućnost korištenja računskih učionica za lakše stjecanje znanja [13]. Učionice su opremljene povezanim računalima (PC-windows/Linux sustavi te Apple Macintosh) na kojima su dostupni svi potrebni softveri, printerima i skenerima te se nazivaju *The Managed Cluster Service (MCS)*.



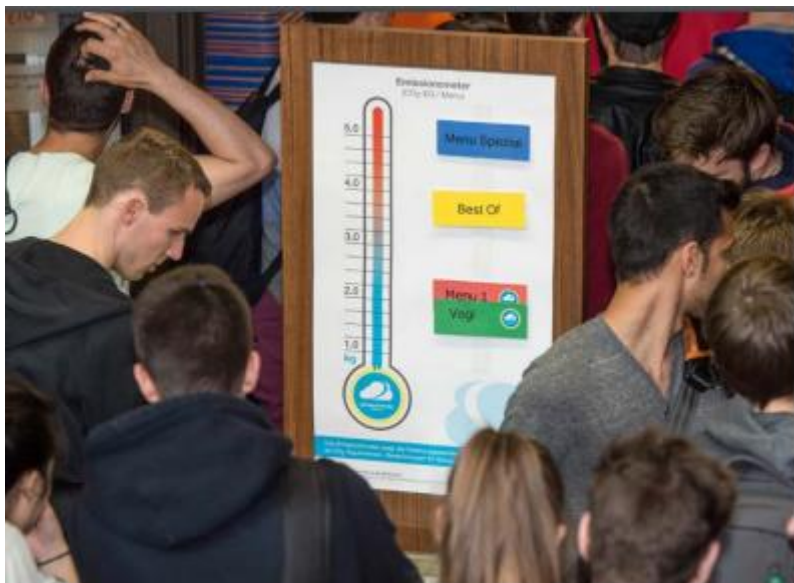
Slika 11 Računaska učionica [13]

Također, student se i preko svog osobnog računala može pristupiti MCS-u. Studentima se tako omogućava korištenje printera i skenera preko Managed print services – DS Print 24 sata dnevno, 7 dana u tjednu.

4.2.4. ETH Zurich

Eidgenössische Technische Hochschule ili ETHZ je švicarski federalni institut za tehnologiju te Sveučilište tehnologije, znanosti i menadžmenta sa sjedištem u gradu Zurichu. Predstavlja sedmo najbolje učilište na svijetu s 31 Nobelovom nagradom [14]. Knjižnica fakulteta je je najveća javna knjižnica tehničkog i znanstvenog područja u Švicarskoj te jedna od vodećih u Europi. Na svojim internet stranicama omogućuje centralno pretraživanje dostupne literature, a također ima i mogućnost dostave odabranih knjiga. Tako studenti, sa svojim fakultetskim korisničkim računom, imaju pristup širokom spektru znanstvene literature iz svog doma [14]. Na sveučilištu se velika pažnja posvećuje načinu podučavanja. Tako se, u suradnji profesora i studenata razvijaju inovativne ideje te stvaraju novi formati prijenosa znanja. Od strane rektora stvoren je i fond naziva *Innovendum* kojim se želi potaknuti razvoj inovacija vezanih za bolje obrazovanje i podučavanje. Svake godine, profesori i studenti prijavljuju svoje ideje, te se na taj način najbolje i ostvaruju. Tako je, 2014. razvijen sustav kojim se mjeri ugljikov otisak hrane koja se poslužuje u menzama sveučilišta [15]. Na projektu su radili zajedno, nutricionisti i studenti. Studenti su izračunali ugljikov otisak hrane koja je dostupna u menzama, a nutricionisti su sudjelovali u stvaranju jelovnika sa što manjim ugljikovim

otiskom. Posjetitelji menza preko pokazivača emisije koji je postavljen u menzi, mogli su vidjeti koliko koji meni utječe na ozonski omotač.



Slika 12 Pokazivač emisije ugljika [1°5]

5. MOGUĆNOSTI UVOĐENJA NA FSB

Samom činjenicom da je FSB ustanova poslije koje će povećati dio studenata stvarati novine, za očekivati je i konstantno poboljšanje mana ustanove prema prijedlozima koje daju sami korisnici. Tokom pisanja ovih jednostavnih prijedloga, za koja nisu potrebna izdašna sredstva nego samo dobra volja, osim svojih iskustava uzimao sam u obzir i probleme koje su mi izrekli sami djelatnici fakulteta. Zbog pretrpanosti poslom, uz relativno malu plaću, neka radna mjesta se niti ne mogu popuniti na duže vrijeme. Također subвенicije za opsežnije promjene dostupnije su nego ikada putem EU fondova. Kada bi se našla volja, posao bi se olakšao svima, a posebno samom osoblju fakulteta koji bi poput lean tvornice dobivao puno bolji omjer protočnosti i umora.

5.1. Pametne dvorane

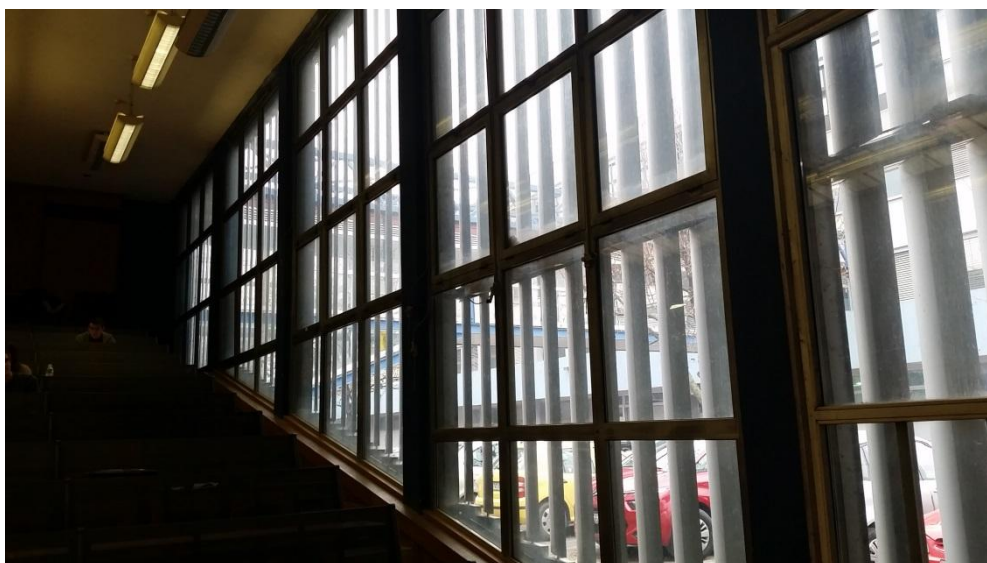
Dvorane na fakultetu su relativno dobre, no kako se moglo pročitati u uvodnom dijelu uvijek treba težiti prema boljem. Prvi problem, ujedno i najočitiji bile bi prekratke klupe, koje jedva da imaju mjesta za veliku bilježnicu, a kamoli još i knjige uz to. Iako se može dati argument kako je to iz razloga što se tamo drže predavanja pa niti nisu potrebne knjige, onda nije prihvatljivo da se u istima pišu ispiti. Primjera radi, u isto vrijeme se pišu ispiti iz termodinamike ili elemenata konstrukcija u dvoranama C,D i u učionicama poput S25 koja površinski ima 5 puta veću površinu radnog stola, neophodnu za sva dodatni materijal. Riješenja za problem kratih klupa je teže naći iz razloga što su nedavno dvorane restaurirane te svaki red klupa zauzima širinu jedne stepenice.



Slika 13 B dvorana

Ipak kao strojari moramo moći naći rješenje, a jedno od mogućih rješenja bi bilo fizičko skidanje gornjeg djela čelične pregrade i kratkih klupa te postavljanje klupa koje su petnaest centimetara dulje te postavljanje oko 5 centimetara više kako ne bi smetale studentima ispred te kako isti ne bi bili pogubljeni za vrijeme pisanja. Da se ne bi u potpunosti morale mjenjati pregrade koje ujedno služe i kao nosač stolica. Povećanjem radne površine uvelike bi se smanjila potreba za stalnim prekidanjem rada radi pronalaska potrebnog materijala te se koncentracija ne bi prekidala i rezultati bi sigurno bili bolji. Boljim rezultatima ne bi samo studenti profitirali već i sami profesori koji bi imali manji broj ponavljača, što bi značilo manji broj studenata, a time kvalitetniji satovi. Za primjer u dvoranama C i D za vrijeme vježbi iz kolegija matematika I (2015. godina) mnogi studenti su sjedili na stepenicama zbog preopterećenosti učionice studentima. Mnogi od njih odustali su od pohađanja vježbi nakon takvih uvjeta te je najednom dvorana bila podkapacitirana.

Slijedeći problem je takoreći umor koji je prisutan u dvoranama zbog velikog broja studenata i slabog protoka zraka, odnosno manjka kisika. Odsutnost kisika se fizički očituje u povećanim otkucajima srca koje pokušava većim protokom krvi nadoknaditi manjak kisika. Nedostatak kisika u mozgu negativno utječe na pozornost i koncentraciju, a sposobnost pamćenja i raspoloženje također mogu biti alterirani. Apstraktno razmišljanje i rješavanje novih problema postaju znatno otežani. Kako se zrak ponaša poput fluida, nije teško zaključiti kako dvorana A, okružena zidovima bez prozora, nema prirodni protok već se mora oslanjati na ventilacijske sisteme koji se ili ne koriste ili nisu dovoljne jačine. Problem ustajalog zraka, unatoč prisutnosti prozora, još je veći problem u B, C i D dvoranama iz kojih studenti izlaze iscrpljeni. Prozori se tokom zime ne mogu otvarati jer studenti do prozora riskiraju prehlade, te se i tom problemu treba doskočiti efikasnim ventilacijskim sistemom koji bi trebao ustajali zrak mijenjati onim svježim. Također, uređaji za mjerenje postotka ugljikovog dioksida (poput npr. Air CO2ntrol 3000 uređaj za mjerenje CO₂) bili bi postavljeni na dno učionice, jer je relativna atomska masa CO₂ veća od kisikove ili dušikove pa bi u prvim redovima nakošenih dvorana bila izraženija odsutnost kisika. Velik problem u B dvorani je također nedostatak svjetlosti unatoč velikim prozorima. Razlog tome leži u činjenici da su rolete gotovo uvijek zatvorene, a zid, unatoč pozitivnim efektima plave boje nije dovoljne svjetline da bi reflektirao svjetlost u zadovoljavajućoj količini.



Slika 14 Krila na prozorima B dvorane

Manjak prirodne svjetlosti ima sličan negativan učinak kao i manjak svježeg zraka, te bi se u B dvorani, ali i gdje god je to moguće, trebao povećati stupanj prirodne osvjetljenosti. U konkretnom slučaju to bi se moglo ostvariti izmjenom "krila" sa vanjske strane B dvorane transparentnijim rješenjem poput tankih zavjesa sa unutarnje strane. Zbog svoje debljine "krila" u potpunosti blokiraju svijetlost te učionica, uz već prije navedene nedostatke prirodne svjetlosti i svježeg zraka, djeluje demoralizirajuće na studente.

Opremanjem dvorana kamerama, te investiranje u mikrofone, bilo bi moguće snimati predavanja, te ista objavljivati na stranicama katedre ukoliko nešto studentima nije bilo jasno ili pak nisu bili u mogućnosti prisustvovati na nastavi. Takva praksa nije ništa novo na svjetskim fakultetima i drastično može poboljšati shvaćanje gradiva. Putem istih snimki profesori bi mogli obratiti pozornost na razne dijelove svojih predavanja te ih usavršavati. Putem foruma povezanih sa određenim zapisom predavanja, studenti će po potrebi moći jedni drugima pomagati oko gradiva, a predavač će imati uvid u forum i moći će dodatno pojasniti studentima nejasnoće.

5.2. Pametne učionice

Pametne učionice u prvom redu ne odvlače pozornost studenta od gradiva koje se obrađuje. Pod tim se misli na svaku distrakciju poput neurednog prostora (žice, neravne klupe), nemogućnosti jasnog uvida što se događa na ploči, nemogućnost jasnog slušanja predavača, spori kompjuteri. Predavaone sjeverne zgrade imaju problem neurednosti pa bi bile dobar kandidat za primjenu lean menadžmenta. Ta neurednost očituje se kroz žice projektora koje vise sa stropa u učionicama, žica kompjutera koje nisu pravilno zaštićene, opreme koja se ne koristi te samo zauzima prostor poput starih projektora, prostorija unutar učionica koje ničemu ne služe, a u njima se nalaze predmeti nebitni za studenta poput skija i stare neraspoređene dokumentacije te naporanati i neuniformni stolovi i stolice.

Takvi problemi jednostavno se mogu riješiti ukoliko postoji dobra volja. Žica projektora na 3. katu ima duljinu od 5-7 metara, a spušta se direktno iz projektora na radni stol predavača. Provlačenjem žice uz strop pa i zatim zid, prostor dobiva ozbiljnost i riješava se distrakcije, također i potencijalno opasne prepreke kretanju predavača ili studenta. Žice kompjutera također nisu dobro sanirane te cjelokupna slika učionice odaje dojam kao da je sustav tek nedavno postavljen. Također, i ovdje se problem može lako riješi spajanjem više žica plastičnim zavojnicama u jednu. U predavaonicama 1,2, i 3 nalaze se predmeti poput starih nekorištenih projektora i potrganih stolica koje samo zauzimaju prostor i čine ga vizualno skučenim. Uklanjanjem stvari i uređaja koji se ne koriste dobila bi se takoreći smirenost učionice. Ta ista smirenost dobila bi se poravnanjem klupa i stolica, lako postizivo ljepljenjem traka po podu koje bi ukazivale na predviđen položaj klupa.

Modernizacija učionica u sjevernoj zgradi trebala bi započeti nabavkom novih klupa i stolica, koje će imati držač za torbe kako ne bi bile na podu i smanjivale prohodnost. Učionice poput S25 su dobar primjer kako treba izgledati uredna pametna učionica. U njima se nalaze stolovi velike površine te je dobro osvijetljeno prirodnom svjetlošću, no problem predstavlja njihova duljina. U učionicama tipa S25 studenti koji se nalaze u drugom dijelu učionice imaju velikih problema sa praćenjem nastave zbog slabe vidljivosti i zato što normalan govor predavača ne dopire do njih. Ovom problemu dalo bi se doskočiti na isti način kao i u velikim dvoranama, postavljanjem zvučnika na sredinu i/ili kraj učionice na kojima bi se reproducirao govor predavača. Na taj način predavač ne mora trošiti glas, a studenti u prvim i zadnjim klupama mogu slušati normalan govor.

Također u tim istim učionicama nailazimo na problem vidljivosti koji bi se mogao riješiti postavljanjem ekrana na bočni zid, na sredini učionice koji bi uživo prenosio sliku kamere koja bi snimala događanja na ploči. Iako takvo što zvuči nedostižno radi inercije cijelog sustava, kada bi se samo u jednu učionicu tipa S uložilo novaca i modernizirala se, mogla bi se napraviti studija i donijeti odluka o tome treba li se sa ostalim učionicama napraviti ista modernizacija. Zadnje poboljšanje u prvoj fazi modernizacije FSB učionica jest modernizacija kompjutera u sjevernoj zgradi, na kojima se koriste softverska rješenja poput MS VisualStudio te SQL servera, a nemaju zadovoljavajuće hardverske karakteristike poput performansa samog kompjutera do dimenzija ekrana koji je 4:3, što se ne koristi unazad 10 godina. Ovaj problem rješava se objavljivanjem natječaja na koji će se prijaviti tvrtke sa hardverskim rješenjima.

Postavljanjem aparata za identifikaciju serijskog broja studentske kartice, potreba za popisivanjem prisustva na nastavi bi nestala, ali još bitnije mogao bi se koristiti prilikom ulaska i izlaska studenata iz prostorija nevezano za nastavu.

5.3. Knjižnica/čitaonica

Najbitnije mjesto za svakog studenta je ono na kojem može sa razumjevanjem razmijeti gradivo. Knjižnica FSB-a nema ni 50 sjedećih mjesta te ako uzmemo u obzir da na fakultetu samo preddiplomski studiji imaju preko tisuću studenata dolazimo do poražavajuće statistike. Sveučilište u Beču svojim studentima omogućuje cijelonočno učenje te mogućnost tuširanja u samoj ustanovi, a već prije spomenuti MIT ima na raspolaganju više prostorija u kojima je moguć rad u grupama. Knjižnica FSB-a nije dovoljno velika niti za jednu generaciju svojih studenata te je poražavajuća činjenica da se ispred fakulteta stavljaju avioni, a nije se u stanju studentima osigurati mjesto za učenje.



Slika 15 Knjižnica

Za grupno učenje predviđene su dvije čitaonice koje ukupno mogu zaprimiti do 70 studenata što je, uzmemo li u obzir da jedna grupa ima od 5 do 10 studenata, također nedovoljno.



Slika 16 Čitaonica

Smisao obrazovne ustanove je da student odlazi u nju po znanje i da je to mjesto na kojem se može vršiti sav rad vezan za obrazovanje.

U prostorijama u kojima se nalaze više od tri grupe studenata rad je gotovo nemoguć, što radi buke, što radi konstantne izmjene ljudi koji ulaze i izlaze iz prostorije. Ovaj problem mogao bi se riješiti liberalnijim dodjeljivanjem soba na fakultetu za koje se trenutno treba unaprijed najaviti, što nema smisla s obzirom da studenti ne znaju kakva će biti situacija u čitaonicama i

vrlo često tamo odlaze na dan kada nešto novo rade u sklopu kolegija te ako je taj dan sve relativno jasno neće odlaziti u čitaonice odnosno unaprijed rezervirane sobe. Postavljanjem već prije spomutih aparata za registraciju studentskih iskaznica, dodjeljivanje soba trebalo bi biti olakšano.



Slika 17 Čitač iksice

Studentima bi na web stranicama fakulteta bio ponuđen popis dostupnih učionica, odnosno raspored predavanja za svaku učionicu. Ukoliko se u određenom vremenskom periodu oslobodi učionica, student bi se preko svojih webmail adresa mogli upisati u rezervaciju. Provlačenjem svoje studentske iskaznice ili pak javljanjem na portu, ulaz bi im bio omogućen. Izlaskom iz prostorije, student bi ponovo provukao svoju iskaznicu te bi to označilo kraj njegovog ostanka u učionici koje bi bilo poprilično u skladu sa unaprijed dogovorenom registracijom. Također više ne bi snosio odgovornost za moguća oštećenja ako bi koja nastala nakon njegovog izlaska. Ukoliko bi se pojavila rezervacija sobe ali ne i student koji je rezervirao sa studentskom karticom, nakon deset minuta soba bi opet bila dostupna za rezervaciju. Takvim sistemom, centralna jedinica na portu bi imala jasan uvid tko i u kojem vremenskom periodu koristi koju učionicu te bi čak više nepovezanih studenata moglo rezervirati ne cijelu učionicu već zauzeti jedan, dva ili više stola za svoje potrebe dopuštajući

drugim studentima da naprave isto. Djelatnici na porti ne bi morali riskirati prekršaje dodjeljivanjem ključeva svojevrijedno, već bi u nekoliko sekundi mogli izvršavati izdavanje ključeva (ukoliko se aparat za očitavanje ne prilagodi mehanizmu otključavanja učionica). Takav sistem bio bi sličan onome posuđivanju literature u knjižnicama, samo što se u ovom slučaju radi o učionicama.

Pametna fakultet treba poticati grupno učenje, nikako otežavati, te osigurati svu potrebnu literaturu za što lakše savladavanje gradiva. S obzirom da je prostor najveći problem, odnosno manjak istog, poželjno bi bilo da se postigne konsenzus sa filozofskim fakultetom, odnosno njihovom knjižnicom te se jedan kat popuni strojarском literaturom i potakne studente na učenje u tom prostoru.



Slika 18 Knjižnica Filozofskog fakulteta

Kako je otprije poznato, Filozofski fakultet i FSB su u bliskom odnosu uzmemo li u obzir činjenicu da je menza FSB ujedno i menza FFZG. Svaki partnerski odnos ne smije biti jednostran pa ukoliko i dalje žele koristiti menzu FSB-a ,najmanje što mogu učiniti je ustupiti prostor za učenje studentima FSB-a kako je i studentima FFZG ustupljen prostor za prehranu. Tako bi pametan fakultet bio i umrežen sa drugim fakultetom i povećao bi svoje kapacitete. U budućnosti moguć bi bio i hodnik ili podhodnik koji bi direktno spajao FSB sa knjižnicom FFZGa.

5.4. Studentska menza

Studentska menza postaje velik problem, u vrijeme ručka dvostruko više ljudi stoji u redu nego li sjedi i jede. Uzmemo li u obzir činjenicu da pauze između predavanja traju 15 minuta nerealno je očekivati kako student može doći na red i u miru pojesti za manje od 15 minuta. Čest je slučaj da red pri drugom kraju prostorije ima točku infleksije te se ponovo vraća prema ulazu.



Slika 19 Gužva u studentskoj menzi

Dva su moguća rješenja koja bi ubrzala proces posluživanja hrane studentima. Prvi način je da se prema principima vitkog menadžmenta iskoristi sav potencijal prostora, odnosno dijela koji je predviđen kao "pizzeria".



Slika 20 Neiskorišten prostor unutar menze

Taj dio menze nije u zadnje 3 godine radio niti mjesec dana u komadu, a zauzima prostor. Čak i da ponovno krene u pogon, beneficije "pizzerije" daleko su ispod onih brže menze. Riješenje se nalazi u micanju ograde predviđene za oblikovanje reda "pizzerije" te postavljanje dvije nove blagajne za izdavanje racuna. Dvostrukim brojem blagajni i protok bi trebao biti duplo brži jer je na tom mjestu usko grlo.

Dvije dodatne blagajne mogle bi se po potrebi otvarati i zatvarati, ovisno o kojem se danu radi, jer primjerice petkom, studenti-putnici napuštaju Zagreb i ne odlaze u menze. Drugo rješenje bilo bi postavljanje blagajne za otkucavanje računa te blagajne za plaćanje, po modelu SC-a. U toj menzi, iako puno većem broju studenata manje se čeka, iako samo jedna osoba piše račun, a druga vrši naplatu. Razlog zbog kojega je brzina toliko veća jest unaprijed pripremljen novac studenta, koji ne plaća na licu mjesta već zna koliki mu je račun i shodno tome može pripremiti iznos. Djelatnici koji otkucavaju račun se mogu samo na taj dio posla bazirati i u tome biti brži jer ne moraju za svaki izdani račun primati i vraćati novac. Oba rješenja zahtijevaju nadogradnju menze, za prvo rješenje već je spomenuto, a za drugo bi se na izlazna vrata postavila blagajna pored koje se mora izaći, a pregraden ogradom ili pak rotirajućim stupićima nalazio bi se ulaz u menzu.

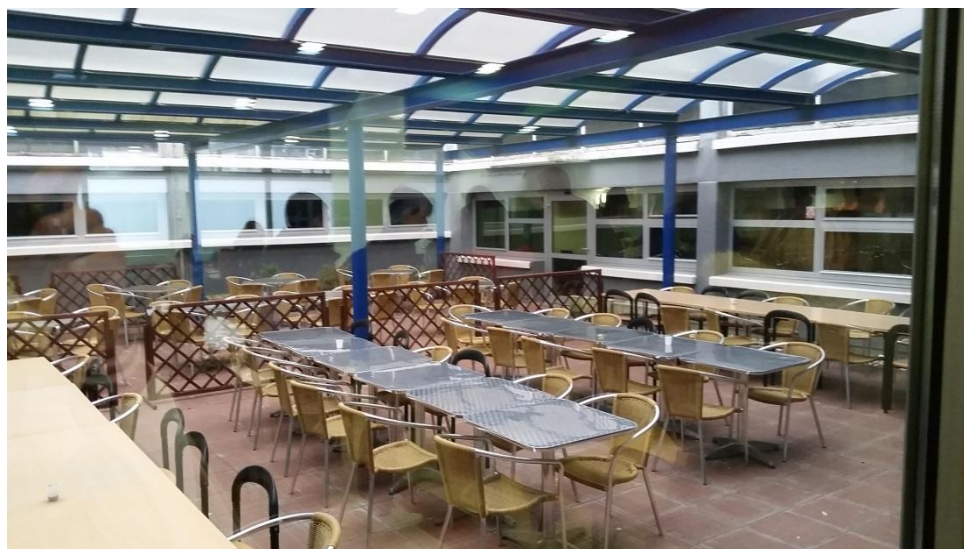
Isto tako prije samog ulaza u menzu nalazi se hodnik čiji bi se prostor mogao bolje iskoristiti.



Slika 21 Ulaz u studentsku menzu

Uvođenjem roitrajućih stupica, na stranicama fakulteta moglo bi se uživo pratiti koliko je ljudi ušlo u menzu. Razlikom broja izdanih računa i broja ulaska u određenom vremenskom periodu, mogla bi se dati aproksimacija vremena čekanja, a razlikom broja izdanih računa i plaćenih računa ,dostupnost sjedećih mjesta.

S obzirom na kritičnost situacije, mogućnost uvođenja obe promjene ne bi trebala biti isključena u samom početku. Također, bitno je spomenuti nedovoljan broj mjesta za sve studente koji dođu u menzu.



Slika 22 Vanjski prostor menze

Riješenje se nalazi u postavljanju električnih grijalica na terasu menze na kojoj bi tokom hladnijih dana studenti ipak ručati, ili ograđivanje plastičnim zidom tokom zimskog semestra.

5.5. Referada

Studentska referada prva je dodirna točka studenta i fakulteta. Godinama zanemarivani zahtjevi djelatnika na tom radnom mjestu rezultiralo je situacijom kakva je sada. Principi vitke proizvodnje u obzir uzimaju prijedloge za unaprijeđenje svih radnika, ne samo onih na višim pozicijama jer oni u ostalom često niti ne znaju s kakvim se problemima svakodnevno susreću ljudi na tim pozicijama. Rezultat takvog višegodišnjeg zanemarivanja jest da na referadi radi samo jedna osoba, a prijašnji radnici dali su otkaz iz razloga što je omjer plaće i uloženog rada neravnomjeran. Redovi koji nastaju prilikom početka semestra ne priliče modernom i pametnom fakultetu te su protrebne hitne promjene jer ukoliko i posljednji radnik da otkaz cijeli sistem će zakazati. Za primjenu lean principa nisu potrebna velika sredstva već samo prekid lanca inercije koji je godinama prisutan na najvišim pozicijama fakulteta. Potrebna su minimalno dva stalna radnika i po potrebi još 2 dodatna tokom udarnih termina odnosno na ukupno 6 mjeseci. Postoji ne iskorišten prostor koji se trenutno koristi kao mjesto za printer koji ne radi i mjesto na kojem drugi printer izdaje potvrde.



Slika 23 Prostor unutar referade

Na tom mjestu moglo bi se otvoriti novo radno mjesto, na kojem bi se mogli primati studenti, te bi se uvođenjem trećeg radnika protok studenata povećao za 300% u odnosu na sadašnju situaciju. Nije nužno da privremeni radnici budu vanjski suradnici obzirom na činjenicu da u računovodstvu radi čak dvanaest radnika te bi dio radne snage računovodstva mogao naučiti raditi potreban posao referade u terminima kada je referada preopterećena brojem studenata.

Primjenom ovih principa vitke proizvodnje, drastično će se poboljšati rad referade i sveopći dojam fakulteta ljudima koji će mu pristupati.

Kako bi mogli govoriti o pametnom fakultetu, potrebno je uvesti modernizaciju i digitalizaciju procesa. Prva faza jest uvođenje brojeva i ekrana iznad same referade te iznad stepenica, kako bi studenti mogli čekati svoj red sjedeći u hodnicima. Također prilikom uzimanja broja moguće će biti odabrati u koju svrhu je broj dodijeljen, te će na taj način dobiti aproksimaciju vremena u kojem će njihov broj doći na red. Moglo bi se uvesti i svojevrsni "chat" na stranicama referade na kojima bi se automatski objavljivali sljedeći brojevi te studenti ne bi morali sat ili više vremena provoditi čekajući svoj broj. Isto tako važna je obnova samog prostora referade, u kojem nailazimo na apsurdne prizore, poput čavala koji drže prozore, a njihovim zatajenjem tisuće dokumenata moglo bi biti ugroženo. Također ne mogućnošću otvaranja prozora, postotak ugljikovog dioksida postaje veći i postoji mogućnost onesposobljavanja radnika ili studenta u obavljanju svojih nauma.



Slika 24 Prozor u prostoru studentske referade

Također, *touchscreen*-ovi, točnije tri takva, izuzetno su nepraktični i oduzimaju veliku količinu vremena unošenjem studentske identifikacije i lozinke.



Slika 25 Touchscreen-ovi

Na njihovo mjesto bila bi postavljena tipkovnica i miš, koji bi znatno ubrzali taj proces, a *touchscreen*-ovi bi se primjenili u druge svrhe navedene u slijedećem podpoglavlju.

5.6. Hodnici

Hodnici su mjesta neiskorištenog potencijala. Najbolji primjer jest glavni hodnik koji ima jednu klupu do prozora, što znači da studenti mogu sjediti samo s jedne strane.



Slika 26 Glavni hodnik

Kada bi se ta ista klupa pomaknula na sredinu hodnika, broj studenata koji bi mogli sjediti na njoj bio bi dva puta veći. Ekрани na hodnicima nisu iskorišteni, prikazuju temperaturu i slične informacije koje nisu od značaja studentima.



Slika 27 Ekрани na glavnom hodniku

Na njima bi se mogli prikazivati informacije poput rednog broja za referadu ili druge informacije relevantne fakultetu. Također, oglasne ploče bi se mogle prikazivati na ekranima, umjesto iza staklenih pregrada na papiru. Na taj način bi profesori, direktno iz svojih prostorija objavljivali popise sjedenja, te iste uklanjali putem kompjutera.

Umjesto papirnatih putokaza, zaljepljenih na zidove, mogao bi se instalirati *touchscreen* na ulazu u svaku od fakultetskih zgrada (sjeverna, istočna i južna zgrada).



Slika 28 Papirnatih putokazi

Na njemu bi se odabrao tip učionice (laboratorij, dvorana, predavaona, pc lab itd.) a zatim i broj te bi virtualnim putokazom prikazali put do svake od tih prostorija. Svakako ne bi bilo na odmet da se i vizualno moderniziraju hodnici koji su dizajnirani u stilu kasnih osamdesetih, pogotovo oni u sjevernoj zgradi, koji zbog manjaka svjetlosti daju turobnu atmosferu. Klupe postavljene u južnoj zgradi kraće su od stolova te bi i njima dobrodošao zaseban izvor svjetlosti.



Slika 29 Hodnik iza A dvorane

5.7. Nastava

Nastava je ključni element svakog obrazovnog sustava te kao takva treba težiti lean principima i stalno se poboljšavati. Mnogi profesori ne žele uzimati u obzir primjedbe na račun svojih principa održavanja nastave, koje dolaze putem anonimnih anketa, iz razloga što su uvjereni da znaju bolje od samih studenata što njima treba. Mnogi studenti također ne daju konstruktivne primjedbe već samo uočavaju što ne valja i misle kako to ne mogu promijeniti te niti ne pokušavaju. Prvi korak u poboljšavanju nastave bila bi obavezna anketa koja bi se za svaki predmet anonimno morala ispuniti pri davanju zahtijeva za upis ocjene u indeks. Na taj način će nositelj predmeta i uprava fakulteta kontinuirano dobivati povratnu informaciju o radu predavača, demonstratora, asistenata i samog ocjenivača na kraju. Takav upitnik ne bi samo ocjeivao djelatnike zadužene za taj kolegij po principu od 1 do 5 , već bi postojala rubrika pod nazivom prijedlozi te rubrika pod nazivom primjedbe , sve to naravno anonimno. Takvim upitnicima mogli bi se postići ogromni napredci za buduće generacije, a najbolji predavači i asistenti mogli bi na kraju godine dobiti javno priznanje za svoj rad, odnosno nagradu. Kao i kod svake promjene, otpor djela zaposlenih bit će prisutan, te će moći

zatražiti izuzeće od ankete prve godine od uvođenja ,no već iduće svi bi trebali biti obuhvaćeni anketom. S obzirom da je prosvjetiteljstvo financirano novcem poreznih obveznika, isti imaju pravo znati kakvu kvalitetu obrazovanja financiraju. Mnogi će pomisliti da je to način "ucjene" no ta pretpostavka je pogrešna i suprotna od konačnog cilja ,a to je poboljšanje obrazovnog sustava lean principima. Ovakva anketa neće utjecati na težinu kolegija odnosno gradiva ,već na kvalitetu predavanja. Također bilo bi dobro da se razmotri davanje trećeg upisa studentima sa više od 180 ECTS-a ili uvođenje vanrednog studija iz razloga što se oduzimanjem prava tim studentima, studiranje produljuje za čak 2 godine ili više. Razlog tomu je što FSB ima jedinstven program u trajanju od tri i pol godine, dok sveučilišta u Splitu, Rijeci i Osijeku imaju program 3+2. Nakon što student izgubi prava sa više od 180 ECTS bodova, mora pričekati zimski semestar odnosno pola godine, nadoknaditi predmete koje nije polagao u Zagrebu, položiti predmet radi kojeg je izbačen te ponovo čekati ljetni semestar kako bi se vratio nazad u Zagreb. Gubitak vremena radi jednog predmeta je izuzetan te je malo reći kako je kazna za ne polaganje predmeta drakonska. Svima je jasno da studenti daju svoj maksimum kako bi položili taj jedan predmet o kojem mu ovisi izuzetno puno vremena i novaca. Mnogi studenti pomišljaju i o odustajanju od sveukupnog školovanja zbog megalomanskih troškova koje takvo izbacivanje ,koje nije ni kolegijalno ni pošteno, donosi. Studenti koji su vrhunski sportaši bivaju izbacivani, a studenti sa vezama u zdravstvu koji putem ispričnica i unaprijed isplaniranih planova manipulacija statutom fakulteta ostaju na Sveučilištu u Zagrebu. Ovakav primjer razlog je zašto će budući vrhunski sportaši koji su upoznati sa ovom situacijom razmotriti odlazak na studiranje u države poput SAD-a gdje će im i stipendija biti znatno veća. Ljudi koji žele pomoći društvu najbolje kako znaju bivaju tlačeni te im se pri kraju studija čini kako njihovo zalaganje nije primjećeno ni cijenjeno u njihovoj državi. Uvođenjem vanrednog studija , studenti ne bi morali niti slušati predavanja ako već imaju potpis, te bi se samo pripremali za nadolazeće rokove. Odnos pojedinih predavača prema studentima ,poput onih sa katedre za elemente konstrukcija, izmiče kontroli te uvidamo nezapamćenu samovolju pojedinaca, koji bi uvođenjem ankete profitirali uviđanjem svojih grešaka te promjenom pristupa. Protuargument onih koji se pronalaze u prozivkama biti će onaj da 20% studenata radi 80% problema, no isto tako može se reći kako 20% predavaca radi 80% problema studentima. Takva pat pozicija može se riješiti samo komunikacijom putem predloženih anketa prije zahtjeva za upisivanjem ocjene. Kontinuiranim poboljšavanjem programa moguće će biti fabricirati fakultet koji će biti najbolji u Hrvatskoj.

6. ZAKLJUČAK

Razumijevanjem i primjenom lean i smart principa moguće je kontinuirano poboljšavati obrazovne institucije, a preteća će biti Fakultet strojarstva i brodogradnje u Zagrebu. I najmanja poboljšanja, u dovoljnoj kvantiteti, rezultiraju velikim promjenama nabolje. Kako se obrazovne institucije nisu mijenjale u koraku s vremenom, došli smo u nezavidnu situaciju te je Sveučilište u Zagrebu u zadnje dvije godine doživilo znatan pad u kvaliteti na globalnoj ljestvici. Administrativne procedure guše kreativnost svih koji sudjeluju u procesu obrazovanja. Ukoliko bi se podigla svijest o lakoći promjena te se krenulo makar i od najmanjih, sustav bi dobio zamah te bi se uvođenje poboljšanja događalo eksponencijalno. Kako je cilj lean proizvodnje što veća efikasnost i kvaliteta sustava, tako bi i ciljeve obrazovnih institucija mogli poistovijetiti sa proizvodnjom.

Takav cilj teško je ostvariti zbog mentaliteta koji vlada no slikom FSB-a kao primjerom beneficija promjena moguće je pokrenuti kritičnu masu potrebnu za primjenu ovih principa na svim obrazovnim institucijama.

Druga bitna stavka ovog rada jest smart dimenzija budućih fakulteta. Svaku novu tehnologiju bitno je što bolje i kvalitetnije ukomponirati u opus fakulteta, a ta tehnologija je još na početku milenija bila digitalizacija, odnosno dostupnost podataka. Smart principi idu ruku pod ruku sa lean principima iz razloga što poboljšavaju protok podataka a time i efikasnost i kvalitetu cijelog sustava. Ne smijemo se zavaravati kako vizionarska sveučilišta ne ukomponiravaju ove principe u svoje redove te ukoliko ne krenemo odmah sa njihovom primjenom naći ćemo se na još lošijem mjestu konkurentnosti sveučilišta u svijetu.

LITERATURA

- [1] <http://www.jutarnji.hr/vijesti/hrvatska/europsko-istrazivanje-porazni-rezultati-skolstva-hrvatske-srednje-skole-gore-su-i-od-srpskih-i-slovenskih/925175/>
(pristuljeno: 25.10.2016.)
- [2] D. Edward, A. Maleyelf, J. Maleyelf. *The integration of lean management and Six Sigma*. Lally School of Management & Technology, Rensselaer Polytechnic Institute Hartford. Connecticut, SAD.
- [3] J. Perić. *Industrija 4.0*. Predavanja. FSB. Zagreb.
- [4] <http://insent.fesb.unist.hr/index.php/hr/o-projektu> (pristuljeno: 12.11.2016.)
- [5] https://iotcomicbook.files.wordpress.com/2013/10/iot_comic_book_original.pdf
(pristuljeno: 12.11.2016.)
- [6] <https://www.topuniversities.com> (pristuljeno: 5.12.2016.)
- [7] <https://ocw.mit.edu/index.htm> (pristuljeno: 5.12.2016.)
- [8] <https://libraries.mit.edu/barker/about/> (pristuljeno: 5.12.2016.)
- [9] <https://icampus.mit.edu/projects/teal/> (pristuljeno: 5.12.2016.)
- [10] <http://www.amt.caltech.edu/facilities/nmc> (pristuljeno: 5.12.2016.)
- [11] <http://www.imss.caltech.edu/node/941#comparison> (pristuljeno: 5.12.2016.)
- [12] <http://www.undergraduate.study.cam.ac.uk/courses/facilities-and-resources>
(pristuljeno: 5.12.2016.)
- [13] <http://help.uis.cam.ac.uk/devices-networks-printing/managed-desktops/mcs>
(pristuljeno: 5.12.2016.)
- [14] <https://www.ethz.ch/en/campus/libraries-collections-and-archives/libraries.html>
(pristuljeno: 13.12.2016.)
- [15] https://www.ethz.ch/content/dam/ethz/main/eth-zurich/nachhaltigkeit/Berichte/Nachhaltigkeitsbericht/ETHzurich_Sustainability_Report_20132014web.pdf (pristuljeno: 13.12.2016.)

PRILOZI

I. CD-R disc