

Nekateri tehnološki izzivi Industrije 4.0

Niko HERAKOVIČ

■ 1 Uvod

Industrija 4.0 (I 4.0), pametne tovarne, pametni izdelki itd. so v zadnjem času tema, o kateri se veliko razpravlja na različnih nivojih družbe v Evropi. Proizvodni procesi, ki bodo krmiljeni s pametnimi mrežami in pametnimi sistemi, bodo imeli v prihodnje velik vpliv na naše življenje in na družbo v celoti. Pametna proizvodnja bo vodena s pomočjo inteligentnih programskih orodij, ki bodo povezana s pametnimi orodji in stroji ter napravami.

O Industriji 4.0 smo začeli v zadnjem času veliko govoriti tudi v Sloveniji. Pametne tovarne so postale celo eden od stebrov Strategije pametne specializacije (SPS), ki jo je sprejela slovenska vlada in jo bo v kratkem začela izvajati. Mnogi strokovnjaki poskušajo napovedovati rezultate 4. industrijske revolucije, ki se nezadržno bliža in nas osvaja, ne da bi se tega dobro zavedali. Seveda pri tem obstaja nekaj razlik med Evropo in ZDA ter prednosti in slabosti na obeh straneh.

■ 2 Industrija 4.0 in SMLC

Industrija 4.0 je nemška državna iniciativa, ki se je začela leta 2010, prvič pa je bila javno omenjena leta 2011 na Hannoverškem sejmu. Od takrat je nemška vlada to iniciativo spremenila v strategijo za nemška podjetja in državo kot celoto. Leto dni kasneje, leta 2012, je delovna skupina predstavila nemški vladi izhodišča in predloge za implemen-

Prof. dr. Niko Herakovič, univ. dipl. inž., Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo

tacijo strateške iniciative Industrija 4.0. Glavni cilji te strategije so fokusirani v ustvarjanje pametnih izdelkov, postopkov in procesov ter pametnih tovarn.

Čeprav izraz Industrija 4.0 izven Evrope ni preveč znan, je bila podobna iniciativa sprožena tudi v ZDA. Imenuje se Smart Manufacturing Leadership Coalition (SMLC), njen glavni cilj je sodelovanje med poslovnimi subjekti in pametno proizvodnjo v raziskovalnorazvojno orientirani industriji, da bi povečali globalno konkurenčnost. Glavne razlike med obema iniciativama so strnjeno prikazane na *sliki 1*. Povzema lahko, da je pobudnica strategije 4.0 nemška vlada, iniciative SMLC pa velike multinacionalke.

■ 3 Stanje v Evropi

Nemško strategijo I 4.0 so povzele in podprle vse članice Evropske unije, Evropska komisija pa jo v okviru evropskega raziskovalnega pro-

grama Horizon 2020 tudi finančno podpira z razpisi.

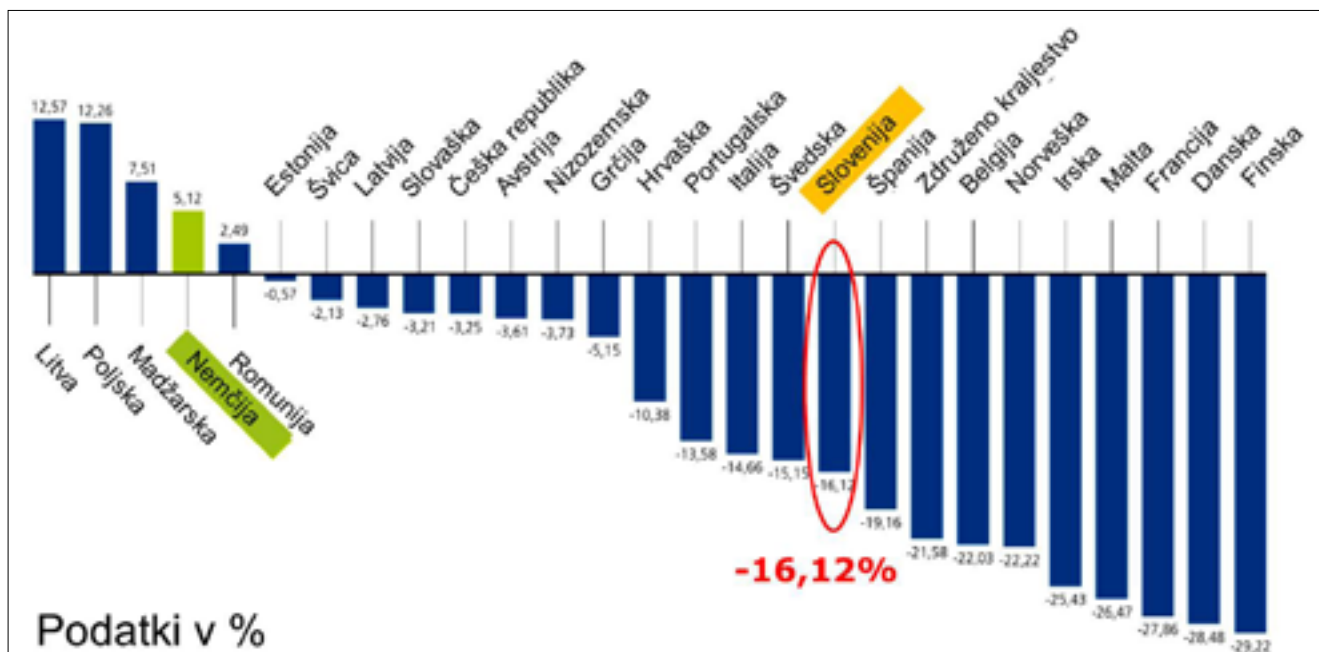
Glede na raznovrstnost in različno gospodarsko moč nekatere države Evropske unije strategijo Industrija 4.0 bolj zavzeto podpirajo in uresničujejo kot druge. To je povezano tudi z deležem industrije v bruto domačem proizvodu (BDP). Na *sliki 2* sta prikazana rast in padec deleža industrije v BDP v članicah EU v letih 2001–2012 [2].

Z grafa na *sliki 2* je očitno, da je v EU le nekaj držav, med njimi predvsem Nemčija, ki jim je uspelo povečati delež industrije v BDP-ju. V Sloveniji se je ta delež zmanjšal za nekaj več kot 16 %. Ta podatek je lahko tudi eden od pokazateljev za to, katere države gojijo srednje- in visokotehnološka industrijska področja in so zato bolj zanimive za vlaganja podjetij.

Kljub temu je Slovenija kot članica EU in kot država, ki je gospodarsko tesno povezana z nemškim gospo-

Ključni avtorji	Nemška vlada	Velike multinacionalke
Glavni deležniki	Vlada, akademija, biznis	Biznis, akademija, vlada
Taksonomija revolucij	Štiri revolucije	Tri revolucije
Podporne platforme	Vladna industrijska politika	Odrpto članstvo, neprofitni konzorcij
Sektorski fokus	Industrija	Proizvodnja, energija, transport, zdravstvo, mesta, kmetijstvo...
Tehnološki fokus	Koordinacija dobavne verige, vgradni sistemi, avtomatizacija, roboti	Komunikacija med napravami, tok podatkov, krmiljenje naprav in integracija, predvidiva analitika, industrijska avtomatizacija
Celostni fokus	Strojna oprema	Programska in strojna oprema, integracija
Geografski fokus	Nemčija (vedno bolj tudi EU)	Globalni trg
Korporativni fokus	SME-ji	Podjetja vseh velikosti
Optimizacijski fokus	Optimizacija proizvodnje	Optimizacija dobička
Standardizacijski fokus	Po agendi	Priporočila organizacijam za standarde
Ekonomski pristop	Normativna ekonomika	Pozitivna ekonomika
Splošni poslovni pristop	Reaktivni	Proaktivni

Slika 1. Primerjava I 4.0 in SMLC [1]



Slika 2. Primerjava I 4.0 in SMLC [2]

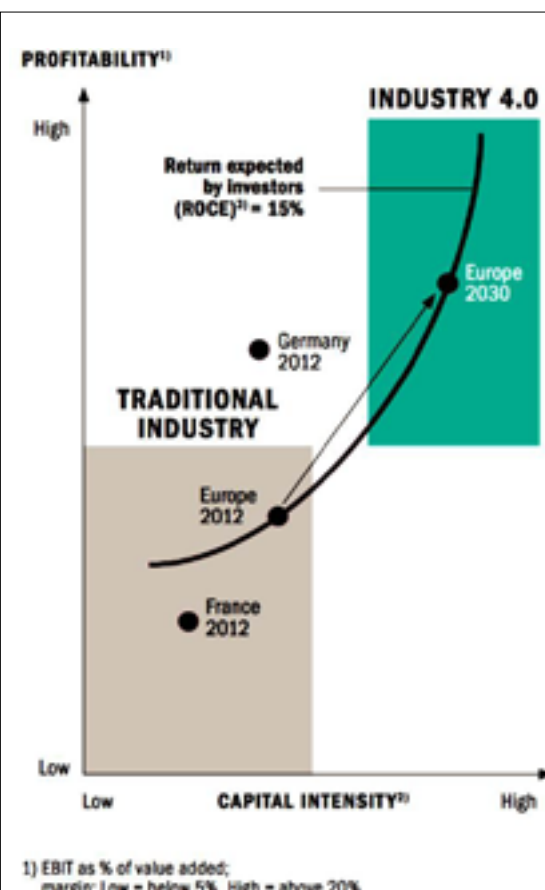
darstvom, tudi sama na neki način sprejela to strategijo I 4.0 in jo integrirala v lastno Strategijo pametne specializacije (SPS), ki jo bo začela uresničevati že letos. Njen cilj je ustvariti kritično maso znanja s

povezovanjem in tako doseči tehnološki preboj in posledično dvig dodane vrednosti.

Kot je prikazano na sliki 3, je zaradi uresničevanja strategije I 4.0 pričakovano močno povečanje profitabilnosti oz. EBIT-a v EU do leta 2030, in sicer proti 20 %. Pri tem je treba omeniti, da je imela Nemčija že leta 2012 visoko profitabilnost in bo to še povečala, kar nakazuje tudi preglednica na sliki 4. V Sloveniji lahko vsaj upamo, da nam bo strategija SPS resnično omogočila povečanje profitabilnosti, vendar sta zelo po-

membna način in dobronamernost njenega izvajanja.

Tudi evolucija in perspektive razvoja načina proizvodnje kažejo na to, da bo do leta 2030 način proizvodnje popolnoma drugačen kot danes. Bližnji začetki bolj poglobljene optimizacije proizvodnih procesov z uvažanjem LEAN-a segajo nedaleč nazaj in predstavljajo osnovo te optimizacijske poti. Kakšnih deset let nazaj je bila sprejeta nova paradigma Manufuture kot nekakšen odgovor na vse bolj agresiven nastop Kitajske na svetovnem trgu in na selitev podjetij



Slika 3. Pričakovana profitabilnost evropske industrije do leta 2030 [3]

Izbirni gonilniki konkurenčnosti posameznih držav/proizvodnje	Nemčija	ZDA	Japonska	Kitajska	Brazilijska	Indija
Inovacije zaradi talenta	9,7	8,9	8,1	7,7	4,8	3,4
Blagovna menjava, finančni in davčni sistem	7,7	6,8	6,7	7,1	3,4	4,7
Strošek delovne sile in materiala	1,25	1,97	2,56	10,00	5,38	3,41
Dobavna veriga	8,96	8,64	8,81	8,25	1,95	4,02
Pravni in regulatorni sistem	9,06	8,46	7,91	3,85	1,88	2,75
Naravna infrastruktura	9,82	9,15	9,81	6,47	4,21	1,78
Stroški energije in politika	1,05	6,81	1,21	1,96	1,38	1,21
Privlačnost lokalnega trga	7,25	7,66	7,71	8,96	6,38	1,76
Zdravstveni sistem	9,29	7,67	6,56	2,18	1,07	1,08
Vladna vlaganja v proizvodnjo in inovacije	7,57	6,31	6,80	8,42	4,01	1,05

Najbolj konkurenčno (green) do Najmanj konkurenčno (blue)

Slika 4. Razvrstitev držav glede na ključne gonilnike konkurenčnosti [4]

na Kitajsko, tudi zaradi nizke delovne sile, ter posledično izumiranje tradicionalne industrije v Evropi. Sedaj smo v Fazi 2, ko govorimo o tovarnah prihodnosti z digitalno proizvodnjo na osnovi digitalnih izdelkov, o digitalnih tovarnah itd. in gledamo v smeri virtualne tovarne. Obe fazi že predstavljata z optimizacijskega vidika visoko zmogljivost onkraj LEAN-a oz. vitkosti. Do leta 2030 se nam obeta vizija proizvodnje s tovarnimi na daljavo.

Na tem mestu se je treba vprašati, kje so naša podjetja na tej optimizacijski in transformacijski poti. V zadnjem času se porajajo mnenja, da slovenska podjetja niso sposobna uvesti teh novih prihajajočih tehnologij, ker da jim manjka vizije in konkurenčnih visokotehnoloških izdelkov, s katerimi bi prodrli na svetovni ali vsaj evropski trg. Najbrž nekaj od tega tudi drži, saj smo uspeli v zadnjih 20-tih letih nekaj vodilnih industrij zelo oslabiti ali celo ukiniti. Kljub temu pa je kar nekaj podjetij v Sloveniji z visoko tehnologijo in visokotehnološkimi izdelki, s katerimi lahko konkurirajo na tujih trgih.

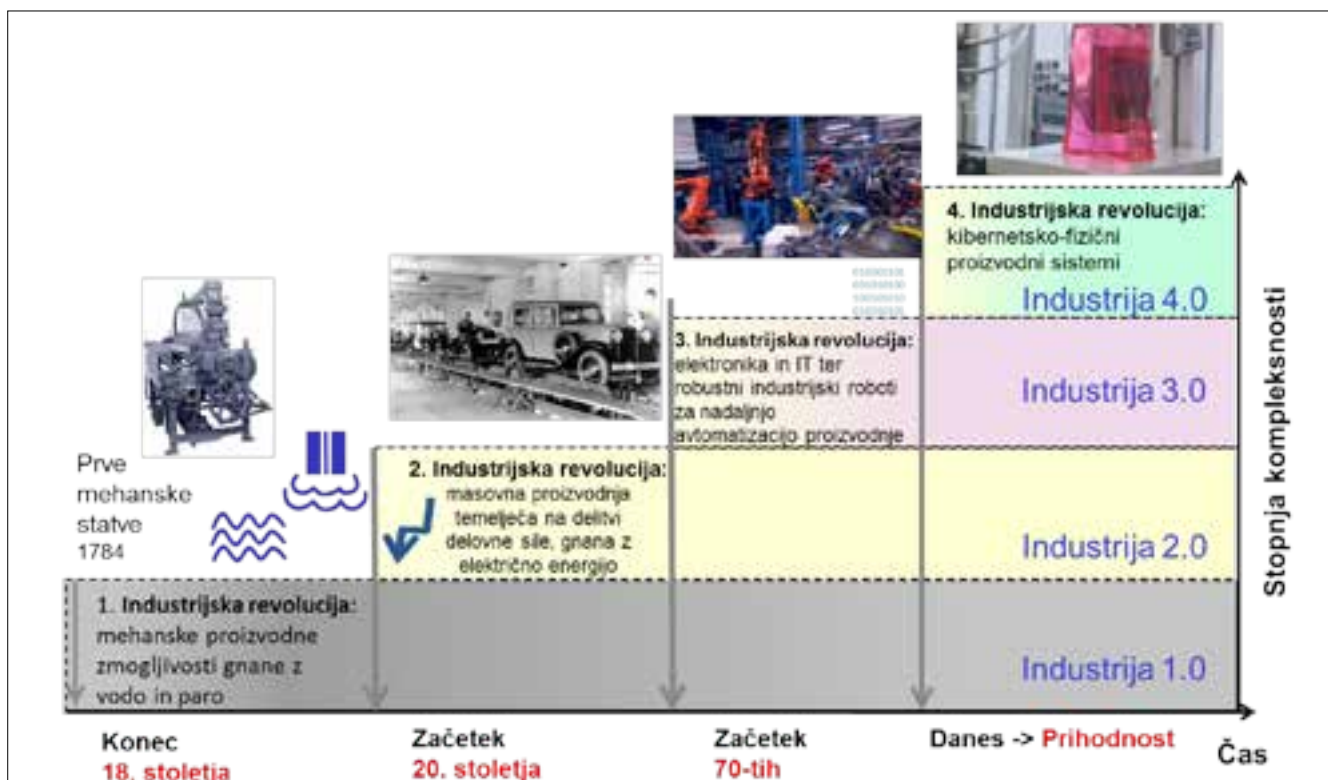
Zelo verjetno je tudi, da dodane vrednosti ne bomo mogli višati



Slika 5. Evolucija in perspektive proizvodnje [4]

samo z razvojem visokotehnoloških izdelkov, če ne bomo hkrati nižali proizvodnih stroškov. Če bodo naši izdelki predragi, jih pač ne bomo mogli prodajati. Zato je najbrž nujno slediti trendom pametnih tovarn oz. tovarn prihodnosti, da bomo bolj fleksibilni, odzivni in bomo imeli hkrati nizke proizvodne stroške. Samo v tem primeru bomo lahko z visokotehnološkim izdelkom dosegli tudi visoko dodano vrednost – ker ga bomo lahko prodali.

Če pogledamo *slika 5* bolj podrobno in razmislimo o stanju razvoja industrije pri nas, so mnoga podjetja še v spodnjem delu te poti. Zato je treba še veliko narediti tudi za spremembo miselnosti v slovenski industriji in družbi nasploh ter močnejše povezati slovensko industrijo z univerzami in raziskovalnimi inštituti. Tudi zato je strategija SPS nujna, lahko celo rečemo, da že zelo zamuja. To bi morali narediti že pred leti.



Slika 6. Vse industrijske revolucije [5]

■ 4 Evolucija Industrije 4.0

Ko govorimo o industriji in še posebej o proizvodnji, je dobro vedeti, kako je potekala njena evolucija in kakšno je stanje danes. V začetku je vse delo potekalo ročno, s silo mišic. Od takrat je šlo človeštvo skozi mnoge spremembe, ki v zadnjem času potekajo z nesluteno hitrostjo in lahko tudi usodno zaznamujejo celotno človeštvo.

Najpomembnejše točke preloma v zgodovini človeštva so bile tri industrijske revolucije (slika 6). Prva industrijska revolucija se je zgodila konec 18. stoletja med leti 1760 in 1830. Uvedena je bila mehanizacija proizvodnje, v kateri so stroji zamenjali ročno proizvodnjo. Parni stroji, vodna energija in premog so pomenili resnično revolucijo.

Kmalu za tem, konec 19. in v začetku 20. stoletja, se je začela 2. industrijska revolucija, znana tudi kot tehnološka revolucija. Zaznamovale so jo nove proizvodne tovarne, železarne, napredni stroji, elektrifikacija in železniška omrežja z dobro logistično podporo, še posebej pa začetek množične proizvodnje, ki jo je uvedel Henry Ford leta 1910.

Med leti 1950 in 1970 se je zgodila 3. industrijska revolucija, znana tudi kot digitalna revolucija, ki je temeljila na digitalni tehnologiji in prvem računalniku Z1. Ta industrijska revolucija je bila tudi začetek informacijske dobe in ICT-tehnologij, ki bodo imele vodilno vlogo tudi v proizvodnji prihodnosti.

Današnja vedno bolj razširjena uporaba dlančnikov in tabličnih računalnikov kakor tudi računalništva v oblaku nakazuje naslednje korake razvoja. Te tehnologije bodo vodile v 4. industrijsko revolucijo, ki jo, predvsem v Evropi, na kratko imenujemo Industrija 4.0. Pri današnji poplavi vsega »pametnega« lahko, kot kaže slika 7, vidimo, da imamo na eni strani t. i. »Market Push«, predvsem kar zadeva osebno rabo in udobje. V okviru te strategije podjetja vsiljujejo kupcem vedno nove izdelke, ki je vsak nekoliko bolj



Slika 7. Vse postaja pametno ... [6]

pameten od prejšnjega. Na drugi strani pa obstaja potreba (»Market Pull«) po naprednih tehnologijah in t. i. pametnih tovarnah, če želijo podjetja ostati konkurenčna. Pri tem je treba izkoriščati vse tehnologije, ki so razvite na nivoju strategije Market Push.

■ 5 Značilnosti in izzivi I 4.0

Če pogledamo najprej tradicionalno oz. današnjo proizvodnjo oz. tovarno (slika 8), v veliki meri prevladujejo togi oz. monolitni proizvodni sistemi, izrazita hierarhičnost, fiksne lokacije teh sistemov, ožičena povezava med njimi in krmilnimi oz. nadzornimi sistemi, neznane pozicije izdelkov, sestavnih delov orodij itd.

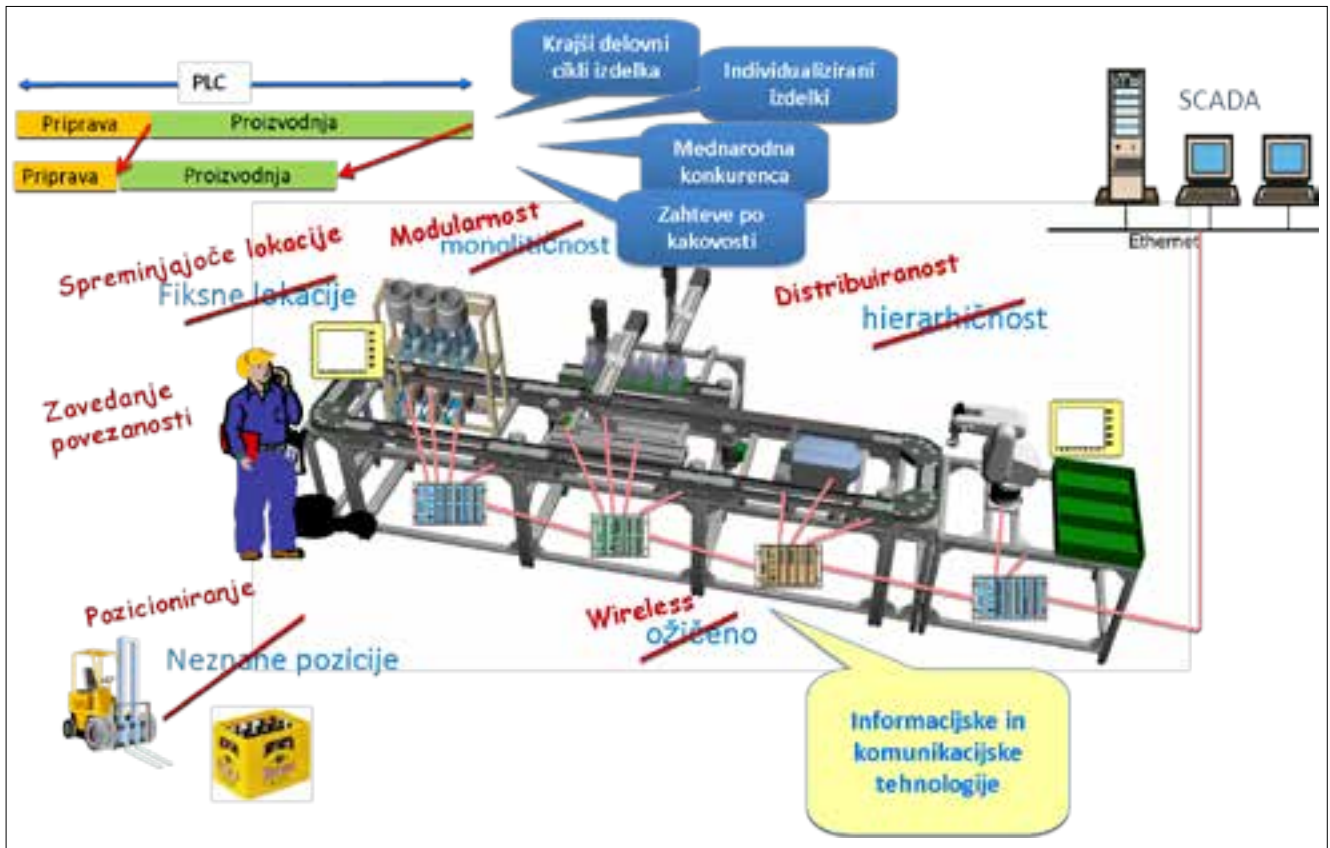
Zaradi zunanjih konkurenčnih dejavnikov, predvsem zaradi pritiska trga po krajših delovnih ciklih oz. po krajšanju pretočnih časov, zaradi potreb po bolj individualizirani proizvodnji, povečane mednarodne konkurence in tudi zahtev po visoki in ponovljivi kakovosti izdelkov itd. uvajamo v proizvodnjo različne spremembe in optimizacijske pristope, kot je vitka organizacija, modularna gradnja sistemov, procesov in tudi izdelkov, namesto hierarhičnosti distribuirane sisteme, brezžično komunikacijo, spreminjajoče se lokacije modulov proizvodnih sistemov, natančno pozicioniranje delov in izdelkov, da vemo, kje so itd. Vsi ti ukrepi zagotovo prispevajo k pove-

čanju učinkovitosti in konkurenčnosti proizvodnje in k bolj racionalni rabi energije. Še vedno pa to ni pametna tovarna.

Pametni izdelki, stroji, postopki, procesi itd. so fokus I 4.0. Vse skupaj lahko imenujemo pametne tovarne, ki so ključni steber I 4.0 in bodo morale biti sposobne upravljati kompleksne procese ter sisteme, izdelovati dobrine z večjo učinkovitostjo in biti manj podvržene zunanjim vplivom ter zastojem. V pametni tovarni bodo ljudje, stroji, izdelki in drugi viri komunicirali drug z drugim, kot to omogočajo socialna omrežja. Posebej je mogoče treba poudariti, da bodo lahko objekti v pametni tovarni sami komunicirali s kupci in predvsem tudi z dobavno verigo, s čimer bodo močno povečali učinkovitost proizvodnega procesa ter skrajšali pretočne čase.

Zaradi zgoraj opisanega bo morala imeti pametna tovarna standardizirane mrežne vmesnike, ki bodo omogočili komunikacijo, edinstveno identiteto in spomin, avtonomnost, možnost lokaliziranja v vsakem trenutku in, kar je še posebej pomembno, vsi procesi, postopki, izdelki, stroji in storitve bodo morali biti popisani z modeli v digitalnem okolju. Glavne komponente I 4.0 in značilnosti pametne tovarne so prikazane na slikah 9, 10 in 11.

Glede na izzive in potrebe pametne tovarne je treba bolj podrobno obravnavati nekatere komponente,



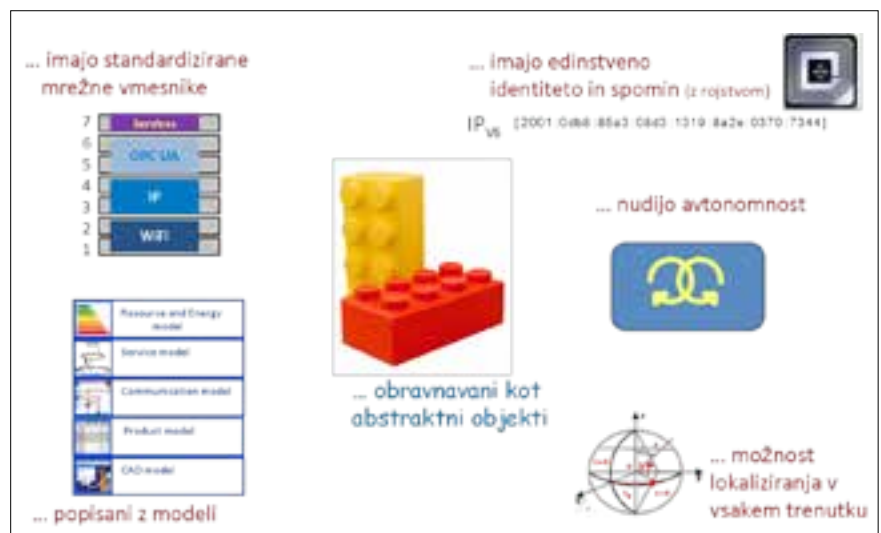
Slika 8. Današnja proizvodnja in ukrepi za njeno optimizacijo [5]

ki tvorijo podporno jedro I 4.0. To so mobilnost in vizualizacija, oblak in infrastruktura v oblaku, sodelovanje in virtualne mreže ter veliki podatki in analiza le-teh v realnem času. Vse komponente skupaj bodo predstavljale gibko platformo, ki se bo nenehno spreminjala in prilagajala potrebam:

- Mobilnost in vizualizacija bosta zaznamovali vsakodnevno življenje, že pred dobrim letom je bilo npr. več kot milijarda pametnih telefonov na svetu. Te tehnologije bodo vedno bolj izkoriščane tudi v pametnih tovarnah.
- Druga komponenta je infrastruktura v oblaku: oblak bo zamenjal PC-je. V ZDA že več kot 67 % odraslih uporabnikov interneta uporablja osebne usluge oblaka. Pri tem pa se seveda pojavlja vprašanje varnosti prenosa in shranjevanja podatkov, kar bo za preživetje posameznih podjetij kot tudi držav ključnega pomena, še posebej z vidika terorizma in vojne. Države in celo podjetja, ki bodo imela bolj razvito infor-

macijsko tehnologijo kot druga, ki bodo imela bolj razvito infrastrukturo in nudenje uslug oblaka, bodo imela več potencialnih možnosti vpogleda, nadzora in poseganja v tehnologijo in v vse življenjske funkcije tovarne oz. tovarn po svetu. To bo verjetno eden večjih izzivov tovarn prihodnosti, posebej Industrije 4.0 v Evropi, glede na to, da so vsa večja IT-podjetja izven Evrope.

- Tretja komponenta so virtualne mreže in sodelovanje ter komunikacija: nujna bo transformacija sodelovanja, saj bodo osnovo tvorili kibernetko-fizični proizvodni sistemi. Povezava med virtualnim in realnim svetom bo temeljila na procesih, vgradnih sistemih, programskih komponentah, ki bodo integrirane v stroje. Roboti npr. ne bodo prejeli ukazov od centralnega ra-



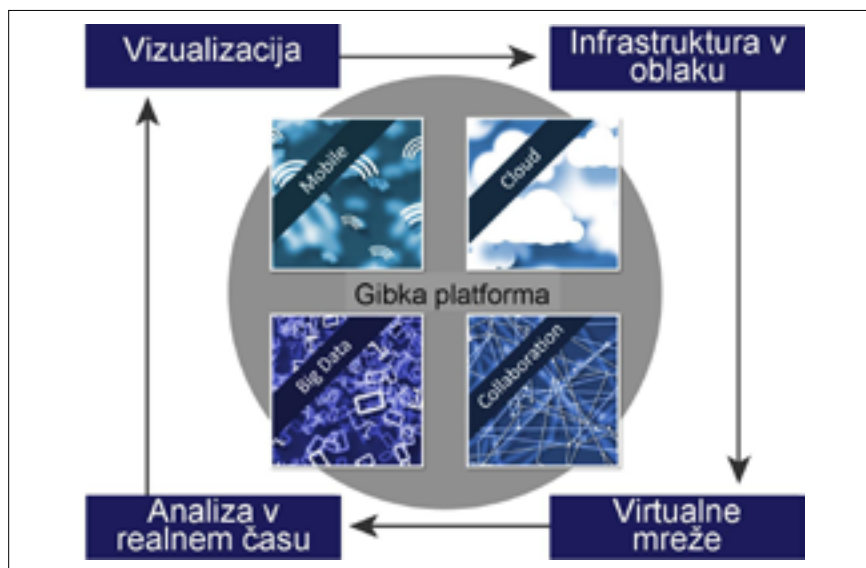
Slika 9. Značilnosti pametne tovarne [5]

čunalnika, ampak od izdelka itd. Že danes se v podporo tej obliki sodelovanja in komunikacije uporabljajo nekatere tehnologije, kot so koda RFID, NFC in QR. Prednosti tehnologije pametnih tovarn bodo vsekakor naslednje:

- komponente bodo lahko zagotavljali različni proizvajalci,
- vse komponente bodo komunicirale z uporabo istega jezika,
- proizvodnja se bo začela šele, ko pride ukaz,
- kupec bo ves čas informiran o razvoju,
- v procesu proizvodnje bo natančno določeno število izdelkov
- itd.

Da bomo omogočili vse to in še več, je nujno doseči premik iz centraliziranega v decentraliziran sistem krmiljenja proizvodnje. Pri tem pa bo velik izziv predstavljala varnost podatkov, informacij, sistemov itd.

- Analiza podatkov v realnem času: Če bomo želeli doseči zanesljivo delovanje pametne tovarne, bo treba zajeti, prenesti in obdelati enormne količine podatkov v realnem času. Govorimo o tako t. i. »Big Data«. Podatki nastajajo vsepovsod. Preko 90 % podatkov je bilo proizvedenih v zadnjih dveh letih. Vsi podatki



Slika 10. Glavne komponente I 4.0 [7]

pa niso nujno potrebni, npr. za krmiljenje in optimizacijo proizvodnje ali za kupca itd., zato bo nujno podatke selekcionirati že na samem izvoru in preko mreže oz. oblaka prenašati le nujno potrebne podatke, ki jih lahko imenujemo tudi »pametni podatki«.

Pametna proizvodnja prihodnosti bo torej drugačna kot tradicionalna proizvodnja. Glavne razlike obeh so zajete v preglednici na *sliki 11*.

■ 6 Zaključek

Industrija 4.0 ima ogromen potencial za industrijo, da bosta njena proizvodnja in dobava postali bolj

fleksibilni. Pri tem pa se bo treba soočiti z mnogimi izzivi. Pametne tovarne bodo omogočile proizvodnjo po želji kupca na profitabilen način, tudi če bo kupec naročil le en kos.

Tako Evropa kot ZDA sta že zgodaj prepoznali pomembnost Industrije 4.0 oz. Interneta stvari za lastna gospodarstva. Novi strategiji bosta okrepili gospodarstvo in njegovo konkurenčnost in s tem zagotovili delovna mesta in visok življenjski standard. To pa je možno v veliki meri zaradi tega, ker tako EU kot ZDA vlagata velika sredstva v raziskave in razvoj.

Obe regiji imata močno industrijo in podjetja, ki so vodilna v svetu. Evropa je močnejša na področju proizvodnih tehnologij, medtem ko so ZDA močnejše na IT-področju. Industrija 4.0 predstavlja priložnost za proizvodna podjetja, da ponovno »izumijo« procese z vključitvijo novih tehnologij v procese in izdelke. Internet stvari pa na drugi strani predstavlja priložnost za vsa podjetja, da vključijo pametne naprave, povezane v izdelavo, distribucijo in upravljanje njihovih izdelkov in storitev za kupce.

Edini problem, ki se pojavlja, je prednost ZDA na IT-področju, saj najbolj inovativna IT-podjetja izhajajo iz ZDA. Zato je zaenkrat edini način

Tradicionalna proizvodnja	Pametna proizvodnja
<ul style="list-style-type: none"> • Več ročnih delovnih mest • Nižja produktivnost • Nižja kakovost izdelkov • Manj zahtevna, slabše plačana delovna mesta • Manj varni delovni pogoji • Večji vpliv na okolje • Višji proizvodni stroški • Toga proizvodnja • Daljši čas do trga • Sociološko-socialno optimirana (Six Sigma) • Itd. 	<ul style="list-style-type: none"> • Več avtomatiziranih delovnih mest • Višja produktivnost • Višja kakovost izdelkov • Bolj zahtevna, boljše plačana delovna mesta • Bolj varni delovni pogoji • Manj izgub, bolj izkoriščeni viri • Nižji proizvodni stroški • Fleksibilna proizvodnja • Krajši čas do trga • IT-optimirana (moduli, simulacija) • Itd.

Slika 11. Atributi tradicionalne in pametne proizvodnje

premostitve tega problema sodelovanje z ameriškimi IT-podjetji. Tu pa se pojavlja problem varnosti podatkov in zaupanja.

Uresničitev pametnih tovarn bo zahtevala ogromno raziskovalnega vloška, zato bo treba združiti moči in povečati kritično maso. Nujno bo potrebna podrobna standardizacija, ki bo omogočila učinkovito izrabo novih tehnologij. Z ustreznim dodatnim financiranjem, ki ga EU že zagotavlja v okviru evropskih raziskovalnih programov, bo mogoče razviti nove standarde in s tem

omogočiti hitro implementacijo naslednje industrijske revolucije.

Literatura

- [1] Bledowski, K.: The Internet of Things: Industrie 4.0 vs. the Industrial Internet, 2015.
- [2] Spath, Ganschar, Gerlach, Hämmerle, Krause & Schlund: The difference of the industry share on the GDP in Europe between 2001 and 2012, 2013, p. 15.
- [3] Blanchet, Rinn, von Thade & De Thieulloy: Expected Profitability of the European Industry,

2014, p. 14.

- [4] JAYESH C S PAI: Industry 4.0: From the Internet of Things to Smart Factories, MSME TOOL ROOM, KOLKATA, 2014.
- [5] Zani, P.: Trends in global automation to year 2020, API SRL, May 31, 2013.
- [6] Zühlke, D.: Industry 4.0: the German vision for advanced manufacturing, Smartfactory and DFKI, 2013.
- [7] Goodarz, M.: Industry 4.0 and the upcoming management challenges, Axxessio GmbH, 2013.

POSVET

AVTOMATIZACIJA STREGE IN MONTAŽE 2016 - ASM '16

7. decembra 2016

na Gospodarski zbornici Slovenije v Ljubljani



EMERSON
Process Management

ZASTOPA IN PRODAJA

ppt commerce d.o.o.

Celovška 334

1210 Ljubljana-Šentvid

Slovenija

tel.: +386 1 514 23 54

faks: +386 1 514 23 55

e-pošta: ppt_commerce@siol.net

<http://www.ppt-commerce.si>



BETTIS™ pnevmatski in elektro aktuatorji