Utjecaj koncepta "Internet stvari" na organizaciju distribucijskih sustava

Cicvarić, Božo

Master's thesis / Diplomski rad

2016

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Transport and Traffic Sciences / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:119:987235

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-11**

Repository / Repozitorij:

Faculty of Transport and Traffic Sciences - Institutional Repository

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

Božo Cicvarić

UTJECAJ KONCEPTA „INTERNET STVARI“ NA ORGANIZACIJU DISTRIBUCIJSKIH SUSTAVA

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, 2016

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI
POVJERENSTVO ZA DIPLOMSKI ISPIT

Zagreb, 19. travnja 2016.

Zavod: **Zavod za transportnu logistiku**
Predmet: **Distribucijska logistika I**

DIPLOMSKI ZADATAK br. 3732

Pristupnik: **Božo Cicvarić (0135219490)**
Studij: Inteligentni transportni sustavi i logistika
Smjer: Logistika

Zadatak: **Utjecaj koncepta "Internet stvari" na organizaciju distribucijskih sustava**

Opis zadatka:

Koncept "Internet stvari" podrazumijeva povezivanje različitih tipova uređaja putem interneta. U radu će kandidat istražiti mogući utjecaj primjene takvog koncepta na distribucijske sustave odnosno na organizaciju fizičke disribucije i distribucijskih mreža.

Zadatak uručen pristupniku: 4. ožujka 2016.

Mentor:

prof. dr. sc. Kristijan Rogić

Predsjednik povjerenstva za diplomski ispit:

Sveučilište u Zagrebu

Fakultet prometnih znanosti

DIPLOMSKI RAD

UTJECAJ KONCEPTA „INTERNET STVARI“ NA ORGANIZACIJU DISTRIBUCIJSKIH SUSTAVA

IMPACT OF THE CONCEPT OF INTERNET OF THINGS ON THE ORGANISATION OF DISTRIBUTION SYSTEMS

Mentor: prof. dr. sc. Kristijan Rogić

Student: Božo Cicvarić
JMBAG: 0135219490

Zagreb, rujan 2016

SAŽETAK

Senzorna tehnologija postaje sve jeftinija, bežični internet sve brži i pristupačniji, a mogućnosti obrade podataka rastu. To su razlozi razvoja koncepta „internet stvari“ (IoT) koji se ubrzano počinje primjenjivati kako u kućanstvima, pametnim gradovima, lukama i sl. tako i u poslovnim i logističkim aktivnostima. Koncept „internet stvari“ podrazumijeva povezivanje različitih fizičkih objekata (uređaja) putem interneta. U ovom radu ispitan je učinak i važnost koncepta IoT na organizaciju distribucijskih sustava i logistiku kao djelatnost. Analiziran je utjecaj pametnih uređaja na fizičku distribuciju, automatizaciju poslovanja, praćenje i mjerenje operativnih učinaka u logistici, predviđanje, analizu podataka te na troškove organizacije distribucijskih sustava.

KLJUČNE RIJEČI: internet stvari; senzori; fizička distribucija; logistika; pametna tehnologija

SUMMARY

Sensing technology is becoming cheaper, wireless communications are faster and more available and possibilities of data analytics are getting more sophisticated. Those are the main reasons of ever increasing adaptation of the concept of Internet of Things into households, smart cities, ports, business and logistics activities as well. Internet of Things can be understood as a concept of connecting different physical object that are everywhere around people via wireless connection technologies in order to communicate with each other and with people. In this paper, impact and importance of IoT onto the organization of distribution of goods and logistics as an industry has been examined. Paper analyses the impact of smart devices onto physical distribution, automation of businesses, tracking and measuring of operational efficiency in logistics, predicting, analyzing data and costs of organizing distribution systems.

KEYWORDS: internet of things; sensors; physical distribution; logistics; smart devices

Sažetak:

1. UVOD 1
2. INTERNET STVARI (IoT) 2
2.1. Tehnologija „interneta stvari“ 2
2.2. Razlozi razvoja koncepta „internet stvari“ 4
3. PRIMJENA IoT KONCEPTA U DISTRIBUCIJI 8
3.1. Distribucijski sustavi 9
3.1.1. Fizička distribucija 10
3.1.2. Kanali distribucije 10
3.2. Utjecaj koncepta IoT na aktivnosti u distribuciji 12
3.3. Nositelji koncepta IoT u distribuciji 17
4. VAŽNOST UPOTREBE SENZORA MOBILNIH I NOSIVIH UREĐAJA U FIZIČKOJ DISTRIBUCIJI . 18
5. UTJECAJ KONCEPTA IoT NA SKLADIŠNE PROCESE 24
5.1. Upravljanje pametnim zalihama 27
5.2. Prediktivno održavanje komponenti skladišta 29
5.3. Praćenje zdravlja i sigurnosti skladišnih zaposlenika IoT tehnologijom 30
5.3.1. Praćenje viličara 30
5.3.2. Unutarnji GPS sustavi 31
5.3.3. Aplikacije za praćenje zdravlja skladišnih zaposlenika 31
5.4. Studija slučaja – Swisslog smartLIFT 32
5.5. Pametno upravljanje energetskom potrošnjom u skladištima 35
6. UTJECAJ KONCEPTA IoT NA FIZIČKU DISTRIBUCIJU 41
6.1. Pametne teretno-manipulativne jedinice u distribuciji 41
6.1.1. Pametne palete 43
6.1.2. Pametni kontejneri (ULD) u zračnom prometu 47
6.1.3. Pametni kontejneri 48
6.2. Nove generacije track-and-trace sustava 54
6.2.1. Potrebna IT platforma 55

6.2.2. Praćenje hladnih opskrbnih lanaca pomoću IoT tehnologije 57
6.3. Upravljanje voznim parkom pomoću IoT tehnologije 59
6.4. Prediktivno održavanje vozila 60
6.5. Dinamičko rutiranje u povratnoj logistici 62
7. STUDIJA SLUČAJA – smartPORT HAMBURG 67
7.1. Projekt smartPORT 68
7.2. smartPORT Logistics 69
7.3. smartPORT održavanje infrastrukture 76
7.4. smartROAD 77
8. PAMETNO PAKIRANJE U DISTRIBUCIJI 79
9. INDUSTRIJA 4.0 87
9.1. IoT u proizvodnji 88
9.2. Važnost prediktivne analitike u proizvodnji 92
9.3. Logistika 4.0 97
10. ZAKLJUČAK 99
LITERATURA 100
POPIS SLIKA 105
POPIS TABLICA 107
POPIS GRAFIKONA 108
POPIS DIJAGRAMA 109
POPIS KRATICA 110

1. UVOD

Termin „internet stvari“ (*Internet of Things* – IoT) popularnost je doživio pojavom pametnih domova, pametne rasvjete, razvojem pametnih gradova i luka i sl. Teza postavljena u ovom radu je: Što se mijenja kada se pametna tehnologija primjeni u organizaciji distribucijskih sustava i fizičke distribucije? Kako razvoj pametnih tehnologija već danas utječe na organizaciju distribucije logističkih operatera i koliko nove aplikacije mogu promijeniti način poslovanja. Budući da je IoT nadolazeći val tehnologije koji će biti progresivan unutar sljedećih 10 godina, ovim radom je iskazana nužnost bavljenja logističkih operatera ovom temom. U radu su ispitani važnost i učinak koji koncept „internet stvari“ već danas ima na organizaciju logističkih procesa. Istraženi se načini korištenja senzoričke tehnologije u svrhu efikasnije organizacije distribucijskih sustava te je analiziran njihov utjecaj na automatizaciju, prognozu, praćenje i smanjenje troškova distribucijskih procesa. U radu se također analiziraju najnovije inovacije koje mijenjaju način poslovanja logističkih kompanija.

U prvom poglavlju opisana je tehnologija interneta stvari i razlozi zbog kojih je danas sve prisutniji u svim ljudskim djelatnostima. Dva glavna elementa obrađena u radu su utjecaji IoT tehnologije na fizičku distribuciju fokusiranu na transport i na aktivnosti skladištenja (poglavlje 5 i 6). U četvrtom poglavlju ispitana je važnost koju mobilni uređaji (pametni telefoni, tableti) danas imaju u fizičkoj distribuciji. Veliki broj senzora ugrađenih u današnje pametne telefone učinio je mobilne uređaje gotovo neophodnima u poslovanju distribucijskih poduzeća, no oni služe i za kvalitetnu komunikaciju između subjekata distribucijskih lanaca. Primjer je pametna luka Hamburg kroz čiju studiju slučaja u osmom poglavlju je ukazana potreba vozača, brodara, špeditera i ostalih učesnika distribucije za mobilnim uređajima i korištenjem aplikacija. U osmom poglavlju opisana je važnost nadolazeće tehnologije pametnog pakiranja proizvoda u logističkim procesima, ali i njihov utjecaj na krajnje potrošače. U zadnjem poglavlju obrađena je Industrija 4.0., koncept njemačke vlade koju institut Frauenhofer nastoji dovesti do faze tehnološke zrelosti. Industrija 4.0 se odnosi na korištenje koncepta IoT u industriji odnosno proizvodnji. Učinak IoT tehnologije na proizvodnju i logistiku već sada je nemjerljiv, stoga se naziva „četvrtom industrijskom revolucijom“.

2. INTERNET STVARI (IoT)

„Mjeri sve što se može mjeriti, a ono što nije mjerljivo učini mjerljivim.“ – **Galileo Galilei**

Povezivanjem stvari na internet u svrhu praćenja njihovih fizičkih stanja i komuniciranja s drugim stvarima i ljudima nastao je koncept Internet stvari (eng. *Internet of Things* – IoT). Riječ *stvari* podrazumijeva bilo kakve fizičke objekte, a to mogu biti različiti tipovi uređaja, vozila, infrastrukturnih elemenata i sl. povezanih na mrežu, čineći ih jedinstveno prepoznatljivima tj. „pametnima“. Digitalna prezentacija povezanih stvari dijeli informacije preko interneta i pomaže ljudima poboljšavati poslovne procese poduzeća ili ugodu življenja bilo da se radi o pametnim kućama, pametnoj energetici, industriji, maloprodaji i sl.

Smatra se da je koncept postao popularan krajem 1990-tih. i da je termin „internet stvari“ 1999. godine skovao Kevin Ashton, jedan od osnivača centra za Auto-ID tehnologiju na MIT-u (*Massachusetts Institute of Technology*), SAD. Ashton je specijalist za RFID (*Radio-Frequency Identification*) tehnologiju i zajedno sa ostalim članovima tima pronašao je način kako povezati fizičke objekte na internet preko RFID čipova.

2.1. Tehnologija „interneta stvari“

Prvom fazom interneta smatra se međusobna povezanost računala (PC-a, prijenosnih računala, pametnih telefona, tableta), dok se drugom fazom smatra povezanost fizičkih objekata – „internet stvari“. Razvojem IoT koncepta razvili su se novi termini prema području primjene. IoT u poduzećima naziva se E-IoT (eng. *Enterprise Internet of Things*), dok se u industrijskoj primjeni koristi termin „industrijski IoT“ (eng. *Industrial Internet of Things*). Drugi termin za industrijski IoT je „Industrija 4.0“ koja je obuhvaćena u devetom poglavlju ovog rada.

Postoji nekoliko vrsta komunikacije u konceptu IoT[1]:

- razmjena podataka između strojeva/uređaja (engl. *machine-to-machine* - M2M)
- razmjena podataka strojeva/uređaja s ljudima (eng. *machine-to-person* – M2P)
- razmjena podataka između ljudi (eng. *person-to-person* – P2P)

[1] http://ioeassessment.cisco.com/explore (rujan, 2016)

M2M komunikacija podrazumijeva komunikaciju između strojeva/uređaja bez interakcije ljudi. Internet stvari objedinjuje dvije vrste tehnologija: informacijsku tehnologiju – IT i operacijsku tehnologiju – OT.

Slika 1: Glavne komponente IoT sustava
Izvor: www.sas.com/en_us/insights/big-data/internet-of-things.html#m=the-internet-of-things-infographic (srpanj, 2016.)

Kombinacijom tri glavne komponente: senzora (krajnjih uređaja), mreže i inteligentnih softvera (Slika 1), IoT sustavi prikupljaju informacije, procesuiraju i analiziraju podatke radi njihove vizualizacije te poduzimaju određene aktivnosti radi kontrole krajnjih uređaja. U nešto širem smislu IoT sustav se sastoji od:

- **uređaja opremljenih senzorima** (industrijski IoT uređaji ili potrošački IoT uređaji)
- **sustava za digitalnu identifikaciju uređaja** (najčešće RFID tagovi ili slična Auto ID rješenja) kako bi uređaj bio jedinstveno prepoznatljiv
- **mreže koja ih povezuje na internet** (žična/bežična)
- **sustava za procesuiranje podataka od/prema uređajima** (**IoT platforme** za integraciju podataka prikupljenih iz uređaja i provođenje analitičkih aktivnosti i **aplikacije** koje grafički prikazuju analizu podataka o uređajima dizajnirane prema željama korisnika. Kada uređaj šalje informacije o stvarnoj okolini, podaci se prenose preko IP mreža do centralne baze podataka u kojoj se pohranjuju i sortiraju u formate čitljive ljudima. Uređaji najčešće sadrže i RFID tag i senzore koji mjere promjene (promjene temperature, količine i sl.)).

Zahvaljujući pojavi oblačnog računarstva (*Cloud computing*) kompanije više ne moraju ulagati veliku količinu novaca u računalnu opremu kako bi pohranjivali velik broj podataka ili koristili određena softverska rješenja, već plaćaju onoliko prostora u oblaku (*Cloud*) koliko im tokom određenog vremena treba. Smatra se da će do 2020. godine proizvedeni digitalni

podaci premašiti 40 zetabajta što je jednako 5.200 gigabajta podataka za svakog čovjeka na svijetu. Većina tih podataka doći će iz komunikacije između pametnih uređaja/strojeva preko interneta.[2]

Slika 2: Ilustracija koncepta "internet stvari"
Izvor: www.daintree.net/solutions/enterprise-iot/ (srpanj, 2016.)

2.2. Razlozi razvoja koncepta „internet stvari“

Bez *Cloud* i *Big Data* tehnologije, praćenje enormnih količina podataka generiranih iz IoT senzora bilo bi nezamislivo. Stoga se ove tehnologije nadopunjuju. Analize podataka iz uređaja (senzora) zahtijevati će sustave koji su pametni i koji mogu učiti prema vlastitom iskustvu (iz interakcije s ljudima), a zahvaljujući *Cloud* tehnologiji postoji mogućnost trenutnog pristupa strukturiranim informacijama kao što su baze podataka ili nestrukturiranim informacijama kao što su sadržaji socijalnih mreža.

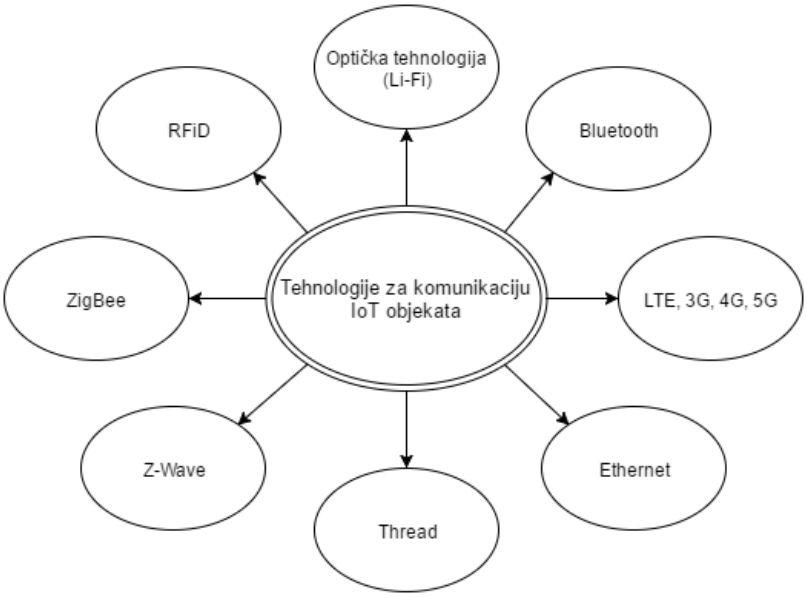
Danas je IoT koncept sve popularniji iz razloga što:

- **senzorna tehnologija postaje sve jeftinija** (senzori, aktuatori, semikonduktori, transponderi sve su dostupniji, sve manjih dimenzija i sve nižih cijena),
- **bežični načini povezivanja (internet) su sve većih brzina i pristupačniji** (Slika 3):
  - širokodometna mreža (3G, 4G, GPRS, LoRaWAN,…)
  - srednjedometna mreža (ZigBee, Wi-Fi,…)
  - kratkodometna mreža (RFID, NFC, Bluetooth)
- **mogućnosti i kapacitet obrade podataka rastu.**

[2] www.cnmeonline.com/news/by-2020-there-will-be-5200-gb-of-data-for-every-person/ (kolovoz, 2016.)

Kako bi se IoT objekti umrežili potrebna je odgovarajuća tehnologija koja omogućava kreiranje zajedničke mreže, a njihov odabir ovisi o potrebama kompanija koje implementiraju IoT sustave. Na Slici 3 nabrojane su navedene vrste bežičnog načina povezivanja uz ostale vrste tehnologija za komunikaciju. U razvoju je optička tehnologija Li-Fi (*Light Fidelity*) bazirana na korištenju spektra vidljivog svjetla (LED diode) za prijenos podataka. Potencijal Li-Fi tehnologije je znatna prednost brzine prijenosa podataka u odnosu na ostale navedene tehnologije, no trenutno ova tehnologija nije dovoljno razvijena za masovnu primjenu.

Efikasno korištenje informacijsko-komunikacijskih tehnologija danas je bitno za razvoj svih grana gospodarstva. Bežična komunikacija postaje ključni segment globalne ICT strategije te je njihova primjena neophodna u svim ljudskim djelatnostima. Iznimno veliki uspjeh bežičnih komunikacijskih sustava rezultat je stalnog tehnološkog napretka. Budući da 4G mreža nije u potpunosti u stanju odgovoriti na zahtjeve *Cloud computinga* i IoT-a, telekomunikacijski operateri nastoje uspostaviti funkcionalnu 5G mrežu. 5G mreža biti će bazirana na najnovijim tehnološkim rješenjima koja će moći u potpunosti zadovoljiti zahtjeve korisnika za sve većim mrežnim resursima.[3] Mreže male snage dovoljne su za lokalne IoT mreže odnosno M2M komunikaciju, no želi li se daljinski upravljati uređajima ili slati podatke preko interneta tada se koristi IPv6 protokol koji omogućuje korištenje velikog broja IP adresa.



Slika 3: Vrste mreža za komunikaciju IoT objekata
Izvor: izradio autor

[3] www.fpz.unizg.hr/prom/?p=2112 (srpanj, 2016.)

Godine 2010. broj povezanih stvari u svijetu iznosio je 12.5 milijardi. Prema zajedničkom izvješću o nadolazećim trendovima u logistici tvrtke DHL i Cisco „Internet stvari u logistici" iz 2015. pretpostavljeno je da će do 2020. godine 50 milijardi stvari biti povezane na internet, dok je danas ta brojka na oko 15 milijardi. Istraživanje tvrtke Zebra Technologies, implementacija IoT rješenja unutar poduzeća narasla je 333% od 2012. godine. Prema rezultatima Forrester Research-a u istom istraživanju u 2014. godini 75% ispitanika iskoristilo je na neki način IoT tehnologiju u svojem poduzeću u usporedbi sa tek 15% u 2012. godini.[4] Očigledna je indikacija trenda porasta implementacije IoT koncepta u poslovnom sektoru, ali i svakodnevnom životu ljudi, a predviđa se da će trend postojati sljedećih 5-10 godina. Razvoj IoT tehnologije omogućuje mnogim kompanijama da revidiraju svoje poslovne modele, integriraju nadolazeću tehnologiju, koriste analitičke sustave kako bi imali bolji uvid u poslovne procese te kako bi poboljšali organizaciju poduzeća. Sigurnost i zaštita biti će glavni izazov.

Tablica 1: Evolucija interneta kroz pet valova umrežavanja

PRVI VAL	***DRUGI VAL***	***TREĆI VAL***	***ČETVRTI VAL***	***PETI VAL***
1990.	1997.	2004.	2010.	danas – 2025.
3 mil. korisnika	76 mil. korisnika	745 mil korisnika	2.4 milrd. korisnika/stvari	1.5 trilijuna korisnika/stvari
POČECI POVEZIVANJA	**POVEZIVANJE POSLOVNIH SEKTORA** povezana ekonomska učinkovitost / optimizacija	**POVEZIVANJE LJUDI** povezivanje, zajednice, dijeljenje informacija,, „globalni mozak"	**POVEZIVANJE STVARI (IoT)** povezivanje nespojivog, *Big Data* / analitika	**HARMONIZACIJA** digitalizacija društva, singularnost, čovjek/stroj
- e-mail - web preglednik - pretraga	- e-trgovina, - digitalizacija opskrbnih lanaca	- web 2.0 - socijalne mreže - mobilnost - *Cloud* - video - kolaboracija	- široka primjena senzora - M2M komunikacija - sveprisutna inteligencija - „podaci u pokretu" - sigurnost	- nova generacija aplikacija i sučelja - inkorporiranost/ neprimjetnost, - nosivi uređaji (VR, AR) - *Big Data* „mudrost" - poboljšanje ishoda

Izvor: izradio autor prema www.cisco.com/web/AP/IoEWebinarSeries/docs/smart_connected_industries.pdf (kolovoz, 2016)

[4] Buckalew, Lauren, Chung, Gina, Macaulay, James: „Internet of Things in Logistics: A collaborative report by DHL and Cisco on implications and use cases for the logistics industry", DHL Customer Solutions & Innovation 53844 Troisdorf, Germany, 2015, str. 4

U Tablici 1 prikazane su faze razvoja interneta kroz pet valova umrežavanja. Valovi su klasificirani prema godinama i tehnologijama koje su utjecale na porast broja korisnika interneta. Četvrta faza razvoja interneta (2010) odnosi se na rast povezanosti stvari na internet (IoT) što podrazumijeva razvoj *Big Data* tehnologije i prediktivnu analitiku kao način iskorištavanja velike količine podataka generirane iz povezanih stvari. Uspostava *Cloud* tehnologije u trećem valu (2004) omogućila je nastanak i razvoj IoT tehnologije, dok peti val (danas-2025.) podrazumijeva nužnost razvoja 5G mreže. Mreža 5G potrebna je za korištenje tehnologije proširene i virtualne stvarnosti (primjerice, korištenje pametnih naočala u skladišnim procesima). Razvoj i značajke mobilnih mreža prikazani su u Tablici 2.

IoT je neizostavni dio većeg koncepta – **„internet svega“,** eng. *Internet of Everything* (IoE). IoE se smatra sljedećom fazom interneta stvari, no ta dva pojma se zapravo ne razlikuju puno. IoE podrazumijeva umrežavanje ne samo stvari, već i ljudi, procesa i podataka u jednu zajedničku mrežu. Na ovom konceptu zasnivaju se pametni gradovi, pametne luke i sl. Tvrtka Cisco, vodeća kompanija po pitanju razvoja pametnih sustava, vjeruje da će IoE imati globalni ekonomski učinak na privatni sektor od preko 14 trilijuna dolara do 2022. godine.[5] Tri tržišta koja su temelj za razvoj koncepta IoE su: mobilni uređaji, *Cloud* aplikacije i socijalne mreže. Iako se IoT smatra povezivanjem uređaja, interakcija ljudi i podataka neophodna je. Stoga, kada se govori o učinku IoT-a na poslovanje ili život ljudi, govori se u kontekstu povezivanja svega (IoE).

Tablica 2: Generacije mobilne komunikacije

Mobilna komunikacija	**Značajke:**	**Promjene:**
1G	Usluge analognog zvuka	Analogno-digitalno
2G	Usluge digitalnog zvuka, SMS (globalno)	Integracija usluga podataka (mobilni web)
3G	Zvuk (poziv), Podaci (paketi podataka)	Sve temeljeno na IP-u, veće brzine podataka
4G	IP podaci (zvuk, e-mail, web, audio/video *streaming*)	Integracija vertikalnih industrija
5G	Kontrola i upravljanje (M2M, IoT, proširena stvarnost (AR), virtualna stvarnost (VR), pomoć u svakodnevnom životu ljudi)	

Izvor: izradio i prilagodio autor prema www.fraunhofer.de/en/research/current-research/tactile-internet.html (srpanj, 2016)

[5] http://dupress.com/articles/the-internet-of-things/ (17.08.16.)

3. PRIMJENA IoT KONCEPTA U DISTRIBUCIJI

„Podaci koje će proizvodi kompanija generirati i sustavi koji će upravljati tim podacima vrlo brzo će imati veću vrijednost nego sami proizvodi.“ - Christian Légaré, Micrium Inc.

Logistika se smatra industrijom koja će uvelike profitirati usvajanjem koncepta „interneta stvari“. Razlog je u tome što logistika kao djelatnost ovisi o kvaliteti distribucijskih mreža i kvalitetnoj organizaciji subjekata unutar opskrbnih lanaca, što zahtjeva brze i uvijek dostupne informacije u svakom trenutku. Logistički operateri na temelju dostupnih informacija donose važne odluke.

IoT omogućava fizičkim objektima (paletama, ambalaži, dijelovima ili opremi) povezivanje na internet preko ugrađenih senzora, kako bi u svakom trenutku bili nadgledani, automatski praćeni i daljinski upravljani preko postojeće mrežne infrastrukture. Senzori i ostala elektronika stvorili su priliku za izravnu integraciju fizičkih objekata u računalne sustave.[6] Uspostavom IoT tehnologije u distribucijski lanac moguće je pratiti sredstva i kontrolirati zalihe automatski.

Nova senzorna tehnologija u sklopu koncepta IoT omogućava logističkim operaterima konstantan uvid u relevantne podatke na temelju kojih oni lakše donose svoje odluke. Mnoge industrije i poslovni sektori nastoje iskoristiti brojne mogućnosti koje im tehnologije za prikupljanje podataka nude, ali kompanije u području transporta i logistike daleko su ispred.[7] IoT logističkim operaterima daje mogućnost povezivanja logističke infrastrukture i suprastrukture kroz sve razine opskrbnih lanaca u funkcionalnu automatiziranu cjelinu. Analiza podataka koji se generiraju interakcijom subjekata opskrbnog lanca povećava operativnu učinkovitost i kvalitetu usluge distribucije robe. Povezanost sredstava, imovine i uređaja stvara jedinstvenu platformu za kreiranje specifičnih automatiziranih usluga korisnicima.

Razvojem tehnologije IoT tehnologija sve više povezuje senzore, ugrađenu inteligenciju, naprednu analizu, sustave podrške poslovanju i ljude. Distributeri koji prije implementiraju

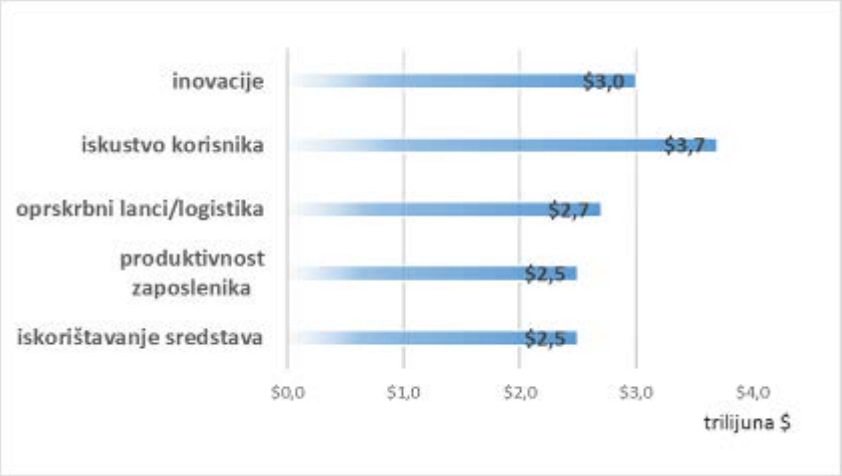
[6] www.flexe.com/blog/supply-chain-innovation-internet-of-things-iot/ (srpanj, 2016)

[7] Giannopoulos, A., Lacey, M., Lisachuk, H., Ogura, A.: *Shipping Smarter: IoT Opportunities in Transport and Logistics*, Deloitte University Press, 2015., str. 2

IoT tehnologiju istaknuti će se u odnosu na druge i biti u konkurentnoj prednosti. IoT zahtjeva dobru sinkronizaciju različitih sustava: GPS, RFID, senzora, WMS, ERP, LMS, CRM i sl.

Koncept pametnog opskrbnog lanca podrazumijeva lanac u kojem se pravovremeno detektiraju problemi, javljaju potrebe za nadopunom zaliha te se prate aktivnosti od početka do kraja opskrbnog lanca. Da bi se omogućila transparentnost i praćenje potrebno je pratiti lokacije proizvoda, pošiljke, paleta i kontejnera u svakom trenutku i znati njihov trenutni status.

Uspostava IoT sustava i GPS sustava na *Cloud*-u osim što će pratiti lokaciju svakog pojedinog proizvoda omogućiti će vidljivost fizičkih karakteristika pošiljke u svakom trenutku.



Grafikon 1: Mogućnost zarade u poslovanju implementacijom IoT tehnologije na globalnoj razini

Izvor: izradio autor prema www.cisco.com/web/AP/IoEWebinarSeries/docs/smart_connected_industries.pdf (kolovoz, 2016)

Tvrtka Cisco na svojim stranicama navodi da će koncept „internet stvari“ generirati 2,7 trilijuna dolara zarade u opskrbnim lancima i operacijama u distribucijskim sustavima na globalnoj razini (Grafikon 1). U određenim kompanijama kao što su primjerice CMA CGM, Maersk ili Swisslog koncepti pametnih kontejnera, pametnih paleta, zaliha, viličara i sl. već se provode u praktičnu primjenu.

3.1. Distribucijski sustavi

Distribucijske mreže s više skladišnih lokacija zasnovane na IoT konceptu automatski će ujednačavati dostupne proizvode unutar distribucijskih objekata s trenutnim potražnjama unutar različitih kanala distribucije te automatski preporučivati log. operaterima potrebnu

razinu zaliha za svaki skladišni objekt. Ukoliko zalihe nisu trenutno dostupne, sustav će biti u mogućnosti automatski pretražiti dostupnost sirovina i kapacitet proizvodnje te samostalno zatražiti proizvodnju više proizvoda za specifičnu destinaciju.[8]

Temeljni zadaci distribucije su:

1. Skratiti put i vrijeme robi od mjesta proizvodnje do potrošnje

2. Povećati konkurentsku sposobnost robe

3. Vremenski i prostorno uskladiti proizvodnju i potrošnju

4. Programirati proizvodnju prema potrebama potrošača

5. Osigurati plasman novih proizvoda

6. Utjecati na promjene navika potrošača i zaštititi njihove interese

3.1.1. Fizička distribucija

Fizička distribucija obuhvaća aktivnosti koje se bave djelotvornim kretanjem gotovih proizvoda od kraja proizvodne linije do potrošača te kretanjem sirovina od izvora nabave do početka linije proizvodnje.

Sustav fizičke distribucije sastoji od sljedećih elemenata[9]:
• razina usluge krajnjem potrošaču,
• transport,
• skladištenje,
• obrada narudžbi i upravljanje zalihama,
• pakiranje i rukovanje.

Odluke donesene u jednom području utječu na efikasnost drugih.

3.1.2. Kanali distribucije

Kanal distribucije podrazumijeva skup institucija koje obavljaju sve one aktivnosti koje se upotrebljavaju u kretanju proizvoda i njegova vlasništva od proizvodnje do potrošnje

[8] www.flexe.com/blog/supply-chain-innovation-internet-of-things-iot/ (srpanj, 2016)

[9] http://e-student.fpz.hr/predmeti/p/planiranje_logistickih_procesa/novosti/nastavni_materijali_2.pdf (srpanj, 2016)

Odluke o kanalima distribucije ubrajaju se u najvažnije odluke poduzeća jer izabrani kanali bitno utječu na sve druge marketinške odluke. O tome tko će prodavati proizvode nekog poduzeća, ovisi i politika cijena, izbor vlastitih prodavača, izbor načina propagiranja i sl.

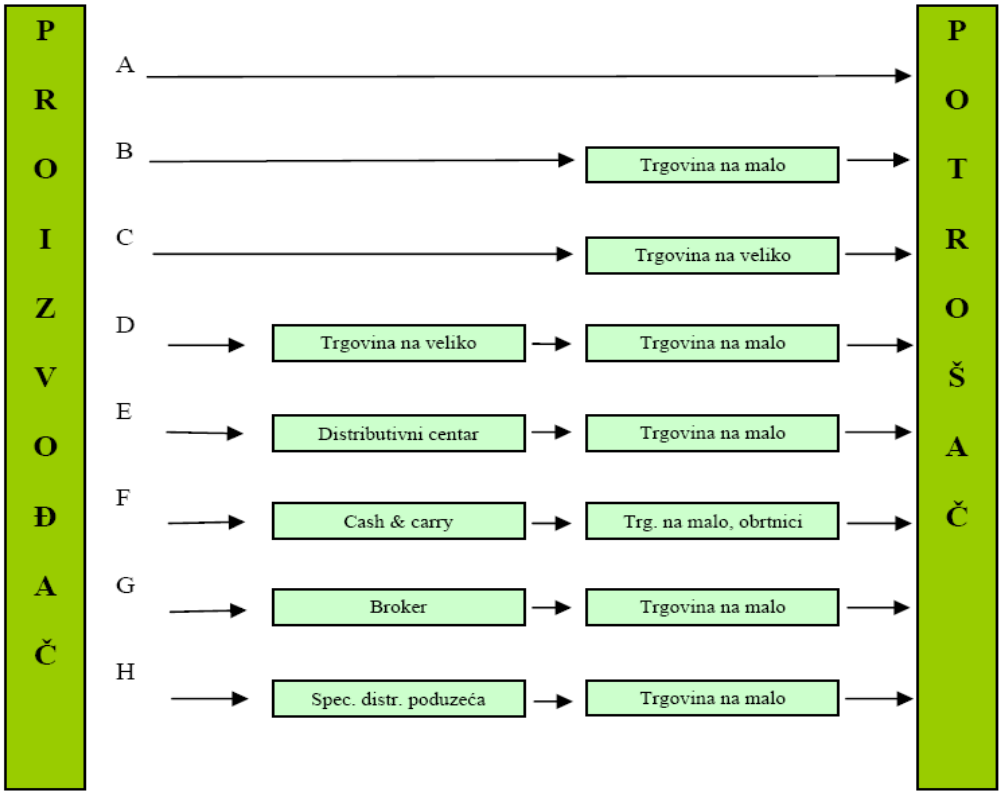
KANAL DISTRIBUCIJE	**FIZIČKA DISTRIBUCIJA**
PROIZVOĐAČ	SKLADIŠTE PROIZVOĐAČA
↓	↓
TRGOVINA NA VELIKO	DISTRIBUTIVNI CENTAR
↓	↓
TRGOVINA NA MALO	PRODAVAONICA
↓	↓
POTROŠAČ	POTROŠAČ

Razlika između distribucijskih kanala, kojega čine organizacije (sudionici) u organizacije (sudionici) u prometu robe, i fizičke distribucije koju čine fizički tokovi robe, može se prikazati funkcijskim karakteristikama tokova i točaka zadržavanja, koje kod kanala imaju karakteristike institucija, poduzeća, potrošača i sl., dok se kod fizičke distribucije točke karakteriziraju njihovim funkcijskim obilježjima.[10]

Na Slici 4 prikazane su vrste distribucijskih (marketinških) kanala. **Direktni kanali distribucije** (A) podrazumijevaju jednostavan kanal putem kojeg proizvođač prodaje svoje proizvode krajnjim kupcima bez posrednika. Prednost je neposredan kontakt s kupcima i kontrola nad proizvodima (naročito ako se radi o visokovrijednoj robi), dok su nedostaci visoki troškovi prodaje. **Indirektni kanal distribucije** (B-H) češći je u praksi jer veliki broj poduzeća nije u financijskoj mogućnosti ili nema vremena samostalno organizirati prodaju te je efikasnije rješenje prepustiti organizaciju drugim za to specijaliziranim poduzećima. Posredništvo u većini slučajeva podrazumijeva: **maloprodaju** (kupovina robe od proizvođača i njena prodaja krajnjim korisnicima; zadnja je u lancu prodaje) i **veleprodaju** (posrednici koji kupuju od proizvođača i prodaju maloprodaji ili drugim veleprodavačima, a rjeđe krajnjim korisnicima). **Agenti prodaje** rade usluge za proviziju od prodajne cijene. [11]

[10] http://e-student.fpz.hr/predmeti/p/planiranje_logistickih_procesa/novosti/nastavni_materijali_2.pdf (srpanj, 2016)

[11] www.scribd.com/doc/47419216/Kanali-distribucija (rujan, 2016)



Slika 4: Kanali distribucije (marketinški kanali)
Izvor: Šamanović, J.: *Prodaja - Distribucija - Logistika: teorija i praksa*, Ekonomski fakultet Sveučilišta u Splitu, Split, 2009., str. 142

3.2. Utjecaj koncepta IoT na aktivnosti u distribuciji

IoT se primjenjuje u mnogim područjima distribucijskih sustava:

- kopneni, pomorski i zračni teretni prijevoz
- skladištenje (optimizacija kapaciteta skladišta, praćenje zaliha, energetska ušteda,…)
- praćenje pošiljaka u realnom vremenu
- rutiranje vozila (optimizacija ruta, dinamičko rutiranje,…)
- automatizacija servisiranja infrastrukturnih elemenata
- operativna učinkovitost
- upravljanje rizicima u distribucijskim mrežama i sl.

IoT doprinosi boljoj kontroli imovine i sredstava poput viličara i ostalih objekata unutar operativnog dvorišta određenog 3PL poduzeća čineći njihovu lokaciju vidljivom u svakom trenutku, ali i prikazujući podatke o načinu na koji se imovina koristi (Tablica 3).[12] To je zato

[12] Braun, G.: *WHITE PAPER: The Internet of Things and the Modern Supply Chain*, C3 Solutions, str. 5

što viličari, primjerice osim što tradicionalno služe svrsi prijenosa paleta i drugih predmeta, implementacijom IoT senzorne tehnologije dobivaju dodatnu funkciju - da očitavaju, primaju, obrađuju, pohranjuju i prenose informacije o različitim parametrima prilikom prijenosa paleta (opterećenje, temperatura, kvarovi i sl.).

Postoji još nekoliko područja primjene IoT tehnologije kada su u pitanju korisnici, pošiljke, kontejneri i sl. U hladnim lancima, primjerice, roba mora biti pod konstantnim temperaturnim režimom, a IoT tehnologija omogućuje dogradnju postojećim sustavima praćenja temperature. Osim nadgledanja temperature, senzori omogućuju automatsko podešavanje potrebne temperature i praćenje drugih parametara kao što su vlaga, neautorizirane ljudske radnje (nepropisno otvaranje kontejnera hladnjača) te praćenje individualnih predmeta prijevoza. Distribucijski kanali medicinskih proizvoda imaju najveći potencijal iskorištavanja prednosti IoT-a. Prema publikaciji Deloitte sveučilišta, postoje tri skupine navedenih radnji: nadgledanje okoline, detekcija i prevencija opasnosti te pravovremeno praćenje vozila, pošiljki, predmeta i sl.[13]

Tablica 3: Najčešća područja primjene IoT-a u distribucijskim sustavima

Očitavanje kapaciteta	Planiranje i izvještavanje	Optimizacija ruta	Upravljanje energetskom potrošnjom	Detektiranje i rješavanje neispravnosti
Sustavi koji detektiraju slobodna mjesta u skladištima, lukama, parkirališnim mjestima i sl.	Sustavi koji detektiraju i analiziraju događaje poput prometnih nesreća unutar distribucijske mreže omogućavajući preciznija vremena dostave	Alati za izradu mape najkraće ili energetski učinkovite rute za dostavna vozila	Alati za nadgledanje i donošenje odluka o potrošnji goriva, osvjetljenju, grijanju/hlađenju voznih parkova i postrojenja	Sustavi koji nadgledaju flotu kopnenih vozila, aviona ili brodova radi mogućih nepravilnosti ili potrebe održavanja produžujući operativno vrijeme vozila

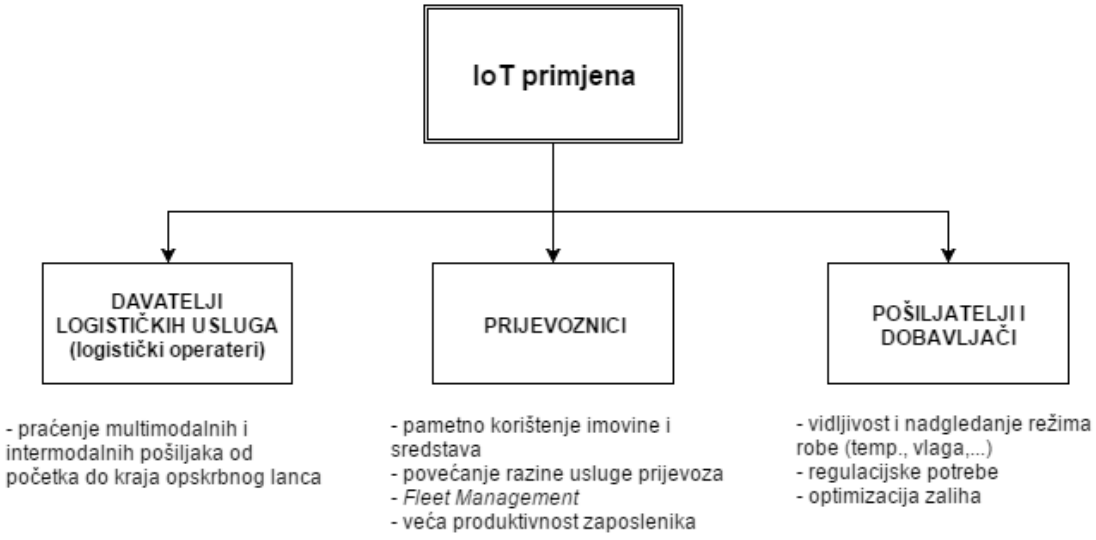
Izvor: preuzeto i modificirano prema Giannopoulos, A. , Lacey, M., Lisachuk, H., Ogura, A.*: Shipping Smarter: IoT Opportunities in Transport and Logistics*, Deloitte University Press, 2015., str. 5

[13] Giannopoulos, A., Lacey, M., Lisachuk, H., Ogura, A.: *Shipping Smarter: IoT Opportunities in Transport and Logistics*, Deloitte University Press, 2015., str. 6

Osim u područjima logistike, IoT pronalazi primjenu rješavanju transportnih problema kao što su prometna zagušenja, pitanje sigurnosti, efikasnost prijevoza ljudi, zagađenje i sl. Poboljšanja u javnom prijevozu i autonomna vozila, primjerice, mogu smanjiti mogućnost nastanka prometnih nesreća i troškove osiguranja. Prikupljanjem podataka iz uređaja koji mogu biti ugrađeni u sve vrste prometnih sredstava mogu se smanjiti transportni troškovi i povećati vremena dostave robe od početka do kraja opskrbnih lanaca.[14]

U Dijagramu 1 primjena IoT sustava u distribucijskim sustavima razvrstana je u tri kategorije: davatelji logističkih usluga, prijevoznici i pošiljatelji odnosno dobavljači. Unutar svake skupine vidljive su najvažnije aktivnosti koje implementacija IoT tehnologije ima potencijal unaprijediti.

Bez standardizacije automatizacija distribucijskih lanaca nije moguća. Cilj IoT sustava u distribuciji je ostvariti sustav koji donosi automatizirane odluke vođene ulaznim podacima iz senzora koji ukazuju na određene događaje. Podaci iz senzora moraju se slati prema standardnim protokolima kako ne bi bilo potrebe za translacijskim softverima.



Dijagram 1: Primjena IoT tehnologije u distribuciji
Izvor: izradio autor

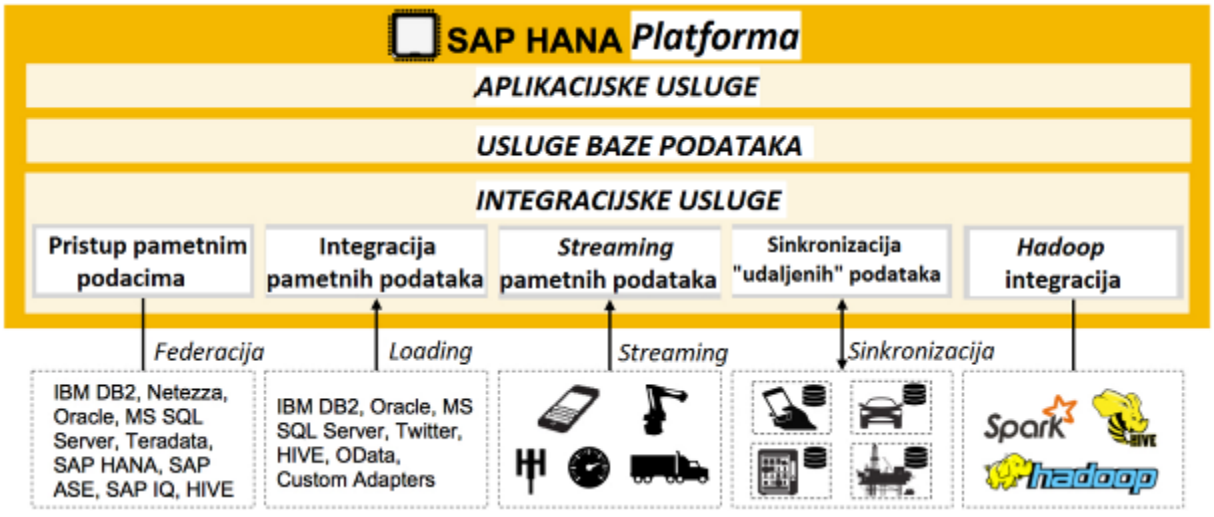
Još jedan segment IoT tehnologije u distribuciji, važan radi lakšeg razumijevanja sadržaja ovog rada je IT infrastruktura odnosno vrsta *Cloud* platforme koju poduzeća koriste i način na koji dizajniraju softverska rješenja. Svrha je povećanje poslovnih rezultata. Uz ERP i WMS

[14]www.iotsworldcongress.com/congress/call-for-papers/internet-of-things-in-transportation-logistics/#sthash.QwwFdIVY.dpuf (kolovoz, 2016.)

sustave, poduzeća počinju razvijati nove aplikacije za nadgledanje i ubrzavanje poslovnih procesa što zahtjeva kvalitetnu arhitekturu IoT sustava, veće brzine procesuiranja baza podataka te integraciju različitih vrsta podataka. Jedna od popularnih platformi koja se pokazala pouzdano je rješenje SAP HANA tvrtke SAP koja se koristi u pametnoj luci Hamburg (Slika 5). Studija slučaja luke Hamburg obrađena u sedmom poglavlju ovog rada. Preko SAP *Cloud* pohrane poduzeća mogu razvijati vlastite aplikacije (npr. aplikacija za praćenje robe, paleta i sl.) i imaju osnovne preduvjete za uspostavu IoT sustava:

- **analitika u stvarnom vremenu** - daju veću vrijednost informacijama u poslovanju poduzeća
- **aplikacije u stvarnom vremenu** – ubrzavaju brzinu poslovnih/logističkih procesa
- **prediktivna analitika** – napredni i jednostavni grafički prikazi relevantnih podataka.

Važno je razumjeti što je prediktivna analitika iz razloga što se u ovom radu termin često spominje u kontekstu implementacije IoT tehnologije u pojedine segmente fizičke distribucije. Dakle, u prediktivnoj analitici koriste se uzorci pronađeni u povijesnim i transakcijskim podacima kako bi se omogućila procjena rizika ili prilika i tako došlo do ispravnih poslovnih odluka. Prediktivna analitika omogućava povezivanje podataka iz više različitih izvora i kanala distribucije kao što su baze podataka, podaci na webu, transakcijski podaci itd.



Slika 5: Shema SAP HANA platforme za IoT sustave
Izvor: https://blogs.saphana.com/2015/04/28/sap-hana-platform-today/ (kolovoz, 2016.)

Prilikom odabira *Cloud computing* infrastrukture za IoT sustave, logističke tvrtke odnosno IT stručnjaci u log. tvrtkama, trebaju voditi računa o tome podržava li infrastruktura

razvoj aplikacija, web i mobilne aplikacije za izvještavanje i kontrolu, *firmware* nadogradnje, koje mrežne protokole podržava (npr. Websocket, MQTT, CoAP,..), usluge dizajniranja te kakva je struktura plaćanja *Cloud* servisa. Na Slici 5 prikazane su tri ključne usluge koje SAP HANA platforma poduzećima nudi: usluge za podršku aplikacijama poduzeća, usluge baze podataka i integracijske usluge potrebne za ostvarivanje prve dvije navedene usluge.

Po pitanju softvera ugrađenih IoT uređaja, kompanije moraju voditi računa da su softveri pouzdani i da mogu obuhvatiti sve povezane uređaje (npr. sve ugrađene pametne uređaje u skladištima) te osigurati mogućnost svih potrebnih načina povezivanja (bežično spojeni senzori, Wi-Fi, Ethernet, USB, Bluetooth i sl.). Budući da je primarni fokus ovog rada opisati utjecaj IoT koncepta na pojedine logističke procese i organizaciju distribucijskih mreža, nije potrebno detaljno razraditi sustave *Cloud* platforme i IT arhitekturu koncepta IoT.

Potrebno je napomenuti kako ne postoji univerzalna primjena koncepta IoT u poduzećima. Primjena ovisi o potrebama distribucijskih poduzeća i području koje žele nadograditi ili promijeniti. Ovisno o željenim rezultatima kreiraju se individualizirana softverska rješenja. Iz tog razloga nužno je postaviti standarde i format podataka koji se očitavaju preko senzora.

IoT pametni uređaji i sustavi kontinuirano prate log. procese, registriraju razna ograničenja unutar distribucijske mreže i inteligentno pravovremeno reagiraju na događaje. To stvara **dinamičke distribucijske sustave.** Oni distributeri koji će poslovne procese bazirati na statičkim strukturama i analizama podataka, a ne dinamičkim odnosno pravovremenim neće moći održati konkurentnost. Stoga je nužno da distributeri počnu s prilagodbom i implementacijom IoT tehnologije.

Kapacitet IoT uređaja unutar distribucijskih mreža za donošenje odluka utjecati će na ukupnu strukturu opskrbnih lanaca. Praćenje digitalnog životnog ciklusa proizvoda kroz sve faze lanca opskrbe od njegove proizvodnje do isporuke maloprodaji pozitivno utječe na procese upravljanja zalihama, strategije pronalaska dobavljača i logističke troškove. Ako, primjerice, dobavljač ne može dostaviti robu na vrijeme, to može pokrenuti automatsku pretragu alternativnih dobavljača unutar intralogističkih sustava čime se eliminiraju zastoji u rasporedu proizvodnje ili usluzi kupcu. Mogućnost očitavanja potražnje gotovih proizvoda korištenjem pametnih uređaja u distribucijskom lancu gotovi proizvodi će se automatski moći raspodijeliti duž više distribucijskih čvorova prema trenutnoj potražnji prodajnih kanala. Ukoliko nedostaje zaliha sustav automatski pretražuje dostupnost sirovina i kapacitet

proizvodnje što rezultira slanjem informacije za pokretanje proizvodnje na optimalnoj lokaciji. Dinamično, kontinuirano usklađivanje ponude i potražnje pozitivno utječe na profitabilnost, profit, razinu usluge i optimizaciju zaliha.[15]

3.3. Nositelji koncepta IoT u distribuciji

Praćenje (identifikacija) objekata distribucije moguće je putem nekoliko primarnih tehnologija, nositelja IoT koncepta:

RFID – pasivni i aktivni - podrazumijeva radio-frekvencijsku oznaku proizvoda koja služi kao radijski odašiljač. Odašiljač proizvodi slab signal, ali dovoljno jak za identifikaciju proizvoda u skladištu. Manjih je dimenzija. Aktivni RFID sadrži bateriju koja traje 3-5 godina.

Barkod – očitavaju se pomoću barkod čitača, QR vrsta barkoda može se očitavati putem pametnog telefona

NFC (*Near Field Communication*) - bežična tehnologija pomoću koje dva uređaja imaju mogućnost razmjene različitih vrsta podataka kada se dotaknu ili približe jedno drugome (najčešće 10 centimetara ili manje). NFC je vrsta visokofrekventnog (HF) RFID sustava i radi na istoj frekvenciji 13.56 MHz. Razlika u odnosu na RFID je interakcija s korisnikom (*peer-to-peer*), ne samo jednosmjerno očitavanje podataka. NFC uređaj može biti čitač i odašiljač, ovisno o situaciji u kojoj se koristi. Primjer je bezkontaktno plaćanje bankovnim karticama. Prisutan je u novijim pametnim uređajima.

GPS – kombinacija mobilnih uređaja i satelitske telefonske tehnologije. Mogu biti priključeni na internu bateriju vozila ili imati vlastito napajanje

Wi-fi, Bluetooth – praćenje objekata u zatvorenim prostorijama i na manjim površinama

IoT koncept podrazumijeva korištenje navedenih tehnologija za automatsku identifikaciju objekata povezanih na *Cloud* sustav preko IP adresa. Trenutno dostupne tehnologije koje omogućuju identifikaciju IoT objekata u distribucijskim sustavima su: RFID, barkodovi, NFC (*Near Field Communication*), mobilni internet, IPv6, *device-to-grid*, vizualno prepoznavanje, 3D skeniranje, GPS, *geotagging*, M2M komunikacija, nosivi uređaji, augmentirana stvarnost (AR), daljinsko upravljanje, *object-generated content* (OGC).

[15] http://cerasis.com/2015/10/05/the-internet-of-things/ (kolovoz, 2016)

4. VAŽNOST UPOTREBE SENZORA MOBILNIH I NOSIVIH UREĐAJA U FIZIČKOJ DISTRIBUCIJI

Kao što je napomenuto na početku rada, jedan od razloga razvoja IoT-a je sve jeftinija senzorna tehnologija. To podrazumijeva također lakšu adaptaciju senzora u pametne telefone, tablete i ostale mobilne ICT uređaje. Zbog ekonomije obujma mobilnih uređaja veliki broj senzora u mobitelima postao je jeftin.

Prema istraživanjima tvrtke CDW oko 80% zaposlenika danas na posao nose svoje pametne telefone. Veći dio njih koristi jednu ili više aplikacija za unaprjeđenje produktivnosti i učinka na poslu. Prednosti korištenja mobilnih uređaja u operativnom djelovanju zaposlenika su:

- prenosivost,
- pravovremenost informacija,
- nadgledanje sigurnosti i zdravlja,
- precizno nadgledanje kretanja ljudi, tereta s sl.,
- jednostavnost upotrebe i
- dostupnost. [16]

Mobilni uređaji sve više pronalaze primjenu u poslovnom i industrijskom svijetu. U logistici specifično, najveća primjena se očekuje u *track-and-trace* aplikacijama za praćenje robe, ali i cjelokupnih distribucijskih mreža, od proizvođača do reciklaže. Ostale aktivnosti fizičke distribucije mogu se umjesto posebno izrađenim barkod čitačima i drugim uređajima obavljati senzorima s pametnih telefona što stvara uštedu.

Slika 6: Prikaz korištenja IoT aplikacije na tabletu unutar vozila poduzeća
Izvor: *printscreen* https://vimeo.com/167074125 (kolovoz, 2016.)

[16] http://cerasis.com/2015/04/21/mobility-in-manufacturing/ (02.08.16.)

Na Slici 6 prikazano je korištenje aplikacije tvrtke Enevo za navigaciju preko tableta koji se nalazi u kabini vozača kamiona. Aplikacija je povezana putem IoT senzora postavljenih unutar posuda za odlaganje otpada koji očitavaju popunjenost posuda i u stvarnom vremenu na aplikaciju šalju informacije koje se zatim koriste za prikaz optimalne rute vozaču prilikom prikupljanja otpada. Aplikacija se može koristiti i na drugim mobilnim uređajima. Ovaj primjer obrađen je detaljno u poglavlju 6.5.

Prednost korištenja pametnih telefona u proizvodnji, u skladištima ili u prijevozu je činjenica da je pametni mobitel višesenzorni uređaj – veći broj senzora prisutan je na jednom uređaju. Umjesto nekoliko zasebnih uređaja unutar vozila, dostavljači putem jednog mobilnog uređaja mogu skenirati i potvrđivati primitak robe, obavljati pozive, koristiti navigaciju, slati slikovne dokumentacije o pošiljci i sl. Dakle, primarna prednost je niska cijena mobilnih uređaja u odnosu na posebno dizajnirane hardverske sustave za skladišta ili distribuciju.

Očekuje se i mogućnost 3D skeniranja za dokumentiranje tereta tijekom dostavnih operacija. 3D skeniranje veliki potencijal jer se bilo kakve fizičke promjene robe tijekom prijevoza mogu u realnom vremenu prenositi na računalne sustave odnosno ERP sustave povezane s IoT tehnologijom. Pomoću slikovne dokumentacije, moguće je integrirati skenirane informacije ili potpise o dostavi robe u mrežu tvrtke čime se smanjuje potreba za papirnatim primkama. Budući da se radnje odvijaju preko *Cloud* platforme opasnost od gubitka podataka je niska što općenito smanjuje potrebu za fizičkim dokumentiranjem špediterskih procesa.[17]

Kompanije često umjesto skupih *hardware* sustava i implementacije posebnih GPS uređaja u vozila koriste GPS mobilnih uređaja vozača. Sustavi za praćenje aktivnih vozila ograničeni su specifičnim paketom aplikacija koje se koriste u određenom voznom parku. Pametni telefoni i tableti (kasnije pametne naočale) pružaju čitav niz aplikacija po niskim cijenama koje mogu koristiti svi sudionici opskrbnog lanca, od 3PL vozača tegljača do zaposlenika zaduženog za istovar robe.[18]

O korisnosti mobilnih uređaja u operacijama distribucije govori činjenica da u sklopu projekta *smartPORT Logistics* luke Hamburg svi sudionici prometa koriste smartPORT

[17] Izvor: Wegner, M., Kückelhaus, M.: *Low-Cost Sensor Technology, A DHL perspective on implications and use cases for the logistics industry*, DHL Customer Solutions & Innovation, prosinac 2013, str. 10

[18] Giannopoulos, A., Lacey, M., Lisachuk, H., Ogura, A.: *Shipping Smarter: IoT Opportunities in Transport and Logistics*, Deloitte University Press, 2015., str. 9

aplikaciju na svojim vlastitim mobilnim uređajima ili tabletima postavljenim u kabini za vozače pomoću koje imaju pristup informacijama o trenutnoj prometnoj situaciji u luci (koje rute su zatvorene, koliko je parkirnih mjesta slobodno na teminalima, kasni li brod itd.). Preko mobilne aplikacije brodari i prijevoznici (vozači) mogu direktno komunicirati. Pametna luka Hamburg obrađena je u sedmom poglavlju ovog rada.

Tablica 4: Aplikacije senzora mobilnih uređaja u fizičkoj distribuciji

Aplikacije pametnih telefona i tableta	**Sustavi senzora za obradu slika o udaljenosti**	**Pametne naočale, nosivi uređaji**
• Skeniranje tereta • Slikovna dokumentacija tereta • Upravljanje narudžbom • 3D slike (dokumentacija stanja tereta tijekom prijevoza naručitelju) • Mjerenje volumena • Praćenje kapaciteta • Kontrola automatiziranih sustava • Izračun troškova prijevoza na osnovu volumena putem *Cloud* aplikacija	• Mjerenje volumena • Praćenje kapaciteta • Kontrola automatiziranih sustava • Kontrola gestama (pokreti za digitalnu kontrolu)	• *Pick-by-Vision* • Augmentirana stvarnost • Aplikacije nosivih uređaja

Izvor: izradio autor prema Wegner, M., Kückelhaus, M.: *Low-Cost Sensor Technology, A DHL perspective on implications and use cases for the logistics industry*, DHL Customer Solutions & Innovation, prosinac 2013, str. 4

Važnost senzora mobilnih uređaja i ostale potrošačke elektronike je H2M (*human-to-machine*) sučelje za IoT sustave u logistici. Omogućuju praćenje logističkih procesa u realnom vremenu. Trenutno pametni telefoni mogu biti opremljeni s do 10 senzora. Mogu očitavati lokaciju, svjetlost, temperaturu, ubrzanje, zvuk, video, prepoznavati obrasce i sl. (Tablica 4). Broj senzora na mobilnim uređajima će se povećavati. S velikim brojem senzora mobilni uređaji postaju izvori velike količine korisnih poslovnih podataka.[19]

U Tablici 5 prikazane su vrste i funkcije senzora novijih mobilnih uređaja i očekivane sljedeće generacije senzora u nadolazećim mobilnim uređajima prema istraživanju tvrtke

[19] Giannopoulos, A., Lacey, M., Lisachuk, H., Ogura, A.: *Shipping Smarter: IoT Opportunities in Transport and Logistics*, Deloitte University Press, 2015., str. 9

DHL. Sva navedena senzorna tehnologija u mobilnim uređajima primjenjiva je u logističkim operacijama. No, treba uzeti u obzir razvoj tehnologije pametnih naočala i ostalih nosivih naprava koje nude jednake mogućnosti uz prednost što su korisnici tada slobodnih ruku (*hands-free*) obavljajući iste aktivnosti.

Tablica 5: Senzorna tehnologija novijih pametnih telefona koja se može koristiti u fizičkoj distribuciji

	VRSTA SENZORA	FUNKCIJA
iPhone 5S	Žiroskop (3 osi) Akcelerometar (mjerač ubrzanja) Senzor udaljenosti Senzor osvijetljenosti prostora	Prepoznavanje pokreta/ geste/lica Lokacijska analiza Kontrola osvijetljenosti
Galaxy S7	Žiroskop (3 osi) Akcelerometar (mjerač ubrzanja) Senzor udaljenosti Senzor osvijetljenosti prostora Senzor za temperaturu, vlagu, barometar Senzor za mjerenje pulsa NFC (*Near Field Comunication*)	Prepoznavanje pokreta/ geste/lica Lokacijska analiza Kontrola osvijetljenosti Atmosferska analiza (temperatura, vlaga, svjetlost) Pasivna identifikacija
Nadolazeći uređaji	3D senzor RFID Senzor kvalitete zraka	Prepoznavanje gesti i dokumentiranje Pasivna identifikacija Analiza atmosfere

Izvor: preuzeto i modificirano od Wegner, M., Kückelhaus,M.: *Low-Cost Sensor Technology, A DHL perspective on implications and use cases for the logistics industry*, DHL Customer Solutions & Innovation, prosinac 2013, str. 8

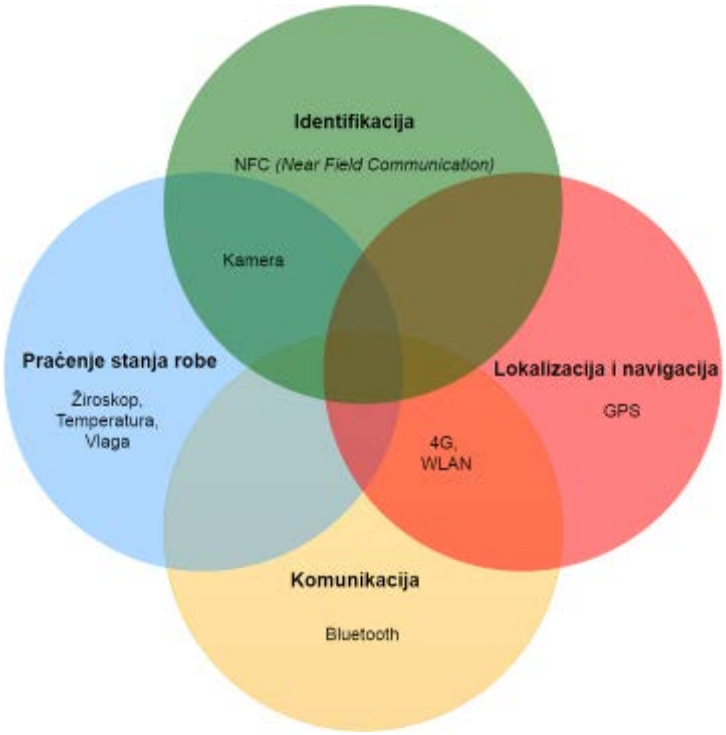
Cloud aplikacije i pametni telefoni omogućuju jedinstveni *track-and-trace* sustav. Preko aplikacija se sinkroniziraju podaci skeniranja tereta u skladištu i skeniranja u vozilu tijekom dostave s postojećim IT sustavima kontrole logističkih procesa. Praćenje tereta preko *Cloud*-a, skenirani podaci su izravno dostupni, čime se poboljšava učinkovitost kontrole unutarnjih procesa. Praćenje je također transparentno što smanjuje broj upita kupaca o statusu pošiljke.

Glavni nedostatak upotrebe potrošačke elektronike u logističkim operacijama je slaba otpornost na nepovoljne uvjete. Skladišni skeneri su otporni na nepovoljne uvjete - udarce, vlagu, pritisak i sl. za razliku od mobilnih uređaja. Uz to, prosječni životni vijek pametnog telefona je otprilike 4.7 godina.

Osim pametnih mobitela i tableta, nosivi uređaji također su opremljeni navedenim vrstama senzora. Za razliku od mobilnih uređaja, nosivi uređaji omogućuju *hands-free* interakciju operatera s objektima. Budući da pripadaju području proširene stvarnosti (AR)

koja zahtjeva posebnu analizu, u ovom radu neće se detaljno obraditi, već ih vrijedi spomenuti. Razvoj AR tehnologije koja se primjenjuje u logističkim operacijama kronološkim redom je:

1. ručni uređaji
2. stacionarni AR sustavi
3. prostorni AR sustavi (SAR)
4. zasloni za virtualnu stvarnost (HMD)
5. pametne naočale
6. pametne leće – *očekivana sljedeća faza*



Slika 7: Senzorna tehnologija pametnih telefona i primjena u organizaciji distribucije
Izvor: izradio autor prema Wegner, M., Kückelhaus,M.: *Low-Cost Sensor Technology, A DHL perspective on implications and use cases for the logistics industry*, DHL Customer Solutions & Innovation, 2013, str. 12

Pametne naočale mogu ubrzati logističke procese i povećati sigurnost. Senzori za očitavanje barkod i RFID oznaka nisu jedina prednost pametnih naočala. Teretnice ili lista pakiranja (*Packing list*) koje su uobičajeno spremljene u fizičke pozicije, prilikom dolaska kontejnera, tegljača ili prilikom rukovanja robom, mogu se skladišnim operaterima digitalno prikazivati na zaslonu pametnih naočala čime oni dobivaju informacije u realnom vremenu o robi kojom rukuju te sve relevantne podatke o pošiljci.

Zatim se podaci nakon obavljenog procesa istovara šalju na *Cloud* tvrtke i analiziraju te se sinkroniziraju s podacima o robi tijekom cijelog distribucijskog procesa i s WMS sustavom tvrtke.

Neki primjeri pametnih naočala koje se koriste u distribucijskim procesima su Vuzix M100, tvrtke Ubimax, GoogleGlass naočale, META ONE i sl., a vodeće kompanije koje razvijaju tehnologiju pametnih naočala su SONY, Samsung, Vuzix, Telepathy, Motorola, Google, Trivisio itd. Na Slici 8 je prikaz različitih modela pametnih naočala dizajnirane isključivo za skladišne operacije.

Slika 8: Ponuda pametnih naočala za skladišne operacije tvrtke Ubimax
Izvor: www.ubimax.de/index.php/en/products#hardware (kolovoz, 2016)

5. UTJECAJ KONCEPTA IoT NA SKLADIŠNE PROCESE

U strukturi ukupnih troškova distribucije najveći udio imaju troškovi prijevoza robe, skladištenja i držanja zaliha. Skladištenje je jedan od ključnih elemenata logistike. Procesi skladištenja sudjeluju s oko 20% u ukupnim troškovima distribucije.[20] Kvalitetnom organizacijom skladišnih procesa tvrtke mogu ojačati svoju konkurentnost na tržištu.

IoT ima nemjerljivi potencijal unaprijediti procese u skladištenju. Danas još uvijek postoji veliki broj skladišne opreme, vozila i ostalih elemenata skladištenja koji mogu biti spojeni na internet i pružati korisne informacije odnosno koji se mogu prikazati *online*. RFID i barkod tehnologija olakšavaju ugradnju IoT rješenja i pružaju mogućnost razvoja novog koncepta – pametno upravljanje zalihama.

Prednost koju IoT u skladištima ostvaruje je optimalno korištenje komponenti skladišta (opreme i imovine). Povezivanjem strojeva, konvejera i mobilnih skladišnih jedinica u jedinstveni centralni sustav omogućava niz pogodnosti. Analiziranjem podataka o skladišnoj opremi operateri mogu optimizirati skladišne operacije te povećati učinkovitost i produktivnost skladišne opreme i zaposlenika. IoT senzori pokazuju koliko je sredstava u skladištu u pogonu, u kojim vremenima se najviše koriste, kada su pod opterećenjem i slično, a upravitelji sukladno dobivenim podacima u softveru mogu donositi taktičke odluke brže i jednostavnije. Budući da IoT podrazumijeva interakciju između uređaja, novost je prediktivno održavanje opreme i strojeva u kojem sustav samostalno zakazuje termine održavanja i djeluje u skladu s terminima preko drugih uređaja ili obavještava zaposlenike kada je potreban pregled određenog elementa.

Glavne komponente skladišnog sustava su:

- skladišni objekti (zgrade, skladišne površine),
- sredstva za skladištenje i sredstva za odlaganje materijala (sredstva za oblikovanje jediničnih tereta),
- transportna sredstva,

[20] Glockner, H., Jannek, K., Mahn, J., Theis, B.: *Augmented Reality In Logistics, Changing the way we see logistics – a DHL perspective*, DHL Customer Solutions & Innovation , 2014, str. 13

- pomoćna skladišna oprema (računalna oprema, oprema za pakiranje, sredstva za paletizaciju i depaletizaciju, za kontrolu i mjerenje,...)
- dodatna oprema (protupožarna, oprema za grijanje i hlađenje, rasvjeta, oprema održavanja čistoće itd.).[21]

Primjena suvremene tehnologije i suvremenih modela u skladišnim sustavima (automatizacija) može smanjiti prosječne troškove skladištenja. IoT tehnologija u implementirana u skladišnu infrastrukturu ima potencijal smanjiti troškove skladištenja u svim segmentima koji učestvuju većim udjelom u ukupnim skladišnim troškovima. Troškove skladištenja generiraju:

- najam ili izgradnja,
- održavanje,
- osiguranje,
- plaće skladišnih radnika (fiksne plaće, prekovremeni rad, ozljede na poslu…),
- troškovi držanja zaliha
- potrošnja energije (režije – rasvjeta, klimatizacija, temperaturno održavanje,…)
- ostali troškovi zgrade i opreme skladišta[22]

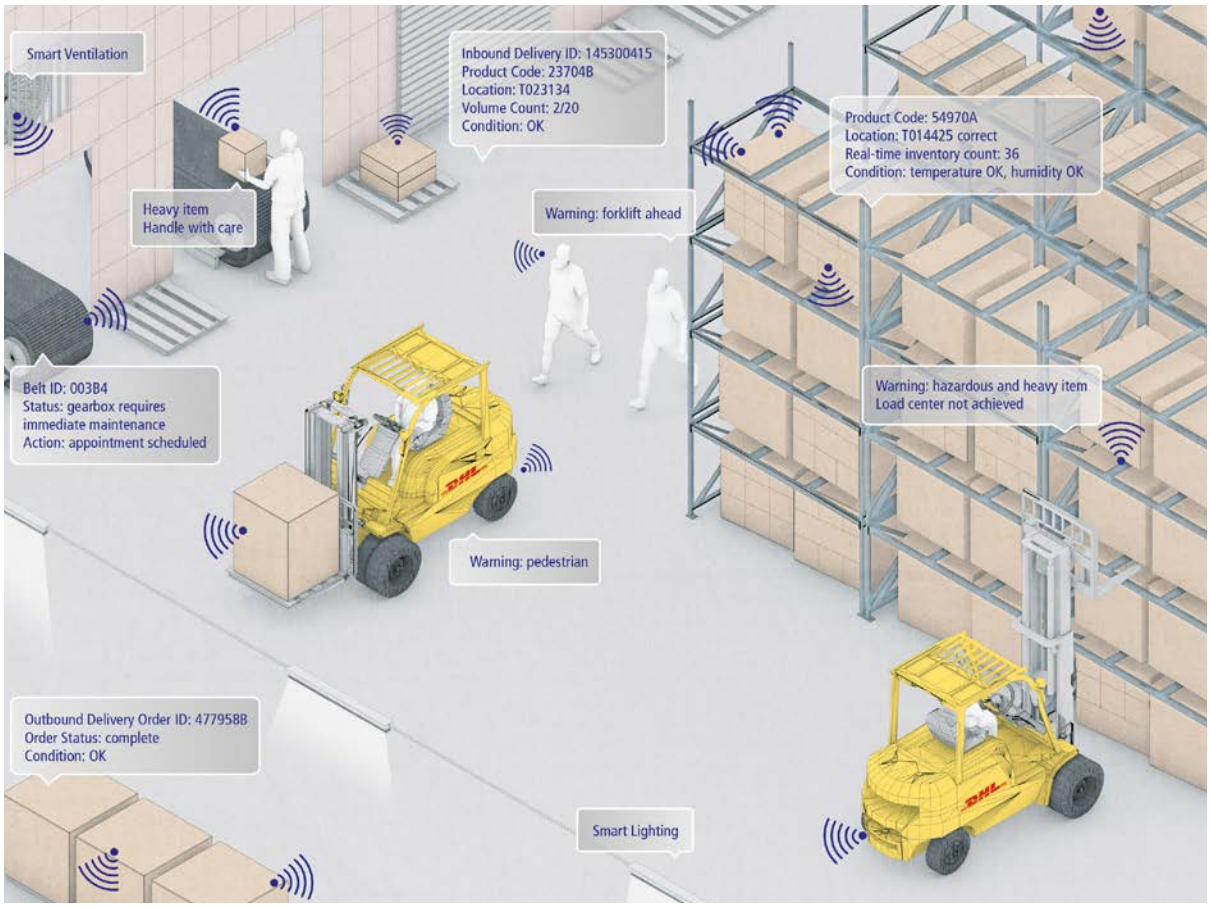
RFID tehnologija u skladištima uglavnom se koristi kao dio IoT tehnologije. Ukoliko vozač palete treba pokupiti paletu i pripremiti ju za utovar, vozač ne treba gubiti vrijeme na silazak s viličara, skenirate palete i vraćanje na viličar, već se RFID skener može postaviti na viličara i palete se mogu direktno skenirati dok se stavljaju na viličar. Na vilice se mogu ugraditi i digitalne vage koje bežično šalju pravovremene informacije o težini i masi palete na viličaru. Primjer je tvrtka Swisslog čiji je proizvod obrađen u studiji slučaja ovog rada.

Najveće promjene i izazovi u razvijanju skladišnog poslovanja su:

- zahtjevi korisnika za visokom razinom usluge
- zahtjevi za poboljšanjem učinkovitosti i iskorištenja prostora
- zahtjevi za smanjenjem razine zaliha
- potreba za višim stupnjem integracije skladišta u logistički sustav
- povećani zahtjevi za posebnim uslugama (npr. cross-docking, JiT)

[21] Rogić, K.: Prezentacija 1 „Unutrašnji transport i skladištenje“, Fakultet prometnih znanosti, 2013., str. 8
[22] Speh, T.W.: *Understanding Warehouse Costs and Risks*, Warehousing Forum, Ohio, SAD, vol. 24, no. 7, lipanj 2009, str. 1

- povećan broj sustava i opreme koji se razmatraju pri planiranju usluga
- **zahtjevi za uspostavom sustava automatske identifikacije, informatičkih sustava za upravljanje skladištima**[23]



Slika 9: Koncept implementacije IoT tehnologije u skladišne sustave tvrtke DHL
Izvor: Buckalew, L., Chung, G., Macaulay, J.: *Internet of Things in Logistics: A collaborative report by DHL and Cisco on implications and use cases for the logistics industry,* 2015., str. 15

Na Slici 9 prikazan je koncept korištenja IoT tehnologije tvrtke DHL u skladištu. Koncept obuhvaća povezanost **ljudi** (detekcija viličara i sprječavanje opasnosti od nesreća, praćenje fizičkog opterećenja zaposlenika i sl.), **opreme** (detekcija zaposlenika prilikom vožnje viličara, status pokretnih traka i strojeva, pravovremene upute za održavanje strojeva,…) **robe** (uputstva za rukovanje i karakteristike robe pri dolasku ili izuzimanju, status pošiljke, automatska identifikacija, detektiranje opasne robe, upute o rukovanju robom u stvarnom vremenu,...) i **energije** (pametna rasvjeta, pametna ventilacija itd.) Stanoviti segmenti koncepta skladištenja prikazani na Slici 9 objašnjeni su kroz naredna potpoglavlja.

[23] Rogić, K.: Prezentacija 1 „Unutrašnji transport i skladištenje“, Fakultet prometnih znanosti, 2013., str. 2

Prednosti implementacije IoT uređaja u skladište su[24]:

- **pametno upravljanje zalihama i precizna kontrola zaliha** (identifikacija proizvoda u realnom vremenu, analiza, praćenje, nadgledanje na razini jediničnog proizvoda, pakiranja ili palete povezanih na web i mobilne uređaje preko *Cloud* tehnologije, trenutna lokacija, trenutne informacije o razini zaliha, veća transparentnost i preciznost omogućavaju veću kontrolu kvalitete, detekcija i pravovremena dojava neprimjerene temperature, vlage ili krađe zaliha)
- **detektiranje oštećenja i nepravilnosti** (skeniranje kamerama)
- **vidljivost procesa, ljudi i imovine u realnom vremenu**
- **veća učinkovitost zaposlenika** (praćenje lokacija zaposlenika i njihove učinkovitosti)
- **povećanje zdravlja i sigurnosti zaposlenika** (praćenje zdravlja zaposlenika, lokacija viličara, skeniranje okoline viličara kamerama ili radarima, automatsko kočenje na križanjima između redova polica unutar skladišta)
- **praćenje statusa robe unutar i izvan skladišta** (temperatura, vlaga, oštećenja, krađe)
- **pravovremeno održavanje opreme na temelju podataka iz senzora**
- **optimalno korištenje opreme**
- **povećanje energetske učinkovitosti skladišta** (pametna rasvjeta, ventilacija, klimatizacija,…)

5.1. Upravljanje pametnim zalihama

Jedan od ciljeva upravljanja zalihama je smanjiti vrijeme koje skladišni operateri troše na nadgledanje zaliha kako bi se mogli posvetiti primarnim poslovima za rast i razvoj tvrtke. Način upravljanja zalihama utječe na strukturu troškova skladištenja, stoga mu se mora posvetiti posebna pažnja. Svaki odabrani način zahtjeva kvalitetnu implementaciju IT sustava kao informatičku podršku u praćenju stanja zaliha. Troškovi zaliha ogledaju se kroz:

- **troškove držanja zaliha**
- **troškove naručivanja** (troškovi pripreme i obrade narudžbi, odabir, provjeravanje robe, provjeravanje razina zaliha)

[24] Buckalew, L., Chung, G., Macaulay, J.: *Internet of Things in Logistics: A collaborative report by DHL and Cisco on implications and use cases for the logistics industry,* 2015., str. 15-17

Digitalizacijom odnosno smanjenjem manualnog rada troškovi se mogu smanjiti kroz više segmenata. Umjesto fizičkih zapisnika o oštećenosti robe, primjerice, naznake oštećenja operateri mogu uočiti još dok se roba nalazi u vozilu koje treba istovariti pošiljku u skladište. Manualnim provjerama pošiljaka stvara se mogućnost ljudske pogreške što rezultira neregularnim količinama robe na zalihama i daljim posljedicama u poslovanju.

Trenutno se u većini skladišta koriste RFID i barkod sustavi za skeniranje robe kada je ona na lokaciji za pohranu ili izvan nje. Sustav ih pri skeniranju uz pomoć baze podataka prepoznaje i daje podatke o razini zalihe, lokaciji, potražnji i sl. No, postoji prostor za nadogradnju ovih sustava većim opsegom informacija o proizvodu i pravovremenim praćenju. Ono što je potrebno je kontinuitet u praćenju informacija i izvještavanju o stanju pošiljaka. Izazov je do danas bio spojiti RFID tehnologiju na internet, a IoT to omogućava.

U pametnim skladišnim sustavima drvene palete opremljene RFID senzorima mogu se iskoristiti za vidljivost i praćenje, dok istovremeno služe za kalkulaciju skladišnih mjesta i optimizaciju. Instalirati 300 uređaja u skladište ne znači puno ukoliko se podaci koje oni generiraju ne prate i procesuiraju automatski iz sustava za upravljanje zalihama. Ukoliko se podaci ne povežu s odgovarajućim sustavom za praćenje to iziskuje troškove bez vidljivih rezultata.

Kompanije trebaju ulagati u rješenja upravljanja zalihama baziranima na *Cloud* pohrani, opremljenoj analizama i funkcijama za automatizirana izvješća. Time se stvara transparentnost i pravovremeni uvid u pojedine faktore koji do danas nisu bili praćeni u skladištima, a koji utječu na razinu zaliha. Faktori su:

- Je li proces prijema robe i pakiranja zaustavljen zbog kvara trakastog transportera (konvejera)?
- Od kuda proizvod dolazi i koja mu je destinacija?
- Koliko je vremena preostalo prije nego viličar mora na pregled/popravak?[25]

Mogućnost praćenja i komuniciranja s proizvodima na zalihama ostvarivo je implementacijom adekvatne IoT arhitekture u skladišta. RFID čipovi koji očitavaju fizičke karakteristike robe u skladištu kroz odgovarajuću IoT softversku arhitekturu mogu prikupljati

[25] http://www.genco.com/insights/how-is-the-internet-of-things-changing-logistics/ (kolovoz, 2016)

veći broj informacija o proizvodima i putem njih kontinuirano komunicirati sa sustavima za praćenje zaliha (WMS). Jednom kada palete stignu na određenu lokaciju, RFID oznake šalju signal WMS sustavu čime se omogućava pravovremena vidljivost razina zaliha. Ukoliko su palete stavljene na krivu lokaciju ili temperaturni tretman ne zadovoljava postavljene uvjete sustav detekcije javlja operateru nepravilnost. Operater zatim poduzima korektivne mjere.

Dodatne informacije koje senzori razmjenjuju sa WMS sustavima su temperatura, atmosfera, oštećenja i sl. GPS sustavi istovremeno odaju precizne informacije o lokaciji palete, pakiranja ili zasebno svakog proizvoda, čime se smanjuje broj krađa u skladišnim i distribucijskim objektima. Praćenje proizvoda izvan skladišnog objekta također utječe na pametno upravljanje zalihama. Praćenje izvan skladišta je moguće jer svi proizvodi mogu imati vlastiti digitalni identifikator. Kompanije koje prate svoju robu preko IoT programa mogu dobiti statističke podatke učestalosti pojave oštećenja, koliko često se proizvodi kratkog životnog vijeka pokvare po prijevozu i sl.[26]

Prednost implementacije IoT tehnologije u skladišta je preventivno djelovanje operatera i eliminacija pojave neželjenih događaja prije nego se pojave. Također, veća je mogućnost zaštite podataka jer se podaci o zalihama pohranjuju na *Cloud*, dok tradicionalna pohrana podataka podrazumijeva spremanje na *hard disk* ili se u rjeđim slučajevima zalihe dokumentiraju samo na papirima. U tradicionalnoj pohrani postoji rizik od gubitka podataka, dok *Cloud* pohrana osigurava jednostavnu zamjenu i skidanje podataka u slučajevima gubitka hardverske opreme poduzeća.

5.2. Prediktivno održavanje komponenti skladišta

Strojevi za sortiranje pošiljaka na trakastim transporterima mogu se opremiti senzorima koji mjere varijacije temperature prilikom rada stroja i detektiraju potencijalna opterećenja. Senzori također detektiraju oštećenja pošiljaka ili njihovo nagomilavanje pa zaposlenici mogu reagirati prije nego se dodatno nagomilavanje dogodi. Prediktivno održavanje podrazumijeva pohranu podataka koje navedeni senzori generiraju, njihovo procesuiranje i analizu te na

[26] http://www.clearspider.com/how-the-internet-of-things-will-transform-inventory-management/#.V7qmffmLTIV (kolovoz, 2016.)

temelju analiza izračun optimalnog datuma održavanja i očekivani životni vijek stroja.[27] Svaki znak degradacije ili potencijale pogreške stroja bilježi se na *Cloud* platformu. Prednost je manja potreba za fizičkim obilaskom skladišne opreme koju zaposlenici danas tradicionalno obavljaju i eliminacija zakazivanja strojeva pa naknadne reakcije nisu potrebne.

5.3. Praćenje zdravlja i sigurnosti skladišnih zaposlenika IoT tehnologijom

IoT tehnologija u skladištima može povećati sigurnost i zaštitu zaposlenika praćenjem njihovog zdravlja. Osim povezivanja opreme i infrastrukturnih elemenata skladišta IoT omogućuje povezivanje radne snage.

5.3.1. Praćenje viličara

U DHL-ovom istraživanju IoT-a u logistici navodi se kako je povećanje sigurnosti vozača viličara područje koje ima veliki prostor za optimizaciju. U prilog govori statistika ITA-e (*Industrial Truck Association*) koja broji 855.900 trenutno operabilnih viličara samo u SAD-u. Njihovo korištenje rezultira s oko 100.000 nesreća godišnje koje su uzrok 94.750 ozljeda. Otprilike 80% nesreća nastalo je u kontaktu s prolaznicima (drugim zaposlenicima).

Kombinacija senzora s radarom ili kamerama ugrađenim na viličare može viličarima omogućiti komunikaciju s drugim viličarima (F2F – *Forklift-to-Forklift*) ili skeniranje okolnog prostora radi detekcije objekata koji mogu prouzročiti sudare.

IoT tehnologija može osigurati veću zaštitu vozača viličara od nesreća uzrokovanih nepravilnim rukovanjem paletom. Senzori pritiska postavljenih na vilice viličara detektiraju palete prevelikih težina ili neravnomjerno raspoređenu težinu tereta na viličaru. U trenutku kada je opterećenje preveliko sustav detektira lokaciju i šalje obavijest operateru na sučelje tableta, PC-a ili mobilnog uređaja da je potrebno intervenirati.

Pad paleta ili proizvoda sa skladišnih regala također se može eliminirati na svojstven način. Prema DHL-ovim istraživanjima postoji mogućnost izrade sučelja koje kombinacijom senzora i kamera računa razinu rizika uzrokovanu nepravilnom pohranom paleta na regale i vjerojatnost pada palete ili proizvoda. Nakon identifikacije takvog potencijalnog scenarija

[27] Buckalew, L., Chung, G., Macaulay, J.: *Internet of Things in Logistics: A collaborative report by DHL and Cisco on implications and use cases for the logistics industry,* 2015., str. 17

skladišnom timu se šalje obavijest kako bi pravovremeno reagirao i smanjio mogućnost ozljede zaposlenika ili tereta. IoT će omogućiti povezivanje zaposlenika i skladišnih objekata preko pametnih telefona, skenera ili pametnih naočala kroz M2P komunikaciju.[28]

5.3.2. Unutarnji GPS sustavi

Kompanije se sve više fokusiraju na razvoj unutarnjeg GPS sustava - *Indoor Positioning System* (IPS) za praćenje ljudi i imovine. Jednostavno rečeno, radna snaga se može povezati kao i objekti. Jedan od takvih proizvoda nudi kompanija Locoslab (Slika 10).

Slika 10: Locoslab aplikacija za praćenje kretanja ljudi unutar objekata
Izvor: www.locoslab.com/ (kolovoz, 2016)

Aplikacija Locoslaba omogućuje preciznu detekciju lokacije zaposlenika i vizualni prikaz njihovog kretanja praćenjem njihovih mobilnih uređaja unutar skladišta. Praćenje je moguće preko aktivne ili pasivne RFID tehnologije.

5.3.3. Aplikacije za praćenje zdravlja skladišnih zaposlenika

Analizom kretanja zaposlenika unutar logističkih objekata mogu se pronaći rješenja za poboljšanje određenih procesa u skladištima. Nosive naprave poput narukvica, satova i ostalih *gadgeta* za praćenje zdravlja vozača viličara i ostalih operatera mogu se kombinirati s navigacijskom tehnologijom kako bi se procijenilo koje radnje je potrebno izmijeniti u svrhu povećanja sigurnosti i zaštite od prevelikih opterećenja zaposlenika. Osim mobitela i tableta, različiti nosivi uređaji pomažu u proizvodnji praćenjem zdravlja zaposlenika na proizvodnim

[28] Buckalew, L., Chung, G., Macaulay, J.: *Internet of Things in Logistics: A collaborative report by DHL and Cisco on implications and use cases for the logistics industry,* 2015., str. 17-18

ili prekrcajnim trakama, pri komisioniranju i upravljanju zalihama. Nosive naprave mogu pratiti fizičko i mentalno stanje ljudi, njihovo zdravlje i trenutnu sposobnost. Danas je primjena ovih aplikacija više prisutna u potrošačkoj elektronici nego u poslovnoj i industrijskoj. Nike + aplikacije i Samsung pametni satovi mogu mjeriti puls, aktivnosti. Pedometar ima mogućnost spajanja s računalom i prijenosa podataka i može mjeriti.

- potrošnju kalorija,
- brzine i prosječne brzine kretanja,
- ostvarenje unesenih ciljeva,
- vremena neaktivnosti zaposlenika

Uvid u sposobnost i zdravlje zaposlenika može alarmirati zaposlenike ukoliko je došlo do prevelikog tjelesnog zagrijavanja ili spuštanja temperature i aktivirati promjene u njegovoj okolini (klimatizaciju, ventilaciju). U DC-ima ili skladištima robe koja zahtijeva temperaturni režim uređaji mogu zaposlenike upozoriti na tjelesne promjene i spriječiti ozebline ili ozljede uzrokovane stresom.

5.4. Studija slučaja – Swisslog smartLIFT

SmartLIFT proizvod je tvrtke Swisslog namijenjen pametnom praćenju vozača, zaliha i viličara unutar skladišta. Bazira se na sustavu praćenja lokacije u realnom vremenu eng. *Real Time Location System* (RTLS) i omogućava optimalno korištenje flote vozila u skladištu ili DC-u, povećava točnost u upravljanju zalihama te optimizira prostor i operacije u području unutrašnje logistike.

Sustav koristi *Big Data* tehnologiju pomoću koje stanovitu količinu podataka o zalihama i viličarima filtrira i na zaslonima prikazuje one podatke koji su relevantni skladišnim operaterima ne bi li poboljšali svoje poslovanje. Za funkcioniranje ovakvog sustava potrebni su senzori na viličarima i barkod naljepnice postavljene na stropu skladišta koje automastki očitavaju prolazak viličara kroz skladište pomoću optičke tehnologije. U kombinaciji s WMS, LMS ili ERP sustavom čine jedinstveni unutarnji GPS sustav. GPS sustav pruža vozaču viličara informaciju o točnoj lokaciji palete i smjeru kojim treba voziti prema paleti. Vozači ne koriste ručno RFID čitače, već senzori postavljeni na vilicama očitavaju nalazi li se paleta na viličaru, trenutnu visinu i doseg vilica te podatke s barkod oznake na paleti.

Na Slici 11 vidljivo je mjesto postavljanja senzora na viličarima. Komponente za praćenje učinka viličara i vozača su sljedeće:

- barkod oznake za markiranje pozicije viličara koji se postavljaju na stropu skladišta ili DC-a,
- optički čitač barkod oznaka,
- optički senzor pozicije,
- kontrolna ploča za vozače viličara,
- detektor palete i
- senzor za čitanje visine podizanja palete.

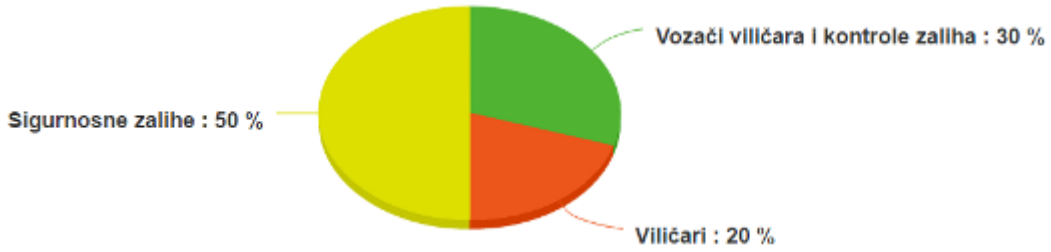
Upravitelji skladišta koriste *Real-time Viewer* – nadzornu ploču na PC-u, pametnom telefonu ili tabletu na kojoj su prikazani trenutni parametri kretanja svih viličara u skladištu Parametri su trenutna brzina, smjer, lokacija, produktivnost, učinkovitost i sl. Ovakvi sustavi mogu se koristiti za detekciju nepravilnosti i poboljšanje učinka automatski vođenih vozila.

Slika 11: Optičko očitavanje barkod oznaka na paletama i na stropu skladišta u svrhu lociranja paleta i viličara
Izvor: www.swisslog.com/en/Solutions/WDS/Person-to-Goods/SmartLift (srpanj, 2016)

Alat *Business Intelligence* (Slika 12 i 13) grafički prikazuje pravovremene podatke o viličarima:

- ugašen, u pogonu, vrijeme mirovanja
- upotreba viličara i vozača u %
- broj prevezenih paleta po vozaču
- odnos vremena kad je viličar pun i kad je prazan
- prikaz najboljih vozača po učinku
- broj iznimaka po vozaču[29]

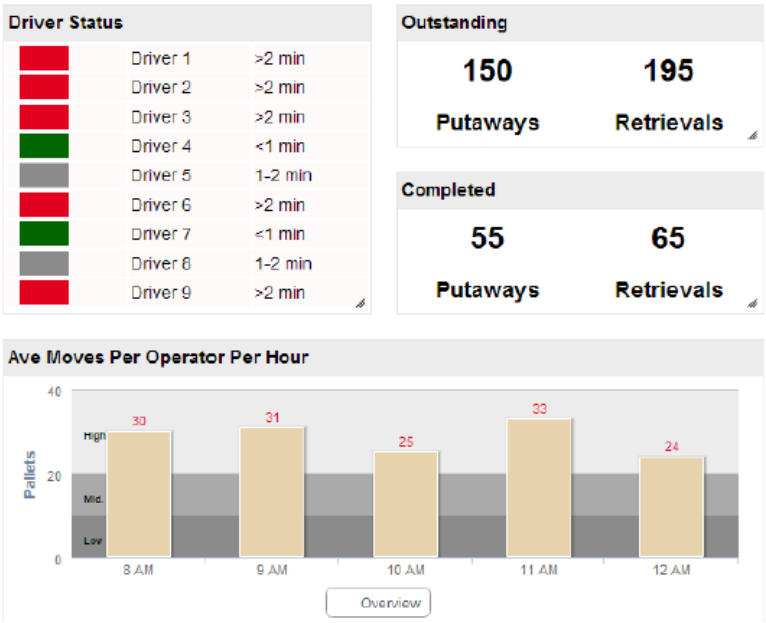
[29] www.swisslog.com/en/Solutions/WDS/Person-to-Goods/SmartLift (15.08.16.)



Grafikon 2: Smanjenje broja potrebnih viličara, vozača i sigurnosnih zaliha uvođenjem „smartLIFT“ sustava

Izvor: www.swisslog.com/en/Solutions/WDS/Person-to-Goods/SmartLift (srpanj, 2016)

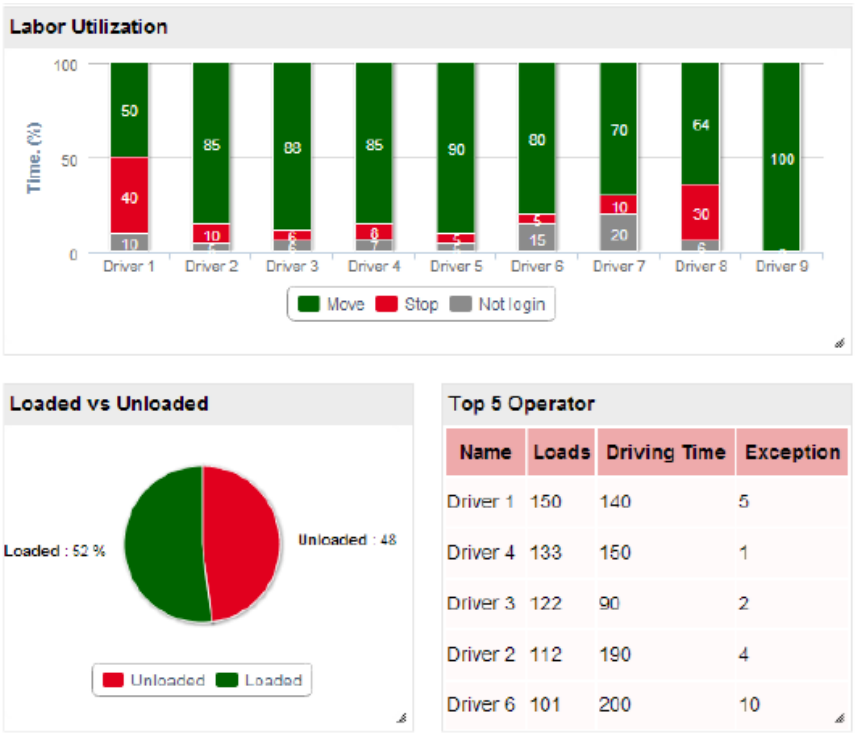
Kada dođe do neželjenih problema korisnik može primiti poruku na e-mail adresu. Podaci o praćenju viličara omogućuju bolje rutiranje u skladištima ili DC-ima i utječu na bolju disciplinu vozača povećavajući produktivnost. Pravovremeno praćenje zaliha smanjuje vrijeme utrošeno na traženje paleta i potrebu za velikim količinama sigurnosnih zaliha, a automatsko skeniranje barkod oznaka na paletama reducira vrijeme potrebno za evidenciju robe koju inače zaposlenici obavljaju ručno.



Slika 12: Prikaz smartLIFT nadzorne ploče za praćenje učinkovitosti vozača viličara pomoću *Big Data* tehnologije

Izvor: Sahil, P.: *SmartLIFT Smart Labor, Inventory And Forklift Tracking System*, prezentacija, ožujak 2014, slide 14

Prema izvješću Swislogg-a smartLIFT sustav smanjuje broj zaposlenika na viličarima za 30%, broj viličara za 20% i sigurnosnih zaliha za 50% (Grafikon 2).



Name	Loads	Driving Time	Exception
Driver 1	150	140	5
Driver 4	133	150	1
Driver 3	122	90	2
Driver 2	112	190	4
Driver 6	101	200	10

Slika 13: Prikaz smartLIFT nadzorne ploče za praćenje učinkovitosti vozača viličara pomoću *Big Data* tehnologije (prikaz najboljih vozača viličara prema učinku)

Izvor: Sahil, P.: *SmartLIFT Smart Labor, Inventory And Forklift Tracking System,* prezentacija, ožujak 2014, slide 14

Implementacijom smartLIFT sustava u skladište voća i mješovitih proizvoda tvrtke Eastpack u Novom Zelandu u tvrtki se broj viličara smanjio sa 24 na 16. Penali pri prijevozu robe za smanjeni su za 65%. Poboljšanja su vidljiva kod komisioniranja 30% i gubitaka proizvoda za 40% čime se povećala ukupna produktivnost kompanije.[30] SmartLIFT koristi poznati američki trgovački lanac Walmart.

5.5. Pametno upravljanje energetskom potrošnjom u skladištima

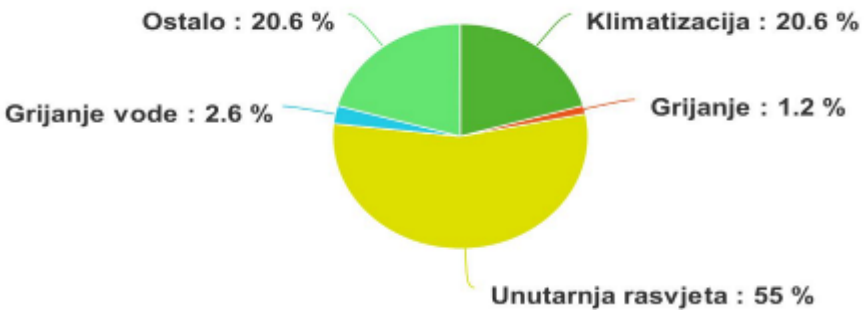
Osim u opremu i vozila unutar skladišta, senzori se mogu postaviti u samu infrastrukturu skladišta. Potrošnja energije unutar skladišta dio je troškova skladištenja, naročito prisutan u skladištima hladnih lanaca gdje roba mora biti pod stalnom temperaturnom kontrolom.

Internet stvari gotovo je savršen koncept za optimizaciju energetske potrošnje u skladištima ili distributivnim centrima. Upravljanje pametnom energetskom potrošnjom u skladištima (eng. *Smart Warehouse Energy Management*) ili distributivnim centrima produkt je razvoja IoT tehnologije koji povezuje rasvjetu, HVAC i ostalu mrežu komunalnih usluga skladišta u jedinstveni sustav kontrole. Svrha je optimizacija cjelokupne potrošnje energije

[30] Izvor: Sahil P: *SmartLIFT Smart Labor, Inventory And Forklift Tracking System,* Swisslog Logistics Inc. 161 Enterprise Drive Newport News, VA 23603, ožujak 2014, slide 18

skladišta. Riječ „pametno“ označava ugrađivanje senzorne tehnologije u energetske sustave i njihovo međusobno povezivanje čime se postiže automatska regulacija npr. razine osvjetljenja, ventilacije ili grijanja. Ovakvi sustavi razvili su se zahvaljujući razvoju bežične mreže pa je još jedna velika prednost uklanjanje instalacije žica i kablova LED lampi na visokom stropovima skladišta ili DC-a. Tradicionalni žičani kontrolni sustavi ograničeni su kompleksnošću, troškovima i funkcionalnošću. U regularnim skladištima (bez temperaturnih režima) i DC-ima, rasvjeta generira najviše troškova. Prema tvrtki Daintree[31] na Grafikonu 3 prikazan je prosječni udio troškova potrošnje energije u regularnim skladištima. Unutarnja rasvjeta sudjeluje s 55% troškova u odnosu na ostale vrste energetske potrošnje, a ponekad može dosezati 70%.[32]

U maloprodaji se ponekad manja skladišta zamjenjuju većim i tehnološki naprednijim distribucijskim centrima koji omogućuju “just-in-time” sustave prema maloprodajnim subjektima. Moderni distribucijski centar zahtjeva veći broj logističkih operacija u odnosu na tradicionalna skladišta što znači veći broj pokretnih traka, računalnih baza podataka, standardiziranih bar kodova i sl.



Grafikon 3: Prosječna potrošnja energije u regularnim skladištima

Izvor: izradio autor prema www.daintree.net/solutions/enterprise-iot/ (srpanj, 2016)

Također, razvoj internet trgovine postavlja sve veće zahtjeve korisnika DC-a (npr. dostavu isti dan). Procesi kao što su sortiranje, označavanje, pakiranje, komisioniranje ili rukovanje robom u povratu postaju sve zahtjevniji. Veći broj zahtjevnijih operacija zahtjeva više energije. Mnogi logistički operateri u DC-ima i skladištima zbog toga nastoje uštediti na potrošnji energije i smanjiti fiksne troškove režija.

[31] www.daintree.net/solutions/enterprise-iot/ (srpanj, 2016)

[32] Buckalew, L., Chung, G., Macaulay, J.: *Internet of Things in Logistics: A collaborative report by DHL and Cisco on implications and use cases for the logistics industry,* DHL Customer Solutions & Innovation, 2015, str. 18

Rasvjeta u skladištima je važna iz više razloga. Utječe na udobnost, produktivnost i sigurnost skladišnih operatera. Često su stropovi skladišta visoki pa spajanje kablova rasvjete može predstavljati veći izazov nego što skladišni operateri pretpostavljaju. Rasvjeta i HVAC u većoj ili manjoj mjeri utječu na troškove režija ovisno o kvaliteti njihove implementacije. HVAC (*Heating, Ventilating and Air Conditioning*) je skraćenica za tehnologiju koja osigurava udobnost neke prostorije ili vozila centralnim upravljanjem grijanjem, ventilacijom i klimatizacijom. Svrha sustava je postići prihvatljivu kvalitetu zraka prostorije (skladišta) i udobnu temperaturu. Kratica će se koristiti u nastavku radi jednostavnije analize.

Upravljanjem pametnom potrošnjom energije u skladištima i DC-ima može smanjiti:

- neravnomjernu okupiranost pojedinih prostorija, utrošak energije u prostorijama u kojima nema aktivnosti
- neefektivnu i pretjeranu rasvjetu
- broj nesreća zaposlenika uslijed neadekvatne rasvjete
- troškove održavanja i nepotrebno rasipanje energije

Kontrola potrošnje energije je moguća zahvaljujući jedinstvenoj bežičnoj E-IoT platformi (softveru) na kojemu je grafički prikaz informacija o energetskoj potrošnji u skladištu izračunat prema podacima koje senzori u energetskom postrojenju skladišta šalju na *Cloud*, analiziraju *(Big Data)* te preko *Gateway-a* međusobno komuniciraju jedni s drugima.

Slika 14: Prikaz sustava pametne energije u skladištu
Izvor: Daindree Networks: *White Paper: Reducing Energy & Operational Cost at Industrial, Warehouses & Distribution Centers*, Daintree Networks, Inc. 5150 El Camino Real, Ste. E20 Los Altos, CA 94022 U.S.A., prosinac 2014, str. 7

Pametna (automatizirana) rasvjeta idealna je solucija za skladišne prostore jer različite zone i dijelovi skladišta ili DC-a zahtijevaju različite razine rasvjete. Otvoreni prostor za rasute terete, zone za regalno skladištenje, utovarne rampe i platforme i sl. zahtijevaju različite, često naprednije sustave rasvjete. Pametna rasvjeta podrazumijeva individualno adresirane žarulje preko interneta na stropovima skladišta kojima se znaju točne lokacije. Svaka žarulja ima sposobnost inteligentnog izvještavanja o njenom korištenju i javljanju kada može doći do njezinog kvara unaprijed. Na sučeljima PC-a, mobitela ili tableta eksperti prate ukupno korištenje i potrošnju energije prema lokacijama žarulja, prikazano grafovima i tablicama. Osim toga, osoblje preko prikaza razine potrošnje žarulja na određenim lokacijama skladišta dobiva uvid u kojim prostorima se koristi najviše rasvjete odnosno gdje se najviše kreću zaposlenici u skladištu. Takva analiza može poslužiti optimizaciji određenih operacija u skladištima.

Mogućnost je i izrada pojedinih „tema“ sustava izrađenih prema potrebama skladišnih aktivnosti. Postoje različite strategije pametne kontrole za podešavanje zadataka, vremenskih termina, iskorištavanje prirodnog svjetla i sl. koje omogućuju rasvjetu prema potražnji (potrebi) za svaku zonu ili skladišnu aktivnost.

Glavne skladišne aktivnosti najčešće se odvijaju u nekoliko glavnih prostorija skladišta ili distribucijskih centara pa nema potrebe za većom jačinom rasvjete u prostorijama u kojima se odvija manje skladišnih aktivnosti.

Slika 15: Figurativni prikaz sheme sustava pametne energetske potrošnje
Izvor: www.daintree.net/blog/wp-content/uploads/2015/09/E-IoT-foundation.jpg (srpanj, 2016)

Tablica 6: Glavne značajke i prednosti korištenja IoT tehnologije u energetskim sustavima skladišta i distribucijskih centara

Kontrola rasvjete	Nadogradnja rasvjete učinkovitim LED žaruljama smanjuje energetsku potrošnju do 50%, odabir strategije pametne kontrole kao što je podešavanje zadataka, vremenskih termina, iskorištavanje prirodnog svjetla i sl., rasvjeta „prema potražnji“ (potrebi) za svaku zonu ili skladišnu aktivnost
HVAC	Klimatizacija i hlađenje samo onih prostorija u kojima je potrebno, optimizirano prema okupiranosti i rasporedu smjena (senzor okupacije). Ušteda do 24%
Osobna kontrola	Zamračenje prostorija prema osobnim aspiracijama zaposlenika, daljinska kontrola ili „virtualni“ prekidači preko interneta na PC-u ili mobitelu
Generalna Kontrola	Dodavanje generalnih kontrolnih adaptacija, programirani rad ventilatora u skladištima prema izrađenim rasporedima, automatsko gašenje kada su prostorije prazne
Vlažnost, CO2, Atmosfera	Praćenje atmosfere preko multi-aplikacijskog bežičnog sustava senzora, alarmiranje u slučaju prelaska dopuštenih granica. Precizno praćenje temperature i vlage u skladištima hladnjačama, mogućnost kombinacije s pametnom rasvjetom ugradnjom senzora temperature i vlage u mrežu i njihovo pravovremeno obavještavanje.
Sigurnost i produktivnost	Mogućnost bežične tehnologije da detektira otkazivanje svjetlosnih ili signalnih objekata smanjuje nesreće, rasvjeta cijelog prolaza u trenutku ulaska viličara u prostoriju.
Operacije s udaljenosti	Mogućnost nadgledanja skladišnog objekta, slanje notifikacija skladišnom osoblju u trenutku neispravnosti (npr. prelaska granične temperature ili vlage), daljinsko gašenje ventilatora bazirano na kvaliteti zraka ili razini CO2 unutar skladišta
Detekcija zakazivanja i automatizacija održavanja energetskog sustava skladišta	Mogućnost proaktivnog održavanja skladišnih komponenti, senzori detektiraju zakazivanje osvjetljenja prostorija i šalju signale, automatsko računanje optimalnog datuma održavanja prema informacijama iz senzora, detekcija zakazivanja senzora, poboljšanja u izradi rasporeda pregleda sustava, smanjenje broja potrebnih pregleda rasvjetnih objekata
Analitika i uvid u potrošnju	Mogućnost skladišnog osoblja da preko automatskih analitika o energetskoj potrošnji istražuju njima relevantne podatke, pronađu skrivene prilike i poboljšaju proces donošenja odluka, pravovremeno vizualno izvještavanje, trendovi korištenja pojedinih sustava i mogućnost podešavanja potrošnje energije
Rekonfiguracija skladišnog objekta	Kvalitetnija uspostava Cross-docking sustava i kontrola promjenjivih razina zaliha preko softvera umjesto fizičkog premještanja kablova

Izvor: izradio autor prema Daindree Networks: *White Paper: Reducing Energy & Operational Cost at Industrial, Warehouses & Distribution Centers*, prosinac 2014

Bežičnim upravljanjem rasvjetom, skladišni upravitelji osim što smanjuju potrošnju energije imaju uvid u svoje operacije i pronalaze obrasce za optimizaciju čime mogu povećati sigurnost i produktivnost. Sustavi omogućuju uštedu i do 90%. Pametna rasvjeta osim energetske uštede ubrzava povrat uloženih sredstava (ROI).[33]

Na makro razini gledano, glavne prednosti implementacije IoT tehnologije u energetske sustave skladišta i DC-a su sljedeće[34]:

- manji troškovi
- veća operativna učinkovitost i produktivnost
- veća sigurnost
- održivost (manje emisije CO2)

Primjer implementacije pametnih sustava u energetskoj potrošnji skladišta je 3PL tvrtka OHL (*Ozburn Hessey Logistics*) iz Illinoisa, SAD. Ugradnjom senzora, LED lampi, termostata i Daintree ControlScope usluge tvrtka je smanjila troškove režija za 85%.[35]

[33] Daindree Networks: *White Paper: Reducing Energy & Operational Cost at Industrial, Warehouses & Distribution Centers,* Daintree Networks, Inc. 5150 El Camino Real, Ste. E20 Los Altos, CA 94022 U.S.A., December 2014, str. 2

[34] http://www.daintree.net/wp-content/uploads/2016/05/Daintree_Solution_Industrial_Final_Web.pdf (rujan, 2016)

[35] www.daintree.net/wp-content/uploads/2016/03/OHL-Case-Study-Final.pdf (kolovoz, 2016.)

6. UTJECAJ KONCEPTA IoT NA FIZIČKU DISTRIBUCIJU

IoT rješenja u transportu imaju potencijal povećati transparentnost i stabilnost distribucijskih sustava. Prediktivno održavanje pomoću senzora unutar vozila i automatizirano zakazivanje termina pregleda vozila produžuje životni vijek prijevoznih sredstava, veći obujam i analiza informacija u *track-and-trace* sustavima mogu povećati operativno vrijeme vozila i unaprijediti današnje sustave upravljanja voznim parkom. Različite vrste senzora omogućuju dinamičko rutiranje (*Traveling Salesman Problem*) u realnom vremenu umjesto fiksnih ruta i rasporeda vožnje.

6.1. Pametne teretno-manipulativne jedinice u distribuciji

U području integralnog transporta, implementacijom sve većeg broja inovativnih rješenja IoT tehnologije, razvijaju novi sustavi praćenja paleta. Sustavi su još uvijek u nezreloj fazi i većinom se radi o projektima pojedinih *start-up* kompanija. Činjenica je da u industriji paleta, primjerice u proteklih 50 godina nije postojalo većih tehnoloških inovacija. Barkod oznake i RFID čipovi koji se koriste na paletama ograničeni su dometom na lokacije u kojima se mogu koristiti i zahtijevaju velika investicijska ulaganja pa njihovo praćenje nije moguće duž čitave distribucijske mreže. Kompanije koje nude usuge *Pallet poolinga* 15% prodajne cijene koriste za ručno praćenje paleta. Zbog manjka vidljivosti kretanja transportnih jedinica, vrijednost izgubljene i krivotvorene robe u farmacijskoj industriji, primjerice broji se u milijardama dolara.[36]

Zadaci teretno-manipulativne jedinice su[37]:

- objedinjavanje i ukrupnjavanje robe u veće jedinice;
- standardizira formu i dimenzije;
- da omogući i olakša primjenu sredstava za manipuliranje;
- olakša slaganje;
- podrži neprekidnost u transportnom lancu od isporučitelja do primatelja.

[36] http://palletech.co/why.html (kolovoz, 2016)

[37] http://e-student.fpz.hr/Predmeti/I/Integralni_i_intermodalni_sustavi/Novosti/vjezbe_(6).pdf (kolovoz, 2016)

Uloga pametnih transportno-manipulativnih jedinica je stvoriti sustav inteligentnih, jedinstveno prepoznatljivih objekata duž distribucijskih lanaca koji dijele informacije te pomoću algoritama uspostavljaju autonomni protok robe kroz lance distribucije.

Praćenje podataka s pametnih teretno-manipulativnih jedinica pomaže sudionicima distribucijske mreže:

- poboljšati upravljanje zalihama
- pratiti trenutno stanje robe (temperatura, vlaga, udarci)
- pratiti opremu
- povećati sigurnost

Razvojem IoT tehnologije raste broj sve jeftinijih pametnih geolokacijskih naprava (*gadgeta*) koje će paralelno pronalaziti primjenu u praćenju teretno-manipulativnih jedinica. Naprave su sve manjih dimenzija, a baterije koje koriste mogu trajati preko godinu dana, što ih čini prihvaljivima za široku primjenu.

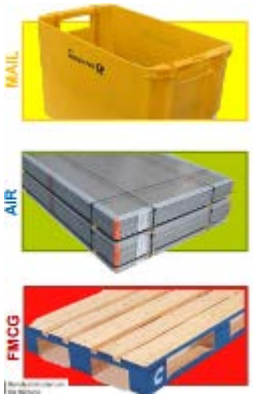
Jedan od primjera pametnih geolokacijskih naprava je Abeeway tehnologija (Slika 16) koji se primjenjuje u različitim industrijama, između ostalog i na paletama.

Slika 16: Pametni geolokacijski uređaj tvrtke Abeeway
Izvor: www.abeeway.com/ (srpanj, 2016.)

Projektom instituta Fraunhofer iz Njemačke nazvan smaRTI (*smart Reusable Transport Items*) i partnera REWE, CHEP, Mars i Deutsche Post koji ustupaju svoje palete za projekt, nastoji se IoT tehnologijom kreirati sustav u kojem pametni objekti kontroliraju logističke procese. Namjera je stvoriti inteligentni robni tok kroz više industrija baziran na pametnim teretno-manipulativnim jedinicama za višekratnu uporabu uključujući palete, kutije za pisma i palete za zračni prijevoz označene RFID tagom u standardiziranoj IT arhitekturi. Projekt obuhvaća razvoj AutoID tehnologije (RFID, RTLS, barkod). Cilj je uspostava sustava efektivnijeg automatiziranog prikupljanja podataka za tri uključena opskrbna lanca. Pametne

poštanske kutije, primjerice komuniciraju putem multi-frekvencijskih transpondera i različitih protokola i rutiraju se kroz kurirsku mrežu.

Drugi dio projekta su pametne drvene palete koje sadrže inovativnu radio-frekvencijsku (RF) i IT infrastrukturu. Cilj je da palete omoguće autonomni tok materijala kroz distribucijsku mrežu trgovačkog lanca REWE do krajnjih korisnika unutar Njemačke.[38]



Slika 17: Pametne jedinice transporta projekta smaRTI
Izvor: Nettsträter, A.: *Internet of Things in Logistics*, EPoSS Annual Forum 2012, Frauenhofer IML, 2012, slide 9

6.1.1. Pametne palete

Prema Zeleniki[39], paletizacija je skup organizacijsko povezanih sredstava za rad i tehnoloških postupaka za automatizirano manipuliranje i transport okrupnjenim jedinicama tereta od sirovinske baze do potrošača. Paleta je specijalno izrađena podloga, najčešće drvena, na koju se po određenim pravilima slažu komadni tereti zbog oblikovanja većih standardiziranih teretnih jedinica kojima se jednostavno, brzo, racionalno i sigurno manipulira. Najčešće sredstvo za rad u sustavu paletizacije je viličar.

Prednosti paletizacije su[40]:

- smanjenje početno - završnih troškova
- smanjenje troškova skladištenja

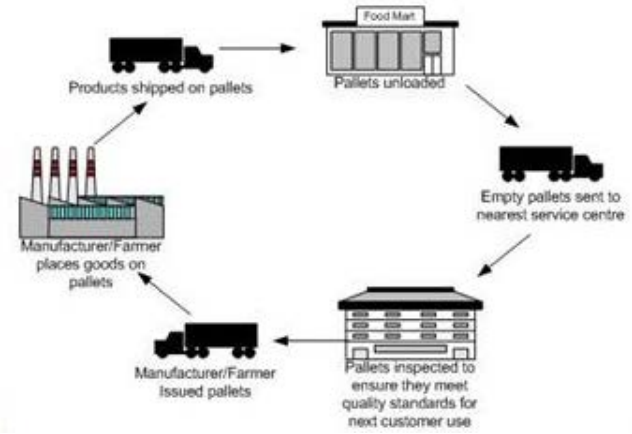
[38] Izvor: Andreas Nettsträter: *Internet of Things in Logistics*, EPoSS Annual Forum 2012, Frauenhofer IML, 2012, slide 9

[39] Zelenika, R., Jakomin, L.: *Suvremeni transportni sustavi*, Ekonomski fakultet, Sveučilište u Rijeci, Rijeka, 1995., str. 117.

[40] www.prometna-zona.com/palete-i-paletizacija/ (kolovoz, 2016)

- povećanje mogućnosti primjene pretovarnih strojeva
- smanjenje oštećenja robe
- smanjenje vremena prijevoza
- smanjenje radne snage i ručnog rada
- povećanje sigurnosti radnika na radu
- smanjenje energije
- smanjenje troškova ambalaže.

Distributeri mogu posjedovati vlastite palete ili ih iznajmljivati preko sistema paletnih bazena, eng. *Pallet Pooling.* Poduzeće ne kupuje palete, već plaća naknadu za njihovo korištenje. *Pallet Polling* podrazumijeva da se unajmljene palete vraćaju na mjesto gdje su izdane distributerima čime se stvorena zatvorena petlja paleta u opskrbnom lancu. Ukoliko distributer u vlasništvu posjeduje palete potrebno je ulagati u skladištenje, brojanje i čuvanje zaliha paleta i samostalno pratiti palete duž distribucijskog lanca. To podrazumijeva zaposlenike zadužene za praćenje i brojanje zaliha paleta. 3PL davatelji usluga najčešće koriste *Pallet Pooling* kada se žele fokusirati na svojednevne poslovne ciljeve odnosno primarne operacije distribucije.



Slika 18: Grafički prikaz *Pallet Pooling* sustava
Izvor: www.myepicentre.org/(S(poqotbacxwhyjk452wf4fs45))/GetFile.aspx?File=pallets%2FPalletProofing.JPG (kolovoz, 2016)

CHEP, iGPS, LOSCAM i sl. kompanije koje nude uslugu paletnih bazena ugrađuju RFID oznake (čipovi-naljepnice) na dno drvenih paleta i prate palete pasivnim sustavom RFID identifikacije na ulaznim vratima skladišta.

Pametne palete imaju mogućnost unaprijediti navedene sustave, ali i ostale procese unutar distribucijskih kanala. Da bi se palete bežično povezale na internet i postale

„pametne“ potrebno ih je odgovarajućim sustavima povezati na internet, osmisliti odgovarajuću IoT platformu kompatibilnu s ERP sustavima i podatke pohranjivati na *Cloud.*

Jedno od rješenja je u svaku paletu se ugraditi odašiljač i dva radio protokola: protokol za dalekosežnu komunikacija unutar tvornica i skladišta i protokol za povezivanje na manje udaljenosti – skeniranje preko mobilnih uređaja. Spajanje je moguće ili putem npr. Bluetooth-a preko mobitela ili direktno preko *Cloud*-a.

Pametne palete danas su još u početnoj fazi široke primjene, ali prve izvedbe obećavaju niz promjena. Znanje o trenutnoj lokaciji svih paleta unutar proizvodnog skladišta ili na putu prema kupcima i statusu pošiljke na njima omogućava zaposlenicima uvid u „skrivene“ pokazatelje operativnih učinaka. Važnost povezivanja paleta na mrežu nije samo u praćenju robe i paleta, već i povezanost s proizvodnim procesima, praćenje njihovih trenutnih stanja i niz analiza korisnih za logističke operatere.

Slika 19: Koncept pametne palete tvrtke Palletech
Izvor: http://palletech.co/why.html (kolovoz, 2016)

Palletech je američka *start-up* kompanija specijalizirana za pomoć tvrtkama u praćenju njihovih pošiljaka. Tvrtka surađuje direktno s tvrtkama koje nude palete distributerima i nastoji kreirati pametne, povezane palete (Slika 19). Ideja je staviti senzore unutar centralne drvene daske za prikupljanje informacija o temperaturi, vlazi, šokovima itd. u stvarnom vremenu.

Još jedan primjer je spomenuti projekt smaRTI. Uključuje izradu pametnih paleta za zračni prijevoz (Slika 21) koji se koriste u distribucijskoj mreži tvrtke Lufthansa Cargo. Ove palete imaju ugrađene samoodržive energetske sustave.

Pametne palete unaprjeđuju usluge paletnih bazena i povećavaju ROI te smanjuju troškove održavanja jer njihovi korisnici/vlasnici dobivaju informacije o GPS lokaciji u svakom trenutku 24 sati, stanju palete, stanju robe, vremenima i lokacijama prelaska iz/u skladišnih objekata, kretanju robnih tokova i sl. Kompanije koje se odluče za povrat paleta moći će napraviti kvalitetnu prioritizaciju povratnih kanala distribucije na temelju statističkih analiza koje uzimaju niz relevantnih faktora.

Prednosti korištenja pametnih paleta mogu se sumirati:

- 24-satno praćenje svih SKU-a unutar i izvan logističkih objekata, bez potrebe za dodatnom infrastrukturom
- pravovremenost informacija
- *Geofencing*, praćenje na mobilnim uređajima
- praćenje stanja robe na paleti (temperatura, šokovi, ubrzanja, vlaga,…)
- detektiranje lokacija na kojima se loše rukuje robom/paletama,
- detektiranje temperaturnih varijacija
- analiza ruta i mjesta rukovanja paletama (vizualizacija procesa u svrhu razumijevanja operativnih nedostataka)
- unaprjeđenje usluge *Pallet Pooling* sustava
- unaprjeđenje *track-and-trace* sustava

Važnost razvoja i primjene pametnih paleta ogleda se i u optimizaciji skladišnog prostora, načinu upravljanja zalihama, mjestima za pohranu i sl. Povezane palete i povezani viličari mogu stvoriti digitalnu mrežu kretanja robe u skladištu koja se vizualno prezentira preko sučelja skladišnim operaterima čime se stvara prostor za optimizaciju skladišnih procesa. Na Slici 20 prikazano je sučelje aplikacije za praćenje paleta tvrtke Palletech.

Slika 20: Sučelje za pratnju pametnih paleta tvrtke Palletech
Izvor: http://palletech.co/why.html (kolovoz, 2016)

Pametne palete imati će široku primjenu u farmaceutskoj i prehrambenoj industriji gdje su higijenski standardi visoki, temperature se moraju neprekidno pratiti i gdje moraju biti inspekcijski pregledane i dezinficirane.

6.1.2. Pametni kontejneri (ULD) u zračnom prometu

U zračnom prijevoznom sektoru inovacija su pametne palete i pametna ULD oprema. **ULD** (eng. *Unit Load Device*) su palete ili kontejneri standardnih veličina i oznaka koji se koriste za utovar tereta u zrakoplove koji imaju mogućnost njihovog prijevoza. Pametni ULD nastali su kao solucija za praćenje lako pokvarljive i vremenski osjetljive robe, budući da imaju mogućnost pravovremenog obavještavanja poduzeća o stanju robe. Podaci s mogu dijeliti između zračnih prijevoznika i davatelja logističkih usluga.

Slika 21: Prikaz pametne palete, pametnog ULD-a, i temperaturnih senzora
Izvor: www.hcltech.com/blogs/internet-things-%E2%80%93-intelligent-logistics (srpanj, 2016)

DyCoNet (njem. *dynamisches Container Netzwerk*) projekt je Fraunhofer instituta u Njemačkoj koji nastoji kreirati sustav povezanih pametnih zračnih kontejnera (smartULD).

Sustavom pametnih ULD-a (Slika 21) nastoji se stvoriti globalna, decentralizirana samokontrola zračnih teretnih jedinica (ULD-a) koja ima sljedeće značajke[41]:

- senzoričko praćenje (pokreće alarme autonomno (promjene u temperaturi, GPS, volumenu,…)
- internet konekcija (GSM)
- prikupljanje energije (solarno, vibracije,…)
- integrirana RFID identifikacija pošiljaka
- interakcija pri manipulaciji kod utovara/istovara (NFC)
- automatsko naručivanje prijevoza

6.1.3. Pametni kontejneri

U kontejnerskoj industriji pametna tehnologija je u zrelijoj fazi nego kod paleta. Široka primjena IoT tehnologije u kontejnerima već je počela.

Kontejneri imaju važnu ulogu u distribuciji robe, naročito u međunarodnom transportu. Omogućili su globalizaciju robnih tokova, promijenili su luke (standardizacija opreme) i demografsku, ali i ekonomsku kartu svijeta. Kontejnerizacija robe je olakšala način rukovanja teretom i standardizirala logističku opremu za prihvat robe i time ubrzala logističke procese. 90% svjetskih komercijalnih proizvoda prevozi se prekomorskim transportom.[42]

Najvažniji ciljevi kontejnerizacije su[43]:

- ujedinjavanje komadnog tereta pakiranog u sanduke, kartone, bale, vreće, bačve, gajbe, košare, role i sl. u veće i standardizirane manipulacijsko-transportne jedinice tereta,
- sigurno, brzo i racionalno manipuliranje i prijevoz tereta,
- optimizacija efekata prometne infrastrukture i prometne suprastrukture svih grana prometa,
- kvalitativno i kvantitativno maksimiziranje tehničkih, tehnoloških, organizacijskih i ekonomskih učinaka procesa proizvodnje prometne usluge,

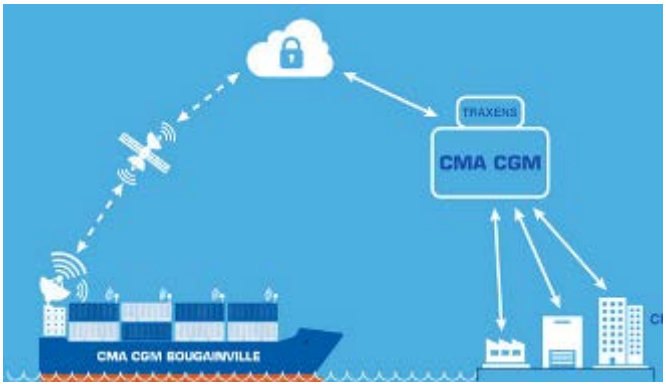
[41] Andreas Nettsträter: *Internet of Things in Logistics*, EPoSS Annual Forum 2012, Frauenhofer IML, 2012, slide 8

[42] www.ics-shipping.org/shipping-facts/shipping-and-world-trade (rujan, 2016)

[43] Zelenika, R., Jakomin, L.: *Suvremeni transportni sustavi*, Ekonomski fakultet, Sveučilište u Rijeci, Rijeka, 1995., str. 128

- maksimiziranje efekata rada kreativnih i operativnih managera i drugih radnika angažiranih u sustavu kontejnerizacije.

Trenutno je u svijetu 35 milijuna plovila na oceanima i svjetskim morima, a velika većina prevozi kontejnere bez njihove vidljivosti u softverskim sustavima. Prilikom pomorskog prijevoza 1-2% lako pokvarljive robe se ošteti po svakom putovanju.[44] Još uvijek veliki broj kontejnera nije povezan na internet i ne prati im se lokacija, što je za pomorski transport, za špeditere, NVOCC špeditere i ostale sudionike opskrbnog lanca od izričite važnosti.



Slika 22: Pojednostavljena shema sustava pametnog kontejnera tvrtke CMA CGM
Izvor: www.inboundlogistics.com/cms/article/global-logistics-october-2015/ (lipanj, 2016)

Pametni kontejneri putem senzora razmjenjuju podatke s ljudima: o trenutnoj lokaciji, je li isporuka obavljena na vrijeme i pravu lokaciju, alarmiraju neočekivano otvaranje vrata kontejnera, javljaju mjesto i vrijeme ukrcaja/iskrcaja robe, rute putovanja, oštećenja (gdje i kada), temperaturu, vlagu, oštećenje robe i sve ostalo što korisnicima omogućuje potpunu vidljivost kroz distribucijsku mrežu. Ovi podaci mogu se slati na računala, mobilne uređaje zaposlenika bilo gdje u svijetu ili u podatkovne centre kompanija. Brodari mogu odlučiti kome se šalju podaci i stvoriti strukturu kanala za slanje podataka čime se eliminira vrijeme izgubljeno na upite stranaka o statusu pošiljaka, nepotrebni pozivi, e-pošta i sl.

Ukoliko dođe do nagle temperaturne promjene u kontejneru, kapetan broda može dobiti obavijest i djelovati na vrijeme kako bi uvidio u čemu je problem te na taj način spriječiti kvarenje ili oštećenje robe unutar kontejnera.

[44] http://theloadstar.co.uk/wp-content/uploads/LoadstarLongRead-RCM1.pdf (25.08.16.)

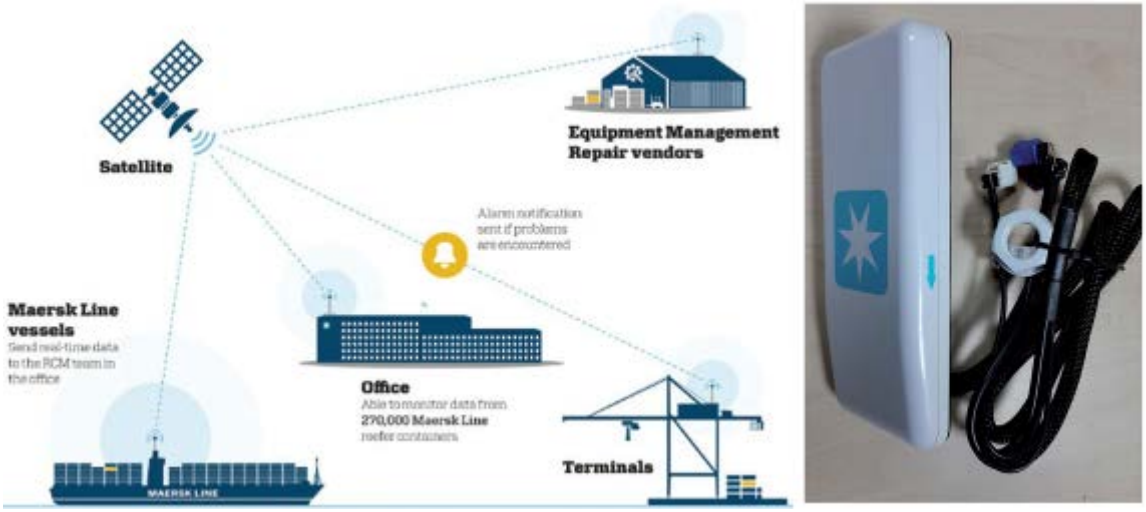
Pametni kontejneri olakšavaju i pojednostavljuju organizaciju intermodalnog transporta. Logistički operateri, prijevoznici, vlasnici brodova, i sl. dobivaju uvid gdje može doći do unaprjeđenja, brzo identificiraju prakse koje se uspostave dobrima, prate KPI i sl.

U nastavku su obrađena dva primjera razvoja pametnih kontejnera od strane vodećih pomorskih prijevoznika te je ukazano koliko se počinje ulagati u njihov razvoj. Očigledno je da brodari vide priliku kako za svoj razvoj, tako i za druge sudionike opskrbnog lanca.

6.1.3.1. Maersk – upravljanje kontejnerima na daljinu

Tvrtka Maersk Line godišnje potroši stanoviti broj sati i oko 200 milijuna dolara na fizičke inspekcije robe u *refeer* kontejnerima. Zbog faktora ljudske pogreške, događaju se slučajevi kvarenja robe pa tvrtka plaća vlasnicima naknadu za oštećenu robu. Najčešći uzrok greške je predugo vrijeme *refeer* kontejnera isključenog iz struje. Iz tog razloga tvrtka je uvela novu tehnologiju.

Remote Container Management (RCM) tehnologija je koja omogućava praćenje povezanih *reefer* kontejnera, a sastoji se od: jedne GPS jedinice, dvije GSM antene (ZigBee) i tri Wi-Fi veze. Na Slici 23 vizualno je objašnjen RCM sustav.



Slika 23: Prikaz sheme RCM sustava i RCD naprave
Izvor: http://theloadstar.co.uk/wp-content/uploads/LoadstarLongRead-RCM1.pdf (kolovoz, 2016)

Maersk-ovih 270.000 *reefer* kontejnera opremljeno je RCD (*Remote Container Device) napravom* i bežično povezano s 400 *online* brodova. Prije implementacije RCM tehnologije bilo je gotovo nemoguće pratiti pozicije svih 270.000 kontejnera. Pomoću IoT-a ovi su

kontejneri postali zasebne umrežene jedinice diljem svijeta koje osim lokacije šalju niz važnih informacija o stanju robe. Podaci o kontejneru koje RCM tim dobiva su: lokacija, status napajanja, temperatura, vlaga i postavke ventilacije.

Sustav praćenja funkcionira putem sljedeće tehnologije:

1. **senzori**
2. **modem i bežična 3G SIM kartica** prikupljaju podatke o atmosferskom stanju i statusu napajanja kontejnera,
3. **GPS** služi za globalno praćenje lokacije kontejnera
4. **satelitski transmiteri** instalirani na 400 Maersk-ovih brodova prikupljaju podatke koje im šalju antene (modemi) kontejnera na brodu te ih u realnom vremenu na globalnoj razinu šalje prema satelitima. Sateliti vezu preusmjeravaju prema nadležnim RCM timovima u Kopenhagenu, sjedištu Maerska. U slučaju promjene fizičkog stanja robe moguće je slanje notifikacije na tri lokacije s kojima su preko transmitera na brodu bežično povezani:

- uredom u kojemu RCM tim nadgleda svih 270.000 *reefer* kontejnera,
- terminalima i
- lokacijama opreme za popravke kontejnera.

Jednom kada se kontejneri iskrcaju na kopno, veza se uspostavlja s lokalnom mobilnom mrežom preko koje se zatim šalju podaci. RCM tim zaposlenika u svakom trenutku može dobiti obavijest (alarm) ukoliko je došlo do promjene stanja robe. Obavijest se također automatski šalje lokalnoj osobi zaduženoj za popravak kontejnera.

RCM sustav stvorio je velike uštede, ali i veću sigurnost zaposlenika jer se smanjila potreba za fizičkim pregledima kontejnera i rukovanjem opasnim električnim napravama. Maersk preveze otprilike 900.000 *reefer* kontejnera svake godine. Implementacijom RCM sustava tvrtka je ostvarila milijunske uštede i eliminirala neizvjesnost prilikom fizičkih popravaka kontejnera. Osim toga, vidljivost praćenjem kontejnera pokazuje tvrtki učinkovitost dobavljača i distribucijske lance svojih klijenata što je iznimno važno za hladne lance gdje vrijeme i informacije igraju ključnu ulogu.

Vrijeme potrebno za inspekcije kontejnera prije ukrcaja (*pre-trip inpections* (PTI)) smanjilo se sa šest sati na 12 minuta jer je velika količina važnih informacija dostupna inspektorima prije nego što pregledaju kontejner na njihovim uređajima.

Osim pametnih kontejnera, Maersk Line ulaže u IoT tehnologiju na brodovima. Oko 2.000 mjerača potrošnje goriva u spremnicima brodova do 2017. godine biti će postavljeno na 270 Maersk Line brodova. Senzori će slati preko brodske antene informacije o potrošnji u realnom vremenu čime će se kontinuirano optimizirati operativna učinkovitost flote brodova.[45]

6.1.3.2. CMA CGM – TRAXENS

Francuska *start-up* tvrtka TRAXENS od 2012. godine radi na razvoju kvalitetnih IoT sustava praćenja kontejnera. Godine 2015 TRAXENS je u suradnji s francuskim brodarom CMA CGM napravio jedan od najvažnijih iskoraka u razvoju tehnologije pametnih kontejnera, kada je brod CMA CGM Bougainville, kapaciteta 18.000 TEU-a, opremljen traxensovom tehnologijom isplovio iz luke Le Havre. Bougainville se smatra se prvim kontejnerskim brodom na svijetu opremljenim tehnologijom za praćenje pametnom kontejnera. 18.000 kontejnera tvrtke CMA CGM inicijalno je opremljeno TRAXENS kutijama sa senzorima (Slika 24).

Godine 2015. tvrtka CMA CGM je uložila dodatna kapitalna sredstva u programe istraživanja i razvoja tvrtke TRAXENS što je potvrda rastućeg interesa pomorskih prijevoznika u tehnologiju pametnih kontejnera i *Big Data* mogućnosti koje im pružaju. Plan je senzore ugraditi u 100.000 CMA CGM kontejnera.

TRAXENS senzorna oprema šalje pravovremene informacije o lokaciji, temperaturi, razini vlage, vibracijama, otvaranju vrata kontejnera (pokušaji provale), faze carinjenja kontejnera i sl. tijekom prijevoza kontejnera neovisno o modu transporta. Kontejneri također komuniciraju o vremenu ukrcaja robe, o kašnjenju na destinaciju, rutama i sl.

Na Slici 24 prikazana je kutija TRAXENS u koju su ugrađeni senzori za praćenje statusa kontejnera i robe tvrtke CMA CGM.

[45] http://www.maersk.com/en/the-maersk-group/about-us/publications/group-annual-magazine/2015/smart-containers-listen-and-talk (20.08.16.)

Slika 24: TRAXENS kutija sa senzorima na kontejneru tvrtke CMA CGM
Izvor: https://mpoverello.com/tag/container-tracking/ (kolovoz. 2016)

Činjenica da se najveći pomorski prijevoznici kontejnera (Tablica 7) udružuju kako bi implementirali IoT tehnologiju u svoje kontejnere, što govori o rastućem interesu za korištenjem pametnih kontejnera. Ove kompanije raspolažu najvećim brojem kontejnera na svjetskoj razini, pa će učinak povezivanja kontejnera imati velike proporcije na organizaciju distribucijskih mreža. Zaključno, za očekivati je da će prvenstvo implementacije pametnih sustava imati *reefer* kontejneri za robu pod temperaturnim režimom i za robu s visokim higijenskim standardima jer je efikasnost IoT tehnologije u njima veća nego u konvencionalnim kontejnerima.

Tablica 7: Vodeće globalne pomorske kontejnerske kompanije

Rnk	Operator	Teu	Share	Existing fleet / Orderbook
1	APM-Maersk	3,197,208	15.4%	
2	Mediterranean Shg Co	2,770,567	13.4%	
3	CMA CGM Group	2,265,894	10.9%	
4	COSCO Container Lines	1,537,873	7.4%	
5	Evergreen Line	953,841	4.6%	
6	Hapag-Lloyd	921,103	4.4%	
7	Hanjin Shipping	609,536	2.9%	
8	Hamburg Süd Group	608,824	2.9%	

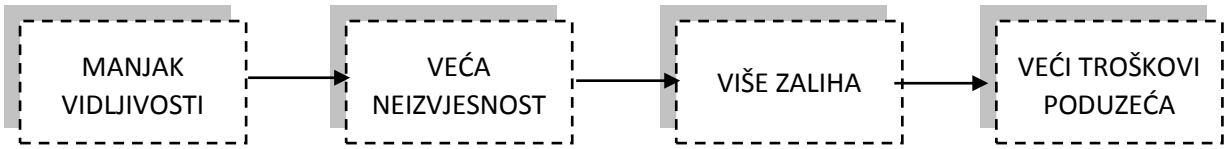
Izvor: www.alphaliner.com/top100/ (kolovoz, 2016)

U Ženevi i Marseillesu, brodaru CMA CGM se pridružila tvrtka MSC (*Meditteranian Shipping Company*), druga na svijetu najveća pomorska kompanija, u financijskoj podršci tvrtki TRAXENS. MSC i CMA CGM zajedno prevoze otprilike 25% svjetskih kontejnera.

6.2. Nove generacije *track-and-trace* sustava

U ovom poglavlju opisuje se kako tehnologije iz prethodnog poglavlja mogu povezati u jedinstvenu telematičku platformu za praćenje robe kroz distribucijsku mrežu. Informacije koje pametne palete ili kontejneri generiraju moguće je na jednom mjestu konsolidirati u novu generaciju *track-and-trace* sustava.

IoT tehnologija omogućila je popunu vidljivost lanaca opskrbe. Potpuna vidljivost podrazumijeva pravovremeni prikaz kretanja pošiljaka 3PL distributera prostorno i vremenski kroz sve faze i procese opskrbnih lanaca, nadgledanje trenutnog fizičkog stanja pošiljke u svakom trenutku (temp., udarci, krađa), analizu varijacija stanja pošiljke (npr. temperaturna odstupanja u hladnom lancu) i podršku donošenju odluka log. operatera (preventivno djelovanje). Cilj je da prava pošiljka dođe u pravo vrijeme na pravo mjesto uz najmanje troškove.



Krađa robe je jedan od većih problema u opskrbnim lancima, a uzrok je manjak vidljivosti lanca. Prema *RiskTopics*-u iz Zurich-a[46] iz 2015. godine procijenjeno je da se na europskim autocestama svaki dan dogodi 156 uspješnih krađa robe. Prema podacima Freight Watch-a u SAD-u je 2012. zabilježeno 946 slučajeva krađe, 689 unutar EU, preko organiziranog kriminala čije su mete luke i odmorišta za vozače.[47] Krađe stvaraju stanovite troškove pošiljateljima i 3PL tvrtkama, osim zbog same vrijednosti robe, također zbog stvaranja poremećaja u zalihama.

Iz tog razloga distributeri i špediteri sve više zahtijevaju potpunu vidljivost distribucijskog lanca. Manjak vidljivosti uzrokuje veću neizvjesnost, a neizvjesnost zahtjeva veću sigurnost zalihama odnosno veći broj zaliha što u konačnici rezultira većim troškovima za distributere.

[46] Zurich Insurance Group Ltd.: "RiskTopics; Cargo Theft in Europe", srpanj 2015, Zurich Insurance Group Ltd., str. 1

[47] http://globalinitiative.net/wpfb-file/freightwatch-2013-global-cargo-theft-threat-assesment-full_0-pdf/ (srpanj, 2016.)

Klasični globalni opskrbni lanac obuhvaća teretna vozila, terminale, skladišta, luke i ostale elemente o čijoj koordinaciji ovisi kvaliteta usluge distribucijskih poduzeća. IoT tehnologija povezuje sve elemente i automatizira lanac opskrbe, stoga je potpuna transparentnost ključ uspjeha. Razvojem IoT razvijaju se otvorene IoT platforme koje kombiniraju telematičke podatke iz različitih IoT uređaja i omogućavaju kontrolu od početka do kraja distribucijskog kanala. Logistički operateri imaju priliku koristiti novije generacije *track-and-trace* sustava.

6.2.1. Potrebna IT platforma

Potrebno je povezati sve subjekte, telematske i senzoričke uređaje (na vozilima) u jedinstvenu platformu na kojoj se agregiraju podaci iz različitih dijelova opskrbnih lanaca. Primjer je tvrtka Algheera koja prezentira sve češći nastanak nezavisnih telematskih platformi - portala koji su dostupni globalno i jednostavni su za korištenje te pomažu log. operaterima logističke procese. IT platforma tvrtke Algheera objašnjena je na Slici 25. Na njima se konsolidiraju informacije iz postavljenih senzora koji se koriste unutar distribucijske mreže. Sustavi konsolidiraju informacije:

- više prijevoznih kompanija (od špeditera i davatelja log. usluga do prijevoznika i njihovih ugovorenih partnera)
- neograničenih vrsta telematskih sustava
- brojnih prijevoznih alata (za tegljače, kontejnere,…)
- iz bilo koje lokacije, uređaja, osobe
- iz stvarnih prometnih situacija[48]

Podaci se mogu prenijeti na različite ERP sustave i sustave upravljanja voznim parkom. Informacije mogu pomoći u rutiranju i planiranju distribucije te procjenu očekivanog vremena dolaska (ETA).

Ovakve platforme sastoje se od:

- sustava izvještavanja (na temelju rasporeda prijevoza, GPS podaci i informacije iz senzora se uspoređuju kako bi se izračunalo odstupanje od rasporeda i očekivano vrijeme dolaska (ETA)),

[48] www.agheera.com/fileadmin/media/files/pdfs/5._TrackAgheera_Brochure_FV.pdf (22.08.16.)

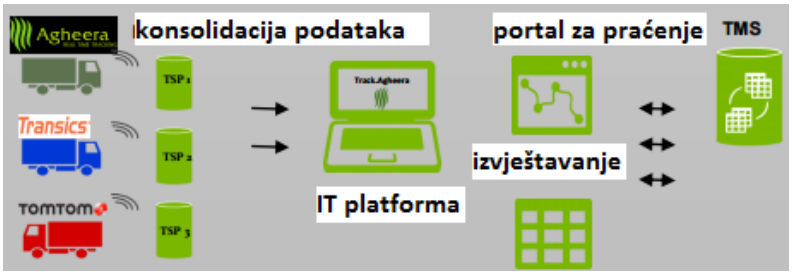
- sučelja za upravljanje prijevoznim procesima (rasporedi prijevoza mogu se unositi iz različitih sustava, automatsko konsolidiranje naloga/pošiljaka iz sustava upravljanja prijevozom),

- *geofencing* – cirkularne, poligonske i koridorske geografske domene za područja interesa,

- obavijesti o iznimkama – prema vlastitim opcijama korisnika se šalju notifikacije o devijacijama/iznimkama, upozorenja mogu biti vizualna te preko sms-a ili e-maila, kompatibilne s ERP sustavima,

- izvješća o praćenju KPI-a,

- dokumentacija putovanja – podaci o pozicijama, lista notifikacija, grafovi podataka iz senzora i sl. (temperaturna dokumentacija za osiguravajuće kuće)



Slika 25: Shema IT platforme Algheera
Izvor: www.agheera.com/fileadmin/media/files/pdfs/5._TrackAgheera_Brochure_FV.pdf (kolovoz, 2016)

Tehnologija koju Track.Algeera koristi su NET, jQuery, Ajax, CSS3, HTML5, SQL Azure. *Cloud* arhitektura mora biti dovoljno velika da obuhvati sve input informacije i mora postojati mogućnost aplikacija za mobilne uređaje.

Slika 26: DHL Resilience 360 platforma za upravljanje rizicima u opskrbnom lancu u stvarnom vremenu
Izvor: www.dhl.com/content/dam/downloads/g0/logistics/resilience360/dhl_resilience_360_flyer_en.pdf (srpanj, 2016)

6.2.2. Praćenje hladnih opskrbnih lanaca pomoću IoT tehnologije

Postoji niz uređaja na tržištu transporta za praćenje stanja pošiljaka (*data loggers*), ali prije razvoja IoT tehnologije oni nisu bili povezani na *Cloud* pa informacije nisu mogle biti dijeljene svim relevantnim učesnicima prijevoza robe niti su oni bili u mogućnosti imati pravovremeni nadzor nad pošiljkama. Zahvaljujući IoT-u pametni senzori postaju sve dostupniji u prijevozu opasne ili temperaturno osjetljive robe (farmaceutski i prehrambeni proizvodi).

Postoji veliki broj autonomnih industrijskih senzora manjih dimenzija s internet vezom i naprednom GPS tehnologijom. Svi podaci očitani senzorima se pohranjuju u memoriju i šalju na internet neovisno o modu prijevoza. IoT tehnologija omogućuje integraciju sustava na popularne *Cloud* platforme (SAP, Microsoft Navision, Salesforce.com, …). Informacije se preko *Cloud*-a mogu dijeliti sa svim sudionicima (menadžerima) otpreme robe. Kompatibilni su za sva sučelja (aplikacije, preglednici i sl.).

Slika 27: Ekranizirani prikaz distribucije osjetljivih pošiljaka u stvarnom vremenu
Izvor: www.datalong16.com/ (kolovoz, 2016.)

Uređaji se sastoje od senzora temperature, senzora vlage, senzora tlaka, senzora udara i senzora 3D orijentacije. Očitavanje temperature robe i sobne temperature u rasponu je od -50°C do + 100°C. Pravovremeno se mjere temperaturne varijacije duž distribucijskog kanala prikazane grafički (Slika 28 i 29). Integrirani napredni GPS i triangularne opcije signala mobilnog uređaja preko 4G mreže omogućuju lociranje robe u realnom vremenu (Slika 27). Izvještavanje iz senzora može biti e-mailom, Twitter i sl. Uređaj se daljinski može podešavati (npr. povećanje osjetljivosti senzora). Baterije im traju najčešće godinu dana bez punjenja.

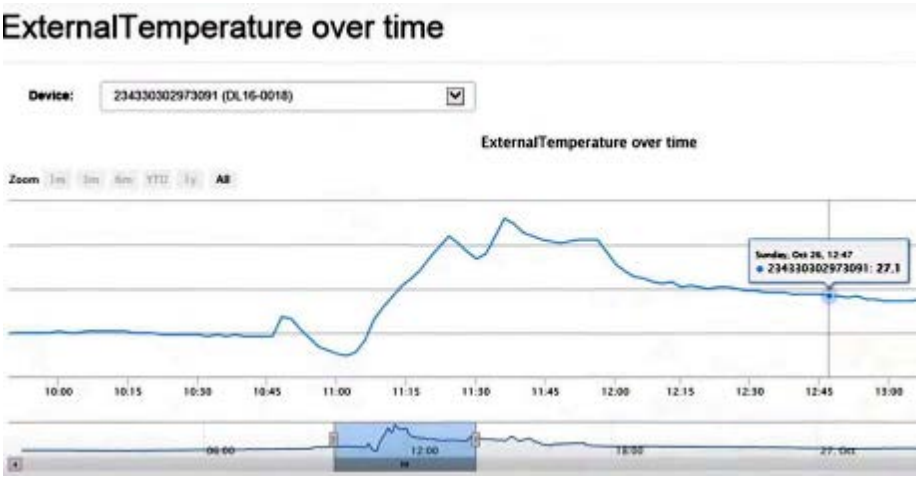
Mogu se instalirati na kontejnere i tegljače. Osim preglednika postoje i aplikacije koje se mogu upaliti i preko NFC oznake.

Slika 28: Sučelje aplikacije mobilnih uređaja za poduzeća za praćenje temperaturnih varijacija prilikom distribucije pošiljaka
Izvor: www.datalong16.com/ (kolovoz, 2016.)

Najvažnija stavka u hladnim lancima je sljedivost. Pojam sljedivosti (eng. *Traceability*) važan je element u proizvodnji i distribuciji osjetljive robe. Bitni segmenti sljedivosti su identifikacija proizvoda, praćenje podrijetla materijala i sirovina te povijesno praćenje svih procesa od proizvodnje, prerade i distribucije do prodaje.[49] Sljedivost pomoću nove generacije senzornih uređaja (IoT) obuhvaća:

- precizno praćenje konzistentnosti hladnog lanca
- odlučivanje prije dolaska robe na destinaciju
- pravovremeno praćenje ruta kojima se kreće roba
- dijeljenje informacija s autoriziranim korisnicima
- *geofencing* za slanje obavijesti i podataka
- predviđanje potencijalnih prekida u hladnom lancu
- smanjivanje opasnosti opasne robe

[49]Omejec D., Pejić Bach M.,: *Sljedivost prehrambenih proizvoda hrvatskih poduzeća*, izvorni znanstveni rad, Zbornik Ekonomskog fakulteta u Zagrebu, godina 5, 2007., str. 43



Slika 29: Grafički prikaz temperaturnih varijacija pošiljke kroz odabrani vremenski period
Izvor: www.datalong16.com/ (kolovoz, 2016.)

6.3. Upravljanje voznim parkom pomoću IoT tehnologije

Upravljanje voznim parkom predstavlja sustav povezivanja flote vozila nekog poduzeća u svrhu prikupljanja informacija kao što su lokacija, brzina, rute i sl. Poduzeća na taj način kvalitetnije prate distribuciju robe u stvarnom vremenu i optimiziraju rute kako bi izbjegli prometna zagušenja i smanjili troškove prijevoza.

Razvojem IoT-a upravljanje vozilima u transportu dobiva novu dimenziju. Vidljivost cijelog transportnog procesa putem informacijskih sustava koja osim GPS lokacije uključuje niz drugih relevantnih faktora bez IoT tehnologije nije bila moguća. Danas još uvijek mnoga distribucijska poduzeća koriste isključivo GPS kako bi svojim vozačima izračunali najbolje rute po pitanju udaljenosti, prometnog toka ili ograničenja brzina na pojedinim dionicama. Upraviteljima voznih parkova GPS nije dovoljan. U slučajevima kvarova vozila, nesreća ili krađe informacije nisu pravovremene pa upravitelji nemaju kontrolu nad njima i gube vrijeme na nepredviđene situacije.

Implementacijom pametnih uređaja distributeri povećavaju obujam informacija i kontrole nad svojim voznim parkom čime smanjuju neizvjesnost i povećava sigurnost u transportu. Ekstrakcijom podataka GPS i RFID uređaja u jedinstveni sustav praćenja i njihova uniformiranost stvaraju naprednu platformu za praćenje vozila.

IoT tehnologija omogućava pravovremeno praćenje klimatskih uvjeta na cesti, kapacitet vozila, stanice za gorivo u okolini, narudžbe korisnika dok je kamion „na cesti“ i zalihe

skladišta. Kombiniranjem navedenih značajki u jedinstveni sustav upravljanja vozilima donosi niz operativnih prednosti i veću vidljivost transporta od početka do kraja putovanja. Senzori mogu očitavati podatke čijom analizom se računa prosječna brzina vozila, obrasci putovanja pa čak i detalji koliko često vozila nailaze na oštećenja u cestama, gdje se nalaze infrastrukturni nedostaci i koliko dana je potrebno da se poprave. Osim toga, može se pratiti i zdravlje vozača i njihov način vožnje.

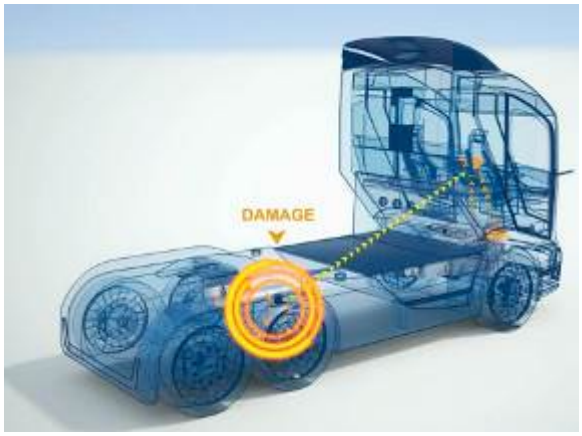
6.4. Prediktivno održavanje vozila

Današnji koncepti upravljanja voznim parkom imaju niz nedostataka. Ne postoji sustav pravovremenog praćenja komponenti vozila pa je trošenje pojedinih komponenti vozila „nevidljivo“ operaterima duži vremenski period. Dijelovi vozila zbog toga mogu zakazati uslijed vožnje i poremetiti robne tokove. Oštećenja su nepredvidljiva i skupa, a vrijeme potrebno za pomoć, nabavu zamjenskih dijelova ili servis može se oduljiti i smanjiti operativnost vozila što negativno utječe na uslugu distribucije robe.

MoDe (*Maintenance on Demand*) je projekt suradnje 11 vodećih kompanija i instituta automobilske, logističke i IT industrije. DHL, Volvo, Fraunhofer institut, Continental, LMS neki su od sudionika projekta. Cilj projekta je uz pomoć IoT senzora razviti sustav u kojem teretno vozilo (tegljač) autonomno odlučuje kada i kako je potrebno održavanje njegovih komponenti u svrhu produljivanja životnog vijeka vozila, izbjegavanja neizvjesnih situacija i optimizacija upravljanja voznim parkom. Sustav se bazira na centralnom proaktivnom upravljanju voznim parkom.

Senzorna tehnologija spojena je bežično na centralnu jedinicu te detektira oštećenja i razinu trošenja dijelova vozila u stvarnom vremenu. Senzori mogu biti postavljeni npr. na sustave za ulje ili na amortizere kamiona. Signali o kvarovima pravovremeno se šalju na centralnu jedinicu unutar teretnog vozila gdje se prikupljaju svi podaci o stanju komponenti te se zatim šalje u centar voznog parka. Iz centra za upravljanje voznim parkom šalje se automatska povratna informacija koja sadrži tehničke instrukcije u vezi nastalog kvara: promjena rute ili GPS koordinata. Na kontrolnoj ploči vozila ažuriraju se podaci/instrukcije koji dolaze iz centra - što učiniti uslijed kvara. Ovakav sustav djeluje preventivno. Podaci daju preciznu sliku o pouzdanosti vozila što distributerima omogućuje veću kvalitetu usluge naručiteljima.

Ne mora doći do kvara određenog dijela teretnog vozila, već se kvar može predvidjeti pa se iz centra može promijeniti rutu vozila prema najbližoj postaji za pregled/popravak kako bi se potencijalni kvar eliminirao. Kada komponenta zahtjeva trenutni servis „mobilni tehnički servis“ i vozilo naći će se na optimalnoj lokaciji i zamijeniti će se komponenta. Signaliziranje kvara pretpostavka je funkcioniranja sustava.



Slika 30: MoDe koncept
Izvor: http://fp7-mode.eu/?Home (srpanj, 2016)

MoDe se sastoji od tri koncepta (Slika 32):

- **dinamičko planiranje održavanja vozila** - optimizacija planiranja usluge održavanja prema informacijama o preostalom životnom vijeku vozila, trenutnoj operativnoj sposobnosti i zahtjevima korisnika

- zakazani plan pregleda ažurira se novim događajima, npr. vozilo nastavlja voziti kao što je planirano, ali mora stati na stanicu za pregled prije zakazanog termina

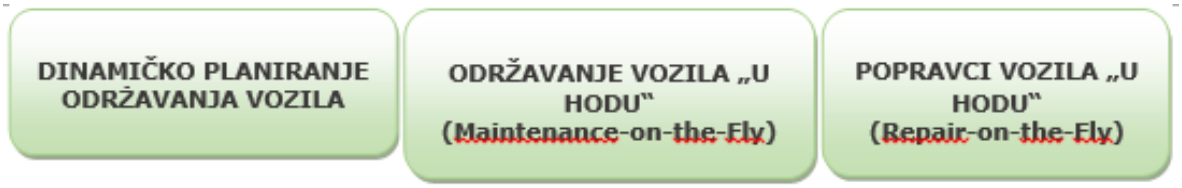
- **održavanje vozila „u hodu“** - komponenta vozila trenutno zahtjeva servis; vozač prekida putovanje kako bi se pronašlo najbliže mjesto za servis, učinkoviti popravci „na cesti“,

- trenutno zakazivanje pregleda na najbližoj preglednoj stanici koja nije u vlasništvu poduzeća i prekid putovanja

- **popravak vozila „u hodu“** – komponenta vozila se oštećuje uslijed putovanja i uzrokuje imobilizaciju vozila; vozilo prekida putovanje te se čeka na dostavu rezervnih dijelova

- očekuje se skoro zatajenje određene komponente vozila prema podacima iz senzora[50]

[50] Bein, Th., Bonnot, Th., Elberskirch, D., Huovila,H., Kemps, P., Khoury, E., Peeters, B., Philipp, F., Thomas, B., Turvanen, P., Schirling, A.: *Maintenance on Demand Concepts for Commercial Vehicles: The MoDe Project*, Transport Research Arena, Paris, 2014, str. 2



Slika 31: Tri koncepta projekta MoDe
Izvor: izradio autor

Tehnologija koja omogućava održavanje prema potrebi uključuje: bežične točke podataka iz senzora, aktuatore (izvršne uređaje koji direktno prema instrukcijama djeluju na fizičke uređaje), praćenje tehničkog stanja vozila i metoda (algoritama) za predviđanje preostalog životnog vijeka vozila. Praćenje tehničkog stanja vozila podrazumijeva detekciju ranih faza oštećenja komponenti vozila, zakazivanja elektroničkih komponenti te prevenciju opasnih situacija uslijed zatajenja i oštećenja.

Prednosti prediktivnog održavanja su[51]:

- optimalno korištenje prijevoznih sredstava
- smanjenje utrošenog vremena na dijagnozu problema, čekanje rezervnih dijelova i sl.
- manja mogućnost ljudske pogreške (vozači koji ne primijete kvar na vrijeme, prometne nesreće,…)
- veća sigurnost (smanjuju se mogućnosti nesreća i kvarova)
- povećano neprekinuto vrijeme rada vozila
- učinkovitiji popravci
- *Just-in-Time* nabava dijelova vozila
- podrška donošenju odluka
- smanjenje CO2 emisija i potrošnje goriva

6.5. Dinamičko rutiranje u povratnoj logistici

U povratnoj logistici, IoT tehnologija ima visoku funkcionalnost. Način na koji komunalna poduzeća prikupljaju otpad zahvaljujući pametnim senzorima postao je učinkovitiji i mnogim poduzećima donosi velike uštede.

[51] http://fp7-mode.eu/?About_MoDE (kolovoz, 2016)

Prema Vijeću Europe (*Council of Logistic Management*) povratna logistika je "…pojam koji se odnosi za definiranje uloge logistike u procesima reciklaže, zbrinjavanja otpada, te upravljanja opasnim otpadom; u širem smislu pojam obuhvaća sve logističke aktivnosti koje su vezane uz recikliranje, zamjenu i ponovno korištenje kao i smanjenje materijala i otpada." Povratna logistika predstavlja obrnuti tok robe od konvencionalnog distribucijskog lanca.

Povratna logistika je veliko područje, stoga je u ovom poglavlju obrađen samo jedan segment koji se može koristiti i u klasičnim distribucijskim sustavima – optimalno rutiranje. Optimalno rutiranje u povratnoj se logistici koristi u svrhu efikasnog prikupljanja komunalnog otpada. Primjer su tvrtka Smartbin i tvrtka Enevo, dobitnica nagrade „Najbolja IoT usluga 2014".

Svrha implementacije IoT tehnologije u aktivnosti povratne logistike je automatizirati planiranje prikupljanja otpada u komunalnim zajednicama i optimizirati rute koje komunalna poduzeća koriste. Sve popularniji ultrazvučni senzori (Slika 32) bežično povezani na *Cloud* postavljaju se u kontejnere/posude za odlaganje otpada i mjere njihovu trenutnu popunjenost. Poduzeća se sve češće odlučuju na korištenje senzora iz razloga što imaju priliku dobiti korisne informacije koje im pomažu predvidjeti popunjenost, pomoći pri planiranju rasporeda prikupljanja otpada i u svakom trenutku imati kontrolu nad svim kontejnerima na svome području djelovanja.

Slika 32: Senzor za praćenje popunjenosti kontejnera tvrtke Ubi
Izvor: http://auskogroup.com/wp-content/uploads/Smartbin-Banner-1300x500.jpg (kolovoz, 2016)

Današnji sustavi prikupljana otpada baziraju se na fiksnim, ručno izrađenim rasporedima prikupljanja otpada iz kontejnera/posuda i ogledaju se u nekoliko značajki:

- vozači pregledavaju kontejnere za otpad i nemaju unaprijed uvid jesu li kontejneri puni ili prazni
- vozila uzrokuju gužve, zagušenja na gradskim prometnicama,
- nepotrebna konzumacija goriva

Pojava sve jeftinijih pametnih senzora u posudama omogućuje novi način prikupljanja otpada - **dinamičko rutiranje,** umjesto fiksnih rasporeda. Vozači u tijeku vožnje imaju konstantan uvid putem aplikacije o trenutnoj popunjenosti svakog kontejnera u području prikupljanja otpada (općini). To je ostvareno pomoću senzora koji šalju u određenim vremenskim intervalima podatke o kontejnerima na internet. Kada se određeni kontejner popuni, primjerice preko 80%, vozaču se na ekranu pojavi obavijest o specifičnom kontejneru i lokaciji na koju treba otići i isprazniti kontejner. Time se smanjuju troškovi putovanja (prikupljanje otpada iz poluprazniih kontejnera zbog nedostatka vidljivosti).

Senzori koje tvrtka Enevo nudi stavljaju se na poklopac otpadne posude i šalju informacije:

- je li kontejner/posuda za otpad puna,
- trenutni postotak popunjenosti kontejnera,
- trenutna temperatura kontejnera za otpad,
- je li došlo do nepravilnosti (krađe, vandalizam, prekapacitiranost i sl.)

Podaci koje senzori očitavaju šalju se preko *Cloud* platforme na mobilnu aplikaciju i kombiniraju s povijesnim podacima te služe za prediktivnu analitiku kojom se unaprijed računa kada će kontejner sljedeći put biti popunjen otpadom (Slika 33). Na osnovu toga sustav (aplikacija) korisnicima nudi preporuke temeljem kojih se donose kvalitetnije odluke, optimizira i automatizira proces rutiranja te u konačnici unaprjeđuje način planiranja ruta za prikupljanje otpada. Vozači mogu koristiti aplikaciju na tabletima u kabini vozila.

Slika 33: Slikoviti prikaz dinamičnog rutiranja prema trenutnoj popunjenosti kontejnera
Izvor: www.enevo.com (16.07.2016)

Enevo IT platforma omogućuje pametno planiranje koje uključuje: predviđanje budućih razina popunjenosti na osnovu povijesnih podataka, trenutnu dostupnost vozila, informacije o trenutnom stanju u prometu, restrikcije na prometnicama, vrste kontejnera i sadržaja koje

vozilo smije prikupiti. Prema procijeni tvrtke, izračunato je da se troškovi prijevoza otpada mogu smanjiti do 40% pomoću IoT pametnih senzora. U Tablici 8 prikazane su tehničke specifikacije Enevo senzora. Fizički izgled i pozicija implementacije senzora u posudu za otpad prikazano je na Slici 34.

Tablica 8: Tehničke specifikacije i mogućnosti primjene IoT senzora u procesu prikupljanja otpada

SENZOR WE-008 (Enevo)	
Karakteristike:	- operativna temperatura: -40 - +80 °C - bežična veza: GSM: 850/900/1800/1900/2100 MHz - doseg mjerenja: 25-400cm - baterija: 3.6V litijska baterija, trajanje: 10+ godina - dostupnost preko: iOS, Android, Windows (*Smart Driver Android app*) - povezanost na *Cloud* platformu, web servis - pametni softver (automatski detektira važne događaje kao što je prikupljanje kontejnera dostava, krađa, vandalizam) - napredni algoritmi - mjerenja u intervalima, najčešće jednom u satu - standardna mreža (3G) - daljinsko upravljanje i softverske nadogradnje
Mjerenje:	- kontinuirano mjerenje razine popunjenosti kontejnera (putem ultrasonične sonarne tehnologije) - temperaturni senzori - senzori pokreta - senzori vlage - geolokacija
Upozorenja:	- prekapacitirani kontejneri - parcijalna kolekcija - neplanirana kolekcija (krađa,…) - iznenadne promjene temperature (mogućnost SMS upozorenja) - kretnje (pomicanje kontejnera izvan dodijeljene zone, prevrnuti kontejner)
Izvješća:	- detaljno izvještavanje o prethodnim kolekcijama i nadolazećim kolekcijama, - upozorenja i nagle promjene popunjenosti kontejnera. - Izvješća se generiraju automatski i dnevno se šalju prema preferencijama korisnika (format HTML za e-mail ili standardni format (CSV, JSON). - mogućnost skidanja podataka u Excel tablici

Izvor: izradio autor prema podacima www.enevo.com/products/ (srpanj, 2016)

Slika 34: Prikaz senzora popunjenosti kontejnera tvrtke Enevo
Izvor: www.postscapes.com/waste-management-sensor-company-enevo-collects-158m-in-funding/ (srpanj, 2016)

Prikazani senzor na Slici 34 povezan je s aplikacijom koju koriste vozači prilikom prikupljanja otpada (Slika 36). Razine trenutne i predviđanje buduće popunjenosti (trendovi i povijest) grafički se prikazuju kroz aplikaciju te se nadgleda težina i volumen sakupljenog tereta. Poduzeća mogu na taj način pratiti svoju učinkovitost i djelovati proaktivno. IoT tehnologija pomaže prijevoznicima, gradovima, brokerima, proizvođačima otpada, centralnim gospodarskim objektima i sl. kreirati veću vrijednost svojim korisnicima, poboljšati poslovanje i biti u posjedu potpuno transparentnih podataka.

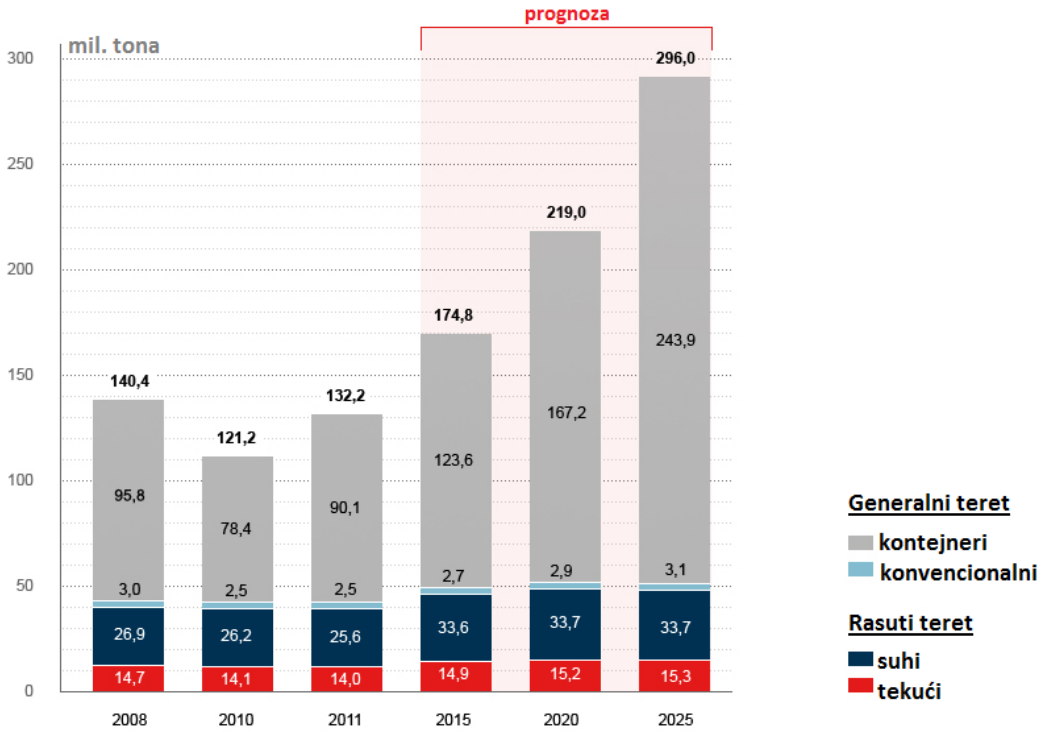
Slika 35: Korištenje Enevo aplikacije za optimizaciju ruta
Izvor: www.enevo.com/products/ (kolovoz, 2016)

7. STUDIJA SLUČAJA – smartPORT HAMBURG

„Pametne luke jedine su luke koje će opstati“
– Olaf Merk, upravitelj za luke i otpremu, ITF, OECD

Luka Hamburg zauzima jednu desetinu ukupne površine grada Hamburga (7,145 hektara ili 17,655 jutara), Njemačka.[52] Treća je najveća kontejnerska luka (*gateway*) Europe i 18. u svijetu, a njezina glavna prednost je geografska pozicija - sjecište trgovačkih putova rijeke Elbe i Sjevernoga mora. U luci je prisutno 7.300 logističkih poduzeća. Lučko pristanište dugačko je 43 km, sadrži četiri kontejnerska terminala i 50 objekata za rukovanje robom. Dnevno kroz luku prođe 8.000 cestovnih teretnih vozila, 1.100 teretnih vlakova tjedno i 10.000 brodova godišnje.

U 2015. godini je prevezeno 137.8 milijuna tona robe kroz luku, od čega je 70% kontejnerski teret (8.8 milijuna standardnih kontejnera (TEU), 2015).



Grafikon 4: Očekivani rast tereta u luci Hamburg do 2025. godine

Izvor: www.hafen-hamburg-2025.de/en/Growth/Seiten/Cargo-handling-and-potential-forecasts.aspx (kolovoz, 2016)

[52] CISCO: *Port of Hamburg Relies on IoE Capabilitiesto Improve Management of Waterways, Roads and Rail*, Juridistiction Profile, Cisco, 2014, str. 2

Luka je ograničena prostorno, a obujam prometa se neprestano povećava. Očekuje se da će se broj kontejnera udvostručiti do 2030. godine (Grafikon 4). Projekt smartPORT nastao je iz razloga što se nastoji povećati kapacitet luke bez daljeg širenja prostora luke.

Slika 36: Položaj luke Hamburg u Europi
Izvor: HPA: „The Port Development Plan To 2025“, Free and Hanseatic City of Hamburg – State Ministry of Economic Affairs, Transport and Innovation Hamburg Port Authority, kolovoz 2012, str.

7.1. Projekt smartPORT

Efikasnost i produktivnost luke Hamburg znatno utječe na kvalitetu života u gradu Hamburgu. Prometne gužve u luci dovode do zagušenja na gradskim prometnicama i obrnuto, stoga je jedan od ciljeva smartPORT projekta povećati propusnost luke povezivanjem svih sudionika unutar i izvan luke i njezinih infrastrukturnih elemenata. Nastoji se povezati sudionike u prometu i logistici luke Hamburg (logističke tvrtke, partnere i korisnike), povećati propusnost i produktivnost luke, smanjiti emisije CO2 (instalacija vjetrenjača, uvođenje električnih automobila) te povezati prometno osvjetljenje i cestovna vozila – pametna rasvjeta prometnica.

Projekt se sastoji od dva podprojekta: smartPORT Logistics (obrađeno u sljedećem poglavlju) i smartPORT Energy (Tablica 9). Cilj smartPORT Energy podprojekta je energetska učinkovitost poduzeća u luci kroz vertikalno povezivanje poduzeća, pametna upotreba neiskorištene energije; višak energije unutar lučkih industrija koje proizvode više energije za grijanje nego što koriste preusmjerava se na „susjedne“ kompanije čime se postiže optimizacija potrošnje energije u luci. Projekt se sastoji također od razvoja virtualnih

elektrana, sustava obnovljive energije (solarni paneli) te program potpore i financiranja obnove poslovnih objekata.

Podprojekt *smartPORT Logistics* (Tablica 9) načelno se sastoji od implementacije IoT tehnologije u logističku infrastrukturu luke, upravljanje prometnim tokovima unutar luke i koordinacija s prometnim tokovima u gradu Hamburgu (eliminacija uskih grla) i upravljanja robnim tokovima (praćenje kontejnera i procesa manipulacija robom).

Senzori za mjerenje fizičkih aktivnosti u okolini postavljeni su unutar luke i grada Hamburga te prate trenutno stanje: temperature, vlage, smjera vjetra, zagađenosti zraka, riječnih tokova i razine vode.

Tablica 9: Glavni projekti pametne luke Hamburg

PROJEKT smartPORT:	
PROJEKT smartPORT LOGISTICS:	**PROJEKT smartPORT ENERGY:**
lučka (logistička) infrastruktura upravljanje prometnim tokovima upravljanje robnim tokovima	obnovljiva energija energetska učinkovitost mobilnost pametno upravljanje energetskom potrošnjom aplikacija smartDRIVE za ekološku vožnju vozača

Izvor: izradio autor

7.2. smartPORT Logistics

Cilj podprojekta smartPort Logistics je efikasno upravljati tokovima robe u luci, povećati protok cestovnih teretnih vozila, eliminirati zagušenja u luci i stvoriti jedinstvenu platformu za kontrolu i nadgledanje svih lučkih operacija s jednog mjesta. Smatra se da se propusnost kontejnera na istom prostoru luke može udvostručiti u odnosu na trenutnu propusnost.

U Tablici 10 prikazani su strateški ciljevi za javni i privatni sektor luke Hamburg.

Tablica 10: Strateški ciljevi projekta smartPORT Logistics

STRATEŠKI CILJEVI ZA JAVNI SEKTOR:	STRATEŠKI CILJEVI ZA PRIVATNI SEKTOR:
bolje korištenje lučke (logističke) infrastrukture, konkurentan logistički i transportni sustav	veća efikasnost/produktivnost logističkih procesa

Izvor: izradio autor

Projekt je u nadležnosti Lučke uprave Hamburg (eng. *Hamburg Port Authority* – HPA) i njezinih partnera. HPA je zadužena za kontrolu kopnene, pomorske i riječne infrastrukture luke te pitanja sigurnosti u navigaciji i prometovanju plovnih vozila. Partneri u projektu su IT tvrtka SAP (omogućuje SAP HANA *Cloud* platformu na kojoj se nalaze IT logistički servisi), Deutsche Telekom (telekomunikacijska rješenja - *TelematicOne*), najveći njemački autoklub ADAC (njem. *Allgemeiner Deutscher Automobil-Club*) zadužen za konzultacije i informacije o prometnom stanju luke te grupa Hoyer Unternehmensgruppe zadužena za upravljanje benzinskim postajama luke Hamburg.

Godine 2009. HPA je počela s unaprjeđivanjem IT infrastrukture. Prvi senzori postavljani su na kopnene i pomorske ulaze i izlaze iz luke u svrhu praćenja prometa u luci. Početak projekta je srpanj 2011. godine kada su se senzori s IP adresama počeli ugrađivati na prometnice i mostove. HPA je tada instalirala 300 senzora za nadgledanje prometa najprometnijih dionica luke. Danas je unutar luke postavljeno više od 800 senzora koji su spojeni *online.*

Brodovi, kamioni, osoblje, dizalice, mostovi, telematski sustavi i ostali elementi preko senzora i bežične mreže povezani su na jedinstvenu smartPORT Logistics IT platformu. *SmartPORT Logistics* (SPL) je informacijsko-komunikacijski servis temeljen na *Cloud* pohrani podataka i služi kao podrška razvoju luke Hamburg u pametnu luku (Slika 38). Razvijen je u suradnji T-Systems-a, inovacijskog laboratorija Deutsche Telekoma i SAP *Research* odjela. Platforma sadrži: SAP softver (*SAP Connected Logistics*), sustav *in-memory* baze podataka (SAP HANA), specifične servise za vozila u realnom vremenu i aplikacije za mobilne uređaje te ima otvoren je pristup podacima o prometu i infrastrukturi trećih strana.

Slika 37: SmartPORT Logistics (SPL) sučelje
Izvor: http://viajeoplus.eu/best-solutions/ (kolovoz, 2016)

HPA, dvije prijevozne kompanije i davatelji usluga parkiranja postupno su prebacili svoje podatke na HANA *Cloud* platformu. Dodatni podaci iz kontejnerskih terminala i drugih prijevoznih kompanija te informacije o prometu koji su u nadležnosti projektnog partnera, njemačkog autokluba ADAC, također su prebačeni na *Cloud*, ali su naknadno. HPA zahvaljujući *Cloud* pohrani ima mogućnost umrežavanja s brodovima, vlakovima i kamionima te ima kontrolu nad čitavim prostorom luke. Sve relevantne informacije o luci na jednom su mjestu, pohranjene u *Cloud*-u u realnom vremenu.

Na SAP *Cloud* platformu su povezani:

- **logistički operateri** - status kontejnera: raspored naloga, brzina obrade, dodijeljeno osoblje
- **kontrola cestovnog prometa** - informacije o infrastrukturi: poremećaji u operativnim procedurama, utjecaj vremenskih uvjeta, sigurnost
- **TelematicOn*e*** - informacije o prometu: lokacije teretnih vozila, brzine, vrijeme mirovanja (namijenjeno za HPA)
- **kontrola pomorskog prometa** (brodske prevodnice) - kontrola ulaza u luku: brodovi u dolasku, kašnjenja, dozvole za pristajanje
- **terminalni operateri** - kontrola i nadgledanje istovara: pristajanje brodova, datum, lokacija robe[53]

Preko SPA aplikacije svi su učesnici opskrbnog lanca; upravitelji luke, špediteri, brodari, osoblje terminala, kontrolori prometnica, koordinatori parkirnih površina, međusobno

[53] www.sap-investor.com/en/2012/quarter-3/research/the-port-of-the-future.htmlv (20.08.16.)

povezani i razmjenjuju informacije s vozačima i vozilima. Na osnovi prediktivne analitike dispečeri i vozači preko aplikacija dobivaju preporuke planiranja u stvarnom vremenu, ali i automatski individualno isplanirane rute za pojedina vozila.

HPA preko IT platforme može pravovremeno nadzirati pojavu uskih grla, prometnu infrastrukturu unutar luke, mostove, dostupna mjesta na parkiralištima i sl.

Tablica 11: Učinak pametne tehnologije na ljude, procese, informacije i infrastrukturu luke Hamburg

IoE	
LJUDI	niz prednosti za vozače, lučko osoblje i brodske posade putem aplikacija
PODACI	sustavi prikupljaju i dijele podatke o stanju na prometnicima u luci, masi teretnih vozila, korištenju mostova luke, poziciji plovila, razinama vode i emisija CO2
PROCESI	računanje trošenja i defekcije infrastrukturnih elemenata (mostova i prometnica) u svrhu kvalitetnijeg održavanja lučke infrastrukture, izračun broja vozača u okruženju luke za optimizaciju ruta ovisno o trenutnim prometnim tokovima, efikasniji istovar tereta s brodova na vozila smanjuje prometna zagušenja i povećava propusnu moć luke, lučko osoblje prati razinu vode radi mogućih poplava, mjerenje energetske potrošnje korištenja ulične rasvjete unutar luke, mjerenje emisija CO2 unutar luke i njezine okoline
STVARI	integracija prometnica, mostova, unutarnjih plovnih putova, tunela, željezničkih kolodvora, parkirnih površina i ulične rasvjete u funkcionalnu cjelinu

Izvor: izradio autor prema CISCO: *Port of Hamburg Relies on IoE Capabilities to Improve Management of Waterways, Roads and Rail*, Juridistiction Profile, Cisco, 2014, str. 5

Utjecaj IoT tehnologije kroz koncept „internet svega“ (IoE) klasificiran je u četiri grupe luke Hamburg: ljudi, podaci, procesi i stvari. U Tablici 11 opisan je učinak implementacije pametne tehnologije na svaku skupinu.

Problem u luci Hamburg bila su kašnjenja brodova radi nedovoljne informiranosti brodara o stanju u luci (primjerice nemogućnost ulaska u terminal zbog nevremena). Ukoliko su česti slučajevi kašnjenja broj vozača kamiona koji čekaju teret se povećava i dolazi do zagušenja odnosno manje propusnosti luke. Zahvaljujući smartPORT tehnologiji brodari u dolasku preko aplikacija dobivaju pravovremene informacije o npr. snazi vjetra ili morskim strujama pa se mogu unaprijed pripremati i preciznije izrađivati tablice dolazaka (*Estimated Time of Arrival* – ETA). Integrirani sustavi upravljanja prometom u luci koji su kroz projekt

ostvareni obuhvaćaju cestovne prometnice, željezničke kolosijeke i unutarnje plovne putove u zajedničku cjelinu

Vozači teretnih vozila prije projekta nisu znali hoće li brodovi kasniti pa su često čekali na terminalu i stvarali gužvu. Direktnim komuniciranjem brodara i vozača kamiona preko aplikacije vozači dobivaju precizne informacije kada brod uplovljava čime je kreiran sustav kojim se izbjegava stihijski ulazak kamiona u luku i dugotrajna čekanja vozača u terminalima. Ukoliko brod kasni, vozači preko aplikacije dobivaju obavijest i preusmjeravaju se na mjesta (kantine) gdje mogu iskoristiti vrijeme čekajući dolazak broda (odmor, kava,…). Vozači ulaze u luku samo kada je potrebno čime se povećava propusnost luke.

smartPORT Logistics poboljšao je i način kojim HPA upravlja mobilnim mostovima u luci (otvaranje/zatvaranje) i spriječio prometna zagušenja na cestama koja se pojavljuju dolaskom velikih brodova na terminale.

HPA je u nadležnosti odluka koji mostovi luke se moraju podići ili koji spustiti i kada. Zbog velikih visina kontejnerskih brodova, mostovi moraju biti u mogućnosti podići se 40m u vis. Neovisno radi li se o prolasku manjeg ili većeg broda, mostovi su se uvijek podizali 40m u zrak.

Tablica 12: Pozitivni učinci implementacije pametne tehnologije na sudionike luke Hamburg

sudionici	PREDNOSTI smartPORT projekta
BRODSKI PRIJEVOZNICI	smanjena vremena čekanja zbog boljeg pregleda ruta, direktna komunikacija s vozačima cestovnih teretnih vozila preko aplikacije (prije: komunikacija putem CB radija dovodila je do nesporazuma u komunikaciji)
VOZAČI	direktna komunikacija s brodarima preko aplikacije, dobivaju samo one informacije koje su im potrebne (koju rutu izabrati, destinacija, koliko dugo će trajati čekanje na destinaciji, slobodna parkirna mjesta i sl.) u stvarnom vremenu, pregled prometa u luci na mobilnim uređajima, zaprimanje naloga preko mobilnih uređaja
KOMPANIJE/ŠPEDITERI	znaju kada pripremiti robu za preuzimanje, lakše praćenje KPI-a
LUČKA UPRAVA HAMBURG (HPA)	brži protok vozila (tereta) u luci, veći broj obrađenih kontejnera, podaci o kompletnoj lučkoj infrastrukturi pohranjeni su na računalnom oblaku (*Cloud*-u) pa nema potrebe za traženjem velikih farma servera koje zahtijevaju određene licence niti skupih hardverskih rješenja, centralizirani pregled prometa u luci

Izvor: izradio autor

Zahvaljujući postavljenim senzorima na mostove i lokaciji brodova upravitelji točno znaju (vide na ekranima) koji brodovi prolaze (njihove veličine) i mogu poslati instrukcije za podizanje određenog mosta. Mehanizam za podizanje više ne podiže most 40m, već samo onoliko koliko je potrebno, ovisno o veličini broda koji prolazi. Time je smanjeno vrijeme zatvorenosti mosta i povećana prometna propusnost luke. Čekanja vozila zbog zatvorenih mostova smanjila su se s prosječnih 15 minuta na 3-5 minuta.

U Tablici 12 prikazani su učinci koje implementacija IoT sustava ima na korisnike luke Hamburg. Vozači, brodari i dispečeri najviše su profitirali korištenjem lučke aplikacije. Na aplikaciji dobivaju personalizirane informacije o prometu i infrastrukturi luke:

- trenutna prometna situacija u luci i na autocestama (u kooperaciji s ADAC-om)
- vrijeme zatvaranja mobilnih mostova u realnom vremenu
- stanje na kontejnerskim terminalima, depoa za prazne kontejnere u realnom vremenu
- trenutno slobodna parkirna mjesta (vozila troše manje goriva tražeći prazna mjesta za parkiranje ili čekajući brod, manja emisija CO2, manje gužve)

Tablica 13: Optimizacija luke Hamburg IoT tehnologijom

IZRAVAN UČINAK IoT TEHNOLOGIJE NA PROCESE U LUCI:	ZNAČAJKE KOJE SU PRIDONIJELE USPJEHU:
- manje prometnih zagušenja u području luke i oko nje (kamioni dolaze na destinaciju brže)	- bolja komunikacija između vozača i dispečera
- vozači znaju gdje brže istovariti robu	- informacije su dostupne i jednostavne za upotrebu
- ušteda vremena čekanja po vozaču i turi 5 minuta	- sinkronizacija informacijskih i robnih tokova
- kraće vrijeme potrebno za reakciju na poremećaje u prometu	- nije potrebna registracija sudionika
- jednostavnije upravljanje lukom (vizualizacija lučkih procesa)	

- manje nesporazuma korištenjem aplikacije (u usporedbi s CB radio sustavima komunikacije)

- optimizacija planiranja prijevoza

- financijska i vremenska ušteda za špediterske kompanije

Izvor: izradio autor prema www.bestfact.net/wp-content/uploads/2014/02/Bestfact_Quick-info_efreight_3-105_HPA-SmartPortLogistics.pdf (kolovoz, 2016)

Slika 38: Rezervacije kontejnera putem različitih uređaja u luci Hamburg
Izvor: Tsegay, S., Zhang, Y., Kruijff, J., Ding, N., Chen, H., Lightfoot, T.: *D3.1 Effective mobility management best practice report*, studeni 2015, str. 2

7.3. smartPORT održavanje infrastrukture

Ono što se u luci nastoji implementirati u što većem omjeru su mobilni višenamjenski senzori. To su GPS senzori koji se putem vlastitog ID-a mogu alocirati na stanoviti objekt za što je izrađen upravljački sustav na webu. Na površini GPS senzora, instalirani su adapteri opremljeni s više senzora koji pravovremeno mjere više aktivnosti.

Senzori se postavljaju na ili u objekt. Nakon aktivacije senzor odašilje položaj i identitet (ID) prema centralnom sustavu. Centralni sustav prikuplja informacije i ustupa ih dalje na obradu. Ovi senzori omogućuju: lociranje skupocjene opreme u luci kao što su plutajuće dizalice, izradu profila kretanja lokomotiva prilikom manevriranja u luci, učinkovito praćenje voznog parka Lučke uprave Hamburg, praćenje vozila u slučajevima katastrofa itd. Ukoliko praćenje alociranog objekta više nije potrebno, senzor se može deinstalirati na drugi objekt.[54]

Slika 39: Sustav za praćenje stanja mostova (*hardver i softver*) luke Hamburg
Izvor: www.iotone.com/casestudy/worldsensing-bridge-monitoring-in-hamburg-port/c197 (kolovoz, 2016)

Pametno (prediktivno) održavanje luke ima značajnu ulogu. Preko mobilnih uređaja (pametnih telefona, tableta,…) nastoji se u svakom trenutku pratiti stanje cesta, mostova i željezničke infrastrukture unutar luke Hamburg. Uređaji međusobno komuniciraju spojeni na internet s pozadinskim IT sustavima koji procesuiraju podatke i kreiraju obavijesti i poruke na licu mjesta. Senzori mjere težinu i broj vozila koji prolaze mostovima, a sustav računa prediktivnom analitikom koliko je trošenje materijala mosta i kada je potrebno zakazati termin za renoviranje ili tehničko održavanje, čime se povećava životni vijek građevina.

[54] www.hamburg-port-authority.de/en/smartport/logistics/infrastructure/Seiten/default.aspx (22.08.16.)

Hardverski dijelovi senzora (Slika 39) su: senzor strukture mosta, mjerilo naprezanja, mjerilo nagiba, mjerilo ubrzanja i senzor za mjerenje stanja okoliša (CO2).

7.4. smartROAD

SmartROAD još jedan je pilot projekt pametne luke Hamburg. Kako bi se IoT sustav mogao uspostaviti u cijeloj luci informacijska tehnologija je implementirana duž različitih sekcija prometnica. IoT sustav omogućava:

- preciznu sliku trenutnih prometnih situacija za svaki smjer putovanja i svaku traku
- konstantno mjerenje, prenošenje i analiziranje razina zagađenja u luci
- konstantno mjerenje smjera i sile vjetra u luci
- **pametna rasvjeta (smartLIGHTING)** – ulične svjetiljke su kontrolirane prema trenutnim uvjetima odnosno broju objekata u području osvjetljenja. Svjetiljke troše manje energije na rasvjetu kada su prometnice prazne. Pametna rasvjeta koristi senzore topline i pali se kada vozila ili ljudi prolaze prometnicom. Svjetiljke se gase kada ih vozila prođu kako bi uštedjele energiju – *Follow-me-Light* koncept.

Slika 40: Informativna ploča za ulazak u područje pilot projekta smartROAD (pametna rasvjeta i pametni promet)
Izvor: www.hamburg-fuer-die-elbe.de/wordpress/wp- content/uploads/2015/10/SmartPortHoheSchaar1.jpg (kolovoz, 2016)

- **pametni parking (smartPARKING)** – senzori na parkirnim mjestima terminala konstantno pružaju kontrolnom centru informacije o broju slobodnih parkirnih mjesta te ih

vizualno prezentiraju preko aplikacije vozačima u realnom vremenu. Vozači teretnih vozila lakše pronalaze parkirna mjesta, troše manje goriva (manje emisija CO2), stvaraju manju gužvu i kraće se zadržavaju u terminalu što znači da je protok robe u luci efikasniji.

Na Slici 41 prikazana je informativna ploča koja upućuje na područje luke Hamburg pod pilot projektom smartPORT te su ukratko objašnjeni principi na kojima se temelje projekti pametne rasvjete i pametnog parkinga.

Tehnologija luke Hamburg olakšava suradnju između različitih učesnika unutar luke. Kvalitetna IT struktura već je postojala, ali IT sustavi nisu bili povezani u jedinstvenu platformu koja objedinjava podatke vezane uz logistički sektor.

U Lučkoj upravi Hamburga izjašnjeno je kako je nalaženje heterogenih tehnologija i njihovo integriranje u ukupni plan pametne luke bilo puno kompliciranije od očekivanog. Microsoft tehnologije koje su neusklađene s tehnologijom na drugim destinacijama luke, Oracle baze podataka s mrežom na različitim mjestima samo su neki od problema koji su se morali riješiti. Najveći izazov preostaje integrirati sve vrste IT rješenja i sve inicijative u jedinstvenu funkcionalnu cjelinu, iako je dobar dio puta ka tome ostvaren.

Luka Hamburg među prvim je pametnim lukama u svijetu i biti će model za učenje svima koji će hvatati korak s nadolazećom tehnologijom. Model prema kojemu se kreira pametna luka Hamburg poslužiti će drugim svjetskim lukama lakše implementirati pametne tehnologije u svoje logističke sustave i terminale. U prilog tome govori činjenica da su Lučka uprava Hamburg i luka Barcelona 22. svibnja 2014 potpisale memorandum o razumijevanju kako bi se proširila suradnju i razmijenila iskustva o kreiranju pametnih sustava.[55]

[55] www.hamburg-port-authority.de/en/smartport/logistics/news/Seiten/News/spl-en-news01.aspx (srpanj, 2016)

8. PAMETNO PAKIRANJE U DISTRIBUCIJI

Pakiranjem se smatra omatanje nekoga proizvoda koji se može rasuti, ili razgraditi, da bi se taj proizvod zaštitio i da bi se obavile i druge funkcije. Druga definicija je umotavanje robe u odgovarajuće kutije, posude, omote, tube i razne druge materijale u koje se roba pakira, što se zajedničkim imenom naziva ambalaža. Logističke jedinice pakiranja su veće jedinice za otpremu. Nastaju sažimanjem proizvoda u jedinice koje su standardizirane po obliku i količinama s ciljem da se pri tome snize troškovi koji na njega otpadaju. Stvaranje logističkih jedinica je pretpostavka za stvaranje racionalnog transportnog lanca.[56]

Funkcije pakiranja[57]:

- ***funkcije za proizvodnju*** (pakiranjem se dobiva pakovanje, tj. proizvod u ambalaži. Ambalaža omogućava pripremu inputa proizvodnje prema potrebnim količinama i preuzimanje outputa iz proizvodnje na mjestu proizvodnje),
- ***marketinške funkcije*** (ambalaža je sastavni dio politike proizvoda čime se proizvod diferencira od konkurencije. Također, ambalaža je sastavni dio politike komuniciranja, te je nositelj ekonomske propagande i unapređenja prodaje),
- ***funkcije upotrebe*** (ambalaža se može ponovno upotrijebiti u neke druge svrhe).
- ***logističke funkcije*** (logističke funkcije pakiranja su skladišna funkcija, transportna funkcija, manipulativna funkcija i informativna funkcija),
- ***zaštitne funkcije*** (ima funkciju zaštite dobra prilikom prijevoza i rukovanja sa robom u smislu mehaničkih i klimatskih zahtjeva. Također, ambalaža može štititi robu i od kvantitativnih gubitaka, npr. krađe, te također ima i funkciju zaštite okoline),

Tehnološki proces pakiranja, u ovisnosti o prirodi proizvoda može biti:

- **Pretpakiranje**
- Pakiranje u **komercijalnu ambalažu** ili primarno pakiranje

[56] Babić, Darko: *Pakiranje u funkciji logistike i transportnih lanaca,* prezentacija iz predmeta Upravljanje transportnim lancima, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2014., slide 2

[57] Babić, Darko: *Pakiranje u funkciji logistike i transportnih lanaca,* prezentacija iz predmeta Upravljanje transportnim lancima, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2014., slide 2

- Pakiranje u **sekundarnu ambalažu** ili u transportnu ambalažu
- Pakiranje na pomoćna prometna sredstva, npr. na paletu, kontejner, kamion, vagon.[58]

Postoji još jedan važan termin, a to je **logistika pakiranja**. Logistika pakiranja se definira kao pristup koji cilja prema razvoju paketa i sustava pakiranja kao podrška logističkom procesu, te ispunjenje zahtjeva potrošača. Ova definicija odražava tradicionalno gledište koje smatra pakiranje dijelom logističkog sustava.

Tri važne strategije za napredak kod usvajanja koncepta logistike pakiranja, kako bi se razlikovali mogući potencijali i opisale prikladne funkcije:

- Poboljšanje i razvoj sustava pakiranja prilagodbom logističkom sustavu,
- Poboljšanje i razvoj logističkog sustava prilagodbom sustavu pakiranja,
- Poboljšanje i razvoj logistike pakiranja primjenom oba pakiranja i logističkih sustava.[59]

Pametno pakiranje proizvoda podrazumijeva dodavanje novih funkcija pakiranju određenog proizvoda pored proizvodne, marketinške, logističke, zaštitne i ostalih navedenih funkcija. Često se od logističkih operatera zahtjeva dobro poznavanje tehnologije proizvodnje i specifikacija proizvoda koji prolaze kroz njihovu distribucijsku mrežu. Specifikacije proizvoda mogu utjecati na organizaciju distribucijske mreže. Pametno pakiranje proizvoda stvara digitalni profil proizvoda i nudi uvid u povijest proizvodnje robe te može olakšati upoznavanje distributera s proizvodnim specifikacijama robe koju prevozi.

Za razliku od **aktivnog pakiranja** koje uključuje korištenje dodatnih sastojaka za poboljšanje učinkovitosti pakiranja (primjerice paketići kemijskih supstanci za kontrolu vlage, kisika, CO2, plina, i sl.), **pametno pakiranje** uključuje dodatne indikatore (senzore) koji očitavaju informacije o povijesti pakiranja, kvaliteti robe (najčešće prehrambenih proizvoda) i prate trenutno stanje robe unutar pakiranja. Senzori i oznake pokazuju karakteristike i status pakiranja, mjere kvalitativne i kvantitativne karakteristike pakiranja, komuniciraju s korisnicima o promjenama na proizvodu i sl. Osim komunikacije, informacije mogu aktivirati

[58]Babić, Darko*: Pakiranje u funkciji logistike i transportnih lanaca*, prezentacija iz predmeta Upravljanje transportnim lancima, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2014., str. 4

[59] Babić, Darko: *Pakiranje u funkciji logistike i transportnih lanaca*, prezentacija iz predmeta Upravljanje transportnim lancima, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2014., str. 8

određene funkcije pakiranja. Podrazumijevaju uređaje protiv krađe te sustave naručivanja, kontrole i informiranja unutar opskrbnih lanaca. Pametno pakiranje se ponekad naziva inteligentnim pakiranjem i nerijetko ga se poistovjećuje s aktivnim pakiranjem.

Piće i hrana proglašeni su najvećim tržištima pametnog pakiranja u 2012.godini, dok se farmaceutski proizvodi smatraju najvećim rastućim tržištem aktivnog i inteligentnog pakiranja u 2017. godini, zbog zdravstvenih potreba odnosno starenja stanovništva na globalnoj razini.[60] Potreba za pametnim pakiranje rasti će razvojem IoT tehnologije, a distribucijska poduzeća koja će uspostaviti sustave koji podržavaju pametno pakiranje biti će u konkurentskoj prednosti u odnosu na ostala logistička poduzeća. Dokaz rasta je osnivanje Društva za industriju aktivnog i inteligentnog pakiranja – AIPIA (eng. *Active & Intelligent Packaging Industry Association.).* Mnoge poznate logističke, proizvodne i IT kompanije članice su AIPIA-e, a neke od njih su UPS, DHL, Coca Cola, Zebra Technologies, Xerox i sl. Prema izvješću globalne konzultantske tvrtke Markets and Markets procijenjeno je da će tržište pametnog označavanja proizvoda porasti do 10,03 milijarde dolara do 2021. godine.

Slika 41: Primjena pametnog pakiranja prehrambenih proizvoda
Izvor: www.aipia.info/ (kolovoz, 2016.)

Pametno pakiranje podrazumijeva označavanje proizvoda **pametnim** (senzornim) **oznakama** (čipovima, naljepnicama za pakiranje) točnijeg naziva **digitalni identifikatori**. Ove oznake se smatraju jednim od važnijih IoT tehnologija. Na Slici 42 prikazan je digitalni identifikator tvrtke Thinfilm.

Potražnja za pametnim oznakama (identifikatorima) rezultat je rasta industrije zdravstva, maloprodaje, pakiranja i automobilske industrije te potreba za automatizacijom operacija

[60] www.packagingdigest.com/smart-packaging (kolovoz, 2016)

navedenih industrija. Svaki proizvod može biti digitaliziran pomoću tzv. *low-tech* tekstualnih poruka, pametnih oznaka kao što su QR ili NFC, BLE, RFID i ostalih sofisticiranih senzora Auto-ID tehnologije.

Najveću korist i potencijal imaju RFID čipovi (naljepnice) jer ih kompanije najviše preferiraju kada žele održati sinkronizirano upravljanje lancima opskrbe i sustave upravljanja zalihama. RFID oznake unutar IoT koncepta omogućavaju sinkronizaciju procesa popravaka, održavanja i kontrole zaliha. Prednost je također održavanje autentičnosti proizvoda tj. jačanje brenda.

Slika 42: NFC digitalni identifikator na boci kao vrsta pametnog pakiranja proizvoda
Izvor: www.beveragedaily.com (kolovoz, 2016)

Digitalni identifikatori koriste komunikaciju bliskog polja – NFC (eng. *Near Field Communication*) za povezivanje sa softverom odnosno aplikacijama mobilnih uređaja. NFC tehnologija objašnjena je u trećem poglavlju rada.

Na Slici 43 prikazano je pametno pakiranje proizvoda koje ima funkciju održavanja brenda proizvoda i komunikaciju s korisnikom, gdje se korisniku povezivanjem proizvoda s njegovim mobilnim uređajem nastoji obogatiti iskustvo korištenja tog proizvoda novim promotivnim ponudama i specifikacijama o proizvodu. Na taj način stvara se dodatni kanal dosezanja novih korisnika. Postoje i druge kartice koje primjerice preko senzora očitavaju temperaturu i preko mobilnih uređaja pokazuju da su proizvodi tijekom transporta bili održavani konstantno unutar dozvoljenih granica temperature. Osim temperature očitava se vrijeme i datum svih skeniranja, GPS koordinate proizvoda i moguća odstupanja od dozvoljenih granica temperaturnog režima, otvaranje boce i sl. Korisnici time dobivaju novo iskustvo korištenja proizvoda, proizvođači dohvaćaju veći broj potencijalnih novih korisnika, a logistički operateri dobivaju autentične informacije o proizvodima i logističkim aktivnostima distribucije proizvoda unutar različitih faza distributivnog lanca.

Bitno je da log. distributeri poznaju tehnologiju proizvodnje robe za koju organiziraju prijevoz. Proizvodi često zahtijevaju certifikate o podrijetlu, sanitarnu inspekciju, deklaracije o opasnoj robi. Pametnim oznaka log. operateri lakše pristupaju informacijama o robi i ubrzavaju proces informiranja o značajkama proizvoda, što znači manje poziva i e-mailova strankama kojima organiziraju prijevoz.

Pametna NFC oznaka omogućava analizu lanca opskrbe boce preko IoT *Cloud* platforme te analizu kvantitete i kvalitete proizvoda u maloprodaji. Na Slici 44 prikazano je sučelje na mobilnom uređaju koje očitavanjem NFC oznake pokazuje zaposleniku maloprodajog dućana broj dostupnih artikala, njihove karakteristike i lokaciju. Korištenjem pametnih oznaka u fizičkoj distribuciji, distribucijski lanci postaju pametni u određenim segmentima.

Slika 43: Aplikacija za maloprodajne zaposlenike prikazana nakon očitavanja digitalnog identifikatora proizvoda
Izvor: http://thinfilm.no/ (kolovoz, 2016)

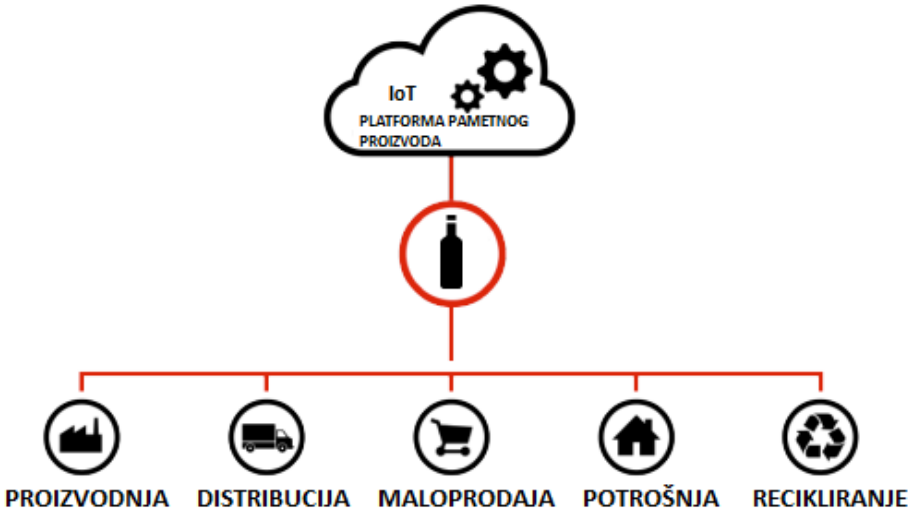
Jedan od vodećih proizvođača pametnog označavanja proizvoda je tvrtka Thinfilm.

Prednosti korištenja pametnog pakiranja su:

- produživanje životnog vijeka proizvoda
- nadgledanje karakteristika proizvoda
- prikazivanje informacija o kvaliteti proizvoda
- povećanje sigurnosti

Dakle, vrijednost koju pametno pakiranje donosi je individualan pristup sudionicima opskrbnog lanca i korisnicima. Pakiranja i oznake postaju kontrolirane interaktivne stanice i novi medijski kanal za direktnu digitalnu vezu s individualnim korisnicima. Kompanije na taj način digitaliziraju svoje proizvode odnosno čine svoj brend široko dostupnim. Jednostavnim rječnikom govoreći, stvari (proizvodi), baš kao i ljudi prisutne su na socijalnim mrežama, dobivaju svoj digitalni ekvivalent (svoje online profile) pa se mogu nazvati **pametnim proizvodima.**

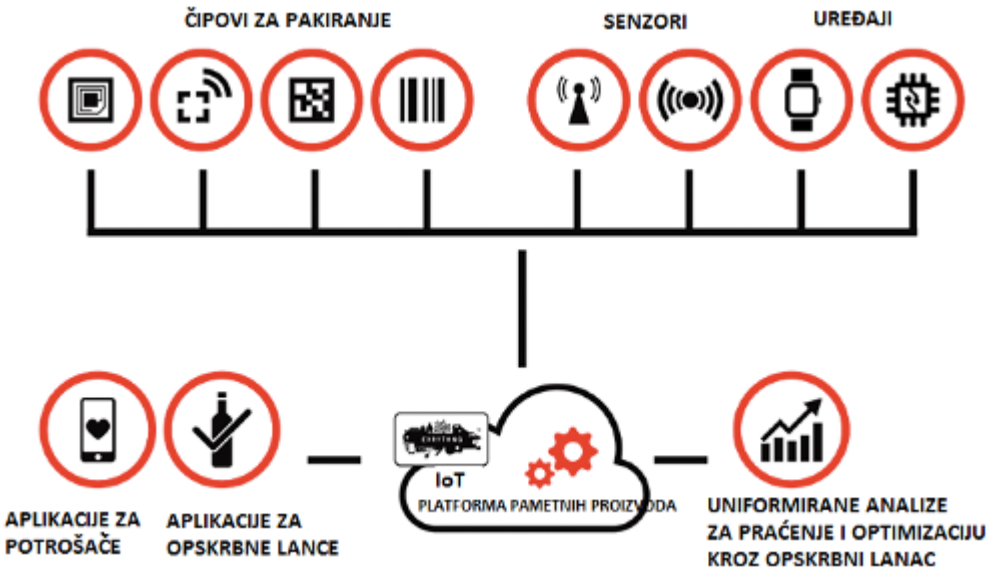
Pametnim proizvodima digitalno se prati cjelokupni životni ciklus od početka proizvodnje do reciklaže. Određeni brendirani proizvodi postaju „digitalna imovina“.



Slika 44: Digitalni životni ciklus proizvoda kroz IoT koncept
Izvor: preuzeto i modificirano od www.evrythng.com/activate-digital-identities-for-products/ (kolovoz, 2016)

Tvrtka Evrythng razvila je sustav aktivne digitalne identifikacije proizvoda. ADI (eng. *Active Digital Identities)* omogućuje prikupljanje, upravljanje i organizaciju podataka o proizvodima kroz čitav „digitalni životni ciklus“ proizvoda (Slika 45 i 46).

Digitalni životni ciklus podrazumijeva praćenje životnog ciklusa proizvoda preko interneta (aplikacije) kroz IoT interakciju proizvoda sa subjektima opskrbnih lanaca, od proizvođača, distributera i maloprodaje do krajnjeg potrošača, a obuhvaća i povratne distribucijske kanale. Prate se povijesni podaci o lokacijama i statusu proizvoda. Preko ADI platforme proizvodi su povezani na web i u interakciji su s ostatkom relevantnog sadržaja s interneta.



Slika 45: Grafička ilustracija elemenata uključenih u pametno pakiranje proizvoda u opskrbnom lancu tvrtke Evrythng
Izvor: preuzeto i modificirano od https://evrythng.com/resources/data-sheets/consumables-overview/ (01.08.16.)

U razvoju su također nove generacije digitalnih identifikatora poput digitalnih „vodenih žigova“ (digital watermark - DW) i jednokratnih pametnih oznaka.

Digitalni barkodovi su neprimjetni kodovi koji se mogu koristiti na bilo kojem mediju, ponajviše na pakiranju proizvoda. Prednost korištenja digitalnih barkodova je što se pametni uređaji (telefon, tablet) ne moraju namještati pod pravilnim kutom kako bi se očitala barkod oznaka te se jednostavno očitavaju oštećeni barkodovi čime se ubrzava proces identifikacije i evidencije proizvoda. Osim toga, moguće je više barkodova očitati odjednom i optimizirati učitavanje informacija.

Tvrtka Digimarc kreirala je *Digimarc Discover* platformu koja objedinjuje niz tehnologija uključujući automatsku identifikaciju i očitavanje podataka za prepoznavanje pametnih proizvoda. Skeniranje je moguće pomoću pametnih telefona i nudi različite vrste medija poput očitavana video prikaza, slike ili zvukova (Slika 47). Nadopunjuju standardne barkod oznake te korisnici mogu brže doći do većeg broja informacija skeniranjem oznake. Proizvođači mogu koristiti digitalne barkodove za povećanje proizvodne učinkovitosti, kontrolu kvalitete ili praćenje zaliha kroz opskrbni lanac.

Krajnji korisnici mogu jednostavno i brzo skenirati proizvode i dobiti niz relevantnih informacija o proizvodu prilikom kupnje proizvoda.

Slika 46: Digitalni barkod tvrtke Digimarc
Izvor: www.digimarc.com/ (kolovoz, 2016)

Nevidljive digitalne oznake u maloprodaji:

- pojednostavljuju upravljanje distributivnim lancem
- omogućuju precizno praćenje zaliha u stvarnom vremenu
- minimiziraju kvarenja robe i potrebe za radnim kapitalom[61]

Izazov implementaciji pametnih oznaka je međunarodna standardizacija, adekvatni zakoni o privatnosti te šira primjena kod svih sudionika distribucijskog lanca.

Prilike koje pametno pakiranje nudi su:

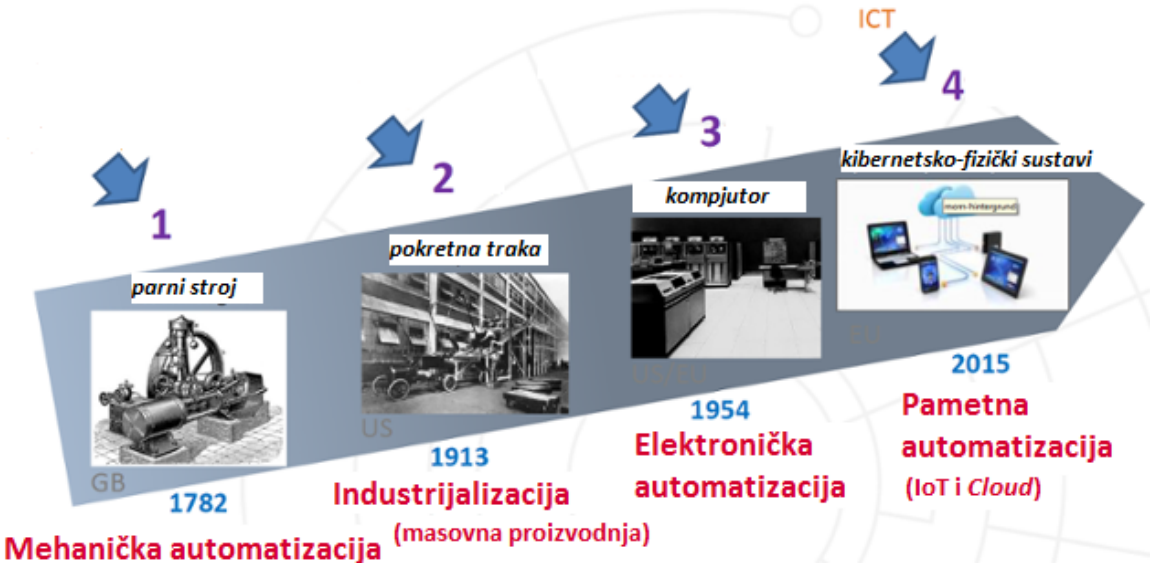
- veći kapacitet očitavanja, pohrane i vidljivosti informacija distribucijskih kanala
- veća transparentnost i sljedivost proizvoda kroz distribucijski kanal
- veća sigurnost proizvoda putem detekcije kriminalnih radnji
- veća količina informacija o proizvodu u povratnim kanalima distribucije ubrzava procesuiranje proizvoda

[61] www.digimarc.com/application/retail (kolovoz, 2016)

9. INDUSTRIJA 4.0

„Moramo se ubrzano nositi s fuzijom online svijeta i svijeta industrijske proizvodnje. U Njemačkoj, mi to zovemo Industrija 4.0“ - **Angela Merkel, njemačka kancelarka**

Industrija 4.0 dio je projekta njemačke vlade čiji cilj je ostvarivanje nove generacije proizvodnje kombiniranjem najmodernijih tehnologija i razmjene podataka u svrhu potpune automatizacije proizvodnje. Termin se odnosi na razvojnu fazu organizacije i upravljanja kompletnim lancem vrijednosti u industriji proizvodnje odnosno digitalnu transformaciju tradicionalne proizvodnje. Industrija 4.0 je „četvrta industrijska revolucija“ (Slika 48), i na zapadu se poistovjećuje s terminima „internet stvari“, „internet svega“ ili „industrijski internet.“ Koncept Industrije 4.0. koristi se širom Europe, ponajviše u njemačkom proizvodnom sektoru.



Slika 47: Industrijske revolucije kroz povijest
Izvor: prilagodio autor prema http://blog.obrary.com/what-is-the-fourth-industrial-revolution (kolovoz, 2016)

Prema njemačkoj radnoj grupi *Industrie 4.*0, Industrija 4.0 je „mreža proizvodnih sredstava (proizvodnih strojeva, robota, prekrcajne mehanizacije, skladišnih sustava i proizvodnog postrojenja) koja su autonomna, sposobna samokontroli ovisno o različitim situacijama, samoupravna, zasnovana na znanju, opremljena senzorima i prostorno disperzirana i koja inkorporira relevantne sustave planiranja i upravljanja.[62]

[62] www.iese.fraunhofer.de/en/innovation_trends/industrie40.html (15.08.16.)

9.1. IoT u proizvodnji

Tehnologije koje su uključene u njezin razvoj su: kibernetsko-fizički sustavi – spoj virtualnog i stvarnog svijeta, internet stvari (IoT) i oblačno računarstvo (*Cloud Computing*). U procesu proizvodnje strojevi donose odluke prema instrukcijama proizvoda koje proizvode (IoT), točnije prema podacima s RFID oznaka proizvoda, a koji su spojeni na internet, dok ljudi nadgledaju proizvodnju i donose konačne odluke. Pametni strojevi dijele informacije o trenutnoj razini zaliha materijala i robe, o problemima i nepravilnostima, promjenama razine narudžbe i potražnje i sl.

RFID oznake na proizvodima osim identifikacije proizvoda sadrže informacije relevantne kibernetsko-fizičkim proizvodnim strojevima:

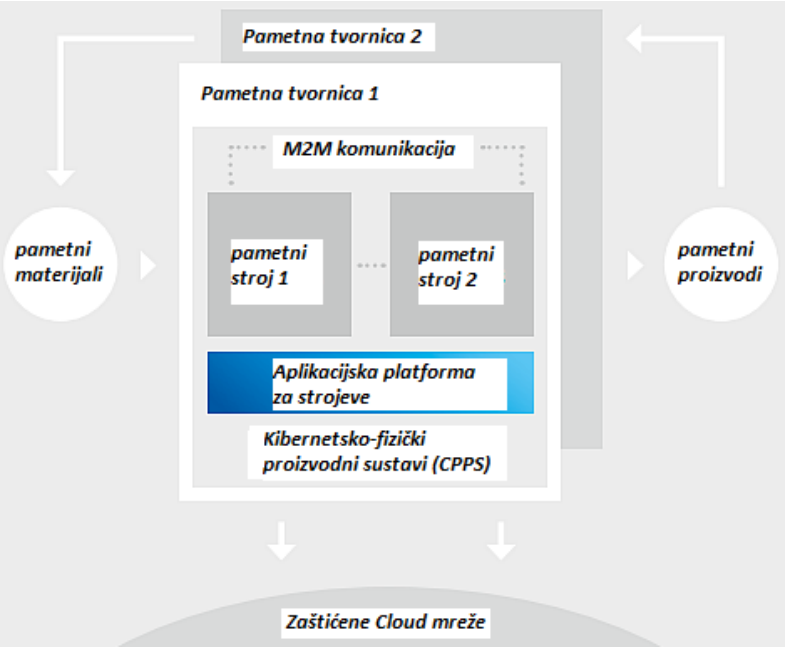
- Što je proizvod na traci?
- Koja je konfiguracija proizvoda?
- Što je potrebno učiniti s proizvodom na traci?

Na osnovu informacija koje strojevi čitaju s proizvoda proizvodni moduli odlučuju „lokalno“ što je potrebno učiniti dalje s proizvodom te ažuriraju podatke RFID oznake o tome što je napravljeno s proizvodom i podatke o dopuštenju za sljedeću fazu proizvodnje na proizvodnoj traci. Na taj način se postiže **decentralizacija** proizvodnje (Tablica 14).

Umjesto centralno povezanih proizvodnih linija na ERP sustavu u poduzeću koristi se „lokalna“ inteligencija pomoću RFID oznaka u proizvodnji koja omogućuje visoku **fleksibilnost.** U centraliziranom ERP sustavu proizvodnje, ukoliko je potrebno promijeniti dio proizvodnih linija potrebno je reprogramirati cijeli centralni sustav. No, CPS sustavi koji samostalno odlučuju kroz interakciju proizvoda preko RFID oznaka i *Cloud* pohrane omogućavaju potpunu fleksibilnost i adaptaciju na bilo kakve promijene. Fleksibilnost omogućuje još jedan važan segment koji čini Industriju 4.0. kopernikanskim obratom u proizvodnji. Fleksibilna proizvodnje podrazumijeva brzu adaptaciju na promijene u proizvodnji, što znači da se na proizvodnoj traci ne moraju proizvoditi isključivo standardni proizvodi, već različite vrste proizvoda. Drugim riječima Industrija 4.0. omogućuje masovnu **proizvodnju „personaliziranih proizvoda“**, prema zahtjevima korisnika, kroz novu formu

marketinške i korisničke intimnosti, fleksibilnosti, i jednostavnijoj proizvodnji prema potražnji.

Industrija 4.0 omogućiti će fleksibilne serije proizvodnje s mogućnošću zadovoljavanja individualnih zahtjeva korisnika po niskim cijenama



Slika 48: Struktura koncepta pametne tvornice
Izvor:www.gtai.de/GTAI/Content/EN/Invest/_SharedDocs/Downloads/GTAI/Brochures/Industries/industrie4.0-smart-manufacturing-for-the-future-en.pdf (kolovoz, 2016)

U središtu digitalne transformacije u Industriju 4.0 trenutno su sektori:

- istraživanje i razvoj,
- nabava,
- proizvodnja,
- skladištenje,
- i fizička distribucija.

Industrija 4.0. u području zaliha materijala nadograđuje postojeće sustave *lean* proizvodnje. Kanban sustav koji se zasniva na signalizaciji potrebe za materijalom pomoću kartica, kojim se nastoji smanjiti zalihe i zadržati ih na što nižem nivou u proizvodnji, IoT tehnologijom se nadograđuje u **pametni sustav upravljanja tokom materijala** (implementacija inteligencije i logike). Kutije u kojima se drže materijali za proizvodnju opremaju se senzorima pomoću kojih se one mogu konstantno locirati i koji mjere težinu

materijala u kutiji kako bi sustav mogao upozoriti na manjak stanovitih materijala u kutiji. Uslijed upozorenja, zaposlenici mogu pokrenuti postupak nadopune kutije.

Tablica 14: Načela industrije 4.0

Interoperabilnost	Mogućnost kibernetsko-fizičkih sustava (CPS), ljudi i pametnih tvornica da se povežu i međusobno komuniciraju putem IoT koncepta
Vizualizacija	Virtualna kopija pametne tvornice kreirana povezivanjem podataka iz senzora s modeli pametnih tvornica i simulacijskim modelima
Decentralizacija	Sposobnost vlastitog odlučivanja CPS-a unutar pametnih tvornica
Pravovremenost	Sposobnost prikupljanja i analiziranja podataka trenutni i uvid u podatke
Modularnost	Fleksibilna adaptacija pametnih tvornica promjenjivim zahtjevima zamjenom ili nadogradnjom individualnih modula

Izvor: izradio i modificirao autor prema http://blog.obrary.com/what-is-the-fourth-industrial-revolution (kolovoz, 2016)

Postoji niz rastućih informacijskih tehnologija koje omogućuju industriju 4.0, ali nisu dosegle dovoljan stupanj zrelosti:

- ***Big Data*** - optimizacija kvalitete proizvodnje putem analize velikog broja podataka i izdvajanja relevantnih informacija, prepoznavanje obrazaca iz kompleksnih informacijskih struktura
- **napredni proizvodni sustavi** - kibernetsko-fizički sustavi (CPS), potpuna automatizacija, potpuno interno povezani sustavi, M2M komunikacija
- **autonomni roboti** - produktivnost u stvarnom vremenu, potpuna transparentnost u izvještavanju podataka (kolaboracija)
- **autonomna vozila** - kontrola toka, veća sigurnost, niži troškovi, *swarm* robotika
- **3D simulacije** - trodimenzionalni prikaz pokretne proizvodne trake, svih robota i proizvoda koji prolazi trakom (virtualni prikaz trenutnog stanja na proizvodnoj traci), mogućnost nadgledanja s bilo koje lokacije
- **internet stvari** (Industrijski internet stvari (I-IoT)) - označavanje objekata, komunikacija objekata, prikupljanje podataka u stvarnom vremenu, optimizacija zaliha,…

- **cyber-sigurnost** - veća zaštita proizvodnje bazirane na internetu, duži životni vijek tehnoloških proizvoda
- **oblačno računarstvo** *(Cloud* Computing)
- **aditivna proizvodnja** (3D printeri) - eliminacija proizvodnog otpada, širokom primjenom 3D proizvodnje korisnici će preferirati STL formate, CAD file-ove za ispisivanje dijelova kada hoće i u željenoj količini, umjesto da im se dijelovi dostavljaju, manja ovisnost proizvođača o dobavljačima kompleksnih proizvodnih dijelova, smanjuje broj potrebnih dobavljača, time i troškove distribucije, promjene u procesima nabave, smanjenje razine zaliha
- **proširena stvarnost (AR) -** manja potreba za ručnim uređajima (bakrod čitačima**),** *hands-free* operacije štede vrijeme i povećavaju učinkovitost skladišnih zaposlenika
- **virtualna stvarnost (VR) (virtualna tvornica) -** manji troškovi putovanja, virtualni sastanci zaposlenika, simulacije

Prema tvrtki Deloitte[63] iz Švicarske postoje četiri značajke koje karakteriziraju Industriju 4.0:

1. **vertikalno povezivanje poslovnih sektora,** pametnih proizvodnih sustava kao što su pametne tvornice i pametni proizvodi, povezivanje pametne logistike, proizvodnje, marketinga i pametnih uređaja s naglaskom na proizvodnju prema individualnim, specifičnim željama kupaca. Kibernetsko-fizički sustavi omogućuju da tvornice autonomno reagiraju na promjene u potražnji ili prema promjenama razine zaliha sirovina, repromaterijala ili poluproizvoda

2. **horizontalna integracija poslovnih sektora,** poslovnih partnera i kupaca, novih poslovnih i kooperativnih modela preko država i kontinenata, nova generacija globalnih lanaca vrijednosti, integrirana transparentnost, visok stupanj fleksibilnosti, optimizacija na globalnoj razini, lokalne i globalne mreže povezuju kibernetsko-fizičke sustave od ulazne logistike preko skladištenja, proizvodnje, marketinga i prodaje do izlazne logistike te povratnih kanala distribucije. Kvaliteta, vrijeme, rizik i cijena, ali i održivost okoliša značajke su koje mogu biti kontrolirane dinamički u stvarnom vremenu u svim fazama lanca vrijednosti

[63] Koch, M., Schlaeper, R. C.: *Industry 4.0: Changes and Solutions for the digital transformation and use of exponential technologies*, Deloitte, Zurich, 4577A, 2015, str. 1

3. **inženjerski pristup** kroz cijeli lanac vrijednosti, ne uzimajući u obzir samo proces proizvodnje već i krajnji proizvod, čitav životni ciklus proizvoda,

4. **akceleracija kroz eksponencijalnu tehnologiju** (Mooreov zakon) koja nije nova u smislu povijesti razvoja (20-30 godina), ali je spremna za masovnu komercijalizaciju zbog smanjenja troškova i veličine senzorne tehnologije te povećanja računalne snage. Biotehnologija, neurotehnologija, nanotehnologija, nova energija i održivost, senzori, 3D printanje, umjetna inteligencija, robotika i dronovi tehnologije su koje iz linearne putanje razvoja prelaze u eksponencijalni razvoj. Umjetna inteligencija (AI) pomaže fleksibilnije planirati rute autonomnih vozila u tvornicama i skladištima smanjujući vrijeme i troškove distribucije proizvoda te poboljšava interakciju ljudi i strojeva.

9.2. Važnost prediktivne analitike u proizvodnji

Prediktivna analitika ima iznimno važnu ulogu. Senzori ugrađeni u proizvodne strojeve i napredni algoritmi obrađuju skupine podataka kako bi otkrili trendove ili probleme i rade to brže od bilo koje analize u prošlosti. Prediktivna analitika u proizvodnji većinom kombinira prognozu potražnje s upravljanjem rizicima.

Četiri glavna utjecaja prediktivne analize u proizvodnji su:

- povećanje kvalitete
- predviđanje potražnje
- veća iskoristivost strojeva/opreme
- preventivno održavanje strojeva/opreme u proizvodnji[64]

Prediktivna analitika u proizvodnji omogućava učenje proizvodnog sustava o vjerojatnosti događaja određenog problema prije nego se problem pojavi. Primjerice, ukoliko se konzistencija tekućine hidrauličkih dijelova stroja promijeni, senzori detektiraju promjenu i pomoću *Big Data* tehnologije se informacija prezentira na zaslonu zaposlenika tvornice koji zatim zakazuju pregled spornog dijela stroja s tehničarima. Tehničari tada pregledavaju komponentu i servisiraju odnosno mijenjaju tekućinu prije nego se komponenta pokvari i zaustavi tok materijala u proizvodnji.

[64] http://it.toolbox.com/blogs/inside-erp/4-ways-predictive-analytics-is-transforming-manufacturing-60819 (15.08.16.)

U istraživanju iz 2016., *Global Manufacturing Competitiveness Index* (GMCI), izvedenog od Deloitte-a i Vijeća za kompetitivnost ispitano je 500 globalnih izvršnih direktora o ključnim pokretačima proizvodne kompetitivnosti koju uključuju važnost proizvodnih tehnologija. Iz Tablice 15 vidljivo je da je proizvođačima iz SAD-a i Kine primarni fokus prediktivna analitika.

Tablica 15: Rezultat anketiranja proizvođača o važnosti naprednih tehnologija u proizvodnji

NAPREDNE PROIZVODNE TEHNOLOGIJE U PROIZVODNJI	SAD	KINA	EU
Prediktivna analitika	1	1	4
Pametni, povezani proizvodi (IoT)	2	7	2
Napredni materijali	3	4	5
Pametne tvornice (IoT)	4	2	1
Digitalni dizajn, simulacija i integracija	5	5	3
Računala visoke učinkovitosti	6	3	7
Napredna robotika	7	8	6
Aditivna proizvodnja (3D printeri)	8	11	9
Open-source dizajn /direktni input o korisnicima	9	10	10
Augmentirana stvarnost (za unaprjeđenje kvalitete, treninga, ekspertnog znanja)	10	6	8
Augmentirana stvarnost (za unaprjeđenje usluge i iskustva korisnika)	11	9	11

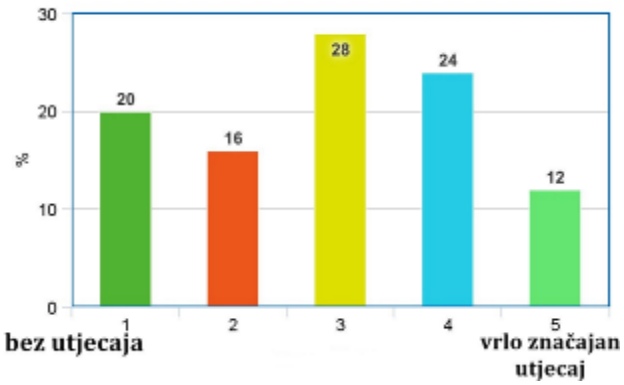
Izvor: http://cerasis.com/2016/03/16/predictive-analytics-in-manufacturing/ (kolovoz 2016)

Prediktivna analitika (Slika 50) važna je proizvođačima iz razloga im daje mogućnost boljeg **iskorištavanja proizvodnih sredstava** u smislu smanjenja slučajeva zakazivanja strojeva. Dijelovi strojeva troše se i imaju svoj ciklus trajanja, a zamjena dijelova može generirati veće troškove od očekivanih. Automatiziranje analize podataka pohranjenih iz IoT senzora ugrađenih u proizvodnu opremu pomaže proizvođačima odrediti optimalna vremena kada strojevi trebaju biti upaljeni ili ugašeni kako bi se izbjegli neželjeni događaji.

Slika 49: Vrste analitičkih metoda
Izvor: izradio autor

Osim toga, **preventivno održavanje** uvelike pomaže u smislu prijevremenog reagiranja na neželjene događaje i pravovremenog održavanja odnosno produženja životnog vijeka proizvodnih dijelova. Preventivno održavanje može biti automatsko signaliziranje potrebe popravka određenog dijela (npr. remena) ili automatsko smanjivanje potražnje za proizvodnjom na određenom dijelu stroja, a može značiti simultano pronalaženje obrazaca koji ukazuju na zašto su prisutna zakazivanja određenih strojeva

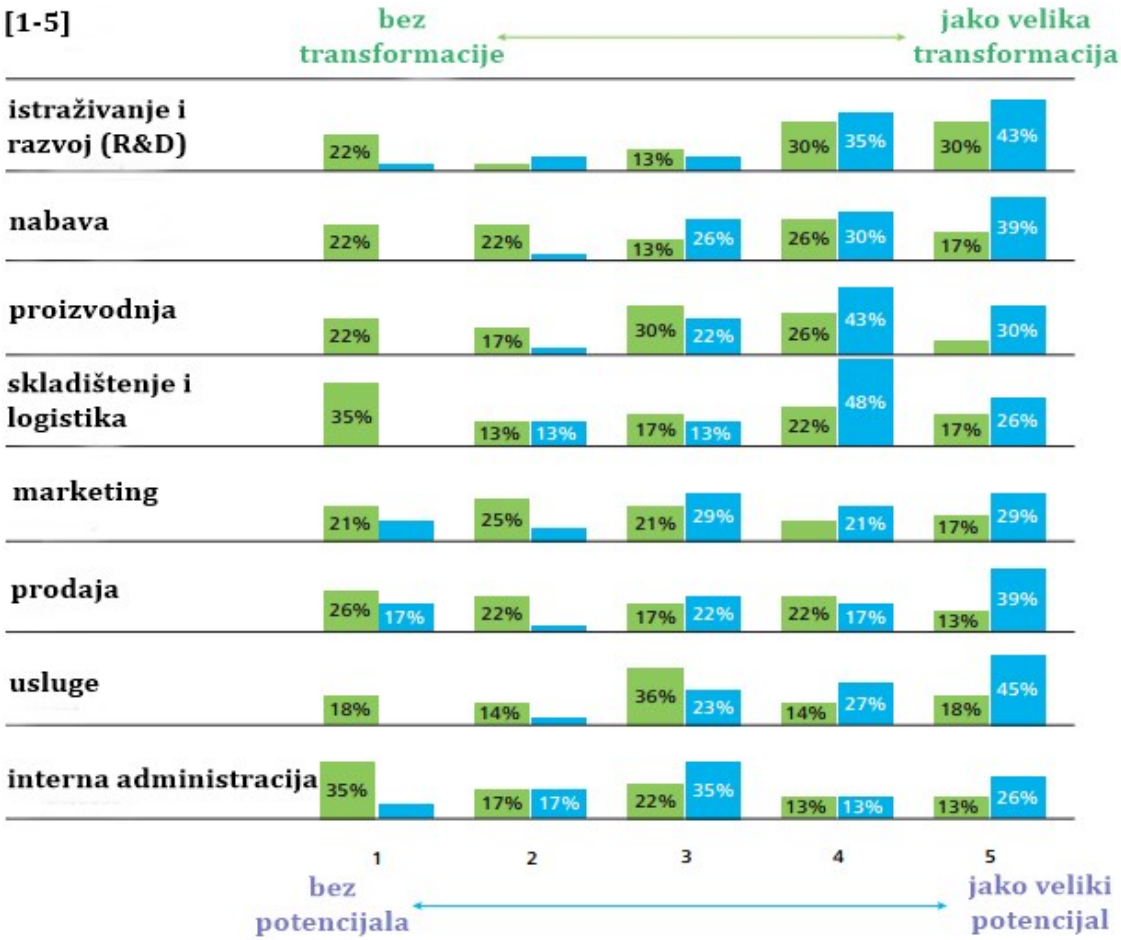
Pretpostavlja se da će do 2021. godine preko 80% njemačkih kompanija digitalizirati svoje lance vrijednosti. Prema istraživanju konzultantske tvrtke Deloitte provedenom na 50 proizvodnih kompanija u Švicarskoj, među kojima su ABB, Alstom, Jungheinrich, Siemens i sl., (Grafikon 5) na pitanje „koliko jako njihove tvrtke osjećaju utjecaj digitalne transformacije u Industriju 4.0“ (na skali od 1-5)“, 12% je odgovorilo da osjećaju vrlo značajan utjecaj (5), a 24% da već osjećaju utjecaj (4) Industrije 4.0.



Grafikon 5: Utjecaj Industrije 4.0 na švicarske proizvodne kompanije od 1 - 5

Izvor: modificirano prema Koch, M., Schlaeper, R. C.: *Industry 4.0: Changes and Solutions for the digital transformation and use of exponential technologies*, Deloitte, Zurich, 4577A, 2015, str. 9

U Grafikonu 6 prikazano je koji segmenti poslovanja ispitanika prolaze najveće transformacije uzrokovane Industrijom 4.0 (zeleno). Najviše odgovora je vezano za segment istraživanja i razvoja (30%), dok je na pitanje „koji poslovni segmenti imaju najveći potencijal iskoristiti digitalnu transformaciju u Industriju 4.0“ najviše tvrtki odgovorilo da su to skladištenje i logistika (48%), usluge (45%) i proizvodnja (43%).



Grafikon 6: Trenutna transformacija i potencijal pojedinih segmenata poslovanja prema Industriji 4.0

Izvor: Koch, M., Schlaeper, R. C.*: Industry 4.0: Changes and Solutions for the digital transformation and use of exponential technologies*, Deloitte, Zurich, 4577A, 2015, str. 15

Prema Gartneru Industrija 4.0. stvoriti će nove izazove u distribucijskim lancima:

- **pametne tvornice** – automatizirani, fleksibilni proizvodni procesi integrirani s kupcima i poslovnim partnerima, IoT u proizvodnji, inteligentni proizvodni sustavi

- **„internet usluga“** – virtualno povezivanje proizvodnog postrojenja preko geografskih ograničenja radi kreiranja virtualnih proizvodnih mogućnosti, što će stvoriti nove poslovne modele i poremetiti strukture distribucijskih mreža

- **radnici fokusirani na znanje** - pametna tehnologija u proizvodnji i distribuciji neće smanjiti potrebu za znanjem već će od logističkih operatera zahtijevati proširenje softverskih sposobnosti i znanja za rješavanje kompleksnih problema

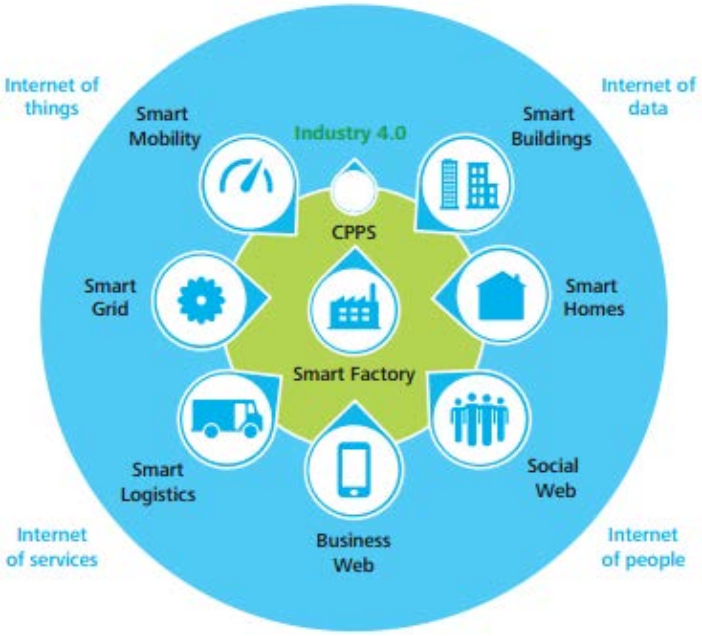
- **automatizacija nabave materijala** - dinamičko restrukturiranje mreže ugovorenih dobavljača prema potrebama proizvodnog sustava, automatizirana nabava

- **planiranje potražnje** – masovna prilagodba proizvodnje korisnicima zahtijevati će da opskrbni lanci budu bazirani na razumijevanju i transformaciji obrazaca potražnje u planirane proizvodne jedinice

- **dizajniranje distribucijske mreže** – fleksibilnost i otpornost lanca distribucije zahtijevati će prestrojavanje elemenata distribucije[65]

- **automatizacija unutarnje logistike**

Solucije na neke od izazova već su opisane u radu kroz utjecaj IoT koncepta na distribuciju.



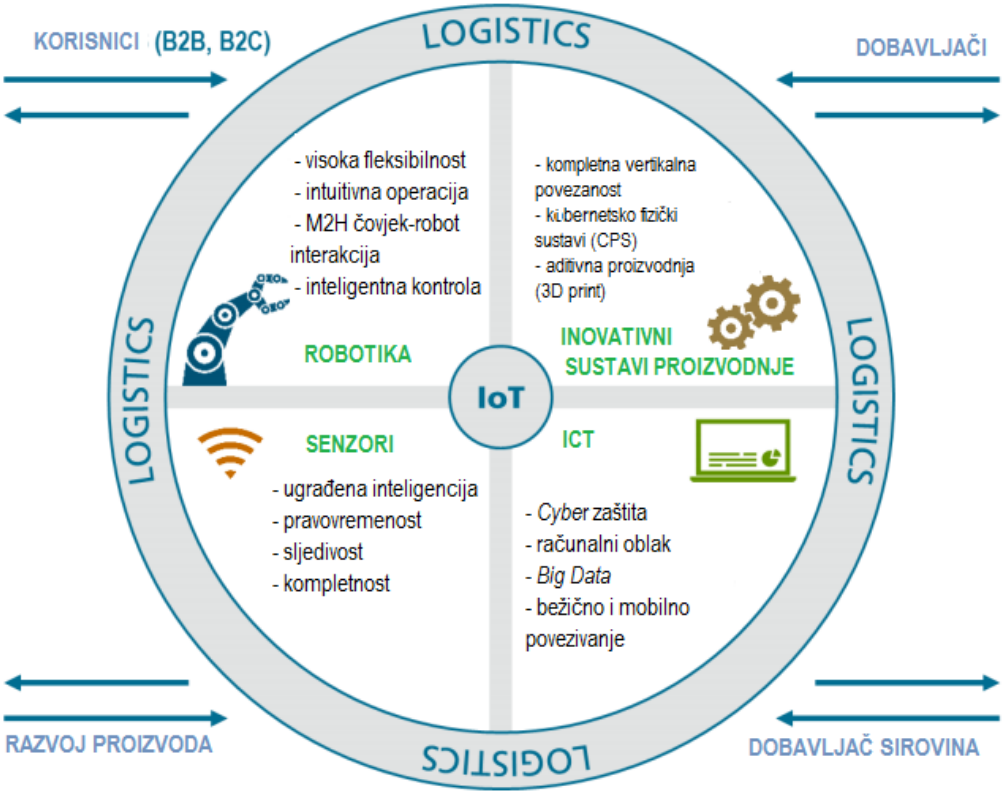
Slika 50: Koncept Industrije 4.0
Izvor: Koch, M., Schlaeper, R. C.: *Industry 4.0: Changes and Solutions for the digital transformation and use of exponential technologies*, Deloitte, Zurich, 4577A, 2015, str. 4

[65] www.gartner.com/smarterwithgartner/what-supply-chain-leaders-need-to-know-about-industrie-4-0/ (kolovoz, 2016)

9.3. Logistika 4.0

Koncept Logistika 4.0. dio je koncepta Industrije 4.0 i također je dio projekta njemačke vlade. Logistika 4.0 podrazumijeva potpunu integraciju opskrbnih lanaca, interno povezane sustave te savršenu koordinaciju procesa i subjekata lanca opskrbe. Logistika proizvodnje postati će adaptivna logistika.

U Fraunhofer institutu za tok materijala i logistiku u Dortmundu, Njemačka, istražuju se prepreke i mogućnosti razvoja Logistike 4.0. Trenutni primjeru u praksi koji se istražuju su *swarm* robotika (kolektivna kolaboracija robota u procesima unutarnje logistike) i praćenje temperaturnog režima u proizvodnoj logistici u čijem je fokusu IoT (Slika 52).



Slika 51: Najvažnija područja implementacije industrije 4.0 u logistici
Izvor: http://ec.europa.eu/information_society/newsroom/image/document/2015-44/8_huelsmann_11945.pdf (kolovoz, 2016)

Koncept Logistike 4.0 za ostvarivanje logističkih sustava podrške (eng. *Logistical Support System*, LSS) podrazumijeva integraciju senzora i podataka identifikacije s podacima o opskrbnim lancima (ERP, SCM, WMS sustavi) za pravovremenu kontrolu tokova robe. U Tablici 16 prikazan je kronološki razvoj logističkih segmenata prema ostvarenju industrije 4.0 kroz pet razvojnih faza.

Tablica 16: Koncept logistike kroz razvojne faze do ostvarenja Logistike 4.0

	Opskrbni lanci	**Ulazna logistika**	**Skladištenje**	**Intralogistika**	**Izlazna logistika**	**Rutiranje u logistici**
0.	Lokalna struktura distribucijske mreže	*Push* strategija	Bez automatizacije	Ručna kolica, troleji	*Push* dostava	Decentralizirani vozni park
1.	Globalna struktura distribucijske mreže	*Pull* strategija	Automatski skladišni sustavi	Ručno upravljane jedinice za prijevoz tereta	Dostava prema narudžbi	Centralizirani vozni park
2.	Djelomično globalno planiranje resursa / log. kontroling	Upravljanje zalihama od strane dobavljača (VMI)	Automatizirana mreža skladišta	Autonomni sustavi a fiksnim trakovima	Aktivno upravljanje dostavnim procesima	Unaprijed planirani i centralizirani vozni park
3.	Potpuno globalno planiranje resursa / log. kontroling	Autonomno upravljanje zalihama	Automatizirana mreža skladišta opskrbnog lanca	Autonomni sustavi na otvorenom (bez fiksnih trakova)	Automatsko upravljanje dostavnim procesima	Pravovremeno (dinamičko) rutiranje i povezana navigacija
4.	Otvoreno i fleksibilno praćenje operacija	Prediktivna ulazna logistika (*Big Data*)	Bez skladišta u distribucijskoj mreži	Autonomni sustavi na otvorenom (bez fiksnih trakova) upravljani preko proizvodnih strojeva (*on-demand*)	Upravljanje prediktivnim dostavama (spremnost na dostavu unaprijed prema prediktivnoj analitici)	Autonomna transportna sredstva (tegljači) / oprema

Izvor: izradio autor prema http://supplychainbeyond.com/wp-content/uploads/2015/10/UNITYLOGISTICS.jpg (kolovoz, 2016)

10. ZAKLJUČAK

Koncept „internet stvari“ već je prisutan u logističkoj industriji. Mnoge logističke kompanije već su transformirale ili su u toku transformacije svojih poslovnih procesa. Logističke firme moraju već sada ulagati u softversku infrastrukturu i IT stručnjake žele li odmaknuti od konkurencije.

Velik doprinos razvoju industrije 4.0 odnosno interneta stvari u proizvodnji i logistici svojim istraživanjima doprinosi Njemačka (institut Fraunehofer). Njemačka ubrzano implementira sustave industrije 4.0 i stvara model koji će kasnije poslužiti mnogim kompanijama nadograditi vlastite sustave poslovanja i podići lokalnu industriju na novu razinu.

Bitno je razviti strategiju implementacije IoT tehnologije, jer IoT tehnologija bez odgovarajuće softverske arhitekture nema funkciju. Kompanije se moraju fokusirati na ciljeve: žele li smanjiti troškove uvođenjem IoT tehnologije, povećati prihode, povećati razinu usluge korisnicima ili kombinaciju navedenoga.

Studija slučaja pametne luke Hamburg ukazuje na niz promjena u suradnji špeditera s prijevoznicima i brodarima. Dokazano je da se implementacijom pametne tehnologije u logističku infrastrukturu može povećati propusnost i kapacitet bez prostornog širenja.

IoT tehnologija je povećala transparentnost i „oplemenila“ dosadašnje *track-and-trace* sustave većim obujmom relevantnih informacija o statusu pošiljaka. Proizvodi se mogu pratiti od početka do kraja opskrbnih lanaca, troškovi fizičke distribucije su manji zbog automatizacije i pravovremenog nadgledanja procesa te pametnijeg iskorištavanja logističke infrastrukture. Distribucijski kanali postaju dinamičniji, a logistički operateri imaju puno veću vidljivost operacija.

Izazov je standardizacija tehnologije kako bi se logistička infrastruktura mogla povezati i učiniti „pametnom“ u cjelini. Potrebno je razviti standarde unutar logističkih procesa kako bi se pametni objekti mogli povezati u funkcionalan automatizirani opskrbni lanac. Još jedan od problema je sigurnost i zaštita od cybernapada te prihvaćanje javnosti odnosno pitanje privatnosti. IoT tehnologija se počinje ubrzano primjenjivati, stoga je nužno da logistički operateri počnu implementirati nadolazeću IoT tehnologiju.

LITERATURA

Knjige:

1. Šamanović, J.: *Prodaja - Distribucija - Logistika: teorija i praksa*, Ekonomski fakultet Sveučilišta u Splitu, Split, 2009.
2. Zelenika, R., Jakomin, L.: *Suvremeni transportni sustavi*, Ekonomski fakultet, Rijeka, 1995.

Znanstveni i stručni članci, prezentacije i studije:

1. Bein, T., Bonnot, T., Elberskirch, D., Huovila, H., Kemps, P., Khoury, E., Peeters, B., Philipp, F., Thomas, B., Turvanen, P., Schirling, A.: *Maintenance on Demand Concepts for Commercial Vehicles: The MoDe Project*, Transport Research Arena, Paris, 2014.
2. Braun, G.: *White Paper: The Internet of Things and the Modern Supply Chain*, C3 Solutions, 2015.
3. Buckalew, L., Chung, G., Macaulay, J.: *Internet of Things in Logistics: A collaborative report by DHL and Cisco on implications and use cases for the logistics industry*, DHL Customer Solutions & Innovation, Troisdorf, 2015.
4. Cisco*: Port of Hamburg Relies on IoE Capabilities to Improve Management of Waterways, Roads and Rail*, Juridistiction Profile, Cisco, 2014.
5. Daindree Networks: *White Paper: Reducing Energy & Operational Cost at Industrial, Warehouses & Distribution Centers*, Daintree Networks, Inc., CA 94022 U.S.A., prosinac 2014.
6. Giannopoulos, A., Lacey, M., Lisachuk, H., Ogura, A.: *Shipping Smarter: IoT Opportunities in Transport and Logistics*, Deloitte University Press, 2015.
7. Glockner, H., Jannek, K., Mahn, J., Theis, B.: *Augmented Reality In Logistics, Changing the way we see logistics – a DHL perspective*, DHL Customer Solutions & Innovation, Troisdorf, 2014.
8. Koch, M., Schlaeper, R. C.*: Industry 4.0: Changes and Solutions for the digital transformation and use of exponential technologies*, Deloitte, Zurich, 2015.
9. Nettsträter, A.: *Internet of Things in Logistics*, EPoSS Annual Forum 2012, Frauenhofer IML, Düsseldorf, 2012
10. Omejec D., Pejić Bach M.,: *Sljedivost prehrambenih proizvoda hrvatskih poduzeća*, Zbornik Ekonomskog fakulteta u Zagrebu, Zagreb, 2007.
11. Patel, S.: *SmartLIFT Smart Labor, Inventory And Forklift Tracking System* Swisslog Logistics Inc., Drive Newport News, Virginia, 2014.

12. Speh, T. W.: *Understanding Warehouse Costs and Risks*, Warehousing Forum, vol. 24, no. 7, p. 1-5, Ohio, 2009.
13. Tsegay, S., Zhang, Y., Kruijff, J., Ding, N., Chen, H., Lightfoot, T.: *D3.1 Effective mobility management best practice report*, 605580, FP7- SST.2013.3-2, 2015.

Autorizirana predavanja:

1. Babić, D.: *Autorizirana predavanja iz kolegija Upravljanje transportnim lancima,* Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2014.
2. Rogić, K.: *Autorizirana predavanja iz kolegija Unutrašnji transport i skladištenje*, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2014.

Internet izvori:

1. http://auskogroup.com/wp-content/uploads/Smartbin-Banner-1300x500.jpg (kolovoz, 2016)
2. http://blog.obrary.com/what-is-the-fourth-industrial-revolution (kolovoz, 2016)
3. http://cerasis.com/2015/04/21/mobility-in-manufacturing/ (kolovoz, 2016)
4. http://cerasis.com/2015/09/30/industry-4-0-and-manufacturing/ (kolovoz, 2016)
5. http://cerasis.com/2015/10/05/the-internet-of-things/ (kolovoz, 2016)
6. http://cerasis.com/2016/03/16/predictive-analytics-in-manufacturing/ (kolovoz, 2016)
7. http://dupress.com/articles/the-internet-of-things/ (kolovoz, 2016)
8. http://ec.europa.eu/information_society/newsroom/image/document/2015-44/8_huelsmann_11945.pdf (kolovoz, 2016)
9. http://estudent.fpz.hr/Predmeti/I/Integralni_i_intermodalni_sustavi/Novosti/vjezbe_(6).pdf (kolovoz, 2016)
10. http://estudent.fpz.hr/predmeti/p/planiranje_logistickih_procesa/novosti/nastavni_materijali_2.pdf (srpanj, 2016)
11. http://fp7-mode.eu/?About_MoDE (kolovoz, 2016)
12. http://fp7-mode.eu/?Home (srpanj, 2016)
13. http://ioeassessment.cisco.com/explore (rujan, 2016)
14. http://it.toolbox.com/blogs/inside-erp/4-ways-predictive-analytics-is-transforming-manufacturing-60819 (kolovoz, 2016)
15. http://palletech.co/why.html (kolovoz, 2016)

16. http://supplychainbeyond.com/wp-content/uploads/2015/10/UNITYLOGISTICS.jpg (kolovoz, 2016)
17. http://theloadstar.co.uk/wp-content/uploads/LoadstarLongRead-RCM1.pdf (kolovoz, 2016)
18. http://thinfilm.no/ (kolovoz, 2016)
19. http://viajeoplus.eu/best-solutions/ (kolovoz, 2016)
20. https://evrythng.com/solutions/inventory-management/ (kolovoz, 2016)
21. https://mjolner.dk/tech/realizing-fourth-industrial-revolution/ (kolovoz, 2016)
22. https://mpoverello.com/tag/container-tracking/ (kolovoz, 2016)
23. https://vimeo.com/167074125 (kolovoz, 2016)
24. www.abeeway.com/ (07.08.16.)
25. www.agheera.com/fileadmin/media/files/pdfs/5._TrackAgheera_Brochure_FV.pdf (kolovoz, 2016)
26. www.aipia.info/ (kolovoz, 2016)
27. www.alphaliner.com/top100/ (kolovoz, 2016)
28. www.bestfact.net/wp-content/uploads/2014/02/Bestfact_Quick-info_efreight_3-105_HPA-SmartPortLogistics.pdf (kolovoz, 2016)
29. www.cisco.com/c/dam/en_us/about/ac79/docs/innov/IoE_Economy_FAQ.pdf (kolovoz, 2016)
30. www.cisco.com/web/AP/IoEWebinarSeries/docs/smart_connected_industries.pdf (kolovoz, 2016)
31. www.cnmeonline.com/news/by-2020-there-will-be-5200-gb-of-data-for-every-person/ (kolovoz, 2016)
32. www.daintree.net/blog/wp-content/uploads/2015/09/E-IoT-foundation.jpg (srpanj, 2016)
33. www.daintree.net/solutions/enterprise-iot/ (srpanj, 2016)
34. www.daintree.net/wp-content/uploads/2016/03/OHL-Case-Study-Final.pdf (kolovoz, 2016)
35. www.daintree.net/wpcontent/uploads/2016/05/Daintree_Solution_Industrial_Final_Web.pdf (rujan, 2016)
36. www.datalong16.com/ (kolovoz, 2016)
37. www.digimarc.com/ (kolovoz, 2016)
38. www.digimarc.com/application/retail (kolovoz, 2016)
39. www.enevo.com (srpanj, 2016)

40. www.enevo.com/products/ (kolovoz, 2016)
41. www.evrythng.com/activate-digital-identities-for-products/ (srpanj, 2016)
42. www.flexe.com/blog/supply-chain-innovation-internet-of-things-iot/ (srpanj, 2016)
43. www.fpz.unizg.hr/prom/?p=2112 (srpanj, 2016)
44. www.fraunhofer.de/en/research/current-research/tactile-internet.html (srpanj, 2016)
45. www.genco.com/insights/how-is-the-internet-of-things-changing-logistics/ (kolovoz, 2016)
46. www.gtai.de/GTAI/Content/EN/Invest/_SharedDocs/Downloads/GTAI/Brochures/Industries/industrie4.0-smart-manufacturing-for-the-future-en.pdf (kolovoz, 2016)
47. www.hafen-hamburg-2025.de/en/Growth/Seiten/Cargo-handling-and-potential-forecasts.aspx (srpanj, 2016)
48. www.hamburg-port-authority.de/en/smartport/logistics/infrastructure/Seiten/default.aspx (kolovoz, 2016)
49. www.hamburg-port-authority.de/en/smartport/logistics/trade-flows/Seiten/default.aspx (kolovoz, 2016)
50. www.hcltech.com/blogs/internet-things-%E2%80%93-intelligent-logistics (kolovoz, 2016)
51. www.ics-shipping.org/shipping-facts/shipping-and-world-trade (rujan, 2016)
52. www.iese.fraunhofer.de/en/innovation_trends/industrie40.html (kolovoz, 2016)
53. www.iotsworldcongress.com/congress/call-for-papers/internet-of-things-in-transportation-logistics/#sthash.QwwFdIVY.dpuf (kolovoz, 2016)
54. www.locoslab.com/ (kolovoz, 2016)
55. www.packagingdigest.com/smart-packaging (kolovoz, 2016)
56. www.porttechnology.org/news/what_is_a_smart_port (srpanj, 2016)
57. www.poslovni.hr/sponzorirani/pametni-gradovi-o-projektu-312899 (srpanj, 2016)
58. www.postscapes.com/waste-management-sensor-company-enevo-collects-158m-in-funding/ (srpanj, 2016)
59. www.prometna-zona.com/palete-i-paletizacija/ (kolovoz, 2016)
60. www.sap-investor.com/en/2012/quarter-3/research/the-port-of-the-future.html (kolovoz, 2016)
61. www.sas.com/en_us/insights/big-data/internet-of-things.html#m=the-internet-of-things-infographic (kolovoz, 2016)
62. www.scribd.com/doc/47419216/Kanali-distribucija (rujan, 2016)

63. www.smart4aviation.aero/solutions-application/21,uld-manager (kolovoz, 2016)
64. www.swisslog.com/en/Solutions/WDS/Person-to-Goods/SmartLift (kolovoz, 2016)
65. www.ubimax.de/index.php/en/products#hardware (kolovoz, 2016)
66. www.zurichservices.com/zsc/reel.nsf/b777a8062cedf191c12571fe00467717/cfeb6e5bc21e2451c1257d7a0030a6af/$FILE/rt_CargoTheft_Europe.pdf (srpanj, 2016)

POPIS SLIKA

Slika 1: Glavne komponente IoT sustava 3

Slika 2: Ilustracija koncepta "internet stvari" 4

Slika 3: Vrste mreža za komunikaciju IoT objekata 5

Slika 4: Kanali distribucije (marketinški kanali) 12

Slika 5: Shema SAP HANA platforme za IoT sustave 15

Slika 6: Prikaz korištenja IoT aplikacije na tabletu unutar vozila poduzeća 18

Slika 7: Senzorna tehnologija pametnih telefona i primjena u organizaciji distribucije 22

Slika 8: Ponuda pametnih naočala za skladišne operacije tvrtke Ubimax 23

Slika 9: Koncept implementacije IoT tehnologije u skladišne sustave tvrtke DHL 26

Slika 10: Locoslab aplikacija za praćenje kretanja ljudi unutar objekata 31

Slika 11: Optičko očitavanje barkod oznaka na paletama i na stropu skladišta u svrhu lociranja paleta i viličara 33

Slika 12: Prikaz smartLIFT nadzorne ploče za praćenje učinkovitosti vozača viličara pomoću *Big Data* tehnologije 34

Slika 13: Prikaz smartLIFT nadzorne ploče za praćenje učinkovitosti vozača viličara pomoću *Big Data* tehnologije (prikaz najboljih vozača viličara prema učinku) 35

Slika 14: Prikaz sustava pametne energije u skladištu 37

Slika 15: Figurativni prikaz sheme sustava pametne energetske potrošnje 38

Slika 16: Pametni geolokacijski uređaj tvrtke Abeeway 42

Slika 17: Pametne jedinice transporta projekta smaRTI 43

Slika 18: Grafički prikaz *Pallet Pooling* sustava 44

Slika 19: Koncept pametne palete tvrtke Palletech 45

Slika 20: Sučelje za pratnju pametnih paleta tvrtke Palletech 47

Slika 21: Prikaz pametne palete, pametnog ULD-a, i temperaturnih senzora 47

Slika 22: Pojednostavljena shema sustava pametnog kontejnera tvrtke CMA CGM 49

Slika 23: Prikaz sheme RCM sustava i RCD naprave 50

Slika 24: TRAXENS kutija sa senzorima na kontejneru tvrtke CMA CGM 53

Slika 25: Shema IT platforme Algheera 56

Slika 26: DHL Resilience 360 platforma za upravljanje rizicima u opskrbnom lancu u stvarnom vremenu 56

Slika 27: Ekranizirani prikaz distribucije osjetljivih pošiljaka u stvarnom vremenu 57

Slika 28: Sučelje aplikacije mobilnih uređaja za poduzeća za praćenje temperaturnih varijacija prilikom distribucije pošiljaka 58

Slika 29: Grafički prikaz temperaturnih varijacija pošiljke kroz odabrani vremenski period 59

Slika 30: MoDe koncept 61

Slika 31: Tri koncepta projekta MoDe 62

Slika 32: Senzor za praćenje popunjenosti kontejnera tvrtke Ubi 63

Slika 33: Slikoviti prikaz dinamičnog rutiranja prema trenutnoj popunjenosti kontejnera 64

Slika 34: Prikaz senzora popunjenosti kontejnera tvrtke Enevo 65

Slika 36: Korištenje Enevo aplikacije za optimizaciju ruta 66

Slika 37: Položaj luke Hamburg u Europi 68

Slika 38: SmartPORT Logistics (SPL) sučelje 71

Slika 39: Rezervacije kontejnera putem različitih uređaja u luci Hamburg 75

Slika 40: Sustav za praćenje stanja mostova (*hardver i softver*) luke Hamburg 76

Slika 41: Informativna ploča za ulazak u područje pilot projekta smartROAD (pametna rasvjeta i pametni promet) 77

Slika 42: Primjena pametnog pakiranja prehrambenih proizvoda 81

Slika 43: NFC digitalni identifikator na boci kao vrsta pametnog pakiranja proizvoda 82

Slika 44: Aplikacija za maloprodajne zaposlenike prikazana nakon očitavanja digitalnog identifikatora proizvoda 83

Slika 45: Digitalni životni ciklus proizvoda kroz IoT koncept 84

Slika 46: Grafička ilustracija elemenata uključenih u pametno pakiranje proizvoda u opskrbnom lancu tvrtke Evrythng 85

Slika 47: Digitalni barkod tvrtke Digimarc 86

Slika 48: Industrijske revolucije kroz povijest 87

Slika 49: Struktura koncepta pametne tvornice 89

Slika 50: Vrste analitičkih metoda 94

Slika 51: Koncept Industrije 4.0 96

Slika 52: Najvažnija područja implementacije industrije 4.0 u logistici 97

POPIS TABLICA

Tablica 1: Evolucija interneta kroz pet valova umrežavanja 6

Tablica 2: Generacije mobilne komunikacije..... 7

Tablica 3: Najčešća područja primjene IoT-a u distribucijskim sustavima 13

Tablica 4: Aplikacije senzora mobilnih uređaja u fizičkoj distribuciji 20

Tablica 5: Senzorna tehnologija novijih pametnih telefona koja se može koristiti u fizičkoj distribuciji 21

Tablica 6: Glavne značajke i prednosti korištenja IoT tehnologije u energetskim sustavima skladišta i distribucijskih centara 39

Tablica 7: Vodeće globalne pomorske kontejnerske kompanije..... 53

Tablica 8: Tehničke specifikacije i mogućnosti primjene IoT senzora u procesu prikupljanja otpada.. 65

Tablica 9: Glavni projekti pametne luke Hamburg..... 69

Tablica 10: Strateški ciljevi projekta smartPORT Logistics 70

Tablica 11: Učinak pametne tehnologije na ljude, procese, informacije i infrastrukturu luke Hamburg 72

Tablica 12: Pozitivni učinci implementacije pametne tehnologije na sudionike luke Hamburg..... 73

Tablica 13: Optimizacija luke Hamburg IoT tehnologijom 74

Tablica 14: Načela industrije 4.0 90

Tablica 15: Rezultat anketiranja proizvođača o važnosti naprednih tehnologija u proizvodnji..... 93

Tablica 16: Koncept logistike kroz razvojne faze do ostvarenja Logistike 4.0..... 98

POPIS GRAFIKONA

Grafikon 1: Mogućnost zarade u poslovanju implementacijom IoT tehnologije na globalnoj razini 9

Grafikon 2: Smanjenje broja potrebnih viličara, vozača i sigurnosnih zaliha uvođenjem „smartLIFT“ sustava 34

Grafikon 3: Prosječna potrošnja energije u regularnim skladištima 36

Grafikon 4: Očekivani rast tereta u luci Hamburg do 2025. godine 67

Grafikon 5: Utjecaj Industrije 4.0 na švicarske proizvodne kompanije od 1 - 5 94

Grafikon 6: Trenutna transformacija i potencijal pojedinih segmenata poslovanja prema Industriji 4.0 95

POPIS DIJAGRAMA

Dijagram 1: Primjena IoT tehnologije u distribuciji 14

POPIS KRATICA

ADAC	(Allgemeiner Deutscher Automobil-Club)	njemački autoklub
ADI	(Active Digital Identities)	aktivni digitalni identiteti
AI	(Artifical Intelligence)	umjetna inteligencija
AIPIA	(Active & Intelligent Packaging Industry Association)	društvo za industriju aktivnog i inteligentnog pakiranja
AR	(Augmented Reality)	proširena stvarnost
BLE	(Bluetooth Low Energy)	Bluetooth niske energije
DC	(Distribution Center)	distributivni centar
DHL	(Dalsey Hillblom Lynn)	najveća logistička kompanija
E-IoT	(Enterprise Internet of Things)	internet stvari za poduzeća
F2F	(Forklift-to-Forklift)	komunikacija između viličara
GMCI	(Global Manufacturing Competitiveness Index)	indeks globalne konkurentnosti u proizvodnji
HMD	(Head-mounted Display)	displej koji se montira na glavu korisnika
HPA	(Hamburg Port Authority)	Lučka uprava Hamburg
I-IoT	(Industrial Internet of Things)	industrijski internet stvari
IoE	(Internet of Everything)	internet svega
IoT	(Internet of Things)	internet stvari
IP	(Internet Protocol)	internet protokol
IPS	(Indoor Positioning System)	sustav lociranja u zatvorenim prostorima
IPv6	(Internet Protocol version 6)	internet protokol verzija 6
ITA	(Industrial Truck Association)	udruženje industrijskih kamiona
JIS	(Japanese Industrial Standards)	japanski industrijski standard
KPI	(Key Performance Index)	ključni pokazatelj učinkovitosti
LMS	(Logistics Management Solutions)	rješenja logističkog upravljanja
LSS	(Logistical Support System)	sustav logističke podrške
M2M	(Machine-to-Machine)	komunikacija između strojeva
M2P	(Machine-to-Person)	komunikacija stroj-čovjek

MIT	(Massachusetts Institute of Technology)	institut za tehnologiju u SAD-u
MoDE	(Maintenance on Demand)	održavanje na zahtjev
NFC	(Near Field Communication)	komunikacija bliskog polja
NVOCC	(Non-Vessel Operating Common Carrier)	linijski prijevoznici bez broda
OEM	(Original Equipment Manufacturer)	proizvođač originalne opreme
P2P	(Person-to-Person)	komunikacija između ljudi
RCD	(Remote Container Device)	uređaj udaljenog kontejnera
RCM	(Remote Container Management)	upravljanje udaljenim kontejnerima
RFID	(Radio-frequency Identification)	radio-frekvencijska identifikacija
ROI	(Return of Investments)	povrat uloženih sredstava
RTLS	(Real Time Location System)	pravovremeni sustav lociranja
SAR	(Spatial Augmented Reality)	prostorna proširena stvarnost
SKU	(Stock Keeping Unit)	najmanja skladišna jedinica
SPL	(smartPORT Logistics)	sučelje projektne IT platforme
STL	(STereoLithography)	format datoteke za 3D printere
TEU	(Twenty Feet Equivalent Unit)	dvadeset-stopni kontejner
UPS	(United Parcel Service)	poznata kurirska kompanija
VMI	(Vendor Managed Inventory)	metoda kontrole zaliha
VR	(Virtual Reality)	virtualna stvarnost
WMS	(Warehouse Management System)	sustav upravljanja skladišnim poslovanjem

METAPODACI

Naslov rada: Utjecaj koncepta „internet stvari“ na organizaciju distribucijskih sustava

Student: Božo Cicvarić

Mentor: prof.dr.sc. Kristijan Rogić

Naslov na drugom jeziku (engleski):

Impact of the Concept of Internet of Things on the Organisation of Distribution Systems

Povjerenstvo za obranu:

- doc. dr. sc. Ratko Stanković_____ predsjednik
- prof. dr. sc. Kristijan Rogić_____ mentor
- doc. dr. sc. Darko Babić_____ član
- doc. dr. sc. Diana Božić_____ zamjena

Ustanova koja je dodijelila akademski stupanj: Fakultet prometnih znanosti Sveučilišta u Zagrebu

Zavod: Zavod za transportnu logistiku

Vrsta studija: diplomski studij

Studij: ITS i logistika

Datum obrane diplomskog rada: 27.9.2016.

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti
10000 Zagreb
Vukelićeva 4

IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI I SUGLASNOST

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem kako je ovaj diplomski rad isključivo rezultat mog vlastitog rada koji se temelji na mojim istraživanjima i oslanja se na objavljenu literaturu što pokazuju korištene bilješke i bibliografija.

Izjavljujem kako nijedan dio rada nije napisan na nedozvoljen način, niti je prepisan iz necitiranog rada, te nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava.

Izjavljujem također, kako nijedan dio rada nije iskorišten za bilo koji drugi rad u bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj ili obrazovnoj ustanovi.

Svojim potpisom potvrđujem i dajem suglasnost za javnu objavu diplomskog rada pod naslovom **Utjecaj koncepta "internet stvari" na organizaciju distribucijskih sustava**

na internetskim stranicama i repozitoriju Fakulteta prometnih znanosti, Digitalnom akademskom repozitoriju (DAR) pri Nacionalnoj i sveučilišnoj knjižnici u Zagrebu.

U Zagrebu, 14.9.2016.

Student/ica:

Božo Ćiković

(potpis)