

Informacijska arhitektura za proizvodno analitiko

Andrej DEBENJAK, Pavle BOŠKOSKI, Bojan MUSIZZA, Miha KERN, Andrej BIČEK

Izveček: Predstavljeni sistem za proizvodno analitiko je zasnovan po načelih industrije 4.0. Sistem vključuje informacije iz različnih proizvodnih korakov in procesov. Zasnovan je tako, da upošteva koncepte integracije poslovnih aplikacij (EAI). Obdelavo izvajajo agenti, ki delujejo v lokalnem oblaku družbe. Komunikacijska hrbtnica sistema je zasnovana kot vodilo poslovnih servisov (ESB), ki obravnava in posreduje vsa sporočila med vpletenimi entitetami. Sporočilni sistem deluje po načinu objavi-naroči. Tak pristop omogoča nemoteno delovanje proizvodnih linij tudi v primerih, ko je komunikacijski kanal prekinjen. Implementirani moduli med drugim izvajajo in omogočajo: snovanje testnih protokolov, samonastavljanje mej kakovosti, statistično analizo podatkov o proizvodnji, alarmiranje, sledljivost proizvodnje in ustvarjanje poročil. V sistem je vključenih več proizvodnih linij podjetja Domel na treh geografskih lokacijah, od katerih sta dve v Sloveniji in ena na Kitajskem.

Ključne besede: proizvodna analitika, industrija 4.0, integracija poslovnih aplikacij

1 Uvod

Industrija 4.0 izpostavlja naslednja štiri načela snovanja sistemov pametnih tovarn: interoperabilnost, transparentnost informacij, distribuirano odločanje in tehnična podpora. Osnovna problematika, ki jo obravnavajo načela pametnih tovarn, je povezana z upravljanjem podatkov. Ti so vezani na poslovne in proizvodne procese, infrastrukturo, zaposlene, izdelke itd. Industrijska oprema že omogoča dostop do podatkov. Težave, s katerimi se je potrebno spopasti, pa so raznolikost komunikacijskih protokolov in podatkov ter integracija. Najučinkovitejši način spopadanja s temi težavami je uporaba načel integracije poslovnih aplikacij (ang. enterprise application integration – EAI), ki

spodbuja integracijo podatkov na višjem nivoju [1].

Področje EAI se je začelo razvijati v poznih 90. letih 20. stoletja. Številni projekti, namenjeni vpeljavi konceptov EAI v velike poslovne sisteme, so bili označeni kot neuspešni. Po nekaterih ocenah je bilo takšnih projektov do 70 % [2]. Izpostavljenе težave se nanašajo predvsem na nenehno spreminjanje zahtev, pomanjkanje ustreznih kadrov z izkušnjami na več različnih področjih, neenotne standarde itd. Kljub temu so se načela EAI izkazala za koristna, kar se odraža v vse večjih potrebah po vpeljavi EAI v vse številnejših industrijskih panogah.

Koncepti EAI so v vseh teh letih dosegli zrelost, poleg tega pa je bila razvita vrsta orodij, ki omogočajo njihovo implementacijo. Do sedaj je EAI deležen največjih uspehov v panogi telekomunikacij. Zaradi tega smo se odločili, da bomo uporabili tam že uveljavljena orodja. Ta so podprta v trenutno uveljavljenih rešitvah v oblaku – to so tako imenovana vodila poslovnih servisov (ang. enterprise service bus – ESB) oziro-

ma posredniki sporočil. Poleg tega so vsa ta orodja prosto dostopna.

V tem prispevku je predstavljena informacijska arhitektura za proizvodno analitiko, ki je bila implementirana v podjetju Domel. Celoten sistem je zasnovan po načelih EAI. Podani so v sistem vključeni proizvodni procesi, arhitektura zasnovanega sistema in pregled njegovih trenutnih zmožnosti.

2 Opis procesov

Proizvodni procesi v podjetju Domel so v največji meri razdeljeni na podlagi družin motorjev, ki jih proizvaja podjetje. Kljub razlikam vsebuje splošni model proizvodne linije naslednje gradnike:

- več različnih montažnih mest,
- več vmesnih testnih postaj, ki ocenjujejo kakovost določenih komponent, in
- končno testno celico, na kateri se izvedejo programiranje krmilnikov, nastavljanje parametrov in končna kontrola kakovosti.

Proizvodni procesi so locirani na dveh lokacijah v Sloveniji in eni lo-

Dr. Andrej Debenjak, univ. dipl. inž., dr. Pavle Boškosi, univ. dipl. inž., dr. Bojan Musizza, univ. dipl. inž., vsi Institut »Jožef Stefan«, Ljubljana; Miha Kern, dipl. inž., Domel, d. o. o., Železniki; mag. Andrej Biček, univ. dipl. inž., Nela, d. o. o., Železniki

kaciji na Kitajskem. Potrebne informacije so tudi v poslovnem sistemu ERP. Glavni cilj je omogočiti adaptivno vodenje proizvodnje z uvedbo funkcij samonastavljivosti, sprotnega zaznavanja odstopanj, celostne sledljivosti izdelkov in proizvodnje ter učinkovitega dostopa do zgodovine.

Zaradi porazdeljene proizvodnje je nemogoče zagotoviti neprekinjen pretok informacij in dostopa do podatkov, ki so shranjeni v centralnem informacijskem sistemu podjetja. Kljub temu pa je zaradi neprestane večizemske proizvodnje potrebno zagotoviti neprekinjeno delovanje celotnega sistema ob predpostavljene nezanesljivi komunikaciji.

V kontekstu EAI so proizvodne linije viri informacij. To pomeni, da pri normalnem delovanju ne potrebujejo neprekinjene medsebojne komunikacije v realnem času. Neposredna in takojšnja komunikacija je potrebna le ob spremembi tipa izdelovalnega motorja.

2.1 Specifikacija sporočil

Prva koraka pri definiranju strukture EAI sta nabor in struktura splošnih sporočil, ki ustrezno opisujejo proizvodne procese. V podjetju Domel je to virtualna različica motorja z vsemi parametri in značilkami kakovosti. Ker nabor parametrov in značilk ni fiksen, virtualna entiteta motorja vse-

buje le osnovne podatke tipa motorja ter nabor parametrov, ki jih vsaka proizvodna linija poljubno izpolni.

2.2 Komunikacija med entitetami sistema

Vsako montažno (delovno) mesto je komponenta sistema, ki ima lahko vlogo vira ali uporabnika podatkov. V določenih primerih imajo posamezna mesta dvojno vlogo – tipičen tak primer so mesta za končno kontrolo. Pri zasnovi komunikacijske arhitekture smo se odločili za strategijo objavnararoči (ang. publish-subscribe). Takšna strategija omogoča neprekinjeno delovanje strojev tudi v primeru odpovedi komunikacijskih kanalov. V ta namen smo uporabili ESB z opcijским vmesnim lokalnim pomnilnikom za začasno shranjevanje sporočil v primeru nedostopnosti glavnega ESB-ja, ki je hrbtnica sistema. Na sprejemni strani je nabor agentov, ki so »naročeni« na določen tip sporočil in v primeru njim namenjenega sporočila izvedejo ustrezna opravila in obdelave. Rezultat teh obdelav so lahko zapisi v podatkovno bazo, nova sporočila, ki se ponovno objavijo na ESB za nadaljnjo obdelavo, itd.

2.3 Komunikacija z ostalimi informacijskimi sistemi podjetja

Poleg komponent proizvodnih procesov sistem vključuje tudi ostale in-

formacijske sisteme podjetja, kot na primer sistem ERP. Podatki sistema ERP so glavni vir osnovnih podatkov o izdelku. Na podlagi teh podatkov poteka nastavljanje določenih komponent proizvodnje. Za komunikacijo s sistemom ERP je bil zgrajen namenski integracijski agent.

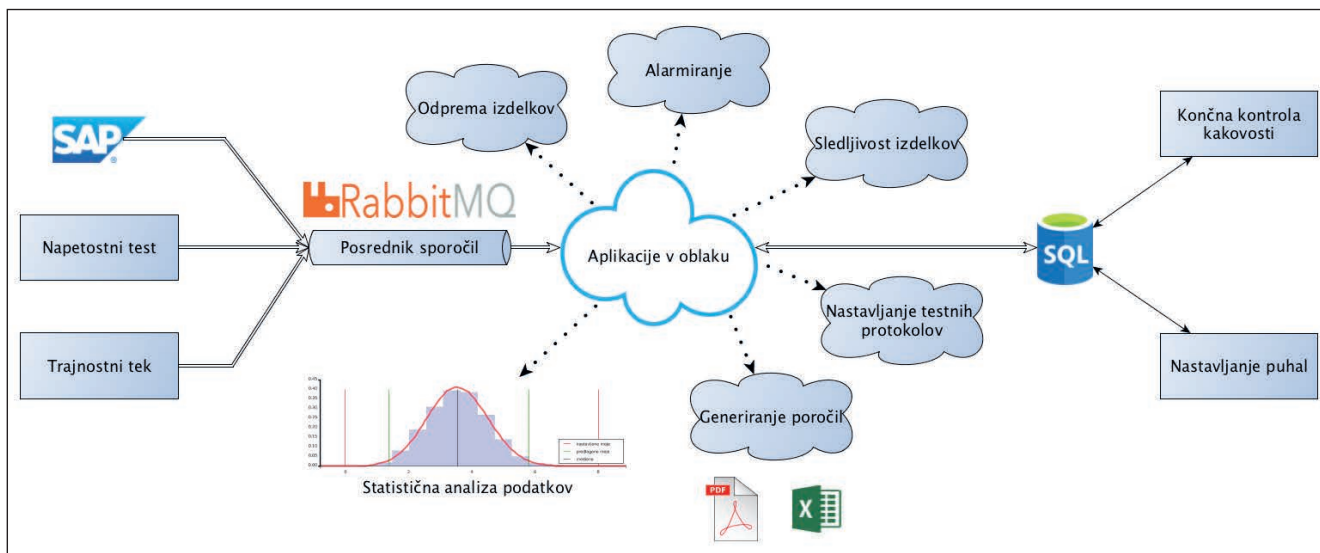
3 Arhitektura sistema in opis posameznih komponent

Arhitektura sistema je prikazana na sliki 1. Hrbtenica sistema je ESB, ki skrbi za prenos vseh podatkov med moduli in agenti celotnega sistema. Kot vir podatkov (na levi strani slike) so komponente proizvodnega procesa ter sistem ERP. Centralni del predstavlja vzpostavljeni oblak, ki gostuje nabor aplikacij, ki analizirajo poslana sporočila in zagotavljajo ustrezne akcije in odgovore.

3.1 ESB

ESB je implementiran z orodjem RabbitMQ, ki ponuja zelo učinkovit, zanesljiv in varen način posredovanja sporočil [3, 4]. RabbitMQ poleg tega omogoča začasni lokalni spomin, ki skrbi za hranjenje določenega števila sporočil v času, ko je komunikacija med različnimi ESB-ji in ostalimi deli sistema prekinjena.

Poleg karakteristik je bil za izbiro RabbitMQ-ja dodatni razlog njego-



Slika 1. Arhitektura sistema

va uporaba pri že uveljavljenih rešitvah v oblaku in na področju pametnih tovarn. Takšna primera sta platformi Azure in Predix, ki v ozadju za ESB uporabljata RabbitMQ.

■ 3.2 Aplikacije in agenti v oblaku

Zgrajeni sistem ponuja več različnih modulov in agentov, ki pokrivajo določene komponente procesne analitike. Nabor aplikacij v oblaku vsebuje:

- aplikacijo za nastavljanje testnih protokolov,
- agenta za samonastavljanje diagnostičnih mej kakovosti na podlagi statistične obdelave zgodovinskih podatkov,
- agenta za sprotno analizo kakovosti izdelkov in posredovanje alarmov,
- aplikacijo za učinkovito sledljivost in odpremo izdelkov,
- aplikacijo za ustvarjanje poročil.

Dodatno sta v sistem vključena še dva modula, ki uporabljata rezultate obdelav, čeprav so del proizvodnih linij. To sta modula za končno kontrolo kakovosti in programiranje ter nastavljanje motorjev. Sistem vključuje tudi po-

datkovno bazo, v katero se shranjujejo vsi podatki, meritve, rezultati obdelav itd. Zaradi raznolikosti proizvodnje smo za strukturo baze uporabili standard MIMOSA OSA-EAI. Struktura je dovolj fleksibilna in omogoča shranjevanje podatkov proizvodnje kot tudi podatkov o izdelkih.

■ 3.3 Aplikacija za nastavljanje testnih protokolov

Aplikacija za nastavljanje testnih protokolov je glavni vir podatkov, po katerih potekata procesa programiranja krmilnikov in končne kontrole kakovosti izdelkov. Postopek končne kontrole kakovosti se izvaja po protokolu, ki je definiran za vsak tip motorja posebej. Protokol je zaporedje meritev in obratovalnih pogojev na podlagi zahtev razvojnega oddelka in kupcev.

Sistem je zasnovan tako, da ne omejuje fleksibilnosti pri definiranju testnih protokolov. Ob spremembi testnega protokola se prek ESB pošljejo ustrezna sporočila, na podlagi katerih se sprotno prilagodi delovanje linij za končno kontrolo.

Nastavljanje protokolov poteka s pomočjo spletnega vmesnika, ki je prikazan na *sliki 2*.

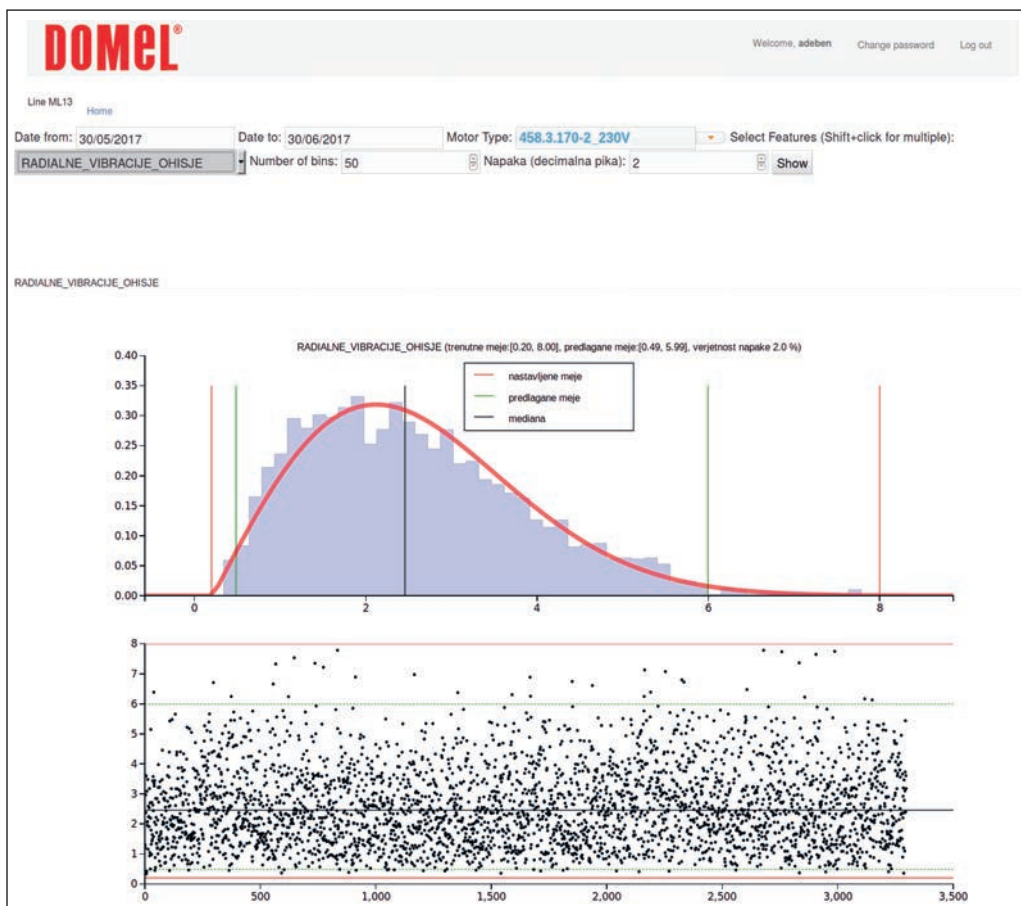
■ 3.4 Agent za samonastavljanje mej kakovosti

Končna kakovost izdelka se poda na podlagi 70–120 značilk. Vrednosti značilk se določi z direktnim merjenjem ali kot rezultat natančne obdelave signalov. Proces v celoti poteka na linijah za končno kontrolo kakovosti. Veliko število značilk omogoča zelo natančno ocenjevanje kakovosti izdelka. Po drugi strani pa je obvladovanje take številčne množice značilk za vsak tip izdelka lahko zelo kompleksen proces.

S podrobno analizo podatkov smo določili statistične lastnosti posameznih značilk. Na podlagi sprotnih podatkov agent samodejno analizira trenutne porazdelitve vrednosti značilk. Operater lahko na podlagi informacij agenta nastavi želeno verjetnost napačne odločitve in modul samodejno predlaga nove meje za kakovost. Tipičen prikaz rezultatov je prikazan na *sliki 3*.

TestOrder object	ShouldMeasure	Order sequence	Delete?
Vibracije SE458 458.3.2XX_230V volt=0.00000V NOMINAL	<input checked="" type="checkbox"/>	0	<input type="button" value=""/>
Akusticni Test SE458 458.3.2XX_230V volt=0.000000V NOMINAL	<input checked="" type="checkbox"/>	1	<input type="button" value=""/>
Temperatura SE458 458.3.2XX_230V volt=0.000000V NOMINAL	<input checked="" type="checkbox"/>	2	<input type="button" value=""/>
Vlazičnost SE458 458.3.2XX_230V volt=0.000000V NOMINAL	<input checked="" type="checkbox"/>	3	<input type="button" value=""/>
Hitrost SE458 458.3.2XX_230V volt=0.000000V NOMINAL	<input checked="" type="checkbox"/>	4	<input type="button" value=""/>
Iskrenje SE458 458.3.2XX_230V volt=0.000000V NOMINAL	<input checked="" type="checkbox"/>	5	<input type="button" value=""/>
Elektricni test SE458 458.3.2XX_230V volt=0.000000V NOMINAL	<input checked="" type="checkbox"/>	6	<input type="button" value=""/>
Komutacija SE458 458.3.2XX_230V volt=0.000000V NOMINAL	<input checked="" type="checkbox"/>	7	<input type="button" value=""/>
Tlak SE458 458.3.2XX_230V volt=0.000000V NOMINAL	<input checked="" type="checkbox"/>	8	<input type="button" value=""/>
*****	<input checked="" type="checkbox"/>		<input type="button" value=""/>
*****	<input checked="" type="checkbox"/>		<input type="button" value=""/>
*****	<input checked="" type="checkbox"/>		<input type="button" value=""/>

Slika 2. Vmesnik za nastavljanje testnih protokolov



Slika 3. Rezultat analize modula za samonastavljanje mej kakovosti

3.5 Aplikacija za učinkovito sledljivost in odpremo izdelkov

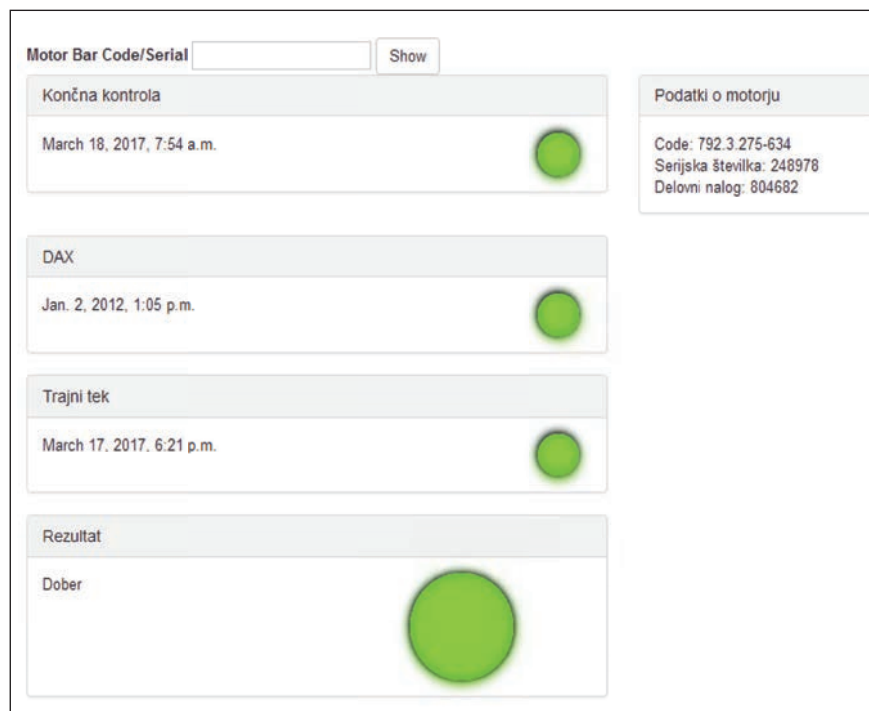
Osebe ima neposreden dostop do celotne zgodovine posameznega izdelka in potekov kakovosti določenih komponent. S tem se na enostaven način pridobijo vse informacije o kakovosti izdelka in kakovosti posameznih vgrajenih komponent. Na podlagi vseh teh podatkov, ki se zbirajo vzdolž celotnega proizvodnega procesa, poteka tudi zadnja kontrola pred odpremo izdelkov. Pri končni odpremi izdelka aplikacija opravi zlivanje informacij o kakovosti in poda končno odločitev, ali je izdelek primeren za odpremo. Operater lahko spremlja trenutne odločitve prek spletnega vmesnika, ki je prikazan na sliki 4.

3.6 Aplikacija za ustvarjanje poročil

V sistemu obstajata dva tipa poročil, in sicer poročila, ki se ustvarijo ad-hoc, in poročila, ki se izdelujejo periodično. V prvem primeru upo-

rabnik poljubno odda zahtevo za novo poročilo. V drugem primeru pa sistem samodejno ustvari poročilo. Rezultat obeh postopkov je obvestilo uporabniku o novem

Predstavljeni sistem za proizvodno analitiko ponuja celotno rešitev od zajema podatkov komunikacije, shranjevanja, analize pa vse do grafične predstavitve rezultatov. Sistem je bil za-



Slika 4. Vmesnik za sledljivost in odpremo izdelkov

poročilo, ki je na voljo za pregled na spletu v obliki Excel in PDF.

3.7 Implementacija sistema in licenčnine

Za implementacijo sistema smo uporabili le odprtodostopne (odprtokodne) rešitve. Pri tem je tudi struktura MIMOSA OSA-EAI prostodostopna. Na ta način smo se v celoti izognili z licenčinami povezanim stroškom. Poudariti je potrebno, da so uporabljena orodja implementirana tudi pri rešitvah za pametne tovarne prepoznavnih ponudnikov.

4 Zaključek

snovan in implementiran v podjetju Domel. V sistem je že povezanih več proizvodnih procesov, ki so postavljeni na treh lokacijah v Sloveniji in tujini.

Komunikacijsko-informacijski sistem je zasnovan po najnovejših smernicah industrije 4.0. Uporabljena orodja pa so integrirana v najsoodobnejših oblačnih rešitvah prepoznanih ponudnikov oblačnih rešitev. To potrjuje pravilnost odločitev pri izbiri orodij in zagotavlja hiter

prenos novih rešitev v naš sistem v prihodnosti.

Prednost rešitve je predvsem v neomejeni in enostavni skalabilnosti ter preprosti uporabi že razvitih rešitev (agentov in aplikacij) za nove proizvodne procese.

Literatura

[1] D. Slama, F. Puhlmann, J. Morri-
sh, R. M. Bhatnagar, Enterprise
IoT: Strategies and Best Prac-

tices for Connected Products
and Services, O'Reilly Media,
2015.

[2] G. Trotta, Dancing Around EAI
'Bear Traps', Ebizq, http://www.ebizq.net/topics/int_sbp/features/3463.html, 2013.

[3] RabbitMQ, <http://www.rabbitmq.com>, 2017.

[4] A. Videla and J. J. W. Williams,
RabbitMQ in Action: Distri-
buted Messaging for Every-
one, Manning Publications,
2012.

Information architecture for production analytics

Abstract: The presented system for production analytics is designed according to the principles of Industry 4.0. It integrates information from various production steps and processes. The system is designed by taking into account the concepts of enterprise application integration (EAI). The processing is performed by agents that are implemented within the company's on-premises cloud. The communication backbone of the system is an enterprise service bus (ESB) that handles all the messages among the involved parties. The communication is built according to the publish-subscribe concept. Such an approach allows uninterrupted operation of the production sites even in cases when the communication channel is down. Among others, the system comprises modules performing the following tasks: commissioning and versioning of testing protocols, self-tuning of quality limits, statistical analysis of production data, alarm generation and processing, production tracking and report generation. The system covers a number of production lines in the company Domel in three geographic locations, two of which are in Slovenia and the third one being in China.

Keywords: production analytics, industry 4.0, enterprise application integration

HYDAC

www.hydac.com

INTERNATIONAL

HYDAC - že več kot 50 let vaš zanesljiv partner za vse projekte, ki zahtevajo fluidno tehnologijo - hidravliko, elektroniko, inženiring.

Slovenija,
Hydac d.o.o.
Tržaška cesta 39,
SI-2000 Maribor

telefon: +386 [2] 460 15 20
email: info@hydac.si
internet: www.hydac.si

Hrvaška
Hydac d.o.o.
Oreškovičeva 6c,
HR-10010 Zagreb

telefon: +385 [0]1 485 4270
e-mail: info@hydac.hr
internet: www.hydac.hr

Srbija
Predstavništvo Niš, Srbija
Bulevar Dr. Zorana Đinđića 2/3/1,
18000 Niš - Srbija

telefon/fax: +381 [18] 251 514
e-mail: info@hydac.rs
internet: www.hydac.com