

UNIVERZA V LJUBLJANI
FAKULTETA ZA RAČUNALNIŠTVO IN INFORMATIKO

Erik Hribar

**Zajem in obdelava podatkov
medprocesne kontrole na delovni operaciji
tabletiranje**

DIPLOMSKO DELO
NA UNIVERZITETNEM ŠTUDIJU

Mentor: doc. dr. Mojca Ciglarič

Ljubljana, 2012



Št. naloge: 01806/2012

Datum: 15.03.2012

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za računalništvo in informatiko izdaja naslednjo nalogo:

Kandidat: **ERIK HRIBAR**

Naslov: **ZAJEM IN OBDELAVA PODATKOV MEDPROCESNE KONTROLE NA
DELOVNI OPERACIJI TABLETIRANJE**

**IN-PROCESS CONTROL DATA ACQUISITION AND ANALYSIS IN
TABLET PRODUCTION**

Vrsta naloge: Diplomsko delo univerzitetnega študija

Tematika naloge:

Opišite obstoječi proizvodni sistem, informacijske sisteme in njihovo medsebojno povezanost v velikem farmacevtskem podjetju. Podrobneje opišite medprocesno kontrolo na delovni operaciji tabletiranja in sedanji način zajema podatkov. Predstavite tudi problematiko zajema procesnih podatkov iz proizvodnih naprav. Nato analizirajte pomanjkljivosti in predlagajte drugačen model, ki bo omogočal hranjenje in analizo zgodovinskih podatkov. Načrtujte tudi pripravo prikaza statističnih podatkov določene serije ali več serij, pri čemer ločite podatke iz procesnega laboratorija od podatkov iz kontrolne enote. Načrt implementirajte in izvedbo kritično ovrednotite.

Mentor:


doc. dr. Mojca Ciglarič



Dekan:


prof. dr. Nikolaj Zimic

IZJAVA O AVTORSTVU

diplomskega dela

Spodaj podpisani Erik Hribar,

z vpisno številko 63050044,

sem avtor diplomskega dela z naslovom:

Zajem in obdelava podatkov medprocesne kontrole na delovni operaciji tabletiranje

S svojim podpisom zagotavljam, da:

- sem diplomsko delo izdelal samostojno pod mentorstvom (naziv, ime in priimek)
doc. dr. Mojce Ciglarič
- so elektronska oblika diplomskega dela, naslov (slov., angl.), povzetek (slov., angl.)
ter ključne besede (slov., angl.) identični s tiskano obliko diplomskega dela
- soglašam z javno objavo elektronske oblike diplomskega dela v zbirki »Dela FRI«.

V Ljubljani, junij 2012

Podpis avtorja: _____

Zahvala

Zahvaljujem se mentorici doc. dr. Mojci Ciglarič za nasvete in pomoč pri pisanju diplomske naloge. Prav tako se zahvaljujem mentorju v podjetju, Janezu Štuparju, za strokovno pomoč in usmerjanje pri snovanju diplomske naloge. Za vso podporo se zahvaljujem tudi družini, sošolcem, sodelavcem in prijateljem.

Kazalo vsebine

Povzetek	1
Abstract	2
1 Uvod	3
1.1 Zagotavljanje kakovosti	3
1.1.1 Celovito upravljanje kakovosti.....	4
1.1.2 Medprocesna kontrola	4
1.2 Informacijska podpora proizvodnje	5
1.3 Opis problema in cilji diplomske naloge	7
2 Medprocesna kontrola na delovni operaciji tabletiranja	9
2.1 Procesna kontrola v laboratoriju	9
2.2 Avtomatska kontrola v kontrolni enoti tabletirke	10
3 Tehnologije in standardi	12
3.1 Tok podatkov na spodnjem nivoju.....	12
3.1.1 Programabilni logični krmilnik tabletirke (PLC)	12
3.1.2 Sistem SCADA.....	13
3.1.3 Standard OPC	14
3.1.4 Sistem za arhiviranje procesnih podatkov historian	17
3.2 Aplikacija IPK	17
3.3 Sistem SAP MII.....	19
3.3.1 SAP NetWeaver.....	20
3.3.2 Plant Connectivity	21
3.3.3 Portal in administratorski meni	22
3.3.4 Razvojno okolje.....	24
3.3.5 Predloge za poizvedbe in prikaz podatkov	25
3.3.6 BLS transakcije	27
4 Načrtovanje in izvedba rešitve	29
4.1 Načrt rešitve	29
4.1.1 Načrt rešitve za pregled zgodovine meritev kontrolne enote in arhiviranje.....	30
4.1.2 Načrt rešitve za pregled statistike.....	32
4.2 Priprava.....	34

4.2.1	Priprava podatkov	34
4.2.2	Projektna dokumentacija.....	35
4.3	Izvedba rešitve za pregled in arhiviranje meritev kontrolne enote	36
4.3.1	Uporabniški vmesnik	36
4.3.2	Zajem meritev kontrolne enote	36
4.3.3	Obdelava podatkov za prikaz na grafu.....	40
4.3.4	Zapis meritev v arhiv	41
4.4	Izvedba rešitve za statistično analizo podatkov medprocesne kontrole.....	42
4.4.1	Pregled statistike meritev procesne kontrole serije.....	42
4.4.2	Pregled statistike meritev procesne kontrole materiala.....	44
5	Analiza projekta.....	46
5.1	Težave med projektom	46
5.2	Nadaljnji razvoj projekta	47
6	Zaključek	48
	Seznam slik	49
	Literatura.....	51

Seznam uporabljenih kratic

DCS	Distributed Control System
DPP	Dobra proizvodna praksa (ang. Good Manufacturing Practice, GMP)
ERP	Enterprise Resource Planning
HTML	Hyper Text Markup Language
KPI	Key Performance Indicator
PIS	Proizvodni informacijski sistem (ang. MES, Manufacturing Execution System)
PLC	Programmable Logic Controller
RTU	Remote Terminal Unit
SAP MII	SAP Manufacturing Integration and Intelligence
SCADA	Sistem za spremljanje in nadzor delovanja industrijskih naprav (ang. Supervisory Control And Data Acquisition)
SPC	Statistical Process Control
SQL	Structured Query Language
TQM	Total Quality Management (celovito upravljanje kakovosti)
QA	Quality Assurance (zagotavljanje kakovosti)
XML	Extensible Markup Language

Povzetek

Diplomsko delo obravnava problematiko zajema in obdelave procesnih podatkov iz proizvodnih naprav. Opisuje načrtovanje in izvedbo rešitve za izboljšavo obstoječega informacijskega sistema za podporo medprocesne kontrole pri proizvodnji tablet. Vzpostavili bomo sistem za pregled in arhiviranje rezultatov meritev iz kontrolne enote stroja za proizvodnjo tablet. Pripravili bomo različne statistične preglede procesne kontrole, ki bodo omogočali primerjavo podatkov iz obstoječega sistema in arhiviranih meritev iz kontrolne enote, ter skupno analizo. Obstoječi sistem za podporo medprocesne kontrole na delovni operaciji tabletiranja vzdržuje samo rezultate meritev, ki se izvajajo v procesnem laboratoriju. Z vključitvijo rezultatov meritev avtomatske strojne kontrole v obstoječe rezultate meritev, bomo še izboljšali natančnost rezultatov statističnih analiz medprocesne kontrole.

V uvodnem delu sta opisana namen in motivacija, ki izhajata iz stališča sprotne spremljanja in zagotavljanja kakovosti izdelkov ves čas proizvodnega procesa. Razložena je informacijska podpora proizvodnje v farmacevtskem podjetju in medprocesna kontrola v proizvodnji tablet. Sledi pregled standardov in tehnologij, ki sodelujejo pri zajemu podatkov iz proizvodnih naprav. Opisan je sistem za informacijsko podporo medprocesne kontrole ter sistem SAP MII, ki je namenjen zajemu, obdelavi in predstavitvi procesnih podatkov. V zadnjih poglavjih sta opisana načrtovanje in izvedba rešitve ter analiza projekta. Rešitev smo implementirali na sistemu SAP MII, ki se je s svojo fleksibilnostjo na danem problemu odlično obnesel.

Ključne besede:

zajem procesnih podatkov, obdelava procesnih podatkov, statistična procesna kontrola, SAP MII

Abstract

The diploma thesis will study the problem of process data acquisition and analysis. It describes the upgrade of current information system for in-process control in tablet production. We will establish the system for overview and archiving of measurements from tableting machine control unit. We will prepare various statistical views for comparison of data from current system and archived measurements from tableting machine control unit. Current information system for in-process control maintains only results of measurements from process laboratory. With integration of measurement results from control unit, we will further improve the accuracy of in-process control statistical analysis.

In introduction the purpose and motivation is described, which is based on quality assurance and continuous monitoring. Information support of production in pharmaceutical company and in-process control in tablet production is explained. Then the standards and technologies, involved in process data acquisition from production machines are overviewed. The information system for in-process control support and SAP MII system, for data acquisition, data processing and data presentation are described. In last chapters the design and implementation of solution and the analysis of the project are described. The solution is implemented on SAP MII system, which is flexible enough to prove a great platform for the given problem.

Key words:

process data acquisition, data processing, statistical process control, SAP MII

1 Uvod

Diplomsko delo obravnava problem zajema in obdelave procesnih podatkov ter prikaza statistike medprocesne kontrole. Procesni podatki so surovi podatki, ki jih med proizvodnim procesom generirajo proizvodne naprave. V veliki večini primerov se teh podatkov ne zajema, čeprav se ob primerni obdelavi lahko izkažejo za zelo uporabne. V farmacevtskem podjetju, kjer opravljam študentsko delo, je bil nedavno vpeljan sistem, ki je namenjen reševanju tovrstnih problemov. Gre za sistem za integracijo proizvodnje SAP MII (ang. Manufacturing Integration and Intelligence). Deluje kot platforma za razvoj lastnih aplikacij. Fokus je na rešitvah za prenos informacij med različnimi informacijskimi sistemi, za obdelavo in prikaz podatkov ter obveščanje. Sistem že uporabljamo za komunikacijo med informacijskim sistemom skladišča in sistemi SCADA. Idej za nadaljnjo uporabo sistema MII je ogromno, v prihodnosti pa jih bo še več, saj se nam skozi vrata, ki nam jih ta tehnologija odpira, kaže popolnoma nov svet, ki nam ponuja ogromno novih možnosti, katere bo potrebno še temeljito raziskati.

Na področju medprocesne kontrole na delovni operaciji tabletiranje je že vrsto let prisotna ideja o združitvi podatkov o meritvah kontrolne enote tabletirke¹, s podatki o meritvah v procesnem laboratoriju. Tako bi analize, ki sedaj zajemajo samo meritve iz procesnega laboratorija, razširili še na meritve iz kontrolne enote. S tem bi povečali vzorec in dobili bolj natančne rezultate. Surove podatke iz tabletirke je potrebno zajeti, obdelati in shraniti v obliki, ki je primerna za nadaljnje statistične obdelave. Pripraviti bo potrebno tudi rešitev za pregled skupne statistike in primerjavo meritev iz različnih virov. Ker je tehnologija za izvedbo rešitve sedaj na voljo, sem dobil nalogo, da pripravim demonstracijski projekt. V sklopu diplomske bom na sistemu SAP MII razvil aplikacijo za rešitev omenjenega problema.

Podrobnejši opis problema in ciljev diplomske naloge je v poglavju 1.3. Preden se poglobim v problem bom na kratko opisal še pregled informacijskih sistemov v proizvodnem podjetju. Sledi poglavje v katerem sta predstavljena oba načina izvajanja meritev medprocesne kontrole na delovni operaciji tabletiranja. V tretjem poglavju je predstavitev tehnologij, ki sodelujejo pri zajemu podatkov iz izvornih sistemov in opis sistema SAP MII. Zadnji dve poglavji pa sta osredotočeni na demonstracijski projekt, kot praktični del diplomske naloge. Motivacija in namen posodobitve informacijske podpore medprocesne kontrole je izpopolnjevanje sistema zagotavljanja kakovosti. Uvod bom nadaljeval z vsebino, ki daje informacijskim rešitvam dodano vrednost.

1.1 Zagotavljanje kakovosti

Uspešna podjetja se zavedajo pomembnosti vpliva kakovosti svojih storitev in izdelkov na poslovanje. Kakovost izdelkov in storitev v zadnjem času ne predstavlja le konkurenčne prednosti, temveč vse bolj tudi pogoj za preživetje. Slabe izkušnje uporabnikov vodijo do slabe volje, reklamacij, pritožb, negativne promocije in nenazadnje tožb. Nezdovoljstvo

¹ Tabletirka je naprava za proizvodnjo tablet. Te nastanejo s procesom stiskanja granulata.

kupcev lahko spretna konkurenca hitro obrne sebi v prid. Zato dajo vodilna podjetja zelo veliko na stalno izpopolnjevanje sistemov kakovosti.

V farmacevtskih podjetjih je temelj za doseganje kakovosti princip DPP (Dobra proizvodna praksa, ang. Good Manufacturing Practice, v nadaljevanju GMP). V farmacevtski industriji je obvezno upoštevanje sistema kakovosti GMP predpisano v zakonodaji. Brez spoštovanja njegovih zahtev proizvodnja in prodaja zdravil, kot predmetov posebnega pomena za celotno družbo, nista mogoči. GMP je del QA (zagotavljanja kakovosti, ang. Quality Assurance), ki omogoča, da se izdelki dosledno izdelujejo in preverjajo v skladu s standardi kakovosti, ki ustrezajo njihovi uporabi. Nastal je iz potrebe po zaščiti uporabnikov in nadzoru nad proizvodnjo zdravil. Zaradi napak in nesreč, ki bi se lahko zgodile, bi bilo ogroženo zdravje ali celo življenje uporabnikov. Upoštevanje standardov kakovosti preverjajo vladni uradi, kot sta slovenski JAZMP (Javna agencija Republike Slovenije za zdravila in medicinske pripomočke), evropska agencija za zdravila EMA (European Medicines Agency) in ameriški vladni urad za zdravila in prehrano FDA (Food and Drug Administration).

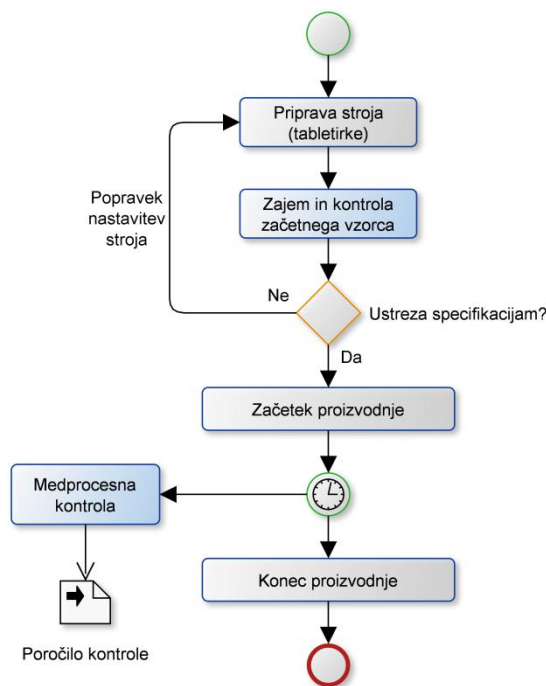
GMP je najstarejši vpeljani sistem kakovosti v podjetju in predstavlja tudi osnovo za razvoj vseh ostalih sistemov vodenja. Kakovosti izdelkov in storitev ter nenehno izboljševanje ključnih procesov je strateška usmeritev našega podjetja. S sistematičnimi pristopi želimo stalno presehati zahteve odjemalcev in dosegati zastavljene cilje poslovanja. Zavezanost standardom in smernicam zahteva nenehne izboljšave, ki so gonilna sila napredka in stalnega izpopolnjevanja na vseh področjih delovanja.

1.1.1 Celovito upravljanje kakovosti

Principu upravljanja organizacije, osredotočeno na kakovost, utemeljeno na sodelovanju vseh delov organizacije, pravimo celovito upravljanje kakovosti ali TQM (ang. Total Quality Management). Tak način zadovoljuje kupca, teži k zagotavljanju dolgoročnega uspeha in zadovoljevanju vseh članov organizacije in vseh, ki so z njo povezani [6]. Po filozofiji TQM se kakovost vgrajuje v proizvod (Build it in). Odpravlja vse pomanjkljivosti in vzroke napak že pred njihovim nastankom (Zero defects), kar pomeni, da je potrebno izdelati dober proizvod že na začetku (Make it right the first time). Pomembno vlogo pri obvladovanju kakovosti igra tudi medprocesna kontrola.

1.1.2 Medprocesna kontrola

Medprocesna kontrola pravimo preverjanju različnih parametrov izdelka med samim procesom proizvodnje. Cilj je zagotoviti predpisano kakovost izdelka, ves čas proizvodnega procesa. Funkcija medprocesne kontrole je spremljanje in po potrebi vpliv na spreminjanje proizvodnega procesa. To pomeni spreminjanje nastavitvev na napravah ali prilagajanje delovnega okolja. Podatki, ki jih zajemamo med proizvodnjo, so lahko procesni parametri ali atributi izdelka. Primeri procesnih podatkov so temperatura zraka, vlaga zraka ipd. Pri izdelku pa merimo lastnosti, kot so masa, trdnost, debelina, razpadnost ipd. Postopki izvajanja meritev, pogostost meritev, število vzorcev, omejitve in ukrepi ob odstopih, so vnaprej predpisani v tehnoloških postopkih in standardnih operativnih postopkih.



Slika 1: Proces kontrole izdelka med tabletiranjem

1.2 Informacijska podpora proizvodnje

Preden preidem na opisovanje problema in ciljev diplomske, bom za boljše predstavo o situaciji na kratko opisal ključne informacijske sisteme v proizvodnem podjetju. Standard ISA-95² jih razvršča v nivojsko hierarhijo, kot jo prikazuje Slika 2.

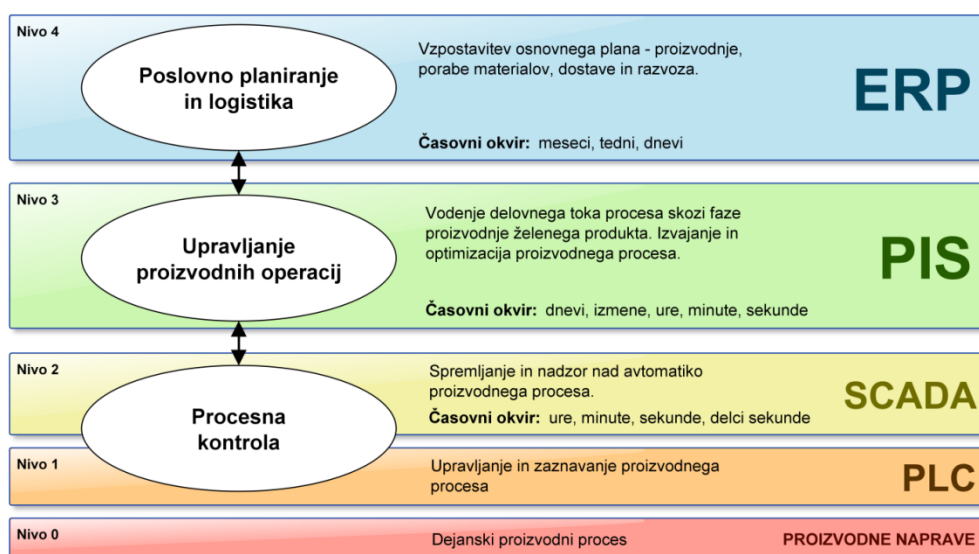
Glavni informacijski sistem podjetja je sistem ERP (ang Enterprise Resource, Planning). Ta skrbi za podporo ključnih organizacijskih aktivnosti podjetja, kot so finance in računovodstvo, logistika, marketing in prodaja ter kadri. Omogoča celovito upravljanje z viri podjetja. Prava vrednost sistema ERP se kaže v povezovanju različnih delov organizacije preko skupnih podatkov in znanja. S tem je omogočen centralen nadzor nad informacijami iz vseh oddelkov.

Osnova za izvajanje proizvodnje je sistem PIS (proizvodni informacijski sistem, ang. MES – Manufacturing Execution System). Ta skrbi za obvladovanje izdelkov, serij, planiranje proizvodnje, izdajanje in izvajanje proizvodnih nalogov, spremljanje učinkovitosti itn. Osnovne funkcije sistemov PIS so:

- Nadzor proizvodnje – pregled trenutnega stanja proizvodnje, spremljanje poteka tekočega plana proizvodnje preko izvajanja delovnih nalogov, spremljanje količine izmeta, stanja zalog materiala in količine polizdelkov v proizvodnji
- Nadzor nad proizvodnimi viri – pregled nad zasedenostjo in stanje proizvodnih virov (orodij, naprav, materiala in ljudi, ki so zajeti v proces proizvodnje)

² ISA-95 je mednarodni standard, ki opredeljuje integracijo kontrolnih sistemov v podjetje. Opredeljuje modele in terminologijo za izmenjavo podatkov med sistemi prodaje, financ, logistike ter proizvodnimi sistemi.

- Sledenje izdelkov – informacije o stanju končnega izdelka (v kateri proizvodni fazi se nahaja) ter hranjenje in vpogled v zgodovino
- Pregled dokumentov – vpogled v dokumente, ki se nanašajo na posamezno delovno operacijo (kosovnice, navodila za delo, tehnološke sheme, standardni operativni postopki ipd.)
- Upravljanje proizvodne dokumentacije – generiranje različnih proizvodnih poročil (podatki o zastojih, izmetih, razna dnevna poročila ipd.)
- Spremljanje učinkovitosti proizvodnje in upravljanje kakovosti – podatki o izkoristkih delovnih operacij, razpoložljivosti virov, čas izdelave izdelka in ostale kakovostne karakteristike ter zagotavljanje podatkov za spremljanje kakovosti



Slika 2: Nivojska zgradba po standardu ISA-95

Na spodnjih nivojih so sistemi za nadzor in krmiljenje proizvodnih naprav. Krmilniki PLC skrbijo za avtomatiko, vmesniki SCADA-HMI pa omogočajo nadzor nad delovanjem ter upravljanje nastavitve delovanja proizvodnih naprav. Omenjeni tehnologiji sta podrobneje opisani v tretjem poglavju, saj bomo preko njih pridobivali procesne podatke iz naprave za proizvodnjo tablet.

1.3 Opis problema in cilji diplomske naloge

Med delovno operacijo tabletiranja se izvaja medprocesna kontrola na dva načina. Prvi način je preverjanje kakovosti tablet v procesnem laboratoriju, drugi način pa je avtomatsko izvajanje procesne kontrole v kontrolni enoti tabletirke. Kontrolna enota je posebna naprava, priključena na tabletirko, ki stalno izvaja meritve tablet ter rezultate pošilja na tabletirko. Ta uporablja podatke o meritvah za popraviljanje lastnih parametrov, da vzdržuje kakovost proizvedenih tablet na čim višjem nivoju.

Rezultati meritev medprocesne kontrole, ki se izvaja v procesnem laboratoriju, se hranijo v relacijski bazi aplikacije IPK. To je aplikacija za podporo spremljanja medprocesne kontrole, ki je bila razvita znotraj podjetja za lastne potrebe. Poleg vnosa in hranjenja podatkov medprocesne kontrole, omogoča različne statistične preglede v obliki poročil. To so izmenska poročila, poročila serije, poročila izdelka itd. Poročila se obravnava na več načinov - za tiskanje in prilaganje proizvodni dokumentaciji, prenosi na arhivski strežnik, prenosi na dokumentacijski informacijski sistem in razne analize.

Ker so meritve v kontrolni enoti tabletirke precej pogostejše od meritev v procesnem laboratoriju, poleg tega pa še povsem avtomatske, bi bilo smotno tudi te rezultate vključiti v analize in prikazovati v poročilih. Merjeni vzorec bi bil veliko večji, zato bi bili rezultati analiz še natančnejši.

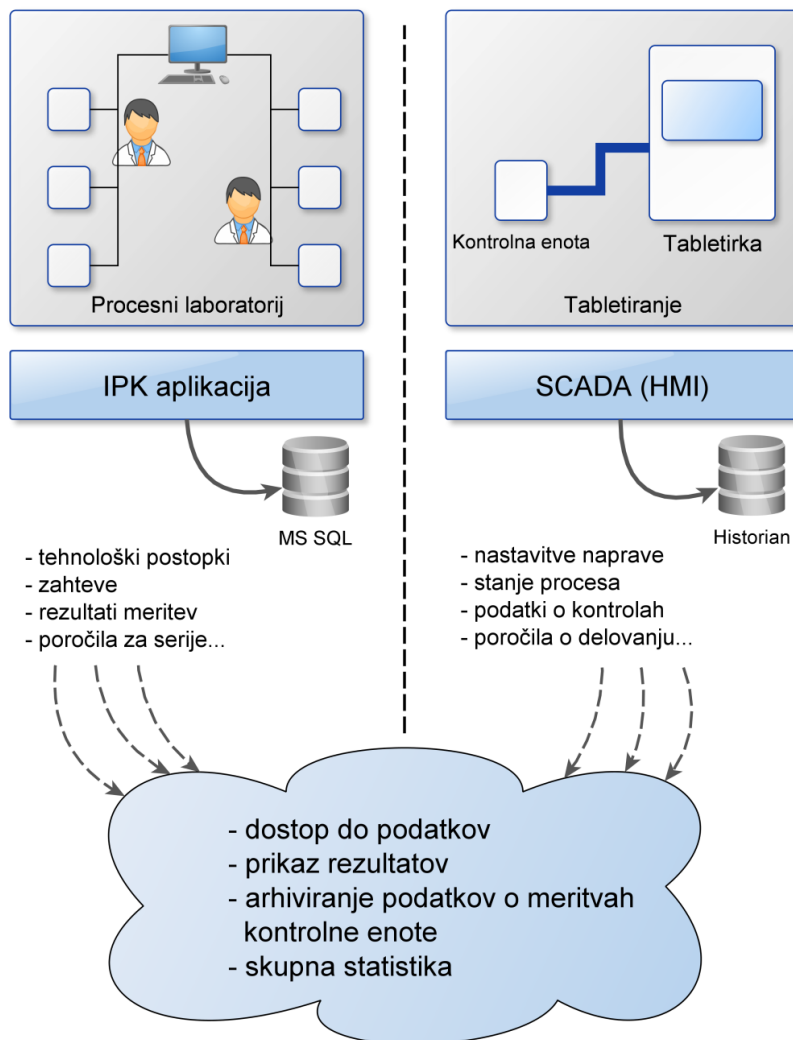
Problem je v tem, da se rezultati meritev iz kontrolne enote nikjer ne hranijo. Trenutno so rezultati meritev kontrolne enote tabletirke prikazani kot prednastavljene statistične analize na vmesnikih SCADA HMI. Na tem mestu se hrani le omejena količina podatkov, tako da zajem teh podatkov ne bi omogočal poročanja o poljubni seriji. Hranjenje celotne zgodovine podatkov v takih sistemih ni smiselno. SCADA omogoča prikaz statistike za serijo, ki se trenutno proizvaja, pogled v daljno zgodovino pa ni predviden. Za te namene obstajajo posebni sistemi za arhiviranje procesnih podatkov imenovani procesni historian. Te sisteme v podjetju že dolgo uporabljamo za druge namene, potrebno pa jih bo konfigurirati za pravi zajem podatkov o meritvah iz kontrolne enote. Tako imamo iz tehničnega vidika možnost pripraviti rešitev za pregled meritev kontrolne enote.

Cilj diplomske naloge je vzpostavitev modela za pregled zgodovinskih podatkov o meritvah karakteristik tablet v kontrolni enoti in priprava vmesnika za izbiro meritev, ki so relevantne za nadaljnjo statistično analizo.

Drugi del je priprava prikaza statističnih podatkov določene serije in skupno statistiko za več serij. Kot vodilo za statistične preglede, so mi kot primer na voljo izpisi obstoječih poročil iz aplikacije IPK. Novi statistični pregled naj prikazuje ločene prikaze podatkov iz procesnega laboratorija in kontrolne enote. Tako bo obenem možno tudi primerjati rezultate obeh načinov izvajanja meritev. Podatki statističnega pregleda bodo prikazani v obliki grafov (histogramov) in tabelarično, odvisno od vrste podatka.

Izbrane rezultate meritev iz kontrolne enote, ki jih želimo prikazovati na statističnih pregledih, je potrebno predhodno shraniti v ustrezno podatkovno bazo. Da se zajem in obdelava podatkov za statistične preglede ne bi podvajala, morajo biti podatki iz kontrolne enote hranjeni v podobni obliki, kot so hranjeni podatki o meritvah iz procesnega laboratorija

v podatkovni bazi aplikacije IPK. Tako bomo lahko rezultate meritev iz kontrolne enote in procesnega laboratorija obravnavali na enak način. To nam bo pri obdelavi za statistične prikaze zelo olajšalo delo in zmanjšalo kompleksnost aplikacije. Obenem pa bo v prihodnosti mogoče podatke tudi združiti v enotno aplikacijo za podporo medprocesne kontrole tabletiranja.



Slika 3: Shema problema in ciljev diplomske naloge

Za pripravo modela je bil izbran sistem SAP MII (Manufacturing Integration and Intelligence), ki je namenjen prav povezovanju informacijskih sistemov v proizvodnji in prikazu podatkov. Uporabniški vmesnik aplikacije v sistemu MII je spletna stran, do katere je možen dostop preko MII portala.

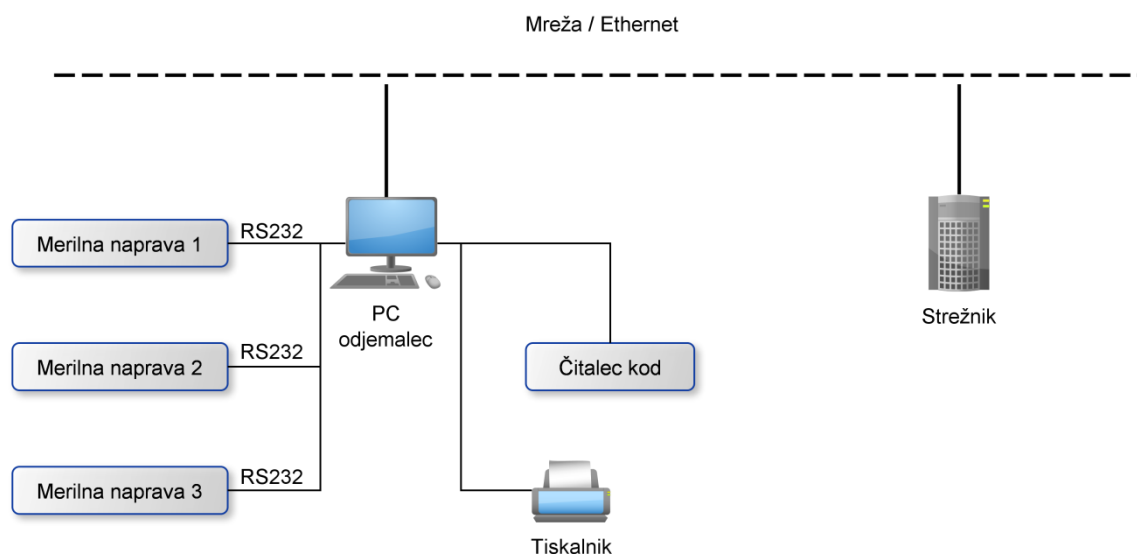
Sistem SAP MII je ravno prestal zadnje faze vpeljave v podjetju, tako da bomo ob razvoju projekta pridobili tudi ogromno izkušenj in znanja o delovanju in razvoju na sistemu ter o zmogljivosti in uporabnosti sistema na področju procesne kontrole.

2 Medprocesna kontrola na delovni operaciji tabletiranja

2.1 Procesna kontrola v laboratoriju

V prostorih proizvodnje so posebni laboratoriji za procesno kontrolo. Tam tehnologi s pomočjo merilnih naprav izvajajo meritve za medprocesno kontrolo. Vzorce tablet je potrebno prinesiti v laboratorij ter vsaki tableti izmeriti lastnosti kot so masa, dolžina, premer, trdnost, raztrošnost in razpadnost. Poleg izmerljivih lastnosti se kontrolira tudi neizmerljive. Tak primer je kontrola videza. Katere lastnosti je potrebno preverjati ter kako pogoste so meritve, je predpisano v Tehnološkem postopku. Poleg tega je predpisana tudi velikost vzorca, omejitve za vsako lastnost itd.

Tehnologi pri svojem delu v procesni kontroli uporabljajo osebni računalnik s posebno aplikacijo za IPK kontrolo. Aplikacija je bila razvita v podjetju prav za potrebe procesne kontrole in pokriva celoten proces od meritev do izdelave poročil ter arhiviranje in statistične obdelave. Aplikacija je podrobneje opisana v tretjem poglavju.



Slika 4: Shema povezav med napravami v procesnem laboratoriju

Po opravljenih meritvah je potrebno natisniti poročila in jih priložiti k proizvodni dokumentaciji.

Ročna kontrola se izvaja približno dvakrat na izmeno, en laboratorij pa skrbi za procesno kontrolo večih tabletirk. Poleg tega so tu še posebne kontrole, ki se izvajajo pred začetkom serije in služijo za optimalno nastavitve stroja. Izredne kontrole je potrebno izvesti tudi ob daljši ustavitvi tabletirke. V primeru okvare kontrolne enote je potrebno nadomeščati tudi avtomatske strojne kontrole. Tako se izvajajo meritve večkrat na uro. Podobno je za primere, ko morajo biti zaradi oblike tablet določene meritve (npr. debelina ali premer) na enoti za procesno kontrolo izklopljene.

2.2 Avtomatska kontrola v kontrolni enoti tabletirke

Proizvajalci tabletirk ponujajo poleg samih naprav za proizvodnjo tablet, tudi druge aparature za podporo in povečevanje avtonomnega delovanja. Ena od teh naprav je tudi enota za procesno kontrolo. Običajno je to ločena naprava, ki je do glavne naprave povezana s posebno cevjo ter kabli za komunikacijo. Po cevi s pomočjo zraka pripotujejo pravkar proizvedene tablete iz tabletirke, imenujemo jo tudi zračni kanal.

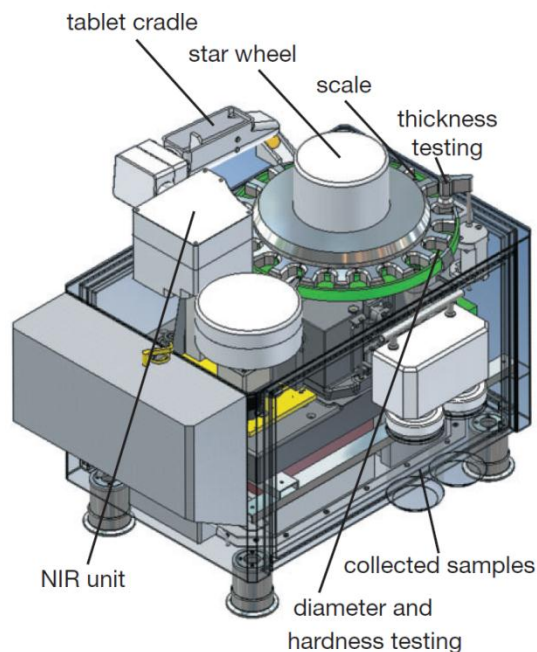


Slika 5: Kontrolna enota in tabletirka proizvajalca Fette

Procesna enota avtomatsko izvaja meritve ves čas proizvodnje, brez posega človeške roke. Rezultati meritev se pošiljajo na tabletirko, ta pa jih uporablja za samonastavitve. Vgrajeno ima logiko za popravljanje parametrov glede na minimalne odmike od predpisanih vrednosti. Za zgled vzemimo meritve mase tablete. Tabletirka spremlja meritve iz procesne enote in glede na odmike meritev od predpisane mase tablete korigira količino vbrizga zmesi oz. granulata.

Glavni prednosti tehnologije samo-popravljanja s pomočjo avtomatskih meritev sta manjši izmet in krajši proizvodni čas. Ko naprava zazna, da so rezultati meritev izven tolerančnih meja, takoj zavrne kritične tablete in prilagodi potrebne nastavitve, ki vplivajo na parameter.

Rezultati meritev so v obliki grafov in statističnih podatkov prikazani na vmesnikih SCADA-HMI. Prikazani so podatki za serijo, ki se trenutno izvaja, vpogled v zgodovino pa ni možen.



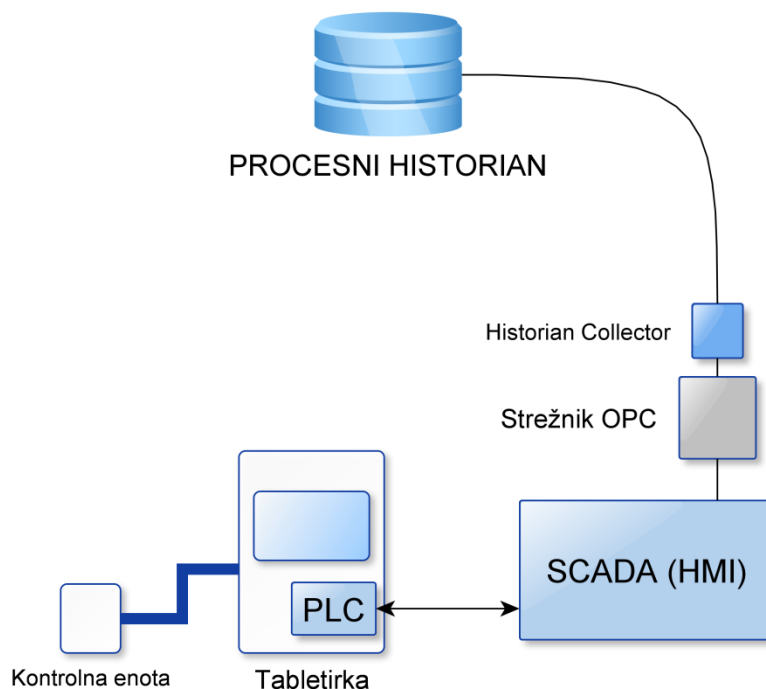
Slika 6: Funkcionalna sestava kontrolne enote Fette NIR Checkmaster

Kot je omenjeno v prejšnjem poglavju, je mogoče podatke o meritvah procesne kontrole zajeti v druge sisteme, ter prilagoditi prikaz lastnim potrebam. Zajete podatke lahko arhiviramo in statistično obdelujemo, kar je tudi eden izmed ciljev te diplomske naloge. Kako pridemo do teh podatkov, se pravi katere tehnologije in standardi se pri tem uporabljajo, pa je opisano v naslednjem poglavju.

3 Tehnologije in standardi

3.1 Tok podatkov na spodnjem nivoju

V tem podpoglavju bom opisal tehnologije in standarde, ki sodelujejo pri pretoku podatkov od tabletirke do arhiva procesnih podatkov – procesnega historiana.



Slika 5: Shema toka podatkov od tabletirke do procesnega historiana

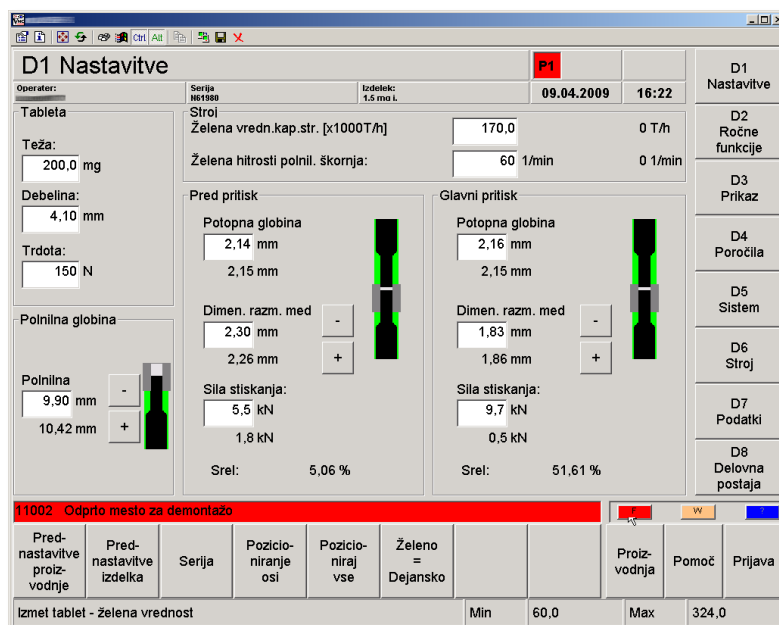
3.1.1 Programabilni logični krmilnik tabletirke (PLC)

Za vso logiko in avtomatiko tabletirke je zadolžena enota, ki ji pravimo programabilni logični krmilnik ali na kratko PLC (Programmable Logic Controller). To je poseben računalnik, ki je prilagojen za krmiljenje najrazličnejših vrst naprav, od majhnih trivialnih naprav do zahtevnih proizvodnih linij in obsežnih procesov. Posebnost PLC krmilnikov je tudi neobčutljivost na temperaturo, električne šume in vibracije, saj morajo brezhibno delovati v okoljih, ki običajno niso prijazna do elektronskih naprav. Pomemben je tudi odzivni čas, saj poteka obdelava vhodnih signalov in procesiranje logike v realnem času.

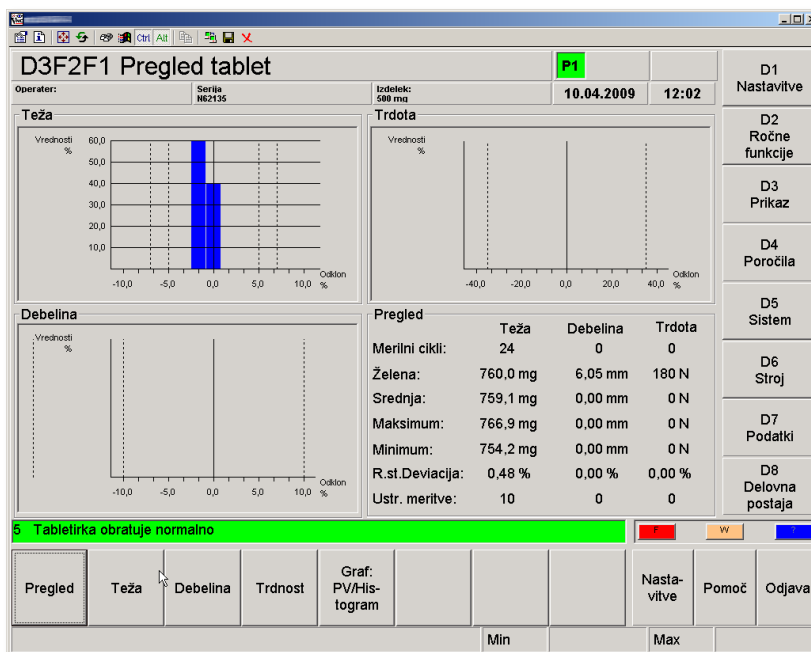
Na tabletirki PLC skrbi za krmiljenje elektromehanskih delov. S priklopom na PLC lahko spreminjamo parametre tabletirke in tako vplivamo na proizvodnjo samih tablet. Ker je to na zelo nizkem nivoju, mi pa potrebujemo stalen nadzor ter enostaven in hiter pregled stanja, priklapljammo na PLC-je posebne sisteme za nadzor delovanja stroja – sisteme SCADA.

3.1.2 Sistem SCADA

SCADA je okrajšava za *Supervisory Control And Data Acquisition*. Nanaša se na sisteme za spremljanje in nadzor industrijskih procesov. Sistemi SCADA povezujejo faze krmiljenja in odločanja v en sistem. Pred tem je nadzor procesa baziral izključno na krmilnih enotah PLC. Običajno sistem SCADA sestavljajo vmesnik HMI (Human Machine Interface), nadzorni računalniški sistem in RTU-ji (Remote Terminal Unit) ter PLC-ji, ki se povezujejo na senzorje v procesu ter pretvarjajo elektronske signale senzorja v digitalne podatke.



Slika 8: SCADA zaslon za nastavitve tabletirke



Slika 9: SCADA zaslon za pregled tablet

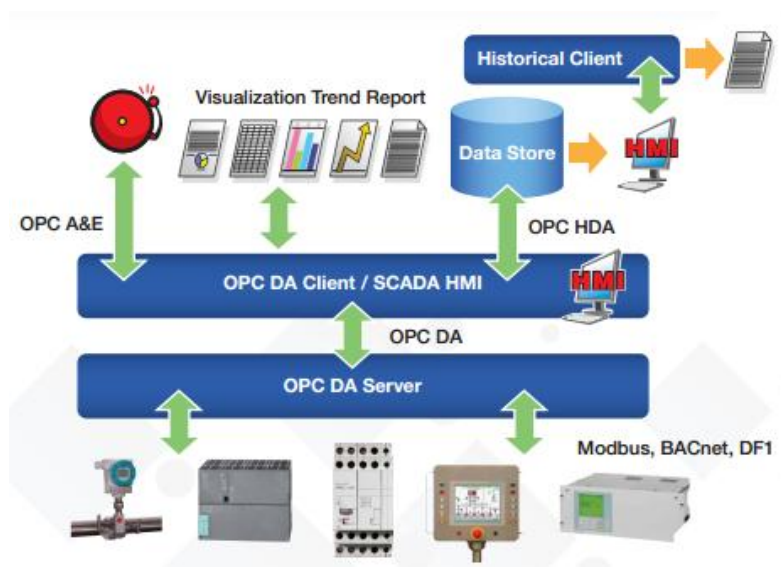
HMI je vmesnik preko katerega človek upravlja s sistemom. Proizvajalci SCADA sistemov ponujajo tudi orodja za prilagoditev vmesnikov.

Nadzorni računalniški sistem zajema procesne podatke in pošilja signale preko PLC ali RTU. RTU (ang. Remote Terminal Unit) je mikroprocesorsko nadzorovana elektronska naprava, ki predstavlja vmesnik med fizičnim svetom in sistemom SCADA ali DCS (Distributed Control System). Moderne enote RTU so običajno sposobne izvajati enostavne programe avtonomno, brez posega nadzornih sistemov (SCADA, DCS). Za razliko od krmilnikov PLC, ki so bolj primerni za lokalno uporabo, kjer je mogoč prenos preko fizičnih medijev (tovarne, proizvodne linije ipd.), so RTU bolj primerni za uporabo na odprtih okoljih, kjer je zaželen brezžična komunikacija.

3.1.3 Standard OPC

OPC je zelo pomemben standard oziroma množica standardov na področju industrijske avtomatike. Obenem se izraz OPC uporablja tudi za implementacijo standarda, npr. strežnik OPC. V našem konkretnem primeru uporabljamo OPC za povezavo PLC-ja tabletirke na historian bazo podatkov. Prav tako se uporablja za izmenjavo podatkov med Scado in tabletirko.

Standard OPC je bil razvit z namenom, da reši probleme povezljivosti različnih industrijskih naprav. Pred OPC standardom je vsak proizvajalec vmesnikov HMI moral pisati gonilnike za vsak PLC krmilnik. Ker je bilo že takrat na trgu veliko industrijskih naprav, je to predstavljalo velik problem. Za rešitev tega problema so vodilni svetovni proizvajalci industrijske avtomatike v sodelovanju z Microsoftom pripravili standard OPC. Prvi standard se je imenoval OPC Specification in so ga kasneje preimenovali v Data Access Specification ali krajše OPC DA. Po izidu standarda so ustanovili fundacijo OPC Foundation, ki skrbi za razvoj standarda. Fundacija stremi k zagotavljanju najboljših tehnologij, specifikacij in procesov, da omogoči podjetjem razvoj izdelkov in storitev, ki so varno in zanesljivo povezljivi med različnimi platformami in različnimi proizvajalci.



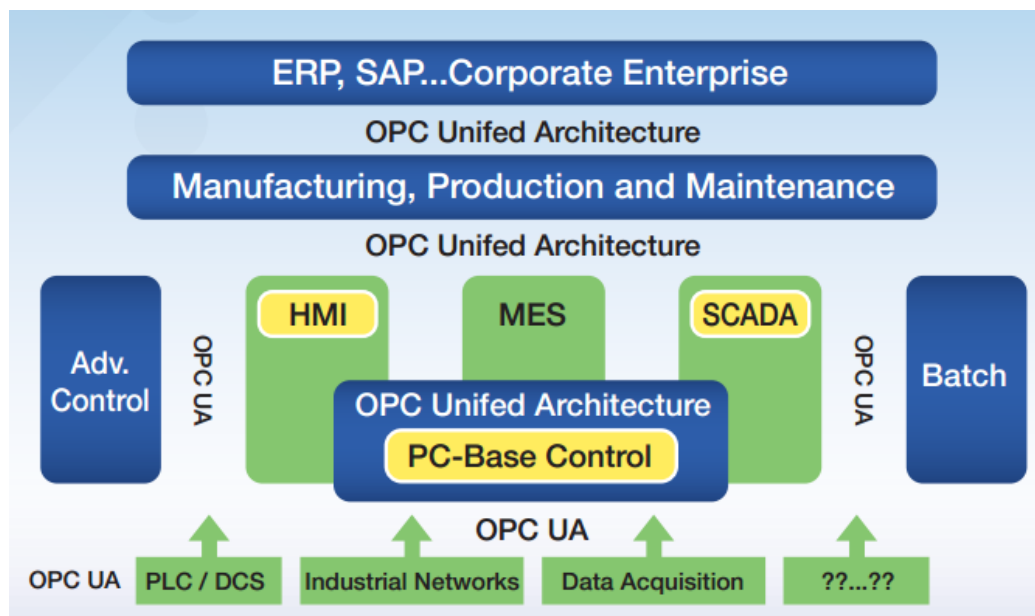
Slika 10: OPC klasična arhitektura [13]

OPC je prvotno predstavljal kratico za 'OLE for Process Control', kar pomeni OLE za procesno kontrolo. OLE (Object Linking and Embedding) je Microsoftova tehnologija za povezavo in vdelavo dokumentov in drugih objektov. Ker pa se OPC ne uporablja le v procesni temveč tudi diskretni proizvodnji, je uradno stališče OPC fundacije, da beseda OPC ne predstavlja več kratice OLE for Process Control ampak le »OPC«.

OPC specifikacija je temeljila na Microsoftovih tehnologijah OLE, COM in DCOM, ki so bile razvite za operacijske sisteme Windows. Standard je specificiral nabor objektov, vmesnikov in metod za aplikacije v procesni kontroli in proizvodni avtomatiki.

Po standardizaciji zajema procesnih podatkov, ki jo opredeljuje prvotna specifikacija, se je kmalu pojavila tudi potreba po standardizaciji prenosa drugih podatkov. Razvili so se še standardi za alarme in dogodke, zgodovinske podatke, podatke o seriji itd. Trenutno OPC specifikacija obsega devet standardov in množico standardov OPC Unified Architecture [14]:

- **OPC Data Acces (OPC DA)** – Prvotni standard, ki opredeljuje zajem realno-časovnih podatkov iz PLC krmilnikov in podobnih procesnih naprav.
- **OPC Alarms & Events (OPC AE)** – Alarmi in dogodki. Za razliko od stalnega pritoka podatkov, kot ga specificira OPC DA, ta standard zagotavlja proženje akcij glede na dogodke.
- **OPC Batch** – Za potrebe serijske proizvodnje: izmenjava podatkov o razpoložljivosti opreme, trenutnega stanja itd.
- **OPC Data eXchange** – Komunikacija strežnik-strežnik (namesto odjemalec-strežnik). Zagotavlja delovanje med različnimi proizvajalci ter storitve za oddaljeni nadzor, konfiguracijo in diagnostiko.
- **OPC Historical Data Access (OPC HDA)** – Za razliko od OPC DA, ki prikazuje trenutne podatke, OPC HDA skrbi za dostop do shranjenih podatkov.
- **OPC Security** – Strežniki OPC ponujajo informacije, ki so za podjetje pomembne. Če so posegi nanje nenadzorovani, lahko pride do negativnih posledic za proizvodni proces. OPC Security specificira kako nadzirati dostope odjemalcev, da zavarujemo občutljive informacije in preprečimo nepooblašcene dostope do procesnih podatkov.
- **OPC XML-DA** – Zagotavlja konsistentna pravila in obliko za predstavitev procesnih podatkov v XML formatu.
- **OPC Complex Data** – Opisuje izvoze v kompleksne podatkovne tipe, kot so binarne strukture in XML dokumenti.
- **OPC Commands** – V razvoju je nov nabor vmesnikov za identifikacijo, pošiljanje in nadziranje kontrolnih ukazov, ki se izvajajo na napravi.
- **OPC Unified Architecture** – Ker obstoječe OPC specifikacije temeljijo na Microsoftovih tehnologijah, kar ni preveč fleksibilno, se pripravlja nova platformno neodvisna množica standardov z imenom Unified Architecture.



Slika 11: Sodoben pogled na integracijo procesa - enotna arhitektura - OPC Unified Architecture [13]

3.1.3.1 Strežnik OPC

Strežnik OPC je aplikacija, ki se obnaša kot vmesnik API (Application Programming Interface) ali pretvornik protokolov. Temelji na arhitekturi odjemalec - strežnik. Poveže se na napravo kot je PLC, RTU, DCS ali drug podatkovni vir in pretvori podatke v obliko, ki je določena v OPC standardu. Aplikacije, ki znajo delati z OPC podatki se povežejo na strežnik OPC, kot odjemalci, in zapisujejo ali berejo podatke. Take aplikacije so na primer SCADA HMI, procesni historian ipd. Vlogo strežnika OPC po navadi ponazarjamo z analogijo vloge tiskalniškega gonilnika, ki omogoča računalniku komunikacijo s tiskalnikom.

Eden izmed najpopularnejših strežnikov OPC je MatrikonOPC Universal PLC Server. Ta omogoča povezljivost z napravami različnih proizvajalcev, z različnimi protokoli in vmesniki. Strežnik je na voljo za brezplačen prenos iz spletne strani podjetja. Leta 2011 je MatrikonOPC kot prvi prejel certifikat OPC Foundation Certified OPC UA server.

3.1.4 Sistem za arhiviranje procesnih podatkov historian

Procesni historian je sistem za zajem in shrambo procesnih podatkov. Predstavlja pomembno vlogo pri premostitvi vrzeli med SCADA sistemom (ki vsebuje trenutne procesne podatke) in informacijskim sistemom (ki manipulira z obdelanimi podatki). Sistemi SCADA imajo sicer že vgrajene komponente za arhiviranje, ki jih uporabljajo za različne analize in izpise poročil. Kljub temu so procesni historiani veliko primernejši za trajno hranjenje in nadaljnjo obdelavo podatkov. Posebnosti procesnih historianov so: visoka hitrost arhiviranja, možnost zajema različnih tipov podatkov, središčno orientiran arhiv procesnih podatkov in časovno indeksiranje. Vsak shranjen podatek ima časovno značko, ki predstavlja čas zajema. Točk zajema je običajno zelo veliko, prav tako so lahko časi med zajemom zelo kratki, zato morajo imeti procesni historiani sposobnost hitrega zapisovanja podatkov v bazo. Indeksirano poizvedovanje po podatkih je osnova za učinkovito analizo podatkov in generiranje informacij, ki jih potrebuje informacijski sistem.

Za zbiranje podatkov procesni historiani običajno uporabljajo posebne programe, imenovane zbiralci (Collectors). Zbiralci so nameščeni na računalnikih, kjer je vir podatkov, tam zbirajo podatke in jih pošiljajo v strežnik za arhiviranje. Prednost tega načina je, da tudi ob prekinitvi povezave med zbiralcem in arhivom ne pride do izgub podatkov, saj jih zbiralec lokalno shranjuje ter ob ponovni vzpostavitvi povezave posreduje strežniku. Ker je v proizvodni informatiki bistveno da ne prihaja do izgub podatkov, je ta lastnost zelo pomembna.

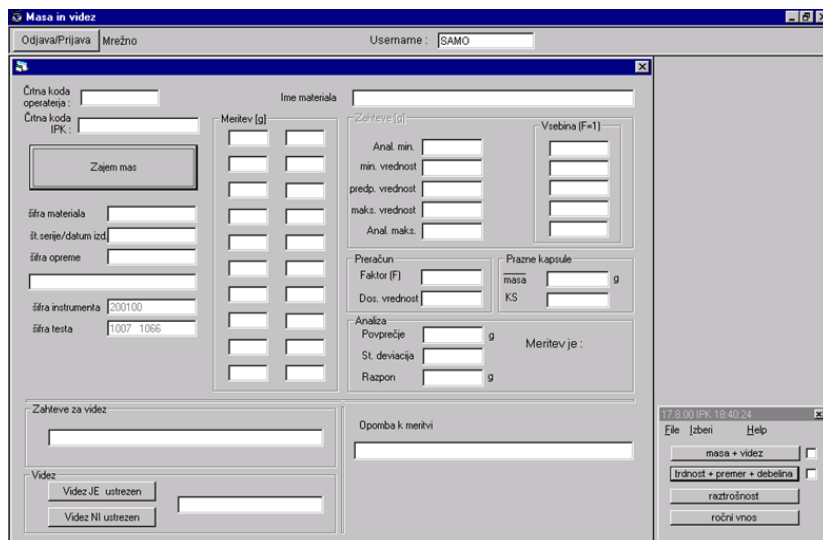
3.2 Aplikacija IPK

Procesna kontrola je namenjena predvsem zagotavljanju ustrezne kakovosti proizvedenih izdelkov. Zato je ves čas proizvodnje potrebno jemati vzorce, jim preverjati izbrane attribute ter povratno vplivati na sistem proizvodnje. Rezultati meritev morajo biti statistično obdelani in prikazani na poročilih, ki se jih prilaga proizvodni dokumentaciji. S stalnimi meritvami se zajema veliko podatkov, ki jih je treba beležiti, analizirati in ustrezno predstaviti. Zato pa potrebujemo primerno programsko opremo, ki nam to omogoča.

IPK je interno razvita programska oprema za podporo procesne kontrole. Omogoča zajem in hranjenje podatkov procesne kontrole. Omogoča tudi izpis različnih poročil na katerem so statistično obdelani podatki o meritvah. Aplikacija podpira procesno kontrolo delovnih operacij tabletiranja in kapsuliranja. V nalogi se bomo posvetili tabletiranju, kjer se zajema in kontrolira masa, videz, trdnost, premer, debelina, raztrošnost in razpadnost. Razen videza, se vse attribute meri z merilnimi napravami. Odčitavanje in ročno vnašanje meritev ni potrebno, saj IPK aplikacija zajema vrednosti meritev iz aparatur. To zelo pripomore k odpornosti do napak in zmanjšuje zamudnost postopka.

IPK aplikacija temelji na arhitekturi odjemalec – strežnik (Slika 4: Shema povezav med napravami v procesnem laboratoriju). Osnovna ideja je, da vodenje podatkovnega skladišča teče na strežniku, odjemalec pa skrbi za zajem in obdelavo podatkov, ter izpis poročil. Aplikacija je napisana v programskem jeziku Visual Basic, za shrambo podatkov pa uporablja Microsoft SQL Server. V procesnem laboratoriju je na osebem računalniku nameščen odjemalec, ki preko omrežne povezave komunicira z IPK strežnikom. Strežnik odjemalcu

pošilja podatke o izdelkih, serijah in zahtevah, odjemalec pa vrača rezultate meritev. Odjemalec ima tudi možnost delovanja v načinu brez povezave. Saj je zelo pomembno, da padeč omrežne povezave ne onemogoča dela v laboratoriju. Ko se povezava vzpostavi se podatki sinhronizirajo, tako da delo ves čas poteka nemoteno in ne prihaja do izgub podatkov.



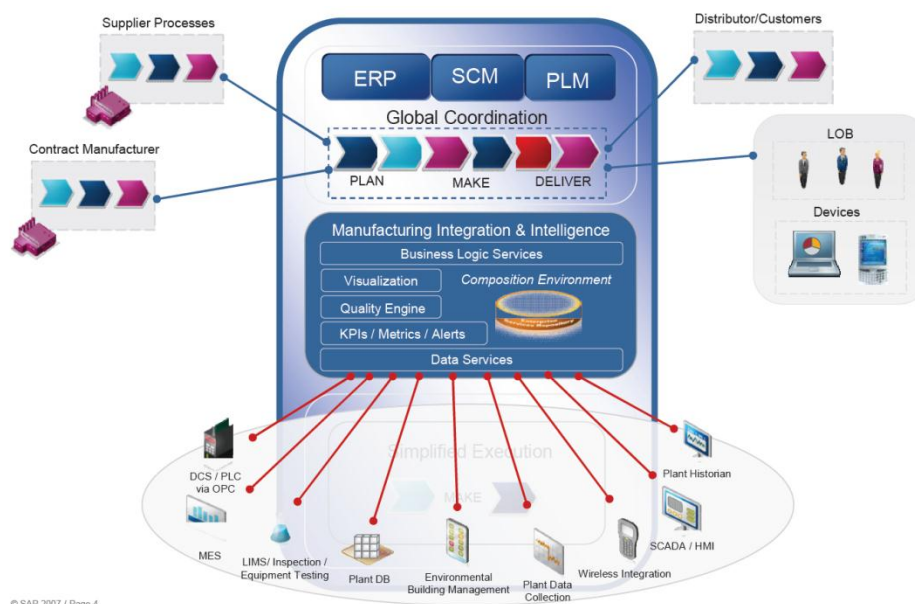
Slika 12: Aplikacija IPK – uporabniški vmesnik za kontrolo mase in videza

Aplikacija za svoje delovanje potrebuje podatke iz proizvodnega informacijskega sistema (PIS), kjer dobi vse podatke o izvajanju proizvodnje. Tu so shranjeni tudi tehnološki postopki, ki predpisujejo meje parametrov tablet (masa, trdnost, razpadnost itd.).

Podatke pridobljene iz sistema PIS potrebuje tudi za generiranje poročil, saj vsebujejo informacije o materialu, seriji, postopku, dovoljenih mejah itd. Glavna vsebina poročil pa so seveda rezultati meritev in statistični preračuni. Podatki so predstavljeni z grafi in tabelami. Poročila se izvozijo v formatu delovnega zvezka Microsoft Excel.

3.3 Sistem SAP MII

SAP MII (Manufacturing Integration and Intelligence) je programska rešitev za medsebojno povezovanje proizvodnih sistemov in integracijo v ERP. Predstavlja platformo za izgradnjo in poganjanje kompozitnih aplikacij za zajem, obdelavo in prikaz procesnih podatkov v realnem času. Aplikacije so sestavljene iz MII objektov, ki omogočajo povezave na različne podatkovne vire, manipulacijo nad pridobljenimi podatki in izvajanje analitik ter prikaz rezultatov na različnih napravah.



© SAP 2007 / Page 4

Slika 13: Umestitev sistema SAP MII v poslovno okolje [10]

V proizvodnem procesu sodelujejo različni sistemi kot so SCADA, MES, LIMS, DCS in procesni historian. Vsak od njih pokriva svoj del procesa in pri tem vzdržuje in nadzira svoj tip podatkov. Ker ti sistemi prihajajo od različnih proizvajalcev, ki uporabljajo različne platforme, se integracija teh sistemov izkaže za velik izziv. Pojavljati so se začele potrebe za spremljanje proizvodnega procesa na daljavo v realnem času, podporo odločanju na nivoju proizvodnje, prikaz preračunov ključnih kazalnikov proizvodnje (ang. Key Performance Indicator, v nadaljevanju KPI), proženje alarmov, izpise poročil na nivoju proizvodnih naprav, arhiviranje procesnih podatkov, izmenjave podatkov med napravami ipd. Ker bi rešitve teh potreb pripomogle k izboljšani produktivnosti in posledično zmanjšanju stroškov proizvodnje, so zahteve začele dobivati vse več posluha od vodilnih v podjetjih. Za vsako podjetje je bilo potrebno razviti specialno rešitev za povezavo njihovih sistemov. Taki sistemi so sicer zadoščali reševanju problemov katerim so bili namenjeni, pri novem problemu, pa je bilo potrebno razvijati od začetka. Tako je v poznih dvajsetih letih začela nastajati fleksibilna platforma za razvoj aplikacij za integracijo proizvodnje, katero sedaj imenujemo SAP Manufacturing Integration and Intelligence.

SAP MII se je prvotno imenoval Lighthammer CMS (Collaborative Manufacturing Suite). Razvit je bil v ameriškem podjetju Lighthammer Software, leta 2005 pa ga je pod svoje okrilje vzelo nemško podjetje SAP AG. Izdelek so preimenovali v xMII (SAP xApp MII). Prvi izid pod oznako SAP xMII je bil verzije 11.5, tekkel je na Microsoft IIS platformi

(Internet Information Server). V verziji 12.0 je bil sistem prestavljen na platformo SAP NetWeaver in preimenovan v SAP MII.

3.3.1 SAP NetWeaver

NetWeaver je tehnološka osnova za SAP aplikacije. Velja za storitveno usmerjeno aplikacijsko in integracijsko platformo. Poleg svojih aplikacij podpira tudi rešitve partnerjev in rešitve, ki jih podjetja razvijajo sama. Tako je možno znotraj podjetja obstoječe sisteme povezovati in vzdrževati brez nepotrebnih stroškov.

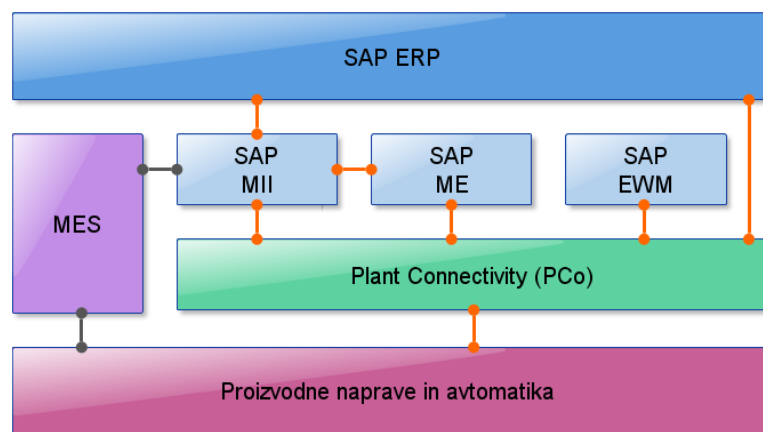


Slika 14: SAP NetWeaver - celovita tehnološka osnova za poslovne rešitve

SAP NetWeaver je v osnovi napisan v programskem jeziku ABAP, uporablja pa tudi C, C++ in Java EE. Zagotavlja povezljivost z okolji Microsoft.NET, Java 2 Platform Enterprise Edition (J2EE) in IBM WebSphere. Vključuje tudi spletne standarde, kot so HTTP, XML in druge spletne storitve. NetWeaver zagotavlja popolno podporo Java tehnologiji, vključno z J2EE, Enterprise JavaBeans (EJB), J2EE Connector Architecture (JCA), Java Naming and Directory Interface (JNDI), Java Message Service (JMS) in Java Database Connectivity (JDBC). SAP ponuja širok spekter varnostnih mehanizmov in storitev za avtentikacijo, avtorizacijo in varno izmenjavo podatkov, ki ustrezajo najhujšim kriterijem zaščite in integritete podatkov. NetWeaver podpira najrazličnejše avtentikacijske mehanizme, kot so digitalni certifikati (X.509), pametne kartice, Java Authorisation and Authentication Service (JAAS), avtentikacijo z uporabniškim imenom in geslom. Za lažjo prijavo je na voljo enotna prijawa (single sign-on). Podatke o uporabnikih lahko upravljamo centralno v LDAP (Lightweight Directory Access Protocol) direktoriju.

3.3.2 Plant Connectivity

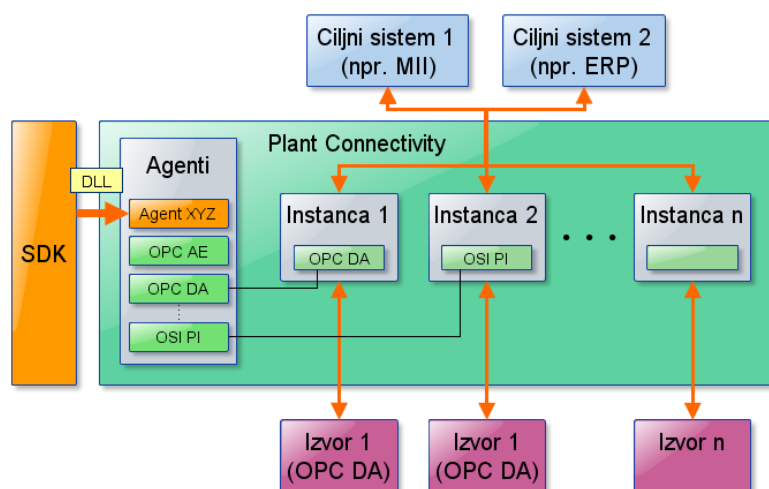
Plant Connectivity (PCo) je SAP-ova komponenta, ki zagotavlja izmenjavo podatkov med SAP-ovimi sistemi in različnimi industrijskimi izvori podatkov, kot so procesni historian, SPC sistemi, proizvodne naprave ipd. PCo je .NET aplikacija, napisana v programskem jeziku C#. PCo lahko izmenjuje podatke s sistemi SAP MII, SAP Manufacturing Execution (SAP ME) in sistemi SAP Business Suite, kot sta SAP ERP ali SAP EWM.



Slika 15: Povezava komponente Plant Connectivity z ostalimi sistemi

Plant Connectivity podpira dve vrsti procesa, to sta opozorilni in proizvodbeni proces.

Opozorilni proces (Notification Process) omogoča spremljanje proizvodnje in beleženje nenadnih neželenih dogodkov, kot so kršenje prednastavljenih pravil ali spremembe signalov. Tako lahko na primer ob zastoju v proizvodnji takoj obvestimo pristojne. Sistem omogoča pošiljanje obvestil na ciljni sistem (npr. SAP MII), ta pa poskrbi za nadaljnjo obdelavo. Poglejmo primer spremljanja temperature zraka v prostoru z opozarjanjem s sistemom MII. Predhodno določimo spodnjo in zgornjo mejo za proženje alarma in v sistemu MII določimo akcijo, ki se izvede ob prekoračitvi meja. Lahko nastavimo pošiljanje obvestila na elektronsko pošto, obvestila za vzdrževanje v sistemu ERP, beležimo neželene dogodke ipd.



Slika 16: Pregled sistema Plant Connectivity

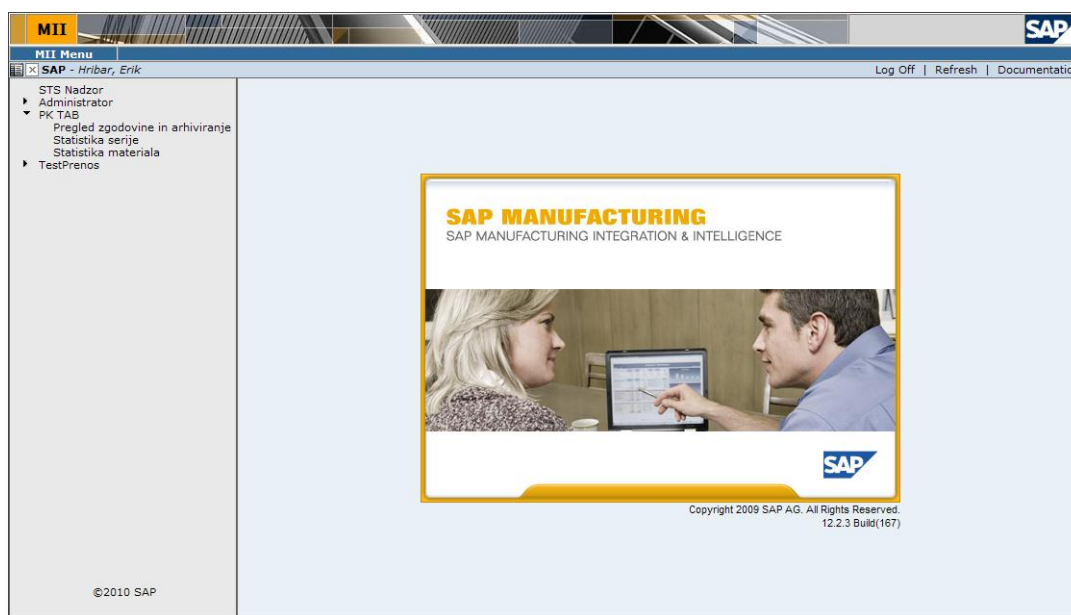
Poizvedbeni proces (Query Process) vrača podatke iz izvornih sistemov ciljnemu sistemu glede na dano poizvedbo. Take podatke lahko v MII uporabljamo za prikaz na zaslonu, alarme, naknadne obdelave in pošiljanje v druge sisteme.

PCo uporablja za vzpostavljanje povezav agente. To so .NET DLL komponente, ki podpirajo množico programskih vmesnikov za zajem podatkov iz podatkovnih virov. PCo agenti podpirajo vmesnike za različne OPC standarde (OPC DA, OPC HDA, OPC AE, OPC UA), OLE DB, GE Fanuc Proficy Historian, OSIsoft PI itd. Sistem je možno tudi razširiti z gradnjo lastnih vmesnikov, s pomočjo priloženega razvojnega orodja (SDK).

3.3.3 Portal in administratorski meni

3.3.3.1 SAP MII Portal

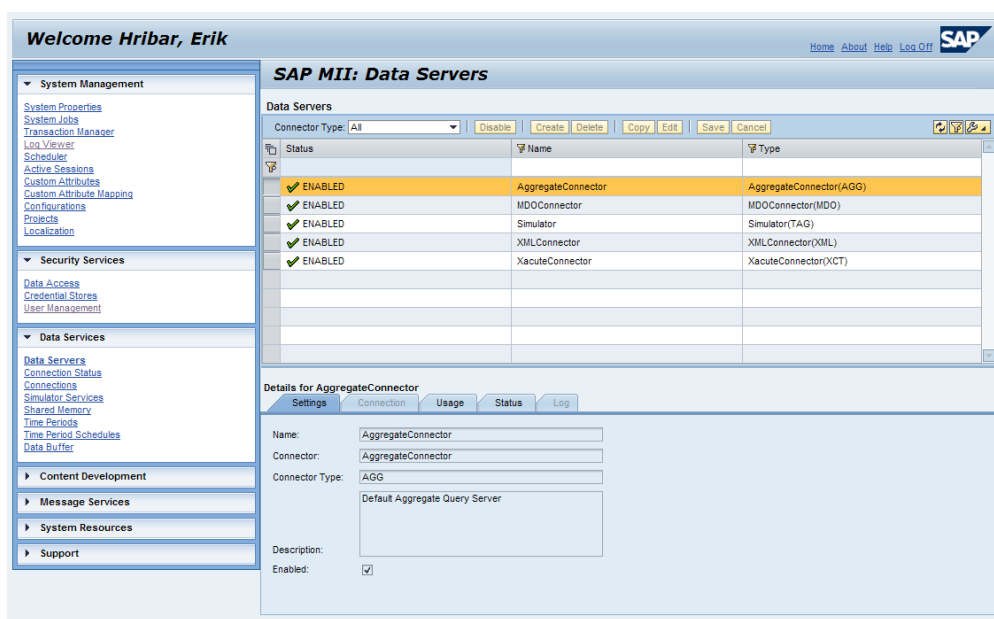
SAP MII Portal je namenjen prikazu spletnih vsebin, ki so razvite v Workbenchu in hkrati predstavlja uporabniški dostop do MII aplikacij. Spletne strani zasnovane v MII so lahko interaktivni oziroma statični prikazi podatkov ali kar vmesnik za nadzor določene aplikacije. Uporabniki imajo v navigacijskem meniju na voljo povezave do strani, ki so jim omogočene glede na njihovo vlogo. Za dostop do portala je zahtevana avtentikacija z vnosom uporabniškega imena in gesla.



Slika 17: SAP MII Portal

3.3.3.2 SAP MII Menu

SAP MII omogoča urejanje nastavitve sistema prek spletnega vmesnika imenovanega MII Menu. Vmesnik je razdeljen na sedem kategorij: sistemsko upravljanje, varnostne storitve, podatkovne storitve, razvoj vsebine, storitve za sporočanje, sistemski viri in podpora. Pod kategorijo sistemsko upravljanje spadajo splošne sistemske nastavitve, upravljanje poslov (jobs), uvoz in izvoz nastavitve, pregled sistemskih logov, upravljanje transakcij, upravljanje s projekti ipd. V varnostnih storitvah upravljamo uporabniške vloge in pravice za dostop do podatkovnih virov.



Slika 18: Administracija sistema SAP MII

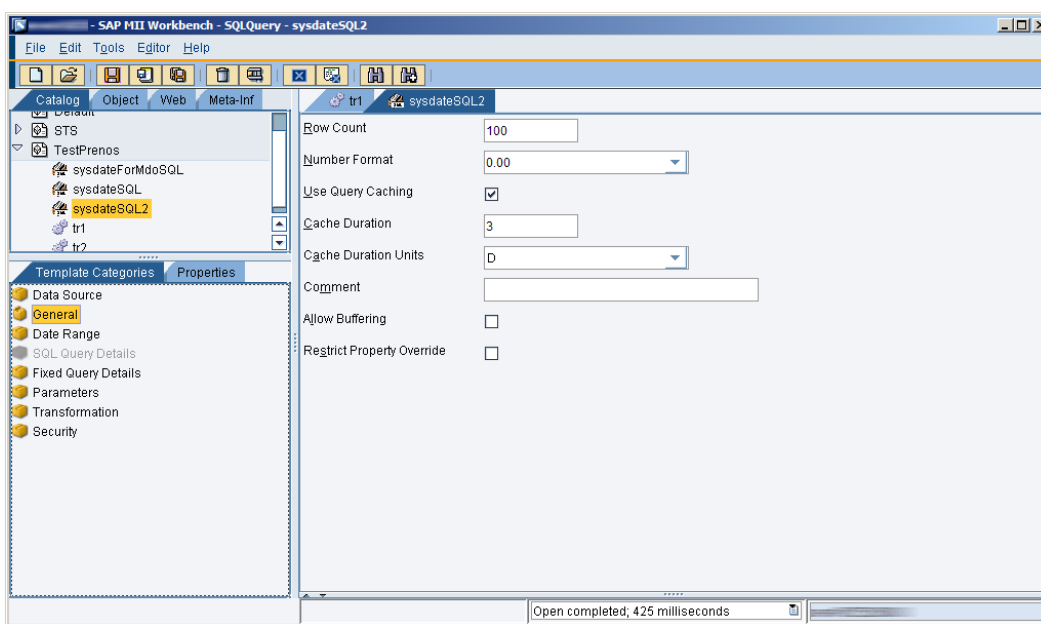
V MII Menu-ju se konfigurira povezave na podatkovne vire, ki jih lahko uporabljamo v različnih projektih. Prav tako se tukaj nastavlja komunikacijo z drugimi sistemi, kot je na primer izmenjava sporočil z ERP. MII omogoča tudi simulacijo zajema podatkov iz podatkovnega vira, kar nam je lahko v veliko pomoč pri gradnji rešitve, kadar priklop na napravo v fazi razvoja še ni možen.

3.3.4 Razvojno okolje

Razvojno okolje za MII aplikacije se imenuje SAP MII Workbench. To je Java Swing aplikacija, do katere dostopamo preko MII Menu-ja. MII Workbench je okolje IDE za razvoj in upravljanje SAP MII objektov iz katerih gradimo MII aplikacijo. Rešitve na MII sistemu vodimo kot projekte. Nov projekt ustvarimo v orodju Workbench, kjer tudi urejamo vso vsebino projekta. Uporabniški vmesnik sestavljajo menijska vrstica, orodna vrstica in razvojna plošča. Ta se deli še na navigacijski meni, nastavitveni meni in urejevalnik dokumentov.

Navigacijski meni je razdeljen na štiri zavihke:

- *Catalog* – seznam objektov v MII repozitoriju (predloge, BLS transakcije, animirani objekti, SVG objekti, dokumenti, scheme)
- *Object* – seznam posebnih podatkovnih objektov MDO (Manufacturing Data Object)
- *Web* – Seznam datotek za prikaz na spletu: HTML, JSP in IRPT (MII poročilni format). Poleg tega se tukaj ureja tudi ostalo spletno vsebino, kot so slike, JavaScript datoteke, predloge CSS ipd.
- *Meta-Inf* – seznam skupnih nastavitvev projekta in lokalizacije



Slika 19: SAP MII Workbench - razvojno okolje

Urejevalnik dokumentov prikazuje odprte dokumente v zavihkih. Tako je s preklapljanjem med zavihki mogoče urejati več dokumentov hkrati. Ima več pogledov za različne tipe datotek. Datoteke lastnega tipa, specifične za MII, kot so transakcije, predloge za prikaz podatkov (tabele, grafi), poizvedbe ipd., so zapisane v formatu XML. Urejamo jih preko grafičnih vmesnikov, ki se razlikujejo za vsak tip. Urejevalnik podpira tudi urejanje oziroma pregled standardnih tipov datotek. Omogoča predoglede slik, za tekstovne datoteke (TXT, HTML, JSP, JS, CSS,...) pa je na voljo urejevalnik kode.

3.3.5 Predloge za poizvedbe in prikaz podatkov

Za prikaz različnih vsebin in uporabniških vmesnikov za MII aplikacije, uporabljamo spletne strani oziroma IRPT poročila, ki so v osnovi HTML datoteke z MII izboljšavami (večezična podpora itn.). Za lažji in učinkovitejši prikaz podatkov imamo na voljo različne tipe predlog (Display Templates), ki poenostavljajo gradnjo uporabniških vmesnikov. Predloge temeljijo na podatkih iz shranjenih poizvedb (Query Templates) in so na strani prikazani kot Java applet ali statična slika. Appleti omogočajo medsebojno povezljivost preko širokega nabora metod, do katerih dostopamo preko kode JavaScript. Način prikaza statične slike pa je primeren za predstavitev statične vsebine ali prikaz na mobilnih napravah, ki ne podpirajo Jave.

Pametna uporaba predlog je zelo pomembna tudi iz vidika **modularnosti**. Poleg zmanjšanja kompleksnosti aplikacije in lažjega vzdrževanja, pridobimo tudi na performansah. To še posebej velja pri predlogah poizvedb. Te omogočajo nastavitev predpomnenja za določeno časovno obdobje. Tako lahko ob večkratnem klicanju iste predloge zmanjšamo število dostopov na bazo, saj nam sistem MII vrača rezultate iz predpomnilnika. Pri predlogah za prikaz podatkov pa je oblikovanje predlog in njihova souporaba pomembna tudi za enoten izgled aplikacije.

3.3.5.1 Tipi predlog za poizvedbe

Predloge za poizvedbe (Query Templates) uporabljajo za povezavo predhodno nastavljene podatkovne vire (Data Servers). Te se nastavi v MII Menu-ju. Ti podatkovni viri uporabljajo različne konektorje (connectors) za različne vrste podatkovnih virov. Primer najbolj splošnega konektorja je IDBC Connector. Ta omogoča povezavo na katerokoli relacijsko bazo (MS SQL, Oracle DB itd.). Kot jezik za poizvedovanje se uporablja SQL. Ker so za različne tipe podatkov primerne različni načini poizvedovanja, imamo na voljo štiri tipe predlog za poizvedbe:

- **OLAPQuery** – omogoča zajem podatkov iz podatkovnih virov OLAP (OnLine Analytical Processing), ki so značilni za sisteme poslovnega obveščanja. Ti podatki so predstavljeni kot nekakšne večdimenzionalne kocke, jezik za poizvedovanje se imenuje MDX (Multidimensional Expressions).
- **SQLQuery** – omogoča zajem, vnašanje, posodabljanje in brisanje podatkov iz relacijskih podatkovnih baz.
- **TagQuery** – za zajem in vnos v podatkovne vire, ki uporabljajo značke (ang. Tag). Ta tip predloge omogoča zajem dejanskih vrednosti značk in interpolirane vrednosti za določeno obdobje. Take poizvedbe so primerne za povezavo na procesni historian.
- **XacuteQuery** – omogoča izvajanje BLS transakcij iz appletov na spletni strani. Ta način je primeren za zahtevnejše pridobivanje podatkov, kjer je potrebno zajeti in obdelati podatke iz različnih virov. BLS transakcije so podrobneje opisane v poglavju 3.3.6.

3.3.5.2 Tipi predlog za prikaz podatkov

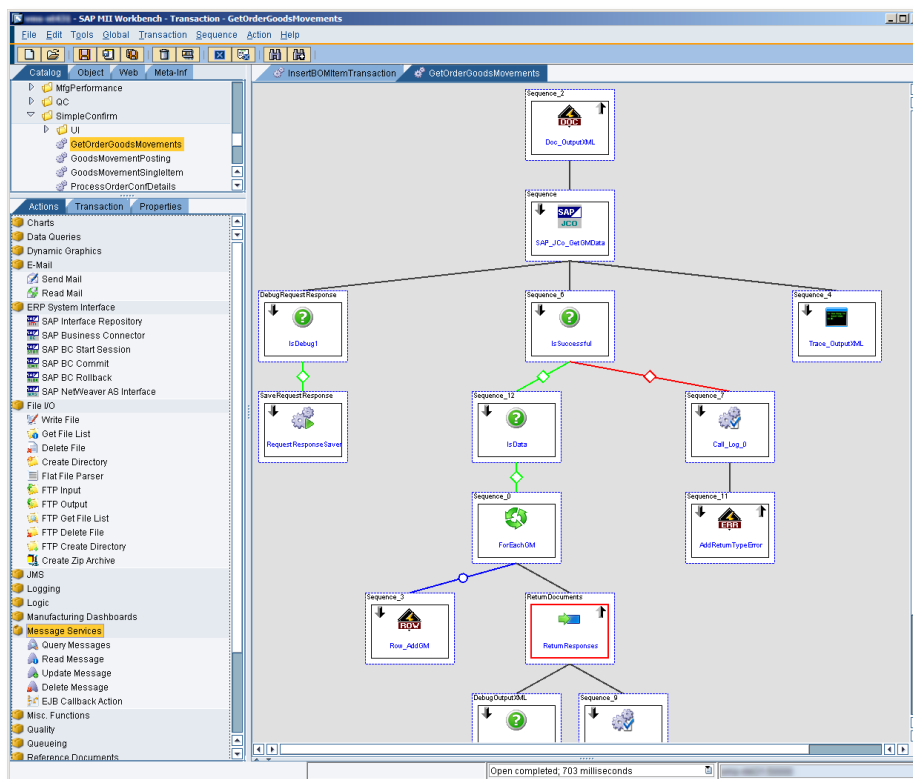
- **iGrid** predloga za prikaz tabel. Omogoča barvanje vrstic/polj glede na kriterije v podatkih. Predloga ne podpira vnosa podatkov v tabele. Na voljo je več podtipov, ki podpirajo različne funkcionalnosti. Podtipi so:
 - Grid (običajna tabela, omogoča barvanje besedila ali ozadja na nivoju vrstic)
 - ColumnLights Grid (namesto podatkov prikazuje barvne lučke)
 - EmbeddedLights Grid (prikaz barvnih lučk z oznako)
 - Lights Grid (na koncu vsake vrstice prikazuje barvni indikator)
 - Scoreboard Grid (omogoča barvanje na nivoju celic)
 - MultiLights Grid (na koncu vsake vrstice doda več barvnih indikatorjev)
 - Vertical Grid (zamenjani stolpci in vrstice)
 - VerticalScoreboard Grid (zamenjani stolpci in vrstice za Scoreboard Grid)
- **iChart** predloga za prikaz grafov. Omogoča širok nabor nastavitev in več podtipov za različne vizualizacije podatkov. Podpira dvajset vrst grafov, najbolj pogosti so: črtni, stolpčni, razvrstilni stolpčni, tortni, polarni, naložen stolpčni, X Y (raztreseni), površinski itn.
- **iSPCChart** predloga za prikaz t.i. SPC³ grafov. To so grafi za statistično analizo procesne kontrole. Ključne lastnosti so:
 - Velika izbira podtipov za različne vrste analiz: XBAR, XBAR-MR, XBAR-SDEV, EWMA, MEDIAN, HISTOGRAM, BOX-WHISKER, P, NP, C, U itn.
 - Avtomatsko računanje standardnih statističnih indeksov.
 - Vizualni alarmi na grafu ob prekoračitvi meja.
 - Dodajanje komentarja k vsaki točki.
 - Možnost označitve in odstranjevanja točk za ad-hoc uporabniške analize
- **iTicker** predloga za prikaz drsečega teksta z dinamično vsebino (kot pri prikazu borznih tečajev). Omogoča avtomatsko posodabljanje in spreminjanje barve teksta ali ozadja glede na vrednost.
- **iBrowser** predloga za prikaz podatkov v obliki seznama, drevesa ali spustnega seznama. Predlogo lahko pri gradnji uporabniškega vmesnika uporabimo za prikaz podatkov ali kot izbirni meni.
- **iCommand** nevidna predloga za poganjanje poizvedb, ki ne vračajo izhodnih podatkov (create, update, delete). Podpira digitalni podpis za gradnjo aplikacij, ki morajo upoštevati predpise 21 CFR Part 11⁴.
- **iCalendar** predloga za grafični vmesnik za izbor datuma.

³ SPC (ang. Statistical Process Control) je zbirka statističnih orodij in metod za analizo in kontrolo procesa. Ključna orodja so kontrolni grafi, ki prikazujejo stabilnost procesa.

⁴ CFR – Code of Federal Regulations Title 21 Part 11 je množica predpisov na področju elektronskega podpisovanja za kritične zapise. Z namenom zagotavljanja pristnosti in zanesljivosti podatkov zahteva implementacijo kontrol, kot so sledljivost, validacije, el. podpisovanje, dokumentacija prog. opreme itn.

3.3.6 BLS transakcije

BLS (Business Logic Services) je MII-jev pogon za izvajanje logičnih transakcij. BLS transakcije omogočajo razvoj modelov za procesiranje podatkov, sistemsko integracijo, generiranje alarmov, izračune KPI-jev in še mnogo več. Transakcije ustvarjamo in grafično modeliramo z orodjem SAP MII Workbench.



Slika 20: Modeliranje BLS transakcije

BLS transakcije so shranjene v formatu XML in se interpretirajo ter izvedejo ob zagonu transakcije. BLS transakcije lahko zaganjamo iz spletne strani preko appleta ali kot spletno storitev iz zunanjega sistema. Za razvojne namene pa je možen zagon iz Workbench-a. Na voljo je tudi način za razhroščevanje (Debug Mode).

Transakcija je zgrajena iz medsebojno povezanih sekcij (Sections), ki vsebujejo gradnike. Tok izvajanja gradnikov znotraj sekcije gre iz leve proti desni, po sekcijah pa od vrha navzdol. Tok izvajanja lahko kontroliramo s pomočjo posebnih gradnikov, ki se obnašajo kot vejitve in zanke (glej poglavje o gradnikih 3.3.6.1). Gradniki so med seboj povezani preko vhodnih in izhodnih povezav (Input / Output Links). Te povezave so definirane kot formule, s katerimi prirejamo vrednosti atributom. V formulah lahko uporabljamo vhodne parametre transakcije ali parametre gradnikov, ki so se že izvedli. Preden se gradnik izvede se nastavijo vse vrednosti, ki smo jih definirali v vhodnih povezavah. Po izvedbi gradnika pa se nastavijo še izhodne povezave, kjer lahko prirejamo vrednosti gradnikom, ki še čakajo na izvajanje in izhodnim parametrom transakcije.

3.3.6.1 Gradniki

Za sestavljanje modela transakcije je na voljo bogata paleta gradnikov. Vsak od njih ima množico parametrov in lastnosti, katere je mogoče spreminjati, kar zagotavlja še večjo fleksibilnost in uporabnost transakcij.

Tako imamo na primer gradnike za poizvedbe (Data Queries), kateri omogočajo, da v transakciji uporabljamo različne vrste poizvedb, ki jih imamo shranjene v repozitoriju. Tak način omogoča, da uporabljamo definirano poizvedbo za različne probleme in se tako izognemo podvajanju kode.

Gradniki so razvrščeni v več kot dvajset skupin. Nekaj pomembnejših:

- **Dynamic Graphics** – V transakciji nastavimo povezavo na objekt za dinamično grafiko, ki je shranjen v repozitoriju. Ta je v osnovi SVG slika, ki ima določene parametre, kateri se dinamično spreminjajo. Enostaven primer je lučka za alarm. Tukaj je parameter barva lučke, ki jo s poljubno logiko v transakciji spreminjamo in izhod transakcije prikazujemo na zaslonu. Pogosti primeri uporabe so tudi grafični prikazi nivojev zalog v rezervoarjih, prikazi števecov, sheme linij ipd.
- **Logic** – V tem sklopu so gradniki za prirejanje parametrov, klicanje drugih transakcij, ustavitev transakcije ter gradniki za kontrolo toka izvajanja programa (Conditional, For Next Loop, Repeater, Switch, While Loop).
- **XML Functions** – Gradniki za razčlenjevanje (ang. parse) in kreiranje XML dokumentov za integracijo in podatkovno manipulacijo je ena pomembnejših funkcij sistema BLS. Ta skupina vsebuje gradnike za statistiko (agregatne funkcije), kalkulacije po stolpcih, normalizacijo, unijo, časovno interpolacijo, razvrščanje, razčlenjevanje teksta v XML, XSL transformacije in druge. Poleg te skupine so za delo z XML na voljo še gradniki v skupinah **SAP MII XML Output** in **Reference Documents**.

Poleg teh funkcionalnosti, so na voljo še gradniki za pošiljanje elektronske pošte, branje direktorijev, branje in pisanje v datoteke, zapisovanje dnevniških datotek, komunikacijo z ERP sistemom, zajem podatkov iz spletnih strani, delo s spletnimi storitvami in še veliko več.

4 Načrtovanje in izvedba rešitve

S projektom želimo predstaviti zmogljivost in uporabnost sistema SAP MII na področju procesne kontrole. Pripravili bomo demonstracijski projekt, ki bo obsegal pregled zgodovine meritev kontrolne enote in arhiviranje teh meritev ter prikaz statistike skupaj z meritvami procesnega laboratorija. V prejšnjih poglavjih je opisano trenutno stanje, cilji projekta in želene funkcionalnosti, prednosti pred obstoječim stanjem ter tehnologija za izvedbo projekta. Uporabniške zahteve iz uvoda specificirajo štiri glavne funkcije sistema:

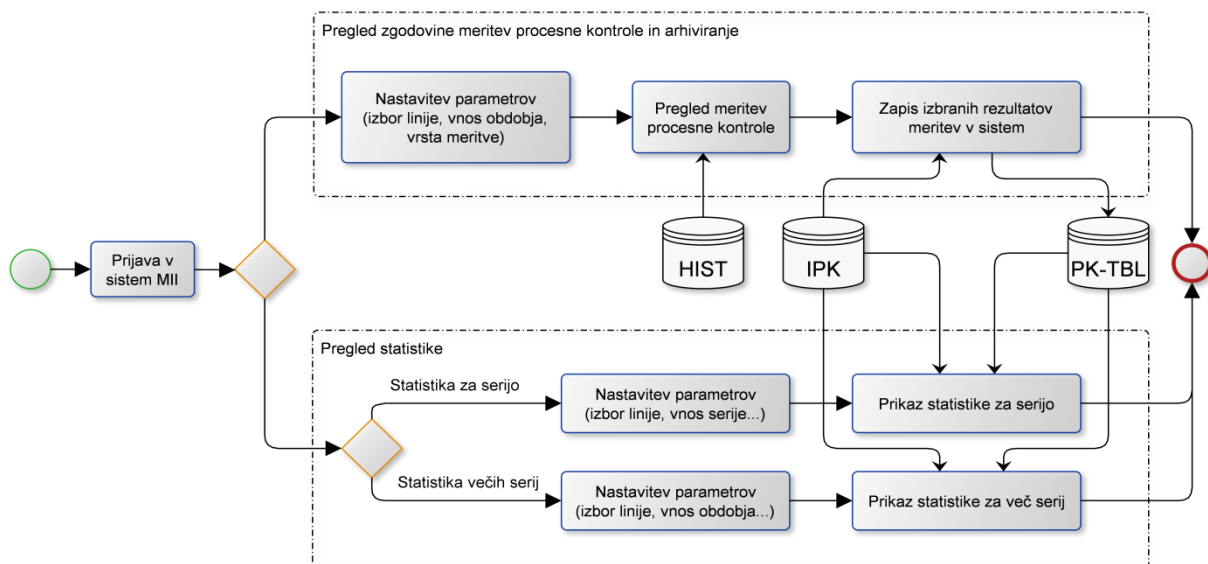
- **Pregled zgodovine meritev kontrolne enote tabletirke** – Prikaže seznam meritev kontrolne enote izbrane tabletirke za izbrano časovno obdobje in lastnost (masa, trdnost, premer, debelina). Seznam prikazuje tudi točen čas meritve vzorca.
- **Arhiviranje meritev za statistične analize** – Model prenosa meritev kontrolne enote v podatkovno bazo iz katere se bodo črpali podatki za statistično analizo. Zagotoviti je potrebno tudi porabniški vmesnik za izbiro meritev in rešitev za prenos izbranih meritev v relacijsko bazo.
- **Prikaz statistike rezultatov meritev procesne kontrole za izbrano serijo** – Omogoča pregled statistike meritev procesnega laboratorija in kontrolne enote. Rešitev mora biti ustrezna za primerjavo rezultatov meritev med obema viroma in pregled skupne statistike.
- **Prikaz statistike rezultatov meritev procesne kontrole za izbran material** – Za izbrano šifro materiala v izbranem časovnem obdobju prikaže statistiko meritev procesnega laboratorija in kontrolne enote. Iz analize je možno izključiti poljubno serijo.

4.1 Načrt rešitve

Štiri glavne funkcije sistema sem glede na tehnološka izhodišča in sorodnost funkcionalnosti razdelil na dva dela:

- **Pregled zgodovine meritev procesne kontrole in arhiviranje meritev**
- **Pregled statistike rezultatov meritev procesne kontrole**
 - Statistika serije
 - Statistika materiala

Definirali smo tri uporabniške vmesnike, ki bodo dostopni preko MII Portala. Za dostop bo zahtevana ustrezna uporabniška vloga ter vnos uporabniškega imena in gesla. Pregled zgodovine in arhiviranje je realizirano na skupnem uporabniškem vmesniku, ki omogoča izbiro vzorca meritev iz zgodovine in zapis v podatkovno bazo. Prikaz statistike ima dva različna uporabniška vmesnika za statistiko serije in statistiko materiala. Način uporabe aplikacije in glavni tok podatkov prikazuje Slika 21.



Slika 21: Funkcionalna dekompozicija projekta in logični tok izvajanja

4.1.1 Načrt rešitve za pregled zgodovine meritev kontrolne enote in arhiviranje

4.1.1.1 Zajem meritev kontrolne enote tabletirke

Podatke za pregled zgodovine meritev kontrolne enote tabletirke bomo zajemali iz procesnega historiana. Najprej je potrebno pripraviti zajem potrebnih procesnih podatkov iz tabletirke v procesni historian. Rezultate meritev bomo s sistemom MII prenašali iz procesnega historiana in jih ustrezno obdelali. Kontrolna enota meri vzorce desetih tablet naenkrat, zato bo tudi seznam meritev zgrajen tako, da bo razvidno katera meritev pripada kateremu vzorcu. K vsakemu vzorcu meritev bomo dodali še serijo. Tudi to bomo zajeli iz procesnega historiana. Ker se podatkovna točka (ang. tag), ki hrani serijo, spreminja samo ob začetku in koncu serije, bomo morali rezultate meritev in serijo zajeti z ločenima poizvedbama. Rezultate meritev bomo zajemali s poizvedbo tipa 'Event', ki zajame vse dogodke. Serijo pa bomo zajeli s poizvedbo tipa 'Interpolate', ki naredi interpolacijo za določeno časovno obdobje in izbrano natančnost. Izvedbo za zajem serije bomo v transakciji zagnali za vsako meritev in združili podatke. Zraven bomo dodali še informacijo o prisotnosti vzorca meritve v arhivski bazi. Ta podatek bo uporabniku prikazoval kateri vzorci meritev so že arhivirani.

Poizvedbe na procesni historian so specifične za posamezno tabletirko. Zato bo potrebno za vsako tabletirko ustvariti novo poizvedbo, ki definira podatkovne točke za zajem ustreznih meritev oziroma serije. Ker želimo postopek zajema podatkov z BLS transakcijo karseda poenostaviti in avtomatizirati, bomo definirali sistem poimenovanja poizvedb. Generično poimenovanje bo tudi pripomoglo k boljši organiziranosti ter lažjemu obvladovanju poizvedb, saj se jih bo s časoma kar nekaj nabralo. Vsaka tabletirka ima svojo poizvedbo po seriji in štiri poizvedbe po meritvah ter po eno za vsak atribut (masa, trdnost itd.). Ime vsake poizvedbe se začne s šifro tabletirke in nadaljuje z enotno oznako tipa meritve (ali gre za poizvedbo po seriji ali meritvi). Poizvedbe po meritvah imajo na koncu še šifro atributa.

4.1.1.2 Arhiviranje meritev kontrolne enote tabletirke

Za arhiviranje meritev kontrolne enote bomo uporabili podatkovno bazo Microsoft SQL Server. To odločitev smo sprejeli zaradi kompatibilnosti z obstoječim arhivom meritev iz procesnega laboratorija. Ta je v podatkovni bazi aplikacije IPK (v nadaljevanju baza IPK), ki je prav tako Microsoft SQL Server. Novo podatkovno bazo bom v nadaljevanju imenoval baza PK-TAB. Tako je tudi kodno ime tega demonstracijskega projekta. Ime predstavlja okrajšavo za Procesno Kontrolo na delovni operaciji TABLETiranje.

Preučil sem strukturo obstoječe tabele za hranjenje izvedenih meritev v bazi IPK. Ugotovil sem, da bo najbolje, da za arhiv meritev iz kontrolne enote uporabim popolnoma enako strukturo. Tako bom lahko z istimi poizvedbami zajemal podatke o meritvah iz baze PK-TAB in baze IPK. Poleg tega bomo lahko v prihodnosti meritve iz obeh virov združili v skupno bazo.

Meritve se tukaj ne hranijo več kot vzorec (skupina desetih meritev), kot so prikazane v pregledu zgodovine meritev iz kontrolne enote, ampak je vsaka meritev svoj vnos. Poleg rezultata meritve in datuma meritve, se zapisuje še datum vnosa v sistem, vrsta meritve (masa, trdnost itd.), material, serija, enota mere, uporabnik in id naprave (tabletirke). Te podatke pridobivamo iz različnih virov.

4.1.1.3 Uporabniški vmesnik

Uporabniški vmesnik za pregled zgodovine kontrolne enote in arhiviranje sestavljajo:

- **Vhodni parametri**
 - Tabletirka: spustni meni za izbiro tabletirke
 - Parameter: spustni meni za izbiro parametra tablete (masa, trdnost itd.)
 - Datum: vnosno polje z možnostjo grafične izbire datuma
 - Gumb OSVEŽI: za potrditev parametrov in zajem podatkov za seznam meritev
- **Seznam meritev kontrolne enote**

Seznam je prikazan v obliki tabele z naslednjimi podatki:

 - Datum: čas meritve vzorca (do sekunde natančno)
 - Deset rezultatov meritev
 - Serija: prikazuje katera serija se je proizvajala v času meritve
 - Indikator arhiva: prikazuje, če je meritev že v arhivu
- **Podrobnosti za izbran vzorec meritev**

Prikaz podrobnosti izbranega vzorca meritev iz seznama meritev.
Sestavni deli:

 - Glava: podrobnosti o seriji (izdelek, delovni nalog, datum razpisa, datum zaključka, predpisane vrednosti itd.)
 - Graf z meritvami vzorca desetih tablet z označeno predpisano vrednostjo in zgornjo ter spodnjo mejo

- **Gumb za vnos meritev v arhiv**
Sproži transakcijo za zapis izbranih meritev iz seznama v podatkovno bazo PK-TAB.

Glavni element je seznam meritev kontrolne enote. Osvežuje se z vnosom vhodnih parametrov in klikom na gumb 'OSVEŽI'. Ob izboru meritve iz seznama se osveži prikaz podrobnosti izbrane meritve. Na seznamu meritev mora biti razvidno kateri vzorec meritev je trenutno izbran in kateri so že arhivirani.

4.1.2 Načrt rešitve za pregled statistike

4.1.2.1 Zajem podatkov

Ker smo za arhiv meritev kontrolne enote določili enako strukturo tabele kot jo uporablja aplikacija IPK, bomo za zajem rezultatov meritev uporabljali iste poizvedbe oz. predloge poizvedb (Query Template). V transakciji se dinamično spreminja podatkovni vir, glede na vhodni parameter transakcije.

Pregled statistike za več serij bomo omejili na statistiko materiala in omogočili izbiro serij, ki so vključene v statistiko. Za različne materiale so določene različne omejitve in drugačne predpisane vrednosti. Zato bi bilo nesmiselno pregledovati skupno statistiko serij, ki pripadajo različnim materialom. Uporabnik bo določil šifro materiala in časovno obdobje. Iz seznama serij, ki ustrezajo tem kriterijem, bo izbral tiste, ki jih želi vključiti v statistično analizo.

4.1.2.2 Prikaz statistike

Kot primer prikaza statističnih podatkov medprocesne kontrole smo vzeli poročila, ki se že uporabljajo za analitično spremljanje kakovosti. Za pregled statistike serije in statistike izdelka so tabelarično prikazani naslednji podatki: predpisana vrednost, povprečna vrednost, odstop povprečne vrednosti od predpisane vrednosti, odstotek odstopa povprečne vrednosti od predpisane vrednosti, minimalna dosežena vrednost, maksimalna dosežena vrednost, velikost vzorca, standardni odklon, koeficient variabilnosti ($KV = \text{standardni odklon} / \text{povprečna vrednost}$), razpon ($R = \text{maksimalna dosežena vrednost} - \text{minimalna dosežena vrednost}$).

Prav tako bosta v pregled statistike serije in materiala vključena dva grafa porazdelitve po razredih (histograma). Prvi histogram bo prikazoval distribucijo rezultatov meritev iz procesnega laboratorija, drugi pa iz kontrolne enote tabletirke. Meritve so porazdeljene v sedem razredov. Ti so določeni s predpisi, ki jih zajemamo iz baze IPK. To so tehnološka spodnja in zgornja meja, predpisana spodnja in zgornja meja ter predpisana vrednost.

V pregled statistike materiala bodo vključeni še grafi, ki prikazujejo statistične podatke za vsako serijo:

- **Povprečje, Min, Max** - povprečna vrednost, minimalna dosežena vrednost, maksimalna dosežena vrednost in označena predpisana vrednost ter predpisane meje
- **StDev** – standardni odklon
- **Cp, Cpk** – sposobnost procesa

To so črtni grafi, tudi te prikazujemo po dva, ločeno za meritve iz baze IPK in baze PK-TAB.

4.1.2.3 Uporabniški vmesnik

Funkcionalnost izpisa statistike rezultatov meritev medprocesne kontrole, bo zajemala dva ločena pregleda:

1. Pregled statistike serije:

- **Vhodni parametri**
 - Serija – vnosno polje
 - Izbirni seznam parametrov tablete (masa, trdnost...)
 - Gumb 'OSVEŽI' – osvežitev podatkov glave in statistike
- **Glava**

Prikazuje podatke o izbrani seriji (izdelek, delovni nalog, predpisane meje).
- **Statistika**

Za vsak izbran parameter prikaže:

 - tabelo s statističnimi vrednostmi
 - par histogramov (ločena histograma za meritve procesnega laboratorija in meritve kontrolne enote) – glej poglavje 4.1.2.2

2. Pregled statistike materiala:

- **Vhodni parametri**
 - Prvi sklop:
 - Material – vnosno polje
 - Časovno obdobje (dve vnosni polji z možnostjo izbora datuma iz koledarja)
 - Gumb 'Pokaži serije' – prikaz ali osvežitev seznama serij
 - Drugi sklop:
 - Izbirni seznam serij
 - Izbirni seznam parametrov tablete
 - Gumb 'Prikaži statistiko' – prikaz ali osvežitev podatkov glave in statistike
- **Glava**

Prikazuje podatke o izbranem materialu (ime materiala, predpisane meje)
- **Statistika**

Za vsak izbran parameter prikaže:

 - tabelo s statističnimi vrednostmi
 - par histogramov in trije pari črtnih grafov (ločeni grafi za meritve procesnega laboratorija in meritve kontrolne enote) – glej poglavje 4.1.2.2.

4.2 Priprava

4.2.1 Priprava podatkov

4.2.1.1 Zajem podatkov iz tabletirke v procesni historian

Tabletirke ponujajo zajem procesnih podatkov iz več tisoč podatkovnih točk (tagov). V procesnem historianu pa hranimo le tiste, ki jih potrebujemo. Iskanje uporabnih podatkov iz tako velike množice točk je kljub opisu točk v dokumentaciji tabletirk precej naporno. Opisi znajo biti zelo splošni in dvomljivi za interpretacijo. Kot primer vzemimo podatkovno točko z opisom: »Production end in time«. Ta bi lahko pomenil čas konca proizvodnje (serije). Obstaja primer v praksi, ko ta opis pripada točki s podatkom o trajanju serije. Druga težava pri iskanju je ta, da vsaka podatkovna točka iz dokumentacije ne vsebuje podatka.

Poleg tega imamo še različne proizvajalce tabletirk, ki ponujajo različne podatke. Tabletirka proizvajalca Kilian vrača podatke o meritvah v eni podatkovni točki za vsak merjeni parameter, medtem ko ima tabletirka Fette za vsako tableto iz vzorca svojo podatkovno točko. Demonstracijski projekt bo obsegal le tabletirke proizvajalca Fette, medtem ko bo v kratkem potrebno sistem nadgraditi, tako da bo možen pregled zgodovine in arhiviranje tudi za tabletirke drugih proizvajalcev.

Odločili smo se, da iz tabletirke zajemamo čim manj podatkov. Torej le tiste, ki jih nujno potrebujemo. To so rezultati meritev procesne kontrole in trenutna serija. Ti podatki morajo biti zanesljivo na vseh tabletirkah. Druge podatke, na primer podatke o materialu, bomo dobili iz drugih sistemov.

Pomembna je tudi pravilna nastavitvev zajema v procesni historian. Zbiralci, preko katerih procesni historian zajema podatke iz izvorne naprave, omogočajo širok nabor nastavitvev za različne potrebe. Za sisteme historian skrbijo strokovnjaki v oddelku za procesno informatiko, ki so nam ustrezno konfigurirali zajem rezultatov meritev medprocesne kontrole in podatke o trenutni seriji.

4.2.1.2 Priprava podatkovnega modela za potrebe aplikacije

Za potrebe aplikacije imamo novo podatkovno bazo PK-TAB na strežniku Microsoft SQL Server. Za arhiviranje meritev kontrolne enote tabletirke, sem kreiral tabelo z identično strukturo, kot jo ima tabela, ki hrani meritve v bazi IPK. Iz te tabele se bodo zajemali podatki za prikaz statistike meritev iz kontrolne enote tabletirke.

Šifrantov in drugih tabel iz baze IPK za enkrat ne bomo podvajali s kopiranjem v bazo PK-TAB, saj bo za trenutne potrebe zadoščal zajem iz baze IPK.

4.2.2 Projektna dokumentacija

Ob razvoju projekta je bilo potrebno pripraviti ustrezno dokumentacijo. Po definiranju funkcij in ciljev projekta je nastal dokument URS (User Requirements Specification) ali Uporabniške zahteve. V dokumentu je najprej predstavljeno začetno stanje, cilji in obseg projekta. Specificirane so glavne funkcije in prednosti pred začetnim stanjem. Sledi podrobnejši opis funkcij sistema, kjer smo opisali kateri podatki se bodo zajemali in prikazovali pri pregledu zgodovine meritev kontrolne enote, katere podatke je potrebno zapisovati v arhiv meritev kontrolne enote ter na kakšen način bo uporabnik izvajal arhiviranje. Za statistične preglede je opisano kateri podatki morajo biti prikazani v tabeli in kateri z grafi. Določeno je tudi kateri tipi grafov so zahtevani. Okvirno je določen tudi uporabniški vmesnik in vrsta dostopa, ter varnostne zahteve. Zahtevan je dostop do sistema z avtentikacijo z uporabniškim imenom in geslom.

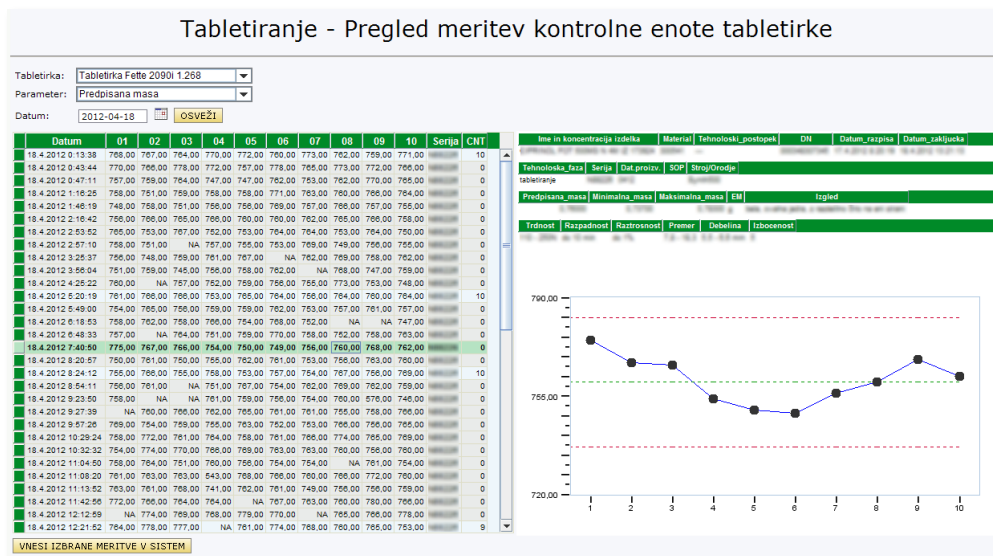
Naslednji korak je specifikacija funkcionalnih zahtev, ob kateri nastane dokument FS (Functional Specification). Ta se ne ukvarja več z začetnim stanjem in prednostmi vpeljave, temveč se posveti funkcijam sistema. Glavne funkcije so razdelane in podrobneje opisane. Predstavljeni so tudi izračuni in kritični algoritmi, ki nastopajo v sistemu. Za statistične parametre, katerih izračun ni splošno znan, so podane formule (npr. indeksa Cp in Cpk za izračun sposobnosti procesa, koeficient variabilnosti). Funkcionalna specifikacija opredeljuje tudi nefunkcijske attribute sistema, kot so razpoložljivost, možnost razširitve in prilagoditve, prostorske kapacitete ter življenjska doba sistema.

Dokument, ki opisuje tehnično izvedbo rešitve, je Design specifikacija ali DS (Design Specification). V uvodu dokumenta je naveden kratek opis načrta rešitve ter shematičen prikaz konfiguracije strojne opreme in vpliva na okolje sistema. Nadaljevanje zajema podrobnejši opis konfiguracije sistema in opredelitev nastavitvenih parametrov ter podroben opis strojne in programske opreme.

4.3 Izvedba rešitve za pregled in arhiviranje meritev kontrolne enote

4.3.1 Uporabniški vmesnik

Uporabniški vmesnik je zgrajen po specifikacijah iz poglavja 4.1.1.3. Dejanski izgled prikazuje spodnja slika.



Slika 22: Uporabniški vmesnik za pregled in arhiviranje meritev kontrolne enote

Spustna menija za izbiro tabletirke in parametra sem realiziral s pomočjo predlog iBrowser. Obe predlogi uporabljata podatke iz SQL poizvedb, ki zajemata podatke iz baze IPK. Seznam meritev je v tabeli iGrid. Podatki prihajajo iz poizvedbe tipa XacuteQuery, ki omogoča zajem iz obdelavo podatkov v transakciji. Ena vrstica v tabeli predstavlja en vzorec. To je deset meritev, ki jih sočasno izvede kontrolna enota. Vrstice vzorcev, ki še niso arhivirani, so obarvani.

Glava s podatki o seriji je sestavljena iz štirih iGrid predlog, ki uporabljajo podatke iste poizvedbe tipa SQLQuery s povezavo na bazo IPK. Za graf pa je uporabljena predloga iSPCChart s podatki iz poizvedbe XacuteQuery. Transakcije, ki stojijo za omenjenimi poizvedbami XacuteQuery, bom predstavil v nadaljevanju.

4.3.2 Zajem meritev kontrolne enote

V tem poglavju bom opisal kako se napolni tabela z meritvami iz kontrolne enote. Na spletni strani je prikazana kot Java applet s kodo iGrid, ki je del osnovne funkcionalnosti sistema SAP MII. Spodnja slika prikazuje izvleček kode za prikaz appleta na uporabniškem vmesniku (spletna stran) in nastavitve parametrov.

```

<applet name="appletMeritveGrid" codebase="/XMII/Classes" code="iGrid" archive="illum8.zip"
width="625" height="500" tabindex="1" mayscript>
  <param name="DisplayTemplate" value="PK-TAB/PotrditevMeritev/MeritveGRID">
  <param name="QueryTemplate" value="PK-TAB/PotrditevMeritev/MeritveTRQ">
  <param name="SelectionEvent" value="selectMeritve">
  <param name="InitialUpdate" value="false">
</applet>

```

Slika 23: Koda za prikaz Java appleta za tabelo meritev kontrolne enote

Applet je poimenovan appletMeritveGrid. Predlogi za prikaz (Display Template) in poizvedbo (Query Template) kažeta na mesto v MII repozitoriju, kamor sem shranil posamezno predlogo. Predloga za poizvedbo je tipa XacuteQuery, ki je neke vrste vmesnik za uporabo transakcije v kontekstu za poizvedbe.

Zajem se sproži s klikom na gumb 'Osveži', ki pokliče JavaScript funkcijo osveziMeritve(). V funkciji se poizvedbi najprej nastavijo vhodni parametri, ki se poberejo iz HTML vnosnega polja in iBrowser spustnih seznamov. Nato se kliče funkcija za osvežitev tabele.

```

function osveziMeritve(){
  var meritveGrid = document.appletMeritveGrid;
  var meritveGridQ = meritveGrid.getQueryObject();

  // Nastavitev parametrov
  meritveGridQ.setParam(1, document.getElementById('inputDatum').value); // inputDatum
  meritveGridQ.setParam(2, document.appletTabletirkeDropdown.getSelectedDataLinkValue()); // inputTabletirka
  meritveGridQ.setParam(3, document.appletParametriDropdown.getSelectedDataLinkValue()); // inputParameter

  // Osveži podatke tabele
  meritveGrid.refresh();
}

```

Slika 24: JavaScript funkcija, ki sproži poizvedbo za zajem meritev kontrolne enote

XacuteQuery ima nastavljeno transakcijo ter preslikovanje izhodnega parametra, ki ga dobimo iz transakcije in vhodnih parametrov, ki jih XacuteQuery posreduje transakciji. Nastavitve vhodnih parametrov prikazuje spodnja slika.

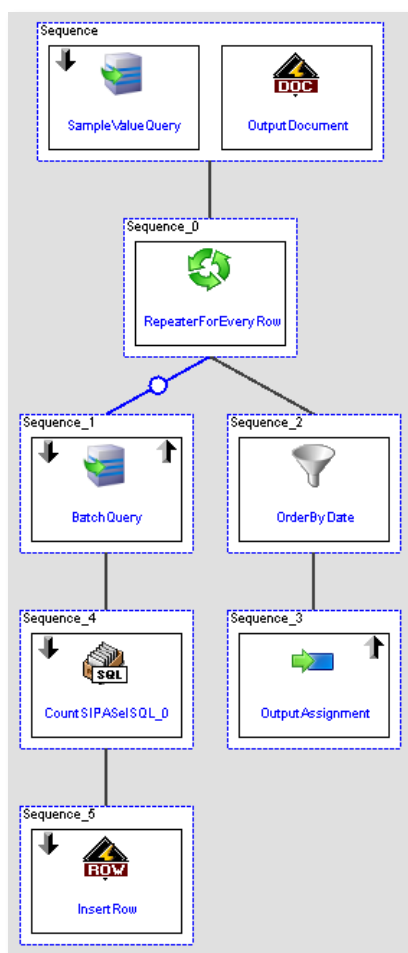
#	Mapped Param. Target
1	inputDatum
2	inputTabletirka
3	inputParameter
4	
5	
6	

Slika 25: Nastavitev preslikovanja vhodnih parametrov XacuteQuery na transakcijo

4.3.2.1 Transakcija za prikaz zgodovine meritev kontrolne enote

Transakcija dobi tri vhodne parametre (datum, tabletirka, parameter) in vrne XML tabelo z meritvami kontrolne enote (datum in deset rezultatov meritev), serijo kateri meritev pripada in število zapisov vzorca v arhivski bazi.

Na spodnji sliki je prikazan model transakcije iz Workbencha.



Slika 26: Transakcija za prikaz zgodovine meritev kontrolne enote

Zajem meritev kontrolne enote

Prvi gradnik skrbi za zajem meritev kontrolne enote iz procesnega historiana. Gradnik v času izvajanja glede na vhodne parametre izbere predlogo iz repozitorija. V repozitoriju hranimo za vsako tabletirko svoj nabor poizvedb na procesni historian. Nabor obsega poizvedbo po seriji, ki vrne en zapis. Način zajemanja podatka je interpolacija. Ostale poizvedbe v naboru vračajo rezultate meritev različnih atributov. Za vsak atribut je shranjena svoja poizvedba. V tem primeru interpolacija ni ustrezna, saj želimo dejanske vrednosti meritev. Način za zajemanje meritev je 'Event'. Poizvedbe so organizirane po imenu, preko katerega tudi transakcija dostopa. Poizvedbe za zajem serije so poimenovane: [id_tabletirke]_Batch, Poizvedbe za zajem meritev pa: [id_tabletirke]_Value_[id_parametra]. V gradniku za zajem meritev je za ime predloge nastavljen izraz:

```
"PK-TAB/PotrditevMeritev/ZajemMeritev/" & Transaction.inputTabletirka &
  "_Value_" & Transaction.inputParameter
```

Nastavimo tudi začetni datum poizvedbe iz vhodnega parametra transakcije. V poizvedbah za zajem meritev je nastavljeno zajemanje v časovnem obdobju enega dneva.



Slika 27: Direktorij poizvedb za zajem podatkov medprocesne kontrole iz tabletirk

OutputDocument

V isti sekvenci se nahaja tudi gradnik za definicijo izhodnega dokumenta. Tukaj se določil imena stolpcev in tipe.

RepeatForEveryRow

Levo vejo izvede za vsako vrstico zajetih podatkov meritev, se pravi za vsak vzorec meritve. Na koncu se izvede še desna veja.

Zajem serije

Gradnik deluje na podoben način kot gradnik za zajem meritev, le da v tem primeru ne nastavljamo začetnega datuma poizvedbe na vhodni parameter, ampak na datum meritve trenutnega vzorca, ki ga dobimo iz gradnika *RepeatForEveryRow*.

Zajem števila ujemanj vzorca v bazi PK-TAB

Gradnik uporablja v repozitoriju shranjeno poizvedbo tipa *SQLQuery*. Podani vhodni parametri so: datum vzorca, id tabletirke in id parametra.

Zapis vrstice - InsertRow

V *OutputDocument* zapiše vrstico iz predhodno zbranih podatkov. Katere vrednosti se zapišejo, se določi v urejevalniku povezav (*Link Editor*).

Razvrščanje po datumu – OrderByDate

Ta gradnik skrbi za urejanje XML tabele OutputDocument po datumu. Izvede se, ko RepeatForEveryRow konča svoj obhod.

OutputAssignment

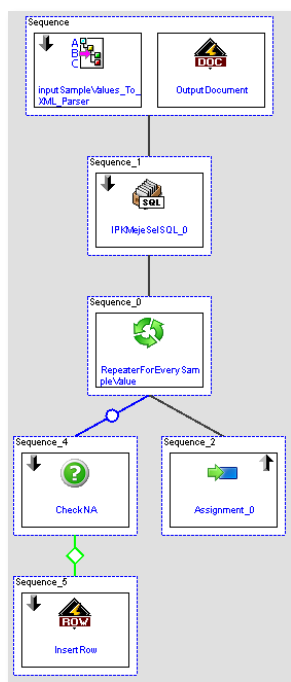
Nastavi urejeno XML tabelo za izhodni parameter transakcije. Ta se preko preslikave v poizvedbi XacuteQuery prenese v appletMeritveGrid, ki podatke prikaže v tabeli na spletni strani.

4.3.3 Obdelava podatkov za prikaz na grafu

Osvežitev grafa sproži appletMeritveGrid, ko izberemo meritev. Koda za prikaz appleta na spletni strani vsebuje nastavitev parametra 'SelectionEvent' = 'selectMeritve'. Ta nastavitev omogoči klic JavaScript funkcije selectMeritve() ob izboru vrstice v tabeli.

Funkcija najprej sproži osvežitev glave s podatki o seriji, če je to potrebno. Če je že prejšnji izbrani vzorec meritev pripadal isti seriji, kot novi izbrani vzorec, potem podatkov ne osvežuje. Drugi del funkcije skrbi za osvežitev grafa. Najprej nastavi vhodna parametra poizvedbe rezultate meritev in serijo, ki jih dobi iz izbrane vrstice v tabeli appletMeritveGrid. Rezultate meritev z JavaScript funkcijo zapakiramo v skupen niz, da jih lahko posredujemo v enem parametru. Parametri se preko QacuteQuery predloge prenesejo v transakcijo za obdelavo podatkov za prikaz vzorca meritev na grafu.

V prvi sekvenci je gradnik za razčlenjevanje vhodnega parametra z rezultati meritev in gradnik za definicijo XML dokumenta, ki ga transakcija vrača kot izhodni parameter.



Slika 28: Transakcija za obdelavo podatkov za prikaz meritev na grafu

Na grafu, za katerega pripravljamo podatke bomo prikazovali tudi predpisano vrednost in zgornjo ter spodnjo predpisano mejo. Zato v drugi sekvenci s poizvedbo SQLQuery zajamemo predpise iz baze IPK. Vhodni parameter poizvedbe je serija.

Zadnji del transakcije se sprehodi skozi vse meritve, preveri če obstaja vrednost in jo skupaj s predpisanimi vrednostmi zapiše v XML dokument. Ko pride skozi vse meritve, vrne XML dokument kot izhodni parameter, katerega XacuteQuery preslika na svoj izhod, ki služi kot vir podatkov za graf rezultatov izbranega vzorca meritev kontrolne enote.

4.3.4 Zapis meritev v arhiv

Za arhiviranje meritev uporabnik izbere vzorec iz seznama in klikne gumb za arhiviranje meritev. Ta kliče JavaScript funkcijo, ki nastavi vhodne parametre poizvedbe in jo izvede.

```
function arhiviranjeMeritv() {  
    // nastavitve parametrov  
    var insertQ = document.appletInsert.getQueryObject();  
    var meritveG = document.appletMeritveGrid.getGridObject();  
    insertQ.setParam(1, formatDate());  
    insertQ.setParam(2, meritveG.getSelectedCellValueByName('Serija'));  
    insertQ.setParam(3, packMeritve());  
  
    // izvedba ukaza  
    if(document.appletInsert.executeCommand()){  
        document.appletMeritveGrid.refresh();  
        alert("Meritve so uspešno vnesene");  
    }  
    else{  
        alert("Napaka: " + document.appletInsert.getLastErrorMessage());  
    }  
}
```

Slika 29: JavaScript funkcija, ki sproži zapis izbranega vzorca meritev v arhiv

Tudi za zapis vzorca meritev v arhiv uporabljamo poizvedbo XacuteQuery za katero stoji transakcija. V transakciji se najprej razčleni vhodni parameter z rezultati meritev in zapiše v XML obliki vsako meritev v svoji vrstici. Nato s poizvedbo SQLQuery zajamemo podatke o delovnem nalogu iz baze IPK, ker jih potrebujemo za vnos meritev v arhiv. Kot je bilo že omenjeno pri načrtovanju, smo podatkovno bazo za arhiviranje meritev kontrolne enote poimenovali PK-TAB. Podatke zapisujemo z SQLQuery poizvedbo, ki jo shranimo v repozitoriju. V njej definiramo SQL insert stavek v katerega vgradimo vhodne parametre, ki se nastavijo v transakciji. Ta SQLQuery poizvedba se požene za vsako meritev.



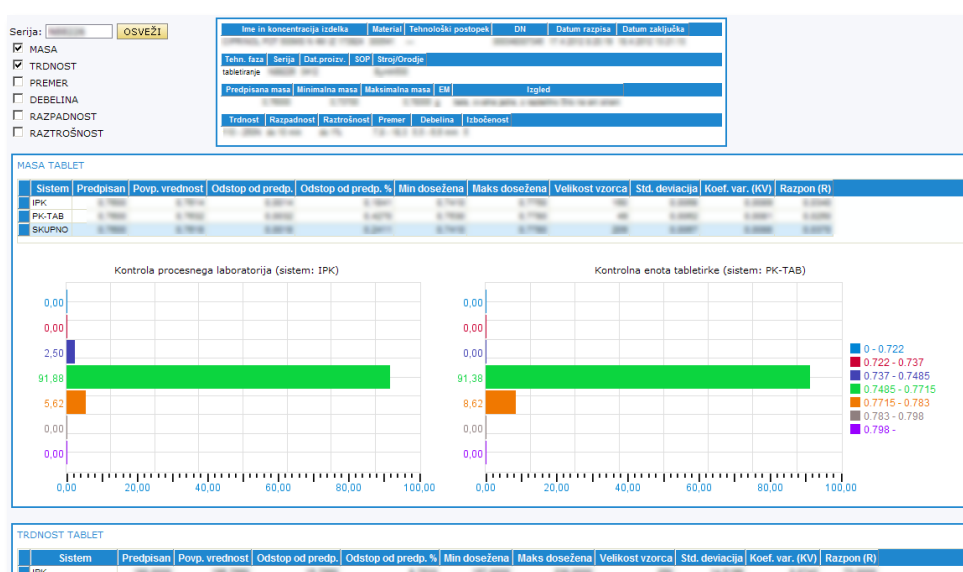
Slika 30: Transakcija za zapis meritev v bazo PK-TAB

4.4 Izvedba rešitve za statistično analizo podatkov medprocesne kontrole

4.4.1 Pregled statistike meritev procesne kontrole serije

4.4.1.1 Uporabniški vmesnik

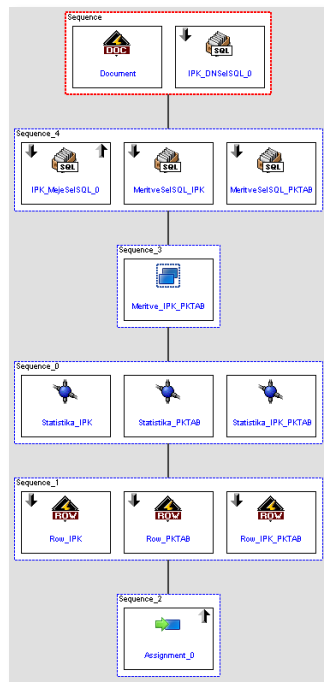
Uporabniški vmesnik sestavljajo vhodni parametri, glava s podatki o seriji in statistični pregled. Po vnosu vhodnih parametrov in potrditvi z gumbom 'Osveži', se prikažejo podatki glave in statistike. Najprej se dinamično generira HTML koda za prikaz statistike. V kodi JavaScript se za vsak označen atribut generira plošča s tabelarnim prikazom statistike in histogramom meritev procesnega laboratorija in kontrolne enote.



Slika 31: Uporabniški vmesnik za pregled statistike meritev procesne kontrole za serijo

4.4.1.2 Tabelarni izpis statistike

Vsak atribut ima svojo statistiko, ki je prikazana v appletu. Za vse attribute se uporablja ista predloga za prikaz in poizvedbo. Predloga za prikaz je tipa iGrid, poizvedba pa XacuteQuery. Poizvedba sprejme na vhod serijo in parameter (masa, trdnost itd.). Transakcija zajame podatke o delovnem nalogu iz baze IPK, ker potrebujemo šifro materiala za hitrejšo poizvedbo po podatkih meritev iz baze IPK in PK-TAB. Ker za izračun nekaterih statistik potrebujemo predpisano vrednost, ki jo bomo tudi vključili v izpis, zajamemo še podatke o predpisanih mejah iz baze IPK. Zajamemo še meritve iz baze IPK in baze PK-TAB. Ker potrebujemo tudi skupno statistiko, sem uporabil XML gradnik za unijo.



Slika 32: Transakcija za izračun statistike meritev medprocesne kontrole za serijo

V tabeli bodo torej tri vrstice: statistika meritev iz baze IPK, baze PK-TAB in skupna statistika. Uporabil sem tudi statistični gradnik za vsako vrstico. Ta izračuna minimum, maksimum, povprečno vrednost in standardni odklon. Te so vključene v statistiko in uporabne za izračun drugih kazalnikov, kot sta koeficient variabilnosti in razpon.

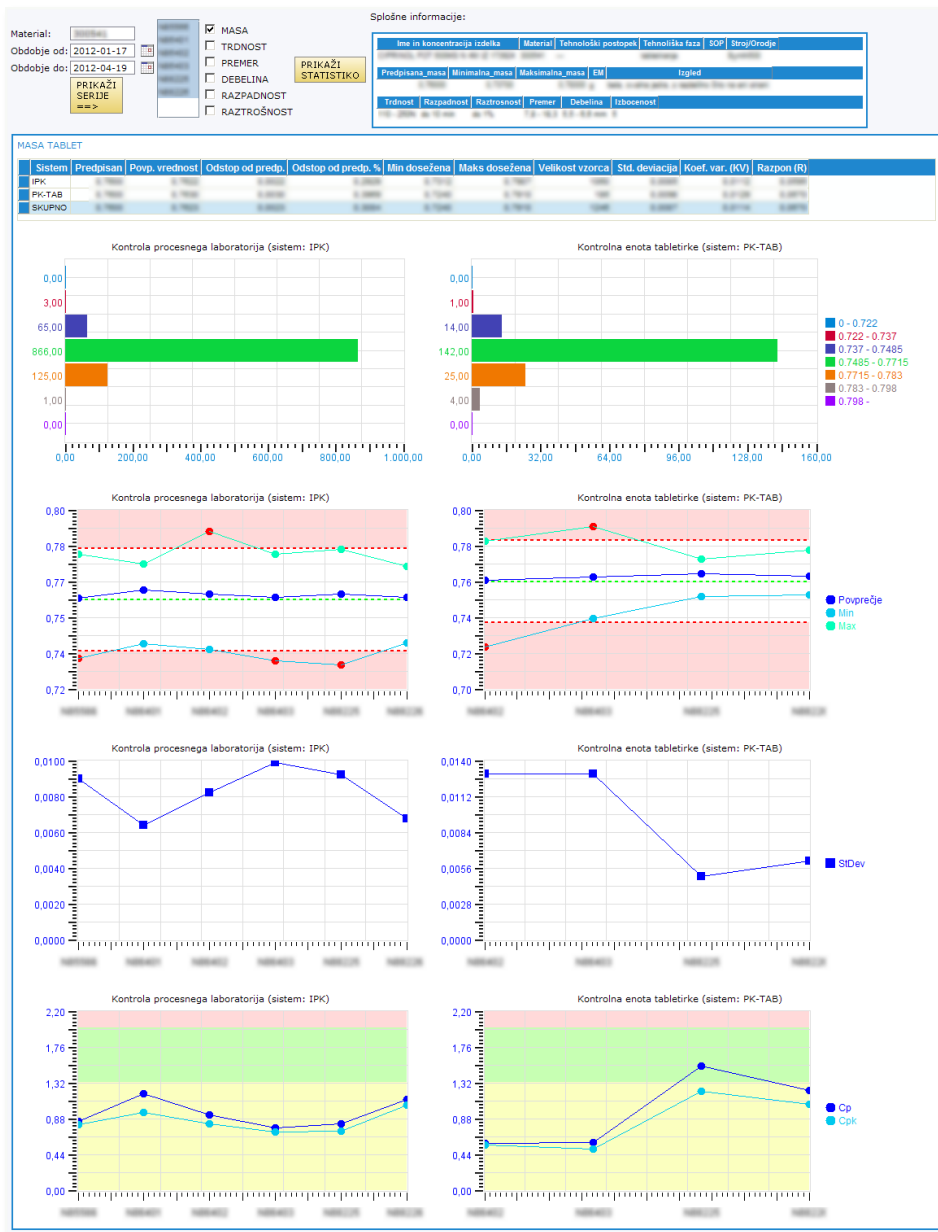
4.4.1.3 Grafi

Grafi so prikazani kot iChart Java appleti. Vsi uporabljajo isto predlogo za prikaz podatkov in prav tako vsi uporabljajo isto predlogo poizvedbe. Poizvedba je tipa XacuteQuery in uporablja transakcijo, ki dinamično spreminja izvorni strežnik za zajem meritev glede na vhodni parameter `inputServerPKTAB0IPK1`. Če ima parameter vrednost 0, potem se podatki zajemajo iz baze PK-TAB, če ima vrednost 1, pa iz baze IPK. Poleg omenjenega vhodnega parametra, potrebuje še serijo in parameter (masa, trdnost itd.).

4.4.2 Pregled statistike meritev procesne kontrole materiala

4.4.2.1 Uporabniški vmesnik

Uporabniški vmesnik za statistiko materiala je prav tako kot za statistiko serije sestavljen iz treh glavnih delov: vhodni podatki, glava in statistika.



Slika 33: Uporabniški vmesnik za pregled statistike meritev procesne kontrole za material

Vnos vhodnih podatkov je razdeljen na dva koraka. Prvi korak je izbira materiala in končnega ter začetnega datuma. S klikom na gumb 'Prikaži serije' se v izbirnem seznamu prikažejo serije vnesenega materiala za izbrano obdobje. Seznam za izbiro serije je iBrowser Java applet, ki pridobiva podatke iz baze IPK. Po osvežitvi podatkov se avtomatsko označijo vse serije. Tako je uporabniku olajšano delo, saj je funkcionalnost izbora serij načeloma namenjena izločevanju serij. Drugi korak je izločitev serij in izbor atributov. S klikom na

gumb 'Prikaži statistiko' se prikaže glava s podatki o materialu in statistika za vsak izbran atribut.

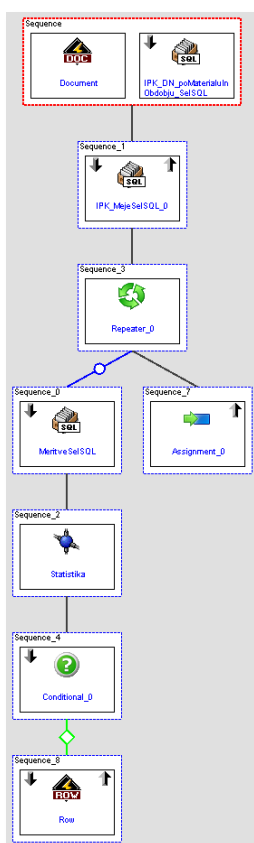
Podobno kot pri statistiki serije je tukaj prikazana tabela s statističnimi podatki in dva histograma, ki prikazujeta porazdeljenost rezultatov meritev po razredih. Kot je opredeljeno v načrtu (poglavje 4.1.2.2), ima statistika po materialu še tri dodatne pare grafov.

4.4.2.2 Tabelarni izpis statistike

Princip je identičen kot pri izpisu statistike rezultatov meritev medprocesne kontrole po seriji. Razlika je pri poizvedbi, ki sprejme namesto ene serije seznam serij. Zato je tudi transakcija malo bolj komplicirana.

4.4.2.3 Grafi

Grafi porazdelitev so identični grafom na statistiki po seriji. Ti so opisani v poglavju 4.4.1.3. Poleg teh so tu še grafi za povprečno, minimalno in maksimalno vrednost, standardni odklon in zmogljivost procesa. Vsi grafi uporabljajo isto poizvedbo, a različne predloge za prikaz.



Slika 34: Transakcija za zajem in obdelavo podatkov za statistične grafe po serijah

5 Analiza projekta

5.1 Težave med projektom

Prvi problem so predstavljali nepripravljeni podatki o meritvah kontrolnih enot tabletirk v procesnem historianu in težave ob pripravi, ki sem jih že opisal v poglavju 4.2.1.1. Zajem rezultatov meritev kontrolne enote je pravilno konfiguriran le za tabletirke proizvajalca Fette. Pregled zgodovine meritev kontrolne enote in arhiviranje meritev smo zato pripravili le za tabletirke Fette. Rešitev bo potrebno nadgraditi še s pregledom in arhiviranjem zgodovine za tabletirke Kilian, ko bo pripravljen zajem v procesni historian.

Omenil bi tudi problem oblikovanja uporabniških vmesnikov. Tu gre za kodiranje v jeziku HTML, kar je sicer zelo fleksibilno, vendar precej zamudneje kot gradnja uporabniških vmesnikov v grafičnih razvojnih okoljih, kot smo jih vajeni v drugih razvojnih orodjih. Poleg tega je urejevalnik kode v Workbench-u precej pomanjkljiv. Funkcije za samodejno dokončevanje nima vgrajene za noben programski jezik, težave pa mu povzroča že zamikanje in barvanje sintakse. Zato je za kaj več kot le manjše popravke kode, potrebno uporabiti nek alternativni urejevalnik kode. Tu se pojavi problem, da je vsebina projekta shranjena v repozitoriju in je vidna le v Workbenchu. Glede na pričanja številnih izkušenih razvijalcev na sistemu MII, je povsem običajna praksa kopiranje kode v alternativni urejevalnik kode in nazaj v Workbench. Poleg tega, da je to zelo primitivna in časovno potratna metoda, je tudi precej dovzetna za napake in lahko povzroči izgubo podatkov. Ker MII v trenutni različici nima vgrajenega sistema za obvladovanje verzij, je to še toliko večji problem.

Glede na to, da so predloge za prikaz podatkov zelo zmogljive in bogate s funkcionalnostmi, sem tudi na tem področju naletel na nekaj omejitev. Tako me na primer ni prepričala najzmogljivejša predloga za statistično analizo procesne kontrole iSPCChart. Ta omogoča prikaz histograma za množico meritev s samodejnim izračunom porazdelitve po razredih. Problem je v tem, da je obdelava preveč avtomatska, saj je edini parameter število razredov. V našem primeru smo imeli predhodno določene meje razredov, ki so bile izračunane iz tehnoloških meja, predpisanih meja ter predpisane vrednosti. Da sem realiziral prikaz zahtevanega grafa, sem porazdelil rezultate meritev po razredih s prirejeno SQL poizvedbo in obdelavo v BLS transakciji ter tako pripravljene podatke prikazal s predlogo za običajne grafe iChart.

5.2 Nadaljnji razvoj projekta

Prvi cilj je projekt spraviti skozi vsa testiranja in dokumentacijo za uvedbo na produkciji. Za kasneje se planira tudi povezavo s sistemom ERP in proizvodnim informacijskim sistemom. Že sedaj pa se je pojavilo ogromno idej za izboljšavo obstoječe rešitve. Prva stvar, ki bi lahko prišla v poštev je uporaba QM modula za elektronsko podpisovanje ob zapisu meritev kontrolne enote v arhiv. Ob tem bi bilo potrebno nadgraditi tudi sistem za arhiviranje meritev tako, da bi bilo mogoče z enim podpisom prenesti v arhiv več označenih vzorcev. Uvedba elektronskega podpisa je za upravljanje z GxP kritičnimi podatki obvezna. Poleg tega je zahtevano tudi vodenje sledljivosti (audit trail). Sistem bo potrebno nadgraditi tudi za zajem podatkov iz tabletirk proizvajalca Kilian.

Pri pregledu statistike po materialu bi lahko med vhodnimi parametri ponudili tudi tehnološki postopek. Poleg tega bi lahko ob pregledu statistike omogočili izvoz rezultatov meritev in izračunanih statistik v formatu CSV. Glavo s podatki o seriji oziroma materialu, bomo preoblikovali in prikazovali kot HTML tabelo, saj trenutna rešitev s štirimi applety ni performančno najbolj ustrezna.

Sistem bomo nadgradili tudi na področju upravljanja napak. Na nivoju BLS transakcij bo potrebno implementirati zapisovanje napak v dnevniško datoteko, ter o napakah preko uporabniškega vmesnika obveščati uporabnika. V transakcijah bo potrebno preverjati uspešnost poizvedb, saj lahko pride do padca povezav na podatkovne baze SQL ali procesni historian, ki je povezan preko strežnika Plant Connectivity.

6 Zaključek

V diplomskem delu sem najprej predstavil motivacijo za uporabo podatkov medprocesne kontrole na delovni operaciji tabletiranje. Nato sem opisal problem zajema procesnih podatkov in preučil tehnologije, ki sodelujejo pri prenosu podatkov. Predstavil sem platformo za izgradnjo in izvajanje kompozitnih aplikacij za integracijo proizvodnih sistemov, sistem SAP MII. Pripravil sem demonstracijski projekt za zajem in arhiviranje meritev iz kontrolne enote tabletirke ter prikaz statistike medprocesne kontrole na delovni operaciji tabletiranje. Opisal sem načrtovanje in izvedbo rešitve na sistemu SAP MII ter analiziral projekt.

Sistem MII se je izkazal kot odlična rešitev za zajem in obdelavo procesnih podatkov. Poleg tega ponuja še zmožljive predloge za prikaz podatkov in vgrajene funkcionalnosti za statistične preračune, ki so se tudi v praksi izkazali za zelo uporabne. Zato tudi sistemu MII pripisujem zasluge za hitro in uspešno izvedbo projekta. Veliko vrednost ima tudi možnost nadgradnje obstoječe rešitve, k čemur stremi tudi sam pristop razvoja aplikacij na sistemu MII. Ob spoznavanju sistema se nam sproti porajajo ideje za nove aplikacije, ki bodo nadgrajevale informacijske sisteme, da bomo dosegali še večjo učinkovitost proizvodnje in višjo kakovost izdelkov.

Seznam slik

Slika 1: Proces kontrole izdelka med tabletiranjem	5
Slika 2: Nivojska zgradba po standardu ISA-95	6
Slika 3: Shema problema in ciljev diplomske naloge.....	8
Slika 4: Shema povezav med napravami v procesnem laboratoriju	9
Slika 5: Kontrolna enota in tabletirka proizvajalca Fette	10
Slika 6: Funkcionalna sestava kontrolne enote Fette NIR Checkmaster.....	11
Slika 5: Shema toka podatkov od tabletirke do procesnega historiana	12
Slika 8: SCADA zaslon za nastavitvev tabletirke	13
Slika 9: SCADA zaslon za pregled tablet.....	13
Slika 10: OPC klasična arhitektura [13].....	14
Slika 11: Sodoben pogled na integracijo procesa - enotna arhitektura - OPC Unified Architecture [13].....	16
Slika 12: Aplikacija IPK – uporabniški vmesnik za kontrolo mase in videza	18
Slika 13: Umestitev sistema SAP MII v poslovno okolje [10]	19
Slika 14: SAP NetWeaver - celovita tehnološka osnova za poslovne rešitve.....	20
Slika 15: Povezava komponente Plant Connectivity z ostalimi sistemi.....	21
Slika 16: Pregled sistema Plant Connectivity.....	21
Slika 17: SAP MII Portal.....	22
Slika 18: Administracija sistema SAP MII	23
Slika 19: SAP MII Workbench - razvojno okolje	24
Slika 20: Modeliranje BLS transakcije.....	27
Slika 21: Funkcionalna dekompozicija projekta in logični tok izvajanja.....	30
Slika 22: Uporabniški vmesnik za pregled in arhiviranje meritev kontrolne enote	36
Slika 23: Koda za prikaz Java appleta za tabelo meritev kontrolne enote	37
Slika 24: JavaScript funkcija, ki sproži poizvedbo za zajem meritev kontrolne enote	37
Slika 25: Nastavitvev preslikovanja vhodnih parametrov XacuteQuery na transakcijo	37
Slika 26: Transakcija za prikaz zgodovine meritev kontrolne enote.....	38
Slika 27: Direktorij poizvedb za zajem podatkov medprocesne kontrole iz tabletirk.....	39
Slika 28: Transakcija za obdelavo podatkov za prikaz meritev na grafu	40
Slika 29: JavaScript funkcija, ki sproži zapis izbranega vzorca meritev v arhiv	41

Slika 30: Transakcija za zapis meritev v bazo PK-TAB.....	41
Slika 31: Uporabniški vmesnik za pregled statistike meritev procesne kontrole za serijo	42
Slika 32: Transakcija za izračun statistike meritev medprocesne kontrole za serijo	43
Slika 33: Uporabniški vmesnik za pregled statistike meritev procesne kontrole za material ..	44
Slika 34: Transakcija za zajem in obdelavo podatkov za statistične grafe po serijah	45

Literatura

- [1] A. Bhattacharjee, D. Saha, *Implementing and Configuring SAP MII*, Galileo Press, Boston, 2010.
- [2] Batch Control – Introduction to S95. Dostopno na:
<http://www.batchcontrol.com/s95/s95.shtml>
- [3] In-process control. Dostopno na: http://www.gmp-publishing.com/media/files/logfiles/Reading_Sample_11.1_In-process_control.pdf
- [4] Interna gradiva in dokumentacija podjetja
- [5] J. S. Oakland, *Statistical Process Control (Fifth edition)*, Burlington, Butterworth-Heinemann, 2003
- [6] N. Malek, B. Škafar, A. Vorina, *Ugotavljanje in zagotavljanje kakovosti*, Zavod IRC, Ljubljana, 2009
- [7] OPC, PLC, SCADA Component And Source Code. Dostopno na:
<http://www.ucancode.net/OPC-PLC-SCADA-Component-And-Source-Code.htm>
- [8] Problematika pri gradnji proizvodnih informacijskih sistemov: Učinkovit zajem realnih procesnih podatkov. Najdeno na:
http://lpa.feri.uni-mb.si/Pedagosko_delo/Snovanje_sistemov_vodenja/7teden.pdf
- [9] S. Sokolić, "Zajem procesnih podatkov za potrebe proizvodne informatike" v zborniku *Avtomatizacija v industriji in gospodarstvu*, Maribor, april 2003
- [10] SAP MII - Positioning within the Business Suite Portfolio. Dostopno na:
<http://fm.sap.com/data/UPLOAD/files/SAP%20MII%20Positioning%20091709.pdf>
- [11] SAP NetWeaver. Dostopno na: <http://www.sap.com/platform/netweaver/index.epx>
- [12] Slika tabletirke Fette. Dostopno na:
http://www.productanimations.com/fette_checkmaster_4-1.php
- [13] The OPC Foundation – OPC Architecture. Dostopno na:
http://www.opcfoundation.org/01_about/April19_OPC-DISPLAY%20LAYOUT.pdf
- [14] The OPC Foundation – What is OPC. Dostopno na:
http://www.opcfoundation.org/Default.aspx/01_about/01_what.is.asp?MID=AboutOPC

[15] Total Quality Management. Dostopno na:
<http://managementhelp.org/quality/total-quality-management.htm>