

SUSTAV UPRAVLJANJA POSLOVIMA ODRŽAVANJA U PROIZVODNIM POGONIMA HEP-a MAINTENANCE MANAGEMENT SYSTEM OF HEP POWER PLANTS

Krešimir Brckan, dipl. ing., EKONERG -

Institut za energetiku i zaštitu okoliša, Koranska 5, 10000 Zagreb, Hrvatska

Željko Dorić, dipl. ing. HEP Proizvodnja d.o.o.,

Ulica grada Vukovara 37, 10000 Zagreb, Hrvatska

Ralf Blomberg, dipl. oec., RWE Power AG, Essen, Germany, član Uprave TE

Plomin d.o.o., Luka b.b., 52234 Plomin, Hrvatska

Krešimir Brckan, dipl. ing., EKONERG - Institute for Energy and Environmental

Protection, Koranska 5, 10000 Zagreb, Croatia

Željko Dorić, dipl. ing. HEP Proizvodnja d.o.o.,

Ulica grada Vukovara 37, 10000 Zagreb, Croatia

Ralf Blomberg, dipl. oec., RWE Power AG, Essen, Germany, Board Member of TE

Plomin d.o.o., Plomin Luka b.b., 52234 Plomin, Croatia

Održavanje imovine je u elektroprivrednim tvrtkama ključna komponenta upravljanja. Vodeći se time HEP je u svojim tvrtkama kćerima koje obavljaju djelatnost proizvodnje električne te proizvodnje i distribucije toplinske energije pokrenuo projekt uvođenja Sustava upravljanja poslovima održavanja (SUPO). Cilj projekta SUPO bio je uspostaviti jedinstveni sustav upravljanja održavanjem tehničkih sustava u tim pogonima i podržati ga primjenom specijaliziranog informacijskog sustava. U radu je opisana uloga takvih sustava u vođenju poslovanja elektroprivrednih tvrtki. Također su prikazani osnovni moduli i funkcionalnost koju sadrži program SUPO glede upravljanja aktivnostima održavanja i logističkim funkcijama upravljanja zalihama te nabavom, tijekom njegova uvođenja te rezultati primjene u HEP-ovim proizvodnim pogonima i toplinarstvu.

Asset maintenance in power utilities is the key component of management. To this end HEP launched a project for the introduction of a maintenance management system (MMS) in its daughter companies engaging in the generation of electricity and in the generation and distribution of heat. The purpose of the MMS project was to set up a single management system for technical systems of these facilities and to support it by implementing a specialised IT system. The paper describes the role of such systems in managing the operations of power utilities. It also shows the basic modules and functionalities in the MMS software for managing maintenance activities and logistic functions of managing inventories and procurement, the course of its introduction, and the performance in HEP's power and heat plants.

Ključne riječi: informacijski sustavi za upravljanje održavanjem, program SUPO, strategija upravljanja održavanjem, upravljanje zalihama

Key words: IT systems for maintenance management, maintenance management strategy, managing inventories, MMS software solution,



1 UVOD

Informatizacija kao prvorazredni globalni proces i težnja podizanju konkurentnosti gospodarstva uvjetuju uvođenje informacijskih sustava u poslovanje kao imperativ i hrvatskim tvrtkama.

Prihvatanjem pravila europskoga elektroenergetskog sustava Hrvatska elektroprivreda postaje sudionik tržišne utakmice u kojoj će za uspjeh i konkurentnost biti presudno učinkovito gospodariti vlastitim tehničkim sustavima, odnosno, promatrano u širem kontekstu, cjelokupnom fizičkom imovinom.

Održavanje imovine je u elektroprivrednim tvrtkama ključna komponenta upravljanja. Funkcija mu je osigurati maksimalnu raspoloživost kapaciteta za proizvodnju, prijenos i distribuciju električne i toplinske energije, čime će se pojave degradacije, zastoja ili kvarova koji nepovoljno utječu na sposobnost izvršenja njihove zahtijevane funkcije svesti na najmanju moguću mjeru, uz minimalne troškove. Održavanje se, dakle, može promatrati i kao investicija u budući profit koji će se ostvariti kroz osiguranje kapaciteta i smanjenje operativnih troškova poslovanja [1]. Održavanjem se također dokazuje i briga te sprečava negativan utjecaj tehničkih sustava na okoliš.

Vodeći se ovim načelima, HEP je u svojim tvrtkama - kćerima HEP Proizvodnja d.o.o. i HEP Toplinarstvo d.o.o. (koje obavljaju djelatnost proizvodnje električne te proizvodnje i distribucije toplinske energije) pokrenuo projekt uvođenja Sustava upravljanja poslovima održavanja (SUPO). Cilj projekta SUPO bio je uspostaviti jedinstveni sustav upravljanja održavanjem tehničkih sustava u tim pogonima, što obuhvaća planiranje, organizaciju, pripremu i praćenje izvršenja, dokumentiranje i analizu svih aktivnosti u procesu održavanja. Sve navedene sastavnice upravljanja održavanjem podržane su primjenom specijaliziranog informacijskog sustava.

1 INTRODUCTION

IT as a top-priority process, aimed at raising economic competitiveness, requires an introduction of IT systems in the operation as an imperative in Croatian companies.

By accepting the rules of the European electric power system, Croatian Electric Power Utility is becoming a player in the field of market competition where success and competitiveness will depend on efficient management of one's own technical systems or, more broadly, of one's entire physical assets.

Asset maintenance in power utilities is the key component of management. Its function is to ensure a maximum availability of capacities for generating, transmitting and distributing electricity and heat in order to minimize the degradation, downtimes or failures affecting the capacity to operate as required at minimum cost. Maintenance can also be seen as an investment in the future profit by way of providing the capacity and cutting operating costs [1]. Maintenance also means care and prevention of negative effects of technical systems on the environment.

Guided by these principles HEP launched, in its daughter companies HEP Proizvodnja d.o.o. (HEP Generation) and HEP Toplinarstvo d.o.o. (HEP Heating), engaging in the generation of electricity and in the generation and distribution of heat, the project for the introduction of a maintenance management system (MMS). The goal of the MMS project was to set up a single maintenance management system for technical systems in the facilities mentioned, which included planning, organisation, preparation and monitoring of the performance, documenting and analysing all the activities in the maintenance process. All the components of maintenance management were to be supported by a specialised IT system.

2 RAZVOJ INFORMACIJSKIH SUSTAVA ZA PODRŠKU UPRAVLJANJU ODRŽAVANJEM

Posloводство elektroprivredne tvrtke, kao i svi ostali sudionici na tržištu, moraju odrediti ciljeve poslovanja, pri čemu je jedino bitan konačni rezultat. Kod operatera elektrana za uspješno poslovanje potrebno je uskladiti mnogo ciljeva - električnu energiju treba proizvoditi na siguran, ekološki prihvatljiv i troškovno konkurentan način.

Dok je utjecaj na okoliš uglavnom određen projektom postrojenja i na njega se u pogonu gotovo i ne može utjecati, ciljevi kao što su "sigurnost" (u smislu raspoloživosti) i "konkurentnost" (u smislu troškova) faktori su na koje se bitno može utjecati odlukama posloводства. Glavni je cilj operatera svake elektrane osigurati kontinuiran i siguran pogon uz visoku raspoloživost i minimalne specifične troškove proizvodnje.

U prošlosti je raspoloživost bila znatno ispred svih ostalih kriterija. Uvjeti isporuke električne energije omogućavali su da se troškovi opskrbe električnom energijom mogu prenijeti na kupce. U uvjetima nadmetanja, koji danas vrijede na tržištima električne energije, to više nije tako. Štoviše, u doba trgovanja električnom energijom na burzama, sposobnost njezine proizvodnje po trajno povoljnoj cijeni odlučuje o tome je li elektrana konkurentna, dakle hoće li moći prodati proizvedenu električnu energiju ili će je dispečer staviti u drugi plan u korist drugih elektrana, odnosno uvoza električne energije. Iz tog razloga posloводство svoju elektranu ne bi trebalo shvaćati samo kao postrojenje koje treba održavati nego kao visokoučinkovit proizvodni pogon koji treba voditi tako da se osigura optimalna pogonska raspoloživost.

Pouzdanost elektrane treba stalno održavati na visokoj razini. Zbog toga treba precizno odrediti komponente postrojenja koje su tehnički ključne za sigurnost i raspoloživost elektrane i upravljati njihovim životnim vijekom na način kojim će se osigurati maksimalna iskoristivost, bez nedopuštenog povećanja rizika ispada čitavog postrojenja.

Osnovna mogućnost za to je preventivno održavanje prema vremenskim ciklusima, koje se u pravilu temelji na preporukama proizvođača. Ti su ciklusi definirani s velikim stupnjem sigurnosti, čija su posljedica relativno visoki troškovi. Takvom strategijom održavanja bez problema se može upravljati "manualno", na temelju sustava kartoteka, pri čemu se radni nalozi za održavanje

2 DEVELOPMENT OF IT SYSTEMS FOR SUPPORTING MAINTENANCE MANAGEMENT

The management of a power utility, just like in any other player on the market, must set the goals for the business operation of the company, and what finally counts is solely the final result. To operate successfully, power plant operators need to harmonise a number of goals - electricity needs to be generated in a safe, environmentally friendly and cost effective manner.

While the environmental impact is mostly determined by the facility design, which generally cannot be influenced during operation, goals like "safety" (in terms of availability) and "competitiveness" (in terms of expenses) are factors that can be substantially influenced by management decisions. The main goal of the operator of any power plant is to ensure a continuous and safe operation at a high availability and minimum specific production costs.

In the past, availability came first, way before all the other criteria. The terms of electricity supply made it possible to shift the expenses of electricity supply to customers. Under the circumstances of competition now prevailing on electricity markets, this is no longer the case. What is more, in the time of stock market trading in electricity, the capability to generate electricity at a permanently favourable price is decisive for the competitiveness of the power plant, that is whether it will be able to sell the electricity generated, or whether the dispatcher will put it in the waiting line behind other power plants i.e. behind the import of electricity. For this reason the management should not see their power plant only as a facility that needs to be maintained, but as a highly efficient production plant that needs to be managed in such a manner as to secure optimum operating availability.

Reliability of the power plant needs to be constantly maintained on a high level. To this end the components of the facility need to be accurately defined that are technically vital to the safety and availability of the power plant, and their life cycles need to be managed in the manner that will secure maximum exploitation, without the unacceptable increase of downtime risk.

The basic possibility to achieve this is preventive maintenance in accordance with time cycles, normally on the basis of the manufacturer's recommendations. These cycles are defined with a high degree of safety in mind, which results in relatively high expenses. Such a strategy of maintenance can be easily managed "manually", on

izdaju kad se dostigne propisana periodičnost. U modernim elektranama primjenjuju se sofisticirani tehnički sustavi za vođenje pogona kojima se kontinuirano ili periodički prati i dijagnosticira stanje i radni parametri komponenata na temelju kojih se može ocijeniti njihovo stanje, stupanj istrošenosti i preostali životni vijek.

Glavni zadatak posloводства elektrane je da zajedno s vodećim inženjerima definira strategiju održavanja, u skladu s prikupljenim podacima. Pritom je potrebno usredotočiti se na raspoloživost s obzirom na sustav, a ne samo na raspoloživost pojedinih komponenti. Takva strategija naziva se održavanje usmjereno na stanje i uz uvjet da se optimalno provodi, zasigurno je najekonomičnija za pogon elektrane.

Za njezino je provođenje, osim prikupljenih podataka iz pogona elektrane, potreban informacijski sustav za podršku upravljanju održavanjem. Iz saznanja o aktualnom stanju komponenti, podataka pohranjenih u informacijskom sustavu (prethodne aktivnosti održavanja, inspekcije i kontrole, evidencije uzroka kvarova) i pogonskih iskustava gdje su intervali održavanja produljeni s obzirom na preporuke proizvođača, moguće je smanjenim opsegom održavanja postići znatne uštede troškova bez znatnijeg povećanja rizika od ispada.

U tu su svrhu razvijeni programi poznati na svjetskom tržištu informacijskih tehnologija pod nazivom Enterprise Asset Management (EAM) Systems, odnosno informacijski sustavi za upravljanje imovinom. Nastali su nadogradnjom, proširenjem i razvojem funkcionalnosti prve generacije računalom podržanih sustava za upravljanje poslovnim održavanjem, na tržištu poznatih kao Computerised Maintenance Management Systems - CMMS.

Informacijski sustavi za podršku upravljanju održavanjem (CMMS/EAM) namijenjeni su planiranju i pripremi, praćenju te analizi učinkovitosti i uspješnosti izvršenja aktivnosti održavanja u poduzećima. Razvojem funkcionalnosti dodana im je nova dimenzija, pa osim procesa održavanja, podržavaju i logističke funkcije poslovanja poduzeća, poput upravljanja zalihama te nabave robe, usluga i radova. Također imaju važnu ulogu pri uspostavljanju, primjeni i provjeri sustava upravljanja kvalitetom (Quality Management - QM) u segmentu održavanja prema ISO i drugim strukovnim standardima.

Informacijski sustavi za podršku upravljanju održavanjem primjenjuju se u svijetu već godinama i bilježe stalni rast primjene usporedno

the basis of card file systems, with working orders issued when the prescribed periodicity is reached. In modern power plants sophisticated technical systems for plant management are implemented in which the status and working parameters of the components are continuously or periodically monitored, and on this basis their condition, extent of wear and the remaining life cycle can be estimated.

The main task of the power plant management is to define, together with the leading engineers, the maintenance strategy in accordance with the information collected. In this it is necessary to focus on the availability with regard to the system, not solely on the availability of individual components. Such a strategy is called status-oriented maintenance and, provided it is implemented in an optimum manner, it is without doubt the most cost effective for operating a power plant.

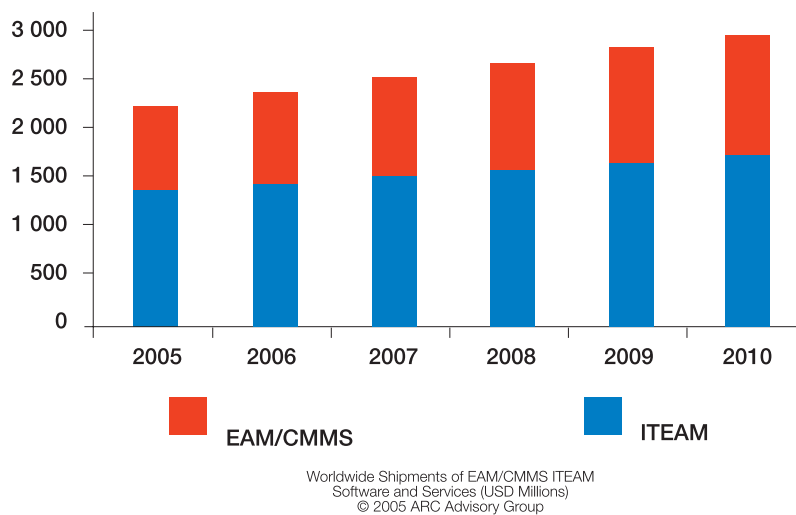
What is needed to implement it, in addition to the information collected during plant operation, is an IT system to support maintenance management. From the knowledge of the actual condition of components, the data stored in the IT system (history of maintenance activities, inspection and control, record of the causes of failures) and operating experience where maintenance intervals are extended compared with the manufacturer's recommendations, it is possible, at a reduced volume of maintenance, to achieve considerable cost savings without a significant increase in downtime risks.

To this end, programs were developed that are known on the world market of information technology as Enterprise Asset Management (EAM) Systems. They were created by upgrading, extending and developing the functionality of the first generation of computer aided systems for maintenance management, known on the market as Computerised Maintenance Management Systems - CMMS.

IT systems for supporting maintenance management (CMMS/EAM) are meant for planning and preparing, monitoring and analysing the efficiency and performance of maintenance activities in companies. In the development of functionalities a new dimension was added, so in addition to the management process they also support logistic functions of the company operation such as managing inventories and the procurement of goods, services and works. They also have an important role in establishing, implementing and checking the quality management system in the segment of maintenance pursuant to ISO and other industry standards.

s razvojem informatičkih tehnologija i povećanjem ulaganja u informatizaciju poslovnih procesa poduzeća. Krajem 2005. godine objavljena je studija ARC Advisory Group, jedne od vodećih svjetskih konzultantskih tvrtki u strateškom planiranju i istraživanju tržišta informatičkih tehnologija u industriji, koja pokazuje da je na svjetskom tržištu u 2005. godini vrijednost ulaganja u implementaciju EAM/CMMS i ITEAM sustava iznosila 2,2 milijarde USD. Kao poseban izdvojen segment ITEAM (Information Technology Enterprise Asset Management) obuhvaća informacijske sustave namijenjene podršci upravljanju mrežnom infrastrukturom, računalima, softverom i ostalim komponentama informatičke tehnologije u poduzećima. Očekuje se da će u idućih nekoliko godina porast ulaganja iznositi 5 % na godinu, pa bi u 2010. godini trebala dosegnuti iznos od 2,8 milijarde USD [2], što je grafički prikazano na slici 1.

IT systems to support maintenance management have been implemented throughout the world for a number of years now and their use is constantly rising simultaneously with the development of information technologies and the increase of investment in computerisation of corporate business processes. Towards the end of 2005, a study was published by ARC Advisory Group, one of the world's leading consultants in strategic planning and IT market research for the industry, which showed that on the world market in 2005, the value of investment in the implementation of EAM/CMMS and ITEAM systems was USD 2,2 billion. As a separate segment, ITEAM (Information Technology Enterprise Asset Management) includes IT systems supporting the management of network infrastructure, computers, software and other components of corporate information technology. It is expected that over the next few years the growth of investments will be 5 % per annum, so in the year 2010, it should reach USD 2,8 billion [2], as presented in Figure 1.



Slika 1
Procjena vrijednosti ulaganja na svjetskom tržištu u implementaciju informacijskih sustava za podršku upravljanju održavanjem
Figure 1
Estimate of the value of investment on the world market in the implementation of IT systems for supporting maintenance management

Procjenjuje se da na svjetskoj razini oko 15 % - 20 % ukupnih ulaganja u implementaciju EAM/CMMS informacijskih sustava otpada na segment elektroprivrede jer je uloga održavanja ključna.

According to estimates, about 15 % - 20 % of the total investment in the implementation of the EAM/CMMS systems globally is accounted for by the sector of electric power utilities, because the role of maintenance in there is vital.

3 OBILJEŽJA INFORMACIJSKOG SUSTAVA UPRAVLJANJA POSLOVIMA ODRŽAVANJA - PROGRAM SUPO

3.1 Izbor informacijskog sustava za program SUPO

Kod izbora informacijskog sustava za podršku upravljanju održavanjem u sklopu projekta SUPO u HEP-u izvršena je temeljita analiza CMMS/EAM sustava koji se nude na svjetskom tržištu. Definirano je više kriterija za njihovu evaluaciju, od kojih kao najvažnije treba izdvojiti:

- mogućnost primjene u održavanju tehničkih sustava u elektroprivrednim tvrtkama i ostvarene referencije proizvođača informacijskog sustava na tom segmentu tržišta,
- mogućnost konfiguriranja i prilagodbe informacijskog sustava poslovnim procesima održavanja u proizvodnim pogonima i toplinarstvu,
- mogućnost prilagodbe i podrške zakonskim propisima i internim aktima HEP-a u djelokrugu zaštite na radu i zaštite od požara kod provedbe aktivnosti održavanja,
- mogućnost prilagodbe i podrške informacijskog sustava hrvatskoj zakonskoj regulativi i zahtjevima međunarodnih računovodstvenih standarda (MRS) u djelokrugu skladišnog poslovanja i upravljanja zalihama te nabavi robe, usluga i radova,
- platforma informacijskog sustava održavanja (relacijska baza podataka Oracle, operacijski sustav i sučelje koje podržava rad u okruženju MS Windows) kompatibilna s informacijskom infrastrukturom i standardima na kojima je razvijen poslovni informacijski sustav HEP-a.

Za primjenu u projektu SUPO izabran je CMMS/EAM informacijski sustav renomiranog svjetskog proizvođača koji je nedvojbeno dokazao da može udovoljiti svim zadanim kriterijima.

3.2 Opis glavnih modula SUPO

Program SUPO za podršku upravljanju održavanjem u HEP Proizvodnji i HEP Toplinarstvu modularne je izvedbe. Moduli i struktura programa SUPO prikazani su na slici 2.

3 CHARACTERISTICS OF IT SYSTEM FOR MAINTENANCE MANAGEMENT - MMS SOFTWARE SOLUTION

3.1 Selection of IT system for the MMS

In selecting the IT system to support maintenance management within the MMS project in HEP were performed a thorough analysis of CMMS/EAM systems offered world-wide. Several criteria were defined for their evaluation, of which the most important are:

- possibility to be used in the maintenance of technical systems of electric power companies, and references of IT system manufacturer in this market segment,
- possibility of configuration and adjustment of the IT system to the business processes of maintenance of power and heat plants,
- possibility of adjustment and support for the legislation and for the by-laws of HEP concerning safety at work and fire protection in the implementation of maintenance activities,
- possibility of adjustment and support of the IT system with regard to Croatian legislation and the requirements of the International Accounting Standards (IAS) in warehouse and inventory management and the procurement of goods, services and works,
- platform of the IT system (Oracle relation database, operative system and interface supporting MS Windows working environment) compatible with the IT structure and standards on the basis of which the corporate IT system of HEP was developed.

For the implementation in the MMS project a CMMS/EAM IT system of a renowned world manufacturer was selected which proved beyond doubt that it met all the criteria.

3.2 Description of the main modules of MMS

The MMS solution for supporting maintenance management at HEP Generation and HEP Heating has a modular structure. Modules and the structure of the MMS software solution are shown in Figure 2.



Slika 2
Struktura programa
SUPO u HEP
Proizvodnji i HEP
Toplinarstvu
Figure 2
Structure of the MMS
software solution in
HEP Generation and
HEP Heating

Osnovni moduli programa SUPO i funkcionalnost koju nude bit će opisani u nastavku.

The basic modules of the MMS software solution and the functionalities they offer will be described below.

3.2.1 Objekti održavanja (tehnički sustavi)

Jezgru SUPO-a čini jedinstvena baza objekata održavanja. Objekte održavanja čine oprema, uređaji ili komponente, građevinski objekti te općenito govoreći svi tehnički sustavi u HEP Proizvodnji i HEP Toplinarstvu koji se održavaju. Obuhvaćeni su i objekti održavanja koji nisu u izravnoj funkciji proizvodnje i distribucije električne i toplinske energije, ali su nužni za funkcioniranje pogona i obavljanje temeljne djelatnosti ovih društava.

U skladu sa spomenutim, bazu podataka objekata održavanja čine:

- temeljna postrojenja, tehnološki sustavi i objekti za proizvodnju i predaju električne i toplinske energije u termoelektranama i hidroelektranama HEP Proizvodnje,
- vrelovodna i parovodna mreža za distribuciju toplinske energije, toplinske stanice s opremom i blokovske kotlovnice u HEP Toplinarstvu,
- visokotlačni plinovodi za dobavu plina termoelektranama,
- trafostanice i dalekovodi u sastavu nekih proizvodnih pogona,

3.2.1 Facilities to maintain (technical systems)

The core of the MMS is a single database of the facilities to maintain. The facilities to maintain include equipment, installations or components, buildings and, generally, any technical systems of HEP generation and HEP Heating which need to be maintained. They also include facilities that are not directly used in the generation and distribution of electricity and heat but are essential to the operation and basic performance of these companies.

Consequently, the database of the facilities includes:

- basic plants, technological systems and facilities for the generation and transmission of electricity and heat in thermoelectric power plants and hydroelectric power plants of HEP Generation,
- heating and steam mains for the distribution of heat, heat stations with equipment and boiler room units at HEP Heating,
- high-pressure gas pipelines for supplying gas to thermoelectric power plants,
- substations and power lines within some of the generation facilities,

- telekomunikacijska oprema i oprema poslovne i procesne informatike,
 - poslovne zgrade i ostali građevinski objekti u sastavu pogona, ceste, prometnice, industrijski kolosijeci i zelene površine te sve ostale nekretnine kojima gospodari pogon - npr. objekti odmarališta, ribogojilište itd.,
 - putnički automobili, autobusi, kamioni, plovila te ostala vozila i sredstva unutarnjeg transporta.
- communications equipment and equipment for business and process IT,
 - business premises and other buildings within the plant, roads, traffic areas, service sidings and vegetation areas and any other property managed by the company e.g. holiday homes, fisheries etc.,
 - cars, buses, trucks, vessels and other vehicles and means of internal transportation.

Kreiranje baze podataka ili šifarnika objekata održavanja jedna je od bitnijih, ali i najopsežnijih aktivnosti u projektu uvođenja informacijskih sustava za podršku upravljanja održavanjem. Može se reći da je ta aktivnost na kritičnom putu terminskog plana izvedbe projekta i u bitnoj mjeri određuje njegovo trajanje. Šifarnik objekata održavanja treba biti smisleno definiran i hijerarhijski strukturiran, što znači da mora omogućiti jednoznačno definiranje veza tehnički sustav - podsustav - komponenta (element, uređaj). Također je potrebno definirati strukturu i način formiranja nazivlja objekata održavanja, što je vrlo bitno zbog lakšeg pretraživanja baze podataka.

Baza podataka objekata održavanja u HEP Proizvodnji i HEP Toplinarstvu kreirana je u pripreмноj fazi realizacije projekta SUPO, primjenjujući specifičan pristup koji je opširnije opisan u poglavlju 5.1 ovog članka.

Segment baze podataka objekata održavanja u programu SUPO koji prikazuje raščlambu pumpnih agregata u sustavu napojne vode kotlova K-1 i K-2 u EL-TO Zagreb prikazan je na slici 3.

Creating a database or code list of the facilities to maintain is one of the most important and extensive activities within the implementation project. It can be said that this activity is on the critical path of the schedule of project implementation and that it essentially determines its duration. The code list of the facilities to maintain needs to be reasonably defined and have a hierarchy, meaning that it has to enable an unambiguous definition of the connection between the technical system - subsystem - component (element, equipment). It is also necessary to define the structure and the method of defining the references of the facilities to maintain, which is very important for an easier search of the database.

The database of the facilities to maintain in HEP Generation and HEP Heating was created in the preparatory phase of the realisation of the MMS project, using a specific approach more extensively described in chapter 5.1 of this paper.

The database segment of the MMS solution showing a division of pump aggregates in boiler feed water systems K-1 and K-2 at the power and heat plant EL-TO Zagreb is shown in Figure 3.

Slika 3
Baza podataka objekata održavanja u programu SUPO
Figure 3
Database of facilities to maintain in the MMS software solution

Naziv objekta	Tip	Kod objekta	Status	Podskupina	Podskupina	Održavanje	Sustav
K-1-1-1-1	Pumpa	Zagreb-PTA-1-PTA.2	Kačičica			novi	2003/10
K-1-1-1-2	Stupanj	Zagreb-PTA-1-PTA.2	Kačičica	Parovod-TELA	Parovod-TELA	novi	2003/10
K-1-1-1-3	Stupanj	Zagreb-PTA-1-PTA.2	Kačičica	Parovod-TELA	Parovod-TELA	novi	2003/10
K-1-1-1-4	Stupanj	Zagreb-PTA-1-PTA.2	Kačičica	Parovod-TELA	Parovod-TELA	novi	2003/10
K-1-1-1-5	Stupanj	Zagreb-PTA-1-PTA.2	Kačičica	Parovod-TELA	Parovod-TELA	novi	2003/10
K-1-1-1-6	Stupanj	Zagreb-PTA-1-PTA.2	Kačičica	Parovod-TELA	Parovod-TELA	novi	2003/10
K-1-1-1-7	Stupanj	Zagreb-PTA-1-PTA.2	Kačičica	Parovod-TELA	Parovod-TELA	novi	2003/10
K-1-1-1-8	Stupanj	Zagreb-PTA-1-PTA.2	Kačičica	Parovod-TELA	Parovod-TELA	novi	2003/10
K-1-1-1-9	Stupanj	Zagreb-PTA-1-PTA.2	Kačičica	Parovod-TELA	Parovod-TELA	novi	2003/10
K-1-1-1-10	Stupanj	Zagreb-PTA-1-PTA.2	Kačičica	Parovod-TELA	Parovod-TELA	novi	2003/10
K-1-1-1-11	Stupanj	Zagreb-PTA-1-PTA.2	Kačičica	Parovod-TELA	Parovod-TELA	novi	2003/10
K-1-1-1-12	Stupanj	Zagreb-PTA-1-PTA.2	Kačičica	Parovod-TELA	Parovod-TELA	novi	2003/10
K-1-1-1-13	Stupanj	Zagreb-PTA-1-PTA.2	Kačičica	Parovod-TELA	Parovod-TELA	novi	2003/10
K-1-1-1-14	Stupanj	Zagreb-PTA-1-PTA.2	Kačičica	Parovod-TELA	Parovod-TELA	novi	2003/10
K-1-1-1-15	Stupanj	Zagreb-PTA-1-PTA.2	Kačičica	Parovod-TELA	Parovod-TELA	novi	2003/10
K-1-1-1-16	Stupanj	Zagreb-PTA-1-PTA.2	Kačičica	Parovod-TELA	Parovod-TELA	novi	2003/10
K-1-1-1-17	Stupanj	Zagreb-PTA-1-PTA.2	Kačičica	Parovod-TELA	Parovod-TELA	novi	2003/10
K-1-1-1-18	Stupanj	Zagreb-PTA-1-PTA.2	Kačičica	Parovod-TELA	Parovod-TELA	novi	2003/10
K-1-1-1-19	Stupanj	Zagreb-PTA-1-PTA.2	Kačičica	Parovod-TELA	Parovod-TELA	novi	2003/10
K-1-1-1-20	Stupanj	Zagreb-PTA-1-PTA.2	Kačičica	Parovod-TELA	Parovod-TELA	novi	2003/10

Svakom objektu održavanja u programu SUPO dodijeljeni su sljedeći atributi:

- lokacija i moguće podlokacije objekta održavanja,
- odgovorna osoba - tehnolog održavanja,
- troškovni centar koji terete troškovi održavanja.

Osim osnovnih podataka, za svaki element u bazi objekata održavanja moguće je pohraniti određeni broj podataka tehničkog karaktera, poput tipa, serijskog broja, proizvođača, datuma nabave, datuma početka eksploatacije i sl. Za istovrsnu opremu (npr. pumpe, elektromotore, transformatore) ili objekte moguće je kreirati tzv. natpisnu pločicu ili obrazac koji sadrži skup standardnih tehničkih podataka. Svakom objektu održavanja također je moguće pridružiti i neograničeni broj dokumenata u digitalnom obliku. To mogu biti tekstualni dokumenti, crteži u CAD formatu, slikovni dokumenti, videozapisi itd.

Treba težiti tome da se sistematizira i u digitalnom obliku pohranjuje sva dokumentacija koja se generira tijekom životnog vijeka objekta održavanja, a posebice:

- projektna dokumentacija,
- tehnološke blok-sheme,
- upute za rukovanje i održavanje,
- fotografije ugradnje ili montaže,
- elaborati o inspekcijama i ispitivanjima,
- fotografije mjesta i utvrđenih uzroka kvarova.

Osim spomenutog, za svaki objekt održavanja moguće je definirati listu rezervnih dijelova i sklopova potrebnih za održavanje, a ako je instalirano više komada istovrsne opreme, ista lista rezervnih dijelova može se pridružiti svakome od njih. Ova funkcionalnost vrlo je bitna i znatno olakšava pregled raspoloživih zaliha te planiranje potreba rezervnih dijelova za održavanje.

3.2.2 Evidencija periodičkih aktivnosti programa plansko-preventivnog održavanja
Programom plansko-preventivnog održavanja definiraju se aktivnosti koje je periodički potrebno provoditi na tehničkim sustavima. Nakon što je kreirana baza objekata održavanja, svakom od objekata u programu SUPO pridružuje se lista planiranih aktivnosti održavanja. Opseg programa održavanja definira se na temelju:

- zakonskih obveza,
- preporuka proizvođača,
- najbolje svjetske prakse (Best Practices),
- vlastitih iskustava u eksploataciji.

Each facility to maintain in the MMS has the following attributes:

- location and possible sub-locations of the facilities to maintain,
- person in charge - maintenance technologist,
- cost centre to which the maintenance expense is debited.

In addition to the basic information, for each element in the database it is possible to store a particular number of technical data, such as the type, serial number, manufacturer, date of purchase, date of commission etc. For the same type of equipment (e.g. pumps, electric motors, transformers) or facilities it is possible to create the so-called nameplate or a form containing a group of standard technical data. Each maintenance object can be attributed an unlimited number of files in digital form. They can be textual files, drawings in CAD format, picture files, video recordings etc.

One should strive to systematise and store in digital form all the documents generated throughout the life cycle of the facilities to maintain, particularly:

- project documentation,
- technological layouts,
- instructions for use and maintenance,
- installation and assembly photographs,
- inspection and testing surveys,
- photographs of locations and detected causes of failures.

In addition, for each facility to maintain it is possible to define a list of spare parts and units necessary for maintenance, and in case more than one piece of the same type of equipment has been installed, a list of spare parts can be attributed to each one of them. This functionality is very important and it facilitates the overview of the available inventory and planning the required spare parts for maintenance.

3.2.2 Record of periodical activities in the program of scheduled/preventive maintenance

The program of scheduled/preventive maintenance defines the activities that need to be periodically conducted in technical systems. Following the creation of the database of the facilities to maintain, each of the facilities in the MMS is attributed a list of the maintenance activities planned. The scope of the maintenance program is defined on the basis of:

- statutory obligations,
- manufacturers' recommendations,
- best practices,
- own experience from the exploitation.

Za svaku periodičku aktivnost, primjerice ispitivanje ili inspeksijski pregled, propisuje se:

- periodičnost izvršenja aktivnosti na vremenskoj osnovi,
- datum zadnjeg izvršenja aktivnosti - na osnovi definirane periodičnosti sustav automatski izračunava datum sljedeće provedbe,
- normativi materijala i angažmana zaposlenika koji su potrebni za izvršenje aktivnosti,
- odgovorna osoba za izvršenje aktivnosti,
- uputa ili kontrolna lista sa svim podacima potrebnim za izvršenje određene aktivnosti.

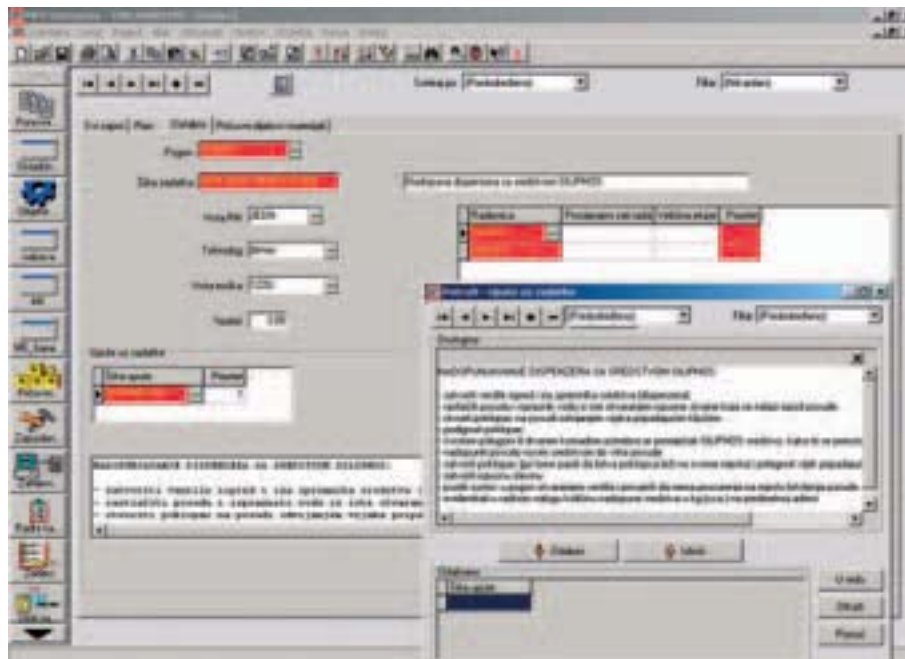
Način na koji su definirani podaci potrebni za izvršenje jedne aktivnosti preventivnog održavanja prikazan je na slici 4. Riječ je o periodičkoj (tromjesečnoj) aktivnosti nadopune sredstava za sprečavanje taloženja kalcijevog karbonata (kamenca) u instalacijama za pripremu potrošne tople vode u toplinskim stanicama HEP Toplinarstva.

For each periodical activity, e.g. testing or inspection, the following is prescribed:

- periodicity,
- date of last performance - on the basis of the periodicity defined the system automatically calculates the date of the next instance,
- material and labour standards,
- person in charge,
- instruction or control list with all the required information.

The manner in which the data required for a single activity of preventive maintenance are defined is shown in Figure 4. The example shows a periodical (quarterly) refill of the agent to prevent the settling of calcium carbonate in installations for the preparation of consumable hot water at heat stations of HEP Heating.

Slika 4
Definiranje potrebnih podataka za izvršenje aktivnosti preventivnog održavanja u programu SUPO
Figure 4
Defining the required data for an activity of preventive maintenance in the MMS software solution



3.2.3 Evidencija kvarova, odnosno zahtjeva za izvršenjem aktivnosti korektivnog održavanja
Program SUPO omogućuje evidenciju kvarova i općenito svih zahtjeva za izvršenjem aktivnosti korektivnog održavanja. Zahtjeve može izravno evidentirati osoblje iz održavanja, osoblje koje upravlja proizvodnjom elektrane (smjena) ili operateri u dispečerskom centru (slučaj HEP Toplinarstva - slika 5).

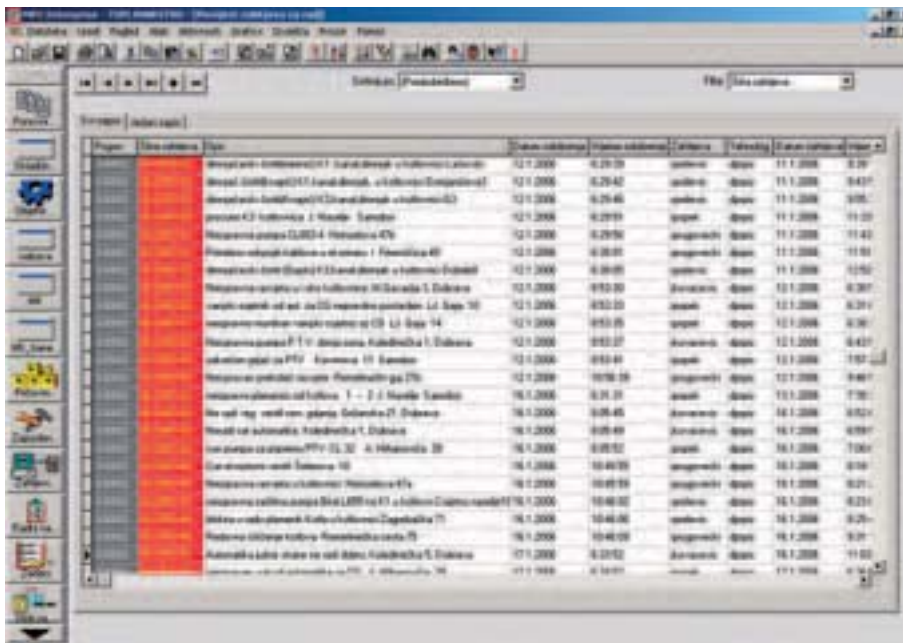
3.2.3 Record of failures, i.e. requests for corrective maintenance
The MMS software solution enables recording of failures and, generally, any requests for corrective maintenance. Requests may be directly noted by the maintenance staff, the plant operation staff (shift) or the operators at the dispatch centre (in case of HEP Heating - Figure 5).

Evidencija kvara sadrži:

- šifru prijave kvara - automatskim odbrojavanjem,
- prijavitelja kvara,
- opis kvara i komentar (zapažanje),
- mjesto (objekt održavanja) na kojem se kvar dogodio,
- datum i vrijeme podnošenja - sustav dodjeljuje automatski,
- osobu kojoj se upućuje prijava kvara. Nakon provjere prijave i pregleda podataka ova osoba je odobranjem (potvrđivanjem) pretvara u radni nalog.

Failure record includes:

- failure registration code - automatic counter,
- party registering the failure,
- description of the failure and comment (observation),
- place (facility to maintain) at which the failure occurred,
- date and time of submission - attributed automatically by the system,
- person to whom failure registration is addressed. Following the verification of the registration and the check of the data, this person approves (clears) the registration which then becomes a work order.



The screenshot displays a software interface with a table of failure records. The table has several columns, including 'Opis kvara', 'Datum prijave', 'Vrijeme prijave', 'Status', 'Klasifikacija', 'Odobrio', 'Datum odobrenja', and 'Ime osobe'. The records list various types of failures such as 'Kvar na ulaznom napajavanju', 'Kvar na kablovima', and 'Kvar na izolaciji', along with their respective dates and status.

Slika 5
Evidencija kvarova u programu SUPO
Figure 5
Failure record in the MMS software solution

3.2.4 Radni nalog

Za svaku aktivnost preventivnog ili korektivnog održavanja u programu SUPO kreira se radni nalog koji je središnji dokument u održavanju tehničkih sustava.

Radni nalog služi za planiranje i praćenje tehničkog aspekta održavanja - definiranje opsega i tehničkih uputa za izvršenje aktivnosti te pohranjivanje utvrđenih rezultata i zapažanja u arhivu objekta održavanja. Osim toga, funkcija radnog naloga je planiranje potreba, raspoređivanje i evidencija stvarnog angažmana zaposlenika i utrošenog materijala za izvršenje pojedinih aktivnosti, tj. troškova održavanja.

Na slici 6 prikazan je standardni format radnog naloga u HEP Proizvodnji i HEP Toplinarstvu.

3.2.4 Work order

For each periodical activity, e.g. testing or inspection, standards for the material and labour are prescribed.

Work order serves to plan and monitor the technical aspect of maintenance - defining the scope and technical instructions for conducting activities and storing the results and observations in the archives of the facility to maintain. Moreover, the purpose of a work order is to plan the needs, to distribute and record the actual involvement of the staff and the material used in completing particular activities, i.e. maintenance costs.

Figure 6 shows the standard format of a work order for HEP Generation and HEP Heating.

Slika 6
 Prikaz formata
 radnog naloga iz
 programa SUPO
 Figure 6
 Work order form in
 the MMS

The image shows a screenshot of a 'RADNI NALOG' (Work Order) form. The form is titled 'RADNI NALOG' and contains various fields for data entry, including dates, times, and descriptions of work. It is structured with multiple sections and tables. The form is in Croatian and includes fields for 'Datum' (Date), 'Vrijeme' (Time), 'Mjesto' (Location), and 'Opis posla' (Description of work). There are also sections for 'Izvršitelj' (Executor) and 'Nadzornik' (Supervisor). The form is divided into several sections, each with a blue header. The first section is 'OPIS POSLA' (Description of work), the second is 'IZVRŠENJE' (Execution), and the third is 'ZAVRŠETAK' (Completion). The form is designed for data entry and is used for recording maintenance activities.

U elektroenergetskim postrojenjima osobita se pozornost posvećuje provođenju pravila i mjera zaštite na radu. U programu SUPO moguće je definirati potrebne mjere sigurnosti na radu za provedbu aktivnosti održavanja na siguran način. Svi relevantni dokumenti zaštite na radu propisani biltenima HEP-a (Dozvola za rad, Obavijest o završetku radova, Isprava o razgraničenju ovlasti) integrirani su u SUPO te se izdaju i arhiviraju u elektroničkom obliku.

At electric power facilities particular attention is paid to the implementation of the rules and measures of safety at work. In the MMS software it is possible to define the required safety-at-work measures to provide for a safe maintenance activity. All the relevant documents of safety at work prescribed by HEP Bulletins (work clearance, notification of the completion of works, document on the definition of powers) are integrated in the MMS and issued and archived electronically.

3.2.5 Ljudski resursi (radna snaga)

Modul upravljanja zaposlenicima sadrži osobne podatke o svim zaposlenicima pogona, a služi ponajprije za evidenciju osoblja koje se izravno raspoređuje na radne naloge za izvršenje aktivnosti održavanja. Za svakog zaposlenika evidentirana je cijena sata rada čime se omogućuje praćenje komponente troška vlastite radne snage u održavanju. Osim toga, može se izvršiti evidencija osposobljenosti, specijalističkog obrazovanja i ostalih znanja zaposlenika koja su relevantna za održavanje tehničkih sustava.

3.2.5 Human resources (workforce)

The module of human resources contains personal data of all the employees of the facility, and it primarily serves to record the staff to be directly assigned to work orders for maintenance activities. For each employee the hourly cost of work is noted to enable monitoring the component of own labour costs. In addition, records can include information about the training, specialist education and other skills of the employees relevant to the maintenance of technical systems.

3.2.6 Evidencija zaliha rezervnih dijelova i potrošnog materijala, skladišno poslovanje i nabava

Upravljanje zalihama i nabava važni su logistički procesi za obavljanje funkcije održavanja tehničkih sustava, pa su zbog toga i integralni dio informacijskih sustava za podršku upravljanju održavanjem.

3.2.6 Record of spare parts and consumables, warehouse operation and procurement

Managing the inventory and procurement are important logistic processes in the maintenance of technical systems, so they are made part of the IT system for supporting maintenance management.

U segmentu skladišnog poslovanja i upravljanja zalihama program SUPO nudi sljedeće mogućnosti:

- evidenciju zaliha (rezervni dijelovi, komponente, sklopovi, potrošni materijal) - količine, vrijednosti, lokacije,
- definiranje zamjenskih dijelova,
- rezerviranje materijala za radne naloge,
- praćenje skladišnih transakcija (prometa zaliha) i kreiranje svih dokumenata skladišnog poslovanja,
- inventuru (popis zaliha),
- definiranje metode obnove zaliha min/maks ili signalna,
- praćenje iskorištenja zaliha u određenom vremenskom razdoblju,
- praćenje isporuka po dobavljačima,
- ABC analizu zaliha po vrijednosti i korištenju, definiranje ekonomičnih količina narudžbe (ENK),
- primjenu barkod čitača u evidenciji, praćenju prometa i inventuri zaliha.

Na slici 7 prikazana je evidencija zaliha rezervnih dijelova na središnjem skladištu Pogona TE-TO Zagreb za kombi kogeneracijski blok K.

In warehouse operations and inventory management the MMS offers the following options:

- inventory record (spare parts, components, assembly units, consumables) - quantities, values, locations,
- definition of replacements,
- reserving materials for work orders,
- monitoring warehouse transactions (inventory movement) and creating all the documents for warehouse operation,
- inventory (listing the inventory),
- definition of the method for restocking min/max or signal,
- monitoring the utilisation of inventory in a specified period,
- monitoring deliveries by suppliers,
- ABC analysis of the inventory by value and utilisation, definition of economic ordering quantities (EOQ),
- use of a bar code reader in recording, monitoring the movement and taking inventory.

Figure 7 shows a record of spare parts in stock at the central warehouse of TE-TO Zagreb for the combined co-generation K unit.

Naziv	Materijalna jedinica	Jedinica mjere	Mjerna jedinica	Status	Datum zadnje izmjene
1027000012	1027000012	1027000012	1027000012	1027000012	1027000012
1027000013	1027000013	1027000013	1027000013	1027000013	1027000013
1027000014	1027000014	1027000014	1027000014	1027000014	1027000014
1027000015	1027000015	1027000015	1027000015	1027000015	1027000015
1027000016	1027000016	1027000016	1027000016	1027000016	1027000016
1027000017	1027000017	1027000017	1027000017	1027000017	1027000017
1027000018	1027000018	1027000018	1027000018	1027000018	1027000018
1027000019	1027000019	1027000019	1027000019	1027000019	1027000019
1027000020	1027000020	1027000020	1027000020	1027000020	1027000020
1027000021	1027000021	1027000021	1027000021	1027000021	1027000021
1027000022	1027000022	1027000022	1027000022	1027000022	1027000022
1027000023	1027000023	1027000023	1027000023	1027000023	1027000023
1027000024	1027000024	1027000024	1027000024	1027000024	1027000024
1027000025	1027000025	1027000025	1027000025	1027000025	1027000025
1027000026	1027000026	1027000026	1027000026	1027000026	1027000026
1027000027	1027000027	1027000027	1027000027	1027000027	1027000027
1027000028	1027000028	1027000028	1027000028	1027000028	1027000028
1027000029	1027000029	1027000029	1027000029	1027000029	1027000029
1027000030	1027000030	1027000030	1027000030	1027000030	1027000030

Slika 7
Evidencija zaliha na skladištu
Figure 7
Record of warehouse inventory

Glede funkcije nabave program SUPO nudi podršku cjelokupnom procesu ugovaranja, od slanja upita za dostavu ponuda, evidentiranja ponuđenih cijena do finalizacije nabave putem narudžbe.

With regard to the function of procurement, the MMS software offers support for the entire contracting process, from sending quotation requests and noting the quotations to the finalisation by way of an order.

Važno je spomenuti da sustav ima mogućnost odobravanja predmeta nabave (autorizaciju) elektroničkim putem osobama koje su u organizacijskoj strukturi pogona za to nominirane. Sustav autorizacije može se namjestiti prema vrijednosti predmeta nabave (na primjer, osoba A ovlaštena je odobravati predmete do 20 000 kn, osoba B do 200 000 kn itd.).

Osim navedenih, u HEP Proizvodnji i HEP Toplinarstvu primjenjuju se još i moduli programa SUPO - materijalno knjigovodstvo i upravljanje dokumentacijom.

3.3 Model primjene i funkcioniranja programa SUPO

Program SUPO je projektiran u skladu s modernim informatičkim tehnologijama na platformi relacijske baze podataka Oracle. Implementacija programa SUPO provedena je standardnom metodologijom implementacije informacijskih sustava.

Za svaki od proizvodnih pogona termoelektrana formirane su zasebne baze podataka, dok su za proizvodna područja hidroelektrana baze podataka zajedničke. Isto se odnosi i na pogone HEP Toplinarstva. Baze podataka programa SUPO instalirane su na poslužiteljima lociranim u datacentrima Sektora za poslovnu informatiku u Zagrebu, Rijeci, Osijeku i Splitu.

Model pristupa programu SUPO u skladu je sa standardnim pravilima sigurnosne politike u primjeni informacijskih sustava (prijava, autorizacija, zaštita podataka).

Pristup pojedinim modulima, ovlasti za pregled, izmjenu ili brisanje podataka temelje se na modelu tzv. korisničkih uloga koje su definirane uzimajući u obzir vrijedeću sistematizaciju radnih mjesta, organizacijske sheme pogona te ovlasti i zaduženja korisnika u procesima podržanim primjenom programa SUPO.

Program SUPO integriran je u poslovni informacijski sustav HEP-a radi održavanja konzistentnosti i točnosti definicijskih (matičnih) šifarnika u poslovanju HEP-a te izbjegavanja višestrukog unosa podataka. Povezivanje i integracija programa SUPO ostvareni su izradom sučelja (interface) s poslovnim aplikacijama namijenjenim podršci upravljanju poslovanja HEP-a u djelokrugu financijskog knjigovodstva, planiranja i evidencija nabave, kadrovske evidencije itd.

It is important to note that the system has the possibility of online authorisation of procurement for appropriate roles in the organisational structure of the facility. The system of authorisation may be adjusted according to the subject of procurement (example: person A is authorised to approve procurements of up to HRK 20 000; person B up to HRK 200 000 etc.).

In addition, HEP Generation and HEP Heating are also using MMS modules for material accounting and file management.

3.3 Model of MMS implementation and functioning

MMS is designed in accordance with modern information technologies on the platform of the relation database of Oracle. The implementation of the MMS was standard methodology for IT systems.

For each thermoelectric power plant separate databases were created, whereas for the generation areas of hydroelectric power plants there are joint databases. The same applies to the plants of HEP Heating. MMS databases are installed on the servers located at the data centres of the Business IT Sector in Zagreb, Rijeka, Osijek and Split.

The model of the access to the MMS software is in accordance with the standard rules of the policy of security in the use of IT systems (logging on, authorisation, data protection).

Access to individual modules, authorisation to view, modify or delete data, is based on the model of the so-called user roles which are defined by taking into account the relevant systematisation of jobs, organisational schedules of the facility, and the powers and responsibilities of users in the processes supported by the MMS software.

The MMS software is integrated into the corporate IT system of HEP with a view to maintaining consistency and accuracy of definition of (master) code lists in the operation of HEP and to avoiding multiple data entry. The connection and integration of the MMS software was accomplished by setting up an interface with business applications to support HEP operations management in the sphere of financial accounting, planning and recording procurement, HR records etc.

4 ULOGA INFORMACIJSKIH SUSTAVA ZA PODRŠKU UPRAVLJANJU ODRŽAVANJEM U VOĐENJU POSLOVANJA ELEKTROPRIVREDNE TVRTKE

Uvođenjem informacijskih sustava postižu se kvalitetni pomaci u cjelokupnoj organizaciji i upravljanju poslovima održavanja s tehničkog stajališta, a također ostvaruju preduvjeti za postizanje znatnih ušteda i smanjenja troškova, osobito po osnovi pronalaženja optimalne strategije održavanja te politike upravljanja zalihama i nabavom robe i usluga.

4.1 Strategija upravljanja održavanjem

U svijetu se u vezi s pristupom održavanju elektrana primjenjuje nekoliko filozofija, a zatim i strategija održavanja:

- japanski pristup - najbolje se odražava izrazom "kvarovi na bazi nula" pri čemu se povećanim opsegom preventivnog održavanja nastoji postotak neplaniranih zastoja svesti na najmanju moguću mjeru,
- američki pristup - tolerira visoki postotak neplaniranih zastoja (sintagma "radi dok ne otkaže") uz nešto manji opseg planiranog preventivnog održavanja [14]. Ovakav pristup u velikoj je mjeri određen komercijalnim uvjetima na američkom tržištu električne energije. Američke elektroprivredne tvrtke ne ulažu velika sredstva u produljenje životnog vijeka konvencionalnih elektrana, nego vodeći se logikom ekonomske opravdanosti, povećanje potrošnje električne energije rješavaju izgradnjom novih proizvodnih jedinica jer se ona stimulira poreznim olakšicama,
- zapadnoeuropski pristup - predstavlja sredinu između ova dva pristupa. Glavna odlika ovog pristupa očituje se u "brizi za tehničke sustave" koja se provodi ulaganjem znatnih sredstava u remonte postrojenja u planiranim zastojima. Tijekom remonata utvrđuje se stanje opreme i donosi odluka o njezinom popravku ili zamjeni ako se pokaže da ne udovoljava propisanim kriterijima prihvatljivosti.

Na pitanje koji je pristup najbolji odgovor nije jednoznačan. Promatranjem spomenutih filozofija može se uočiti da odražavaju gospodarska, pa i kulturološka obilježja spomenutih dijelova svijeta, lako vidljiva i u svakodnevnom životu.

Idealnom filozofijom održavanja mogla bi se proglasiti ona kojom će se postići planirana ili ciljana raspoloživost elektrane uz minimalne troškove, što će proizaći iz izbora optimalnih

4 ROLE OF IT SYSTEMS IN SUPPORTING MAINTENANCE MANAGEMENT ACROSS THE OPERATION OF POWER UTILITY

Introducing IT systems gives rise to quality improvement across the organisation and technical maintenance, and creates conditions for substantial savings and cost reduction, particularly by devising the optimum maintenance strategy and the management policy for the inventory and the procurement of goods and services.

4.1 Maintenance management strategy

Globally, there are several approaches to power plant maintenance, resulting in several maintenance strategies:

- Japanese approach - best expressed by the motto „zero failure”, a more intensive preventive maintenance in an attempt to minimise contingent downtimes,
- U.S. approach - tolerates high percentage of contingent downtime (“work until it breaks”) with a somewhat smaller scope of scheduled preventive maintenance [14]. Such an approach is to a great extent determined by the commercial conditions on the U.S. electricity market. U.S. power utilities do not invest very much in extending the life cycle of conventional power plants, but guided by the logic of economic justification they deal with the increasing consumption of electricity by constructing new generation units, this being encouraged by tax exemptions,
- West European approach - a middle way between these two approaches. The main characteristic of this approach is expressed by the motto “technical systems care” realised through considerable investment in facility overhauls during scheduled downtimes. During the overhaul the condition of the equipment is inspected and a decision taken regarding its repair or replacement if it proves not to meet the prescribed requirements of acceptability.

There is no simple answer to the question of which approach is the best. In observing the approaches mentioned above it is apparent that they reflect the economic and even cultural characteristics of the parts of the world involved.

An ideal maintenance approach could be the one that will achieve the planned or targeted availability of the power plant at a minimum cost, which will result from the choice of the optimum ratio between preventive and corrective maintenance and modification of facilities.

omjera preventivnog i korektivnog održavanja te modifikacija postrojenja.

U HEP Proizvodnji i HEP Toplinarstvu teži se primjeni zapadnoeuropskog pristupa, s tim da u obzir treba uzeti činjenicu da je većina elektrana u pogonu između 30 i 40 godina. Povećanim ulaganjem u zamjene, rekonstrukcije i modifikacije postrojenja nastoji se produljiti životni vijek HEP-ovih elektrana, a pokrenut je i novi investicijski ciklus koji će rezultirati gradnjom novih proizvodnih kapaciteta.

Strategija, odnosno pristup ili koncepcija održavanja proizlazi iz filozofije održavanja. U svijetu je tijekom godina, usporedno s razvojem tehničkih sustava, utemeljeno više koncepcija održavanja [3]. Iako se u praksi mogu pronaći svi koncepti, pa čak i njihove kombinacije, pojednostavljeno gledajući može se reći da su u elektranama prisutna tri tipa održavanja, i to:

- preventivno održavanje koje se obavlja u unaprijed definiranim intervalima kako bi se spriječila pojava kvarova u tijeku eksploatacije
- preventivno održavanje obuhvaća održavanje prema vremenskim ciklusima, održavanje po stanju i održavanje predviđanjem,
- korektivno održavanje koje se provodi nakon što je došlo do pojave kvara, a cilj mu je vraćanje tehničkog sustava u funkcionalno stanje,
- modifikacije postrojenja su zahvati koji se obavljaju na postrojenju radi poboljšanja funkcionalnosti opreme te povećanja raspoloživosti postrojenja. Modifikacijama se u osnovi nastoje izvršiti izmjene projektiranih rješenja koja se u eksploataciji postrojenja nisu pokazala zadovoljavajućima. Pri razmatranju potrebe i koristi izvođenja modifikacije, osim tehničkog aspekta, potrebno je u obzir uzeti i financijski, provođenjem analize isplativosti (Cost Benefit Analysis).

Izbor strategije održavanja ovisi i o tome u kojoj je fazi životnog vijeka elektrana. U početnoj fazi životnog vijeka treba prepoznati i rješavati tzv. dječje bolesti. Istodobno treba razraditi i uspostaviti program preventivnog održavanja i dosljedno ga provoditi. Na onim tipovima opreme gdje su primjenjive treba težiti maksimalnoj primjeni tehnika održavanja predviđanjem. Najčešće i u praksi prokušane tehnike održavanja predviđanjem jesu:

- mjerenje radnih parametara - temperatura, tlak, protok i sl.,
- mjerenje vibracija rotirajućih strojeva,
- ultrazvučna i akustična ispitivanja,
- infracrvena termografija,

HEP Generation and HEP Heating generally lean towards the West European approach, but here one needs to take into account the fact that most of its power plants have been operating for 30-40 years now. By increased investment in the replacement, reconstruction and modification of facilities HEP is attempting to extend the life cycle of its power plants, and a new investment cycle has been started that should result in the construction of new generation capacities.

The strategy i.e. approach or concept of maintenance follows from the very philosophy of maintenance. Throughout the years, the world has, simultaneously with the development of technical systems, seen several maintenance concepts [3]. Although in practice all these concepts can be found, or even combinations of them, to keep it simple, there are three types of maintenance in power plants:

- preventive maintenance at predefined intervals with a view to preventing the occurrence of failures during exploitation - preventive maintenance includes maintenance in time cycles, maintenance related to condition, and maintenance by anticipation,
- corrective maintenance is conducted when a failure has occurred, with a view to returning the technical system back to its operating condition,
- modifications of facilities are interventions in the facility with a view to improving the functionality of equipment and the availability of the facility. Modifications basically attempt to accomplish changes in the solutions designed which have not proved satisfactory in exploitation. In considering the need for and the benefit from modification, it is necessary, in addition to the technical aspect, to take into account the financial aspect, too, by conducting a Cost-Benefit Analysis.

The choice of strategy also depends on the phase in the life cycle of the power plant. In the initial phase of the life cycle, infant mortality failures need to be eliminated. Simultaneously, the schedule for preventive maintenance needs to be developed and introduced and consistently implemented. Maximum use of maintenance techniques needs to be anticipated for the type of equipment where such techniques are applicable. The most usual and practically proved maintenance techniques implemented by way of anticipation are:

- measurement of working parameters - temperature, pressure, flow etc.,
- measurement of vibrations of rotating machinery,
- ultrasound and acoustic testing,

- nerazorna ispitivanja materijala (ultrazvukom, vrtložnim strujama, magnetskim česticama, tekućim penetrantima itd.),
 - podmazivanje,
 - analiza maziva,
 - tehnike preciznog održavanja (centriranje osovine, uravnoteženje rotirajućih masa itd.).
- IR thermography,
 - non-invasive material testing (ultrasound, eddy currents, magnetic particles, liquid penetrants etc.),
 - lubrication,
 - analysis of lubricants,
 - accurate maintenance techniques (centring axles, balancing rotating masses etc.).

Na dijelovima postrojenja gdje tehnike održavanja predviđanjem nisu primjenjive potrebno je provoditi preventivno održavanje prema vremenskim ciklusima. Osim toga, preporučljivo je iskoristiti svaku priliku, primjerice neplanirani zastoj ili bilo koji trenutak kad je elektrana izvan pogona za pregled i praćenje stanja vitalne opreme. Takvim se pristupom pokazuje briga o postrojenju i stječe uvid o njezinom "zdravlju", što je ključni parametar u planiranju opsega, učestalosti izvođenja te eventualnom produljenju intervala između redovitih remonata.

Takva strategija održavanja po karakteru je dinamička i usmjerena je na upravljanje procesom održavanja, a ne samo njegovom provođenju. Ovaj je pristup u skladu s najboljom svjetskom praksom (Best Practices) održavanja tehničkih sustava i njegova bi primjena trebala rezultirati postizanjem optimalne raspoloživosti elektrane, kao što je prikazano u tablici 1.

In the sections of facilities where maintenance techniques by anticipation are not applicable, it is necessary to conduct preventive maintenance in intervals. In addition, it is recommendable to use any opportunity, such as an unforeseen downtime or any moment when the plant is not operating, to inspect and monitor the condition of the vital equipment. Such an approach enables care of the facility and provides insight into its "health", which is the key parameter in planning the scope, frequency and possible extension of intervals between overhauls.

Such a strategy of maintenance is dynamic in its character and focused on the process of maintenance management, not just on its implementation. This approach is in accordance with the world's best practices in maintaining technical systems, and its implementation should result in reaching the optimum availability of the power plant, as shown in Table 1.

Tablica 1 - Omjeri preventivnog i korektivnog održavanja te modifikacija postrojenja u funkciji postizanja optimalne raspoloživosti elektrane
 Table 1 - Ratios of preventive and corrective maintenance and modification of facility with a view to achieving the optimum availability of the power plant

Korektivno održavanje Corrective maintenance	Preventivno održavanje Preventive maintenance	Modifikacije postrojenja Modification of facility	Raspoloživost Availability
30 %	60 %	10 %	80 % - 95 %

Vrijednosti prikazane u tablici 1 predstavljaju ujedno i kriterije za provođenje benchmarkinga procesa održavanja koji će ulaskom na otvoreno tržište i za HEP-ove elektrane postati osobito važan.

Uloga programa SUPO u cjelokupnom procesu koji obuhvaća definiranje strategije održavanja, podrške njezinoj realizaciji i analizi rezultata primjene nezaobilazna je. Analizom podataka sadržanih u informacijskom sustavu najbrže se uspostavlja povratna veza, odnosno utvrđuje efekt primjene strategije održavanja i dobivaju podaci potrebni za provođenje mogućih korekcija.

The values shown in Table 1 also reveal the criteria for the maintenance benchmarking process which will become particularly important for HEP's power plants, too, with their appearance on the open market.

The role of the MMS solution in the entire process spanning the definition of the maintenance strategy, the support for its realisation and the analysis of the implementation results is unavoidable. An analysis of the data contained in the IT system is the quickest way to establish a feedback, or the effect of the implementation of the maintenance strategy, and to obtain the data necessary for the implementation of possible corrections.

4.2 Praćenje i analiza kvarova

Proces eksploatacije tehničkih sustava neizbježno dovodi do pojave oštećenja, kvarova i posljedično do neplaniranih zastoja. S razvojem tehničkih sustava pojavila se potreba prikupljanja, sistematizacije i analize podataka o njima. Kako je opisano u prethodnom poglavlju, korektivno održavanje radi otklanjanja kvarova važna je sastavnica strategije održavanja.

Uloga programa SUPO je da na temelju pregleda i analize evidentiranih kvarova ukaže na "slabe točke" u postrojenju. Očito je da prva mjera za otklanjanje takvih mjesta može biti povećanje opsega preventivnog održavanja ili, ako se to pokaže opravdanim, provođenje modifikacije postrojenja. Prije povlačenja bilo kojeg poteza potrebno je usredotočiti se na utvrđivanje frekvencije pojave kvarova i njihova uzroka.

U teoriji održavanja primjenjuje se nekoliko pristupa i teorija predviđanja pojave i intenziteta kvarova. Jedna od njih zasniva se na teoriji pouzdanosti. Pouzdanost možemo definirati kao vjerojatnost da element funkcionira bez kvarova određeno vrijeme (t) u određenim uvjetima okoline.

Pritom se polazi od činjenice da ponašanje tehničkih sustava u eksploataciji, odnosno pojava kvara tijekom vremena predstavlja stohastički (slučajan) proces, čija se pojava sa sigurnošću ne može predvidjeti. Budući da su karakteristike ovih procesa slučajno promjenjive veličine, proizlazi da se i obrada raspoloživih podataka zasniva na teorijama vjerojatnosti i matematičke statistike.

Jedan od pokazatelja pouzdanosti koji opisuje intenzitet pojave kvarova, a koristi se kod popravljivih uređaja i sustava, je srednje vrijeme između pojave kvarova - SVIK (Mean Time Between Failure - MTBF).

Ako se promatra samo jedan uređaj, srednje se vrijeme rada računa prema izrazu [4]:

$$T_{sr} = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k t_i \quad (1)$$

gdje je: t - vrijeme rada između $(i-1)$ i i -tog kvara,
 k - ukupan broj kvarova tijekom vremena promatranja.

Program SUPO automatski izvršava izračun srednjeg vremena između kvara na temelju podataka o evidentiranim kvarovima. Na temelju

4.2 Failure monitoring and analysis

The process of exploitation of technical systems unavoidably leads to the occurrence of damage, breakdowns and, consequently, to unforeseen downtime. With the development of technical systems there arose the need to collect, systematise and analyse their data. As described in the preceding section, corrective maintenance for the purpose of eliminating failures is an important component of the maintenance strategy.

The role of the MMS solution is to indicate, by way of inspection and analysis of the failure observed, the weaknesses of the facility. It is evident that the first measure for eliminating such weaknesses can be an increase in the scope of preventive maintenance or, if applicable, a modification of the facility. Prior to making any move, it is necessary to focus on establishing the failure rate and the causes of failures.

In maintenance theory there are several approaches and methods for predicting the occurrence and failure rate. One of them is based on the concept of reliability. Reliability may be defined as a probability that an element will function without failure for a particular time (t) under particular external conditions.

The starting point in this is the fact that the behaviour of technical systems during exploitation, i.e. the occurrence of failure over a period of time, is a stochastic (random) process whose occurrence cannot be predicted with certainty. The characteristics of such processes being randomly variable values, it follows that the processing of available data is also based on the theories of probability and mathematical statistics.

One of the indicators of reliability describing the failure rate, applied in repairable devices and systems, is Mean Time Between Failure - MTBF.

If we take one device only, the mean time of operation is calculated according to expression [4]:

whereas: t - time between failures $(i-1)$ and i ,
 k - total number of failures during the period of observation.

MMS solution automatically calculates MTBF on the basis of the data on the failures observed. On the basis of MTBF and other relevant parameters

SVIK-a i ostalih relevantnih parametara treba razmotriti i po potrebi redefinirati strategiju održavanja promatrane opreme.

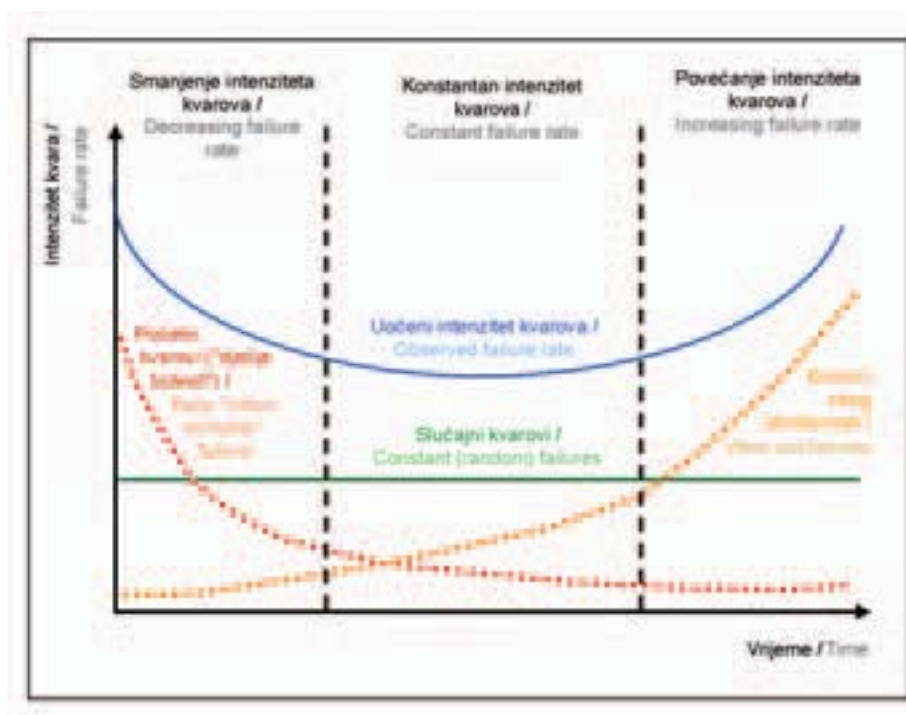
U praksi se pokazalo da su izračun i analiza SVIK-a prikladni za jednostavne sustave i komponente gdje se može krenuti od pretpostavke da je vjerojatnost pojave kvarova konstantna tijekom eksploatacije. U tom slučaju, prosječni intenzitet pojave kvarova bio bi jednak intenzitetu kvarova bilo u kojem trenutku ili konstantan. Ovaj scenarij korespondira s onim koji je poznat kao eksponencijalna distribucija, gdje je srednja vrijednost jednaka prosječnoj vrijednosti intenziteta kvarova.

Za kompleksnije sustave i komponente intenzitet kvarova može se mijenjati tijekom vremena. Polazeći od takvog pristupa, kvarovi tehničkih sustava dijele se na rane ili početne, slučajne te vremenske ili kvarove uzrokovane starenjem. Ova podjela kvarova prikazana je krivuljom mortaliteta koja je poznata i kao krivulja u obliku kade (Bathtub). Krivulja prikazana na slici 8 slikovito predočuje karakter i intenzitet pojave kvarova u ovisnosti o vremenu, odnosno životnom vijeku tehničkog sustava. Većina HEP-ovih elektrana i centralizirani toplinski sustavi nalaze se u fazi životnog vijeka koji se može locirati na desnoj strani osi (vrijeme), što na dijagramu odgovara području koje američki stručnjaci u održavanju nazivaju "penjanje iz kade".

the maintenance strategy for the equipment under scrutiny needs to be reconsidered and redefined if necessary.

Practice showed that the calculation and analysis of MTBF is appropriate for simple systems and components where it is possible to start from the assumption that the probability of failure occurring remains constant throughout the exploitation. In such a case, an average failure rate would be equal to the failure rate in any interval, or constant. This scenario corresponds with the one known as exponential distribution, where the mean value equals the average value of failure rate.

In more complex systems and components failure rate may vary with time. Starting from such an approach, failures of technical systems are divided into early or initial, random, and time failures or the failures caused by ageing. This division of failures is represented by a mortality curve also known as the bathtub curve. The curve in Figure 8 shows the character and failure rate depending on the time i.e. life cycle of the technical system. Most HEP's power plants and centralised heat systems are in the phase of their life cycle that can be located on the right side of axis x (time), which in the diagram corresponds with the area which U.S. maintenance experts term "Wearout Failure Period".



Slika 8
Krivulja mortaliteta (Bathtub - krivulja u obliku kade) s podjelom vrsta kvarova [5]
Figure 8
Bathtub curve with a division of failure types [5]

Prije opisane razlike u pristupu promatranju kvarova posebno su dolazile do izražaja s povećanjem složenosti tehničkih sustava i najprije su se pokazale u avionskoj industriji gdje se na temelju podataka o izračunu srednjeg vremena između kvarova nije mogao kontrolirati intenzitet njihove pojave. Razlog je što se izračun SVIK temelji na statističkim podacima o kvarovima iz prošlosti, dok nedovoljno uzima u obzir moguću pojavu kvarova u budućnosti zbog starenja komponenata tijekom njihova životnog vijeka.

Spomenute činjenice rezultirale su razvojem novih pristupa i strategija održavanja složenih tehničkih sustava gdje se mogu ubrojiti i objekti za proizvodnju električne energije. Jedan od njih, tzv. održavanje usmjereno na pouzdanost (Reliability Centred Maintenance - RCM), očituje se u tome da se na smanjenje intenziteta pojave kvarova može utjecati već u fazi izrade projekta, izborom odgovarajućih tehničkih rješenja. Na ovaj način definiranje strategije održavanja pomaknuto je već u fazu projektiranja tehničkog sustava. Ostali čimbenici RCM-a su rukovatelji ili osoblje koje upravlja proizvodnjom elektrane te održavatelji tehničkih sustava. Njihova je uloga da primjenom stručnog znanja i prikupljenih podataka tijekom praćenja sustava u eksploataciji, kao i redovitim remontima utječu na rano prepoznavanje funkcionalnih grešaka koje mogu dovesti do pojave kvarova [6].

Takva strategija podrazumijeva maksimalnu primjenu tehnika održavanja predviđanjem kojima se na temelju praćenja stanja i parametara sustava može utjecati na rano otkrivanje potencijalnih kvarova u kombinaciji s preventivnim održavanjem prema vremenskim intervalima i periodičkim remontima, kako je opisano u poglavlju 4.1.

U programu SUPO moguća je, osim same evidencije, i analiza uzroka pojave kvarova, uz uvjet da su prethodno klasificirani po tipovima. Općenito govoreći, uzrok kvarova mogu biti greške izazvane skrivenim defektima materijala ili komponenata, starenje komponente koje nepovoljno utječe na njezina svojstva i projektiranu funkciju te nepravilna uporaba ili nepravodobno preventivno održavanje komponente, a isto tako i nepravilni radni parametri ili režimi eksploatacije kao vanjski uzrok kvara.

4.3 Upravljanje zalihama

Upravljanje zalihama svakako je jedan od najvažnijih logističkih procesa u održavanju tehničkih sustava. Problematika pronalaženja optimalne politike upravljanja zalihama vrlo je složena i ovisi o raznim faktorima kao što su

The above-mentioned differences in the approaches to failure observation were particularly noticeable with the increasing complexity of technical systems, and they first surfaced in the aircraft industry where it was not possible to control the failure rate on the basis of the information derived from the calculation of MTBF. The reason for this was that MTBF is based on statistical data on failures from the past and is inadequately accounting for a possible occurrence of failures in the future due to the ageing of components during their life cycle.

This resulted in the development of new approaches to and maintenance strategies for complex technical systems to which electric power generation facilities belong. One of them, the so-called Reliability Centred Maintenance (RCM), is characterised by the possibility of reducing the failure rate already in the phase of design through a selection of appropriate technical solutions. This way defining the maintenance strategy is shifted to the phase of design of a technical system. Other RCM factors are operators or the staff managing the generation at a power plant and maintaining technical systems. Their role is to use the expertise and the data collected in the course of monitoring the system during its operation, as well as regular overhauls, to effect an early recognition of functional errors that can lead to failures [6].

Such a strategy includes a maximum implementation of anticipated maintenance techniques that make it possible, on the basis of monitoring the status and parameters of the system, to early detect potential failures in combination with preventive interval maintenance and periodical overhauls, as described in section 4.1.

In the MMS solution it is possible to both record and analyse the causes of failures, provided that they have been categorised by type first. Generally, the causes of failures may come from hidden defects of the material or components, the ageing of a component which affects its characteristics and designed function, and the incorrect use or a preventive maintenance of the component which is not performed in a timely manner, as well as irregular working parameters or exploitation regimes as the external causes of failures.

4.3 Inventory management

Inventory management is by all means one of the most important logistic processes in maintaining technical systems. The issue of devising an optimum inventory management policy is very complex and it depends on various factors such as unpredictability of demand, supply and delivery deadlines, multitude of items etc.

nepredvidljivost potražnje zaliha, rokovi dobave i isporuke, velik broj artikala itd.

Procjena potražnje za određenim zalihama ključni je čimbenik u politici određivanja zaliha i formiranju narudžbi. Poslovni proces održavanja u objektima za proizvodnju električne energije karakterizira model tzv. neovisne potražnje zaliha, pri čemu je u ukupnim zalihama dominantan udjel rezervnih dijelova namijenjenih za zamjenu neispravnih komponenti tehničkih sustava. Za model neovisne potražnje zaliha svojstven je pristup upravljanja zalihama koji se zasniva na filozofiji nadopunjavanja, što znači da se zalihe nakon njihova smanjenja odmah nadopunjavaju kako bi se osigurala njihova dovoljna raspoloživost za odvijanje poslovnog procesa, u ovom slučaju održavanja. U praksi su prisutni razni modeli koji se upotrebljavaju za nadopunjavanje zaliha, od kojih je najpoznatiji model ekonomične količine narudžbi (EKN) kojim se pokazuje odnos između cijene nabave i čuvanja zaliha [7]. Ideja ovog pristupa je izvršiti optimizaciju nabavnih količina tako da ukupni troškovi realizacije narudžbe i troškova čuvanja zaliha budu najmanji, a da se ne pojavi manjak artikala na skladištu.

Program SUPO omogućuje izračun ekonomičnih količina narudžbi na temelju podataka o povijesti korištenja, odnosno potrebama za određenim artiklom. Pritom algoritam za izračun EKN koristi sljedeće varijable:

- prosječnu količinu potreba za artiklom u jednoj godini - vrijednost bazirana na temelju ukupno korištenoj količini artikla tijekom promatranog vremenskog razdoblja - pretpostavlja se da je potreba za artiklom konstantna tijekom godine,
- prosječnu cijenu koštanja artikla,
- broj narudžbi artikla tijekom jedne godine,
- ukupnu korištenu količinu artikla u promatranom vremenskom razdoblju,
- troškove čuvanja artikla na zalihama - cijenu skladištenja,
- troškove realizacije narudžbe - uključuju administrativne troškove pripreme narudžbe i cjelokupnog procesa nabave te obrade računa za isporučeni artikl.

Izračun EKN može se prikazati sljedećim izrazom koji se izvodi traženjem ekstrema funkcije troškova po nabavnoj količini:

$$Q = \sqrt{\frac{2 \cdot K \cdot D}{h}}$$

(2)

The estimate of demand for a particular inventory is the key factor of the policy of determining inventory and creating orders. The business process of maintenance at the facilities for the generation of electricity is characterised by the model of the so-called independent inventory demand where the share of spare parts for the replacement of broken components of technical systems is dominant in inventory total. The independent demand model is characterised by the approach to inventory management that is based on the philosophy of restocking, which means that supplies are restocked as they are being used, to ensure their adequate availability for running the business process, in this case maintenance. In practice there are various models used to restock, the best known being the model of economic procurement quantities (EPQ) showing the relation between the cost of purchase and keeping inventory [7]. The notion of this approach is to optimise procurement quantities to keep the total cost of order realisation and the cost of keeping inventory at the minimum without experiencing a warehouse shortage.

The MMS solution enables a calculation of an economic number of orders on the basis of the information about the history of usage, i.e. the need for a particular item. The algorithm for the calculation of EPQ uses the following variables:

- average number of requests for an item in one year - value based on the total number of items used in the period observed - under the assumption of constant demand for the item throughout the year,
- average cost of item,
- number of orders in one year,
- total unused number of articles in the period observed,
- cost of keeping the item in stock - cost of inventory,
- cost of the realisation of the order - including administrative costs of preparing the order and of the entire process of procurement and processing the invoice for the item delivered.

EPQ calculation can be represented by the following expression in search of the extreme of the function of cost per procured quantity:

gdje je: **K** - fiksni trošak realizacije jedne narudžbe,
h - cijena skladištenja,
D - vrijednost dobivena iz izraza $Q=T \cdot D$ u kojem **T** predstavlja nabavni ciklus (vrijeme između dviju obnova zaliha), a **Q** prosječnu razinu zaliha za koju je pretpostavljeno da je konstantna u određenom vremenskom razdoblju.

Osim prethodno opisane metode EKN koja je usmjerena na optimizaciju nabavnih količina, u troškovnom upravljanju i smanjenju zaliha u praksi korisnima su se pokazale još neke tehnike. Jedna od njih je ABC analiza koja je poznata i pod imenom Pareto analiza. Namijenjena je klasifikaciji i dodjeljivanju prioriteta artiklima na skladištu prema njihovoj relativnoj važnosti koja se očituje u:

- udjelu ili postotku kojim vrijednost pojedinog artikla pridonosi ukupnoj vrijednosti zaliha,
- udjelu ili postotku kojim vrijednost utroška (promet) pojedinog artikla pridonosi ukupnoj vrijednosti utrošenih (prometu) zaliha u promatranom vremenskom razdoblju.

Ako se usredotoči na analizu vrijednosti zaliha, artikli se mogu svrstavati u tri kategorije:

- kategorija A - artikli koji svojom vrijednošću čine 80 % vrijednosti zaliha,
- kategorija B - artikli koji svojom vrijednošću čine 15 % vrijednosti zaliha,
- kategorija C - artikli koji svojom vrijednošću čine 5 % vrijednosti zaliha.

U praksi je dokazano da otprilike 20 % artikala na skladištu tvori kategoriju A te bi se smanjenjem njihovih zaliha u najvećoj mjeri moglo utjecati na smanjenje ukupne vrijednosti zaliha. Ovo se pravilo u praksi često naziva pravilo 80/20. Temeljitom analizom kategorije A treba selektirati artikle čije se zalihe mogu smanjiti i držati na niskoj razini bez većih posljedica za odvijanje procesa održavanja. To mogu biti artikli čiji su rokovi dobave i isporuke kratki te nema opravdanosti stvaranja velikih zaliha.

Ako se rezultati provedene analize prikažu u obliku dijagrama gdje je na osi y ukupna vrijednost zaliha, a na osi artikli na zalihi, dobije se tipična Pareto krivulja prikazana na slici 9. Krivulja se može razlikovati od slučaja do slučaja, ali joj je oblik uvijek tipičan.

whereas: **K** - fixed cost or realisation of one order,
h - inventory cost,
D - value obtained from the expression $Q=T \cdot D$, where **T** is procurement cycle (interval between two inventory renewals) and **Q** is average inventory level assumed to remain constant throughout a particular period.

In addition to the EPQ method described above which is focused on the optimisation of procurement effects, some other techniques have proved useful in cost management and down-scaling inventory. One of them is the ABC analysis also known as the Pareto analysis. It serves to categorise and allocate priorities to inventory items according to their relative relevance reflected in:

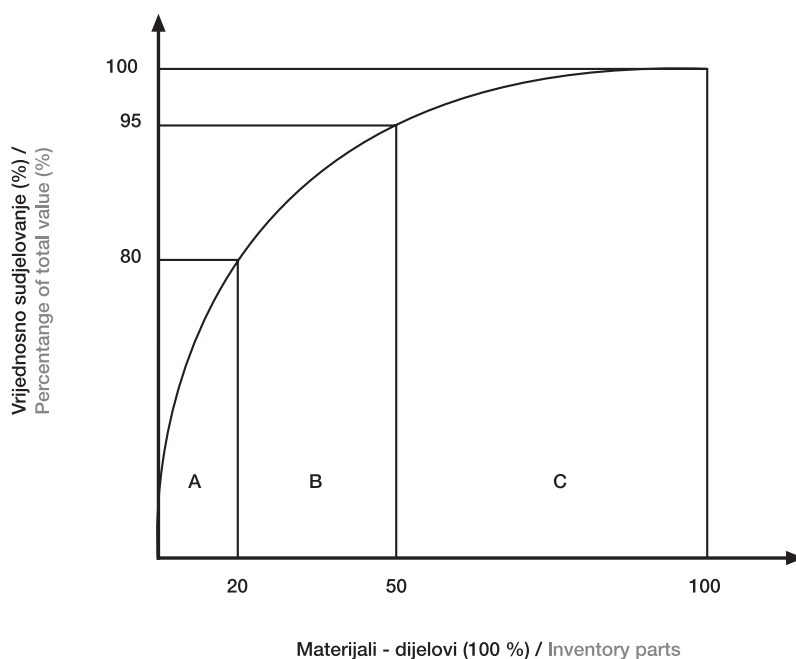
- share or percentage in which the value of an item contributes to the total inventory value,
- share or percentage in which the value of utilisation of an item contributes to the total value of utilisation of the inventory over a period of time.

If we focus on the analysis of the inventory value, items may be divided into three categories:

- A - items whose value makes 80 % of the inventory value,
- B - items whose value makes 15 % of the inventory value,
- C - items whose value makes 5 % of the inventory value.

It has been proved in practice that about 20 % of inventory items belong to category A, thus a reduction in their number could have a significant effect on the reduction in the total value of the inventory. This rule is often called the 80/20 rule. In a thorough analysis of category A, articles need to be selected whose number can be reduced and kept low without significantly affecting the maintenance process. These can be articles whose supply and delivery deadlines are short, so creating massive supplies is not justified.

If the results of the analysis are presented in the form of a diagram where axis y shows the total inventory value and axis x shows inventory items, we arrive at a typical Pareto curve shown in Figure 9. The curve may vary from case to case, but its form is always typical.



Slika 9
ABC analiza (Pareto
krivulja)
Figure 9
ABC analysis (the
Pareto curve)

Program SUPO ima integriran algoritam za provođenje i ispis rezultata ABC analize, što ga u kombinaciji s podrškom izračuna ekonomičnih količina narudžbi (EKN) čini snažnim alatom za optimizaciju, odnosno smanjenje razine i vrijednosti zaliha.

The MMS solution has an integrated algorithm for the implementation and printout of the results of the ABC analysis, which in combination with the calculation of economic procurement quantities (EPQ) makes it a powerful tool for the optimisation i.e. down-scaling the level and value of the inventory.

5 PRIMJENA PROGRAMA SUPO U PROIZVODNIM POGONIMA HEP-a

5.1 Tijek implementacije programa SUPO

Projekt SUPO realiziran je u HEP Proizvodnji i HEP Toplinarstvu u dvije faze, od kojih je prva priprema proizvodnih pogona za primjenu SUPO, a drugoj je krajnji cilj uvođenje informacijskog sustava za podršku upravljanju procesom održavanja - programa SUPO.

Preduvjet za uspješno uvođenje bilo kojeg, pa tako i informacijskog sustava za podršku upravljanju održavanjem dobro je osmišljena i provedena priprema koja se u osnovi sastoji od definiranja i pripreme temeljnih matičnih podataka i poslovnih procesa koje sustav treba podržati njegovom primjenom.

Svakako najposebniji dio posla u proizvodnim pogonima HEP-a bilo je kreiranje baze podataka tehničkih sustava (objekata održavanja) uz primjenu jednoznačnog šifarskog sustava. Za jedinstveni sustav šifriranja objekata održavanja u

5 IMPLEMENTATION OF MMS AT HEP'S GENERATION FACILITIES

5.1 Course of the MMS implementation

The MMS project was realised at HEP Generation and HEP Heating in two phases, of which the first was preparation of the generation facilities for the implementation of the MMS, and the ultimate goal of the second was to introduce an IT system for supporting the maintenance process.

A prerequisite to a successful introduction of any system including an IT system to support maintenance management is a thought-through preparation which basically consists of defining and preparing the basic master data and business processes that need to be supported.

By all means the most extensive work at HEP facilities was creating a database of technical systems (facilities to maintain) by applying a code system for unique reference. To this end, the KKS (Kraftwerk - Kennzeichensystem) was selected, which is used by many power utilities

HEP Proizvodnji i HEP Toplinarstvu odabran je KKS (Kraftwerk - Kennzeichensystem) koji se primjenjuje u mnogim elektroprivredama zapadnoeuropskih zemalja. U okviru KKS-a integrirane su mnoge međunarodne i nacionalne norme, primjerice EN, DIN, ISO i IEC, a sam je sustav definiran kao jedna od smjernica Tehničkog udruženja vlasnika velikih elektrana (VGB) pod oznakom B-105 [8], [9].

Uzimajući u obzir strukturu tipičnog proizvodnog i toplinarskog postrojenja, zaključeno je da bi se najveći dio objekata održavanja u HEP Proizvodnji i HEP Toplinarstvu mogao prikazati na tehničkoj dokumentaciji postrojenja, što bi istodobno omogućilo lakšu preglednost te upisivanje KKS oznake uza svaku jedinicu. U najvećem broju slučajeva za strojarska postrojenja i elektropostrojenja prikladnom se pokazala tehnička dokumentacija u obliku blok-shema, dok se u graditeljstvu objekti održavanja mogu prikazati na položajnim nacrtima, presjecima građevinskih objekata i sl.

Poznato je da je većina proizvodnih jedinica HEP-a visoke prosječne starosti, pa je razumljivo da se naišlo na različito stanje tehničke dokumentacije postrojenja. Osim toga, temeljna oprema u elektranama je proizvedena, isporučena i ugrađena dijelom od domaćih, a dijelom od inozemnih dobavljača, što je predstavljalo otežavajuću okolnost pri uspostavljanju jedinstvenog šifarskog sustava i standardnog oblika dokumentacije. Određeni dio tehničke dokumentacije nije bio ažuran ili čak uopće nije postojao, pa je ova prilika ujedno iskorištena da se to popravi.

Unatoč svemu, treba reći da je za HEP Proizvodnju izrađeno više od 3 200 standardnih tehničkih crteža na kojima su dodijeljene KKS šifre za gotovo 250 000 objekata održavanja, a zatim su iz njih preuzeti podaci koji su poslužili za kreiranje jednoznačnih, do iste razine raščlanjenih i međusobno usporedivih baza podataka objekata održavanja.

Svi izrađeni crteži dostupni su korisnicima programa SUPO za pregled "on-line", preko web stranice. Razrađeni su standardni postupci za revidiranje crteža i kontrolu pristupa vrijedećim i svim prethodnim verzijama. Dokumenti u digitalnom obliku pohranjeni su na središnjim poslužiteljima (serverima) Sektora za poslovnu informatiku HEP-a.

Na slici 10 prikazana je kao primjer web stranica za pregled dokumentacije postrojenja hidroelektrana PP HE Zapad. Sve izrađene sheme su interaktivne, što znači da prilikom njihova pregleda odabirom KKS oznake objekta održavanja korisnik programa SUPO može obaviti pregled i/ili revidiranje tehničkih podataka, izvršiti prijavu kvara ili kreirati radni nalog, ovisno o dodijeljenim ovlastima.

in West European countries. Within the KKS many international and national norms are integrated, such as EN, DIN, ISO and IEC, and the system itself is defined as one of the guidelines of the Technical Association of Big Plant Owners (VGB) marked B-105 [8], [9].

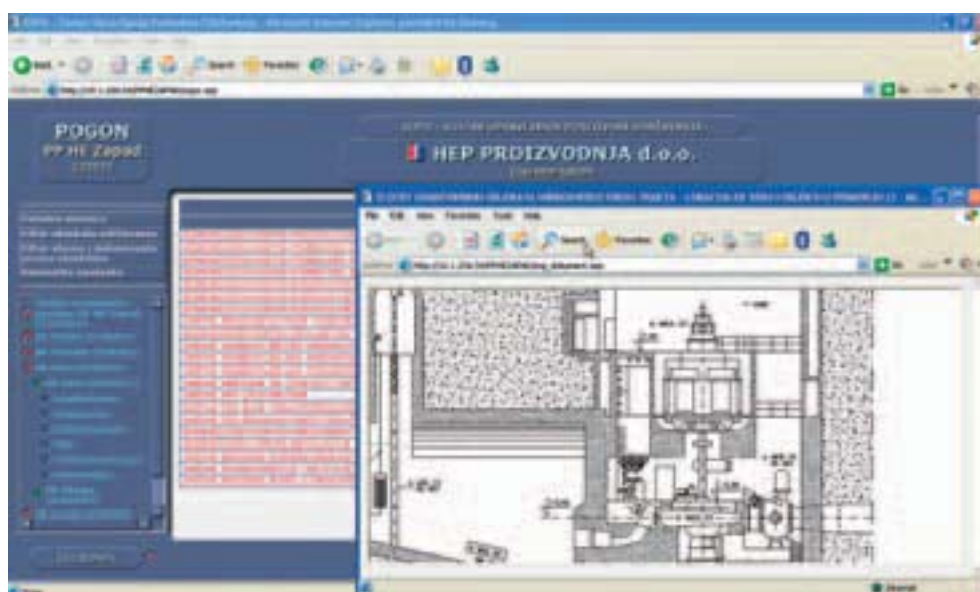
Bearing in mind the structure of a typical power and heat plant, it was concluded that most of the facilities to maintain at HEP Generation and HEP Heating could be shown in the technological documentation of the plant, which would also enable better overview and entering a KKS code for each unit. In most cases technical documentation in the form of flowcharts proved appropriate for mechanical and electrical facilities, whereas in construction area facilities to maintain may be shown in layouts, cross-sections of buildings etc.

It is known that most generating units of HEP are very old on the average, so it is understandable that the condition of the technical documentation of the facilities varied. In addition, the basic equipment of power plants had been manufactured, delivered and installed partly by national and partly by international suppliers, which added to the difficulty of setting up a unique code system and a standard form for documentation. Part of the technical documentation was not up-to-date or even existent, so this opportunity was taken to make this good.

Nevertheless, for HEP Generation more than 3 200 standard technical drawings were prepared with KKS codes for nearly 250 000 facilities to maintain, and then the data were taken over to create integrated databases of the facilities to maintain, comparable on the same level.

All the drawings prepared are accessible to the users of the MMS solution to be viewed "on-line" on the website. Standard procedures for reviewing drawings and controlling access to the relevant and all the preceding versions were developed. Documents in digital form were stored on central servers of the Business IT sector of HEP.

Figure 10 shows an example of the website for viewing the documentation of the hydroelectric power plant PP HE West. All the flowcharts are interactive, meaning that in viewing them the MMS solution user, by selecting the KKS of the facility to maintain, can view and/or revise technical information, report a failure, or create a work order, depending on his authorisation.



Slika 10
web stranica za on-line pregled temeljne dokumentacije postrojenja PP HE Zapad
Figure 10
Website for on-line inspection of the basic documents of PP HE West

Situacija u HEP Toplinarstvu bila je na određeni način specifična. S obzirom na obilježje i prostornu disperziranost centraliziranih toplinskih sustava, trebalo je šifrirati cjelokupnu distributivnu vrelvodnu i parovodnu mrežu te sve predajne toplinske stanice s opremom u stambenim i poslovnim prostorima, kao i blokvske kotlovnice. Rezultat toga je izrađenih više od 6 000 blok-shema te karata s vrelvodnom i parovodnom mrežom na kojima je označeno više od 370 000 objekata održavanja u gradovima Zagrebu i Osijeku.

Spomenute činjenice nalagale su i promjenu logike pristupa tehničkoj dokumentaciji s obzirom na proizvodne pogone - elektrane. Stoga je web stranica za pregled dokumentacije centraliziranog toplinskog sustava organizirana tako da prati zemljopisnu podjelu gradova Zagreb i Osijek na naselja, a zatim i ulice, nakon čijeg se pronalaženja pristupa segmentu vrelvodne mreže ili toplinskoj stanici u stambenom ili poslovnom prostoru. I u ovom je slučaju podržana funkcija izravne prijave kvarova preko karata vrelvodne ili parovodne mreže ili tehnoloških shema toplinskih stanica.


Zbirni podaci pripremne faze projekta SUPO prikazani su u tablici 2.

The conditions at HEP Heating were somewhat more specific. Considering the characteristics and the spatial dispersion of heating systems, it was necessary to code the entire heating and steam mains and all the heat transmission stations with their equipment at residential and commercial buildings, as well as boiler room units. The result was more than 6 000 flowcharts and maps of heating and steam mains indicating more than 370 000 facilities to maintain in Zagreb and Osijek.

These facts required a change in the logic of accessing technical documentation regarding the generation facilities - the power plants. For this reason a website for viewing the documentation of the centralized heat system was organised to follow the geographic division of the cities of Zagreb and Osijek into blocks, and streets, followed by the segments such as heating mains or heat stations at residential or commercial buildings. In this case the function of direct registration of failures by means of maps of heating or steam mains or technological layouts of heat stations is supported.

Collective data of the preparatory phase of the MMS project are shown in Table 2.

Tablica 2 - Zbirni podaci primjene SUPO u proizvodnim pogonima HEP-a
Table 2 - Collective data of the implementation of the MMS at HEP generation facilities

		PROJEKT SUPO - ZBIRNI PODACI PRIMJENE / MMS PROJECT - COLLECTIVE DATA				
		Pogon / Plant	Ukupno broj izradenih SUPO crteža / Total MMS drawings prepared	Broj objekata održavanja šifriranih prema KKS / Number of KKS-referenced facilities to maintain	Broj šifriranih artikala na skladištu / Number of referenced inventory items	Broj korisnika programa SUPO / Number of MMS users
		SVEUKUPNO / TOTAL	9 336	621 452	141 976	895
Sektor za termoelektrane / Thermoelectric power plant sector		TE-TO ZagREB	430	35 889	19 592	64
		TE Plomin	139	35 465	15 849	94
		EL-TO Zagreb	265	21 776	9 705	47
		TE Rijeka	145	18 975	13 400	58
		TE Sisak	289	30 522	13 650	49
		TE-TO Osijek	175	15 950	5 618	44
		KTE Jertovec	156	8 799	6 170	33
		UKUPNO Sektor za termoelektrane / TOTAL TPP Sector	1599	167 376	83 984	389
	Sektor za hidroelektrane / HPP Sector	PP HE Sjever / PP HE North	Služba za teh. posl. i KL / Technical department	9	558	2 913
HE Varaždin			94	5 044	3 850	
HE Čakovec			105	5 683	5 360	
HE Dubrava			111	6 516	5 094	
UKUPNO PP Sjever / SUBTOTAL PP HE North			319	17 801	17 217	
PP HE Jug / PP HE South		Služba za teh. posl. / Technical department	8	284	257	162
		HE Orlovac - Ruda	92	4046	1 344	
		HE Kraljevac	54	1995	751	
		HE Jaruga	30	785		
		HE Golubić	38	1159	972	
		MHE Krčić	6	205		
		HE Miljacka	72	1946		
		HE Peruća	73	2773	1 139	
		HE Đale	84	4127	3 395	
		RHE Velebit	122	6897	1 858	
HE Zakučac	155	8550	2 433			
CHE Buško Blato	59	3065	1 013	22		
	UKUPNO PP Jug/ SUBTOTAL PP HE South	793	35 832	13 162	184	
PP HE Zapad / PP HE West	Služba za teh. posl. / Technical department	0	23	139	148	
	HE Gojak	78	4 425	2 570		
	HE Ozalj	64	2 307	1 230		
	HE Senj	87	5 046			
	HE Sklope	42	1 612	1 933		
	CHE Fužine	27	1 767			
	CHE Lepenica	12	597	1 831		
	HE Zeleni Vir	11	460			
	HE Vinodol	41	2 600			
	HE Rijeka	74	3 629	1 581		
	UKUPNO PP Zapad / SUBTOTAL PP HE West	436	22463	9 284	148	
Pogon / Plant HE Dubrovnik	Služba za teh. posl. / Technical department	1			21	
	HE Dubrovnik	66	3 860	9 078		
	HE Zavrleje	7	345			
	UKUPNO Pogon HE Dubrovnik / SUBTOTAL HE Dubrovnik Plant	74	4 205	9 078		
	UKUPNO Sektor za HE / TOTAL HPP Sector	1622	80 301	48 741	420	
		UKUPNO HEP PROIZVODNJA / GRAND TOTAL HEP GENERATION	3 221	247 677	132 725	809
HEP TOPLINARSTVO d.o.o. / HEP HEATING	Službe u sjedištu / Central Departments		238		61	
	Toplinske mreže / Heating networks	4 310	225 500	5 181		
	Posebne toplane / Separate heat plants	753	89 356			
	Osijek	1 052	58 681	4 070		
	UKUPNO HEP TOPLINARSTVO / GRAND TOTAL HEP HEATING	6 115	373 775	9 251		

U fazi pripreme proizvodnih pogona za primjenu programa SUPO također je razvijen standardni šifarnik rezervnih dijelova te jedinstveni katalog i nazivlje potrošnog materijala za HEP Proizvodnju i HEP Toplinarstvo kako bi se unificirao i uveo u primjenu istovrsni način označavanja artikala, bez obzira na to na kojem se skladištu nalazili. Krajnji je cilj tog procesa racionalizacija i ostvarenje mogućnosti za smanjenje, odnosno okrupnjavanje broja skladišta, optimiranje razina zaliha i ujedinjavanje nabave. Katalog potrošnog materijala održava se i ažurira centralno, u skladu s propisanim postupcima te trenutačno broji više od 160 000 artikala.

Nakon što su stvorene temeljne pretpostavke i pripremljeni ključni matični podaci, uslijedila je sljedeća faza projekta - implementacija i primjena programa SUPO u HEP Proizvodnji i HEP Toplinarstvu.

5.2 Primjena programa SUPO u hidroelektranama

Implementacija programa SUPO u hidroelektrane HEP Proizvodnje realizirana je na modelu pilot-postrojenja za koje je odabrano Proizvodno područje hidroelektrana Sjever sa sjedištem u Varaždinu. PP HE Sjever obuhvaća hidroelektrane Varaždin, Čakovec i Dubrava na rijeci Dravi kojima se upravlja daljinski iz Komande lanca Varaždin.

U fazi pripreme pogona PP HE Sjever za primjenu programa SUPO izrađena je detaljna baza objekata održavanja u hidroelektranama. Trenutačno baza podataka sadrži gotovo 18 000 objekata održavanja označenih prema KKS-u koji su prikazani na gotovo 320 blok-shema i građevinskih nacrtu. Također je izvršen detaljan pregled i šifriranje više od 17 000 artikala rezervnih dijelova i potrošnog materijala na skladištima PP HE Sjever.

Za model organizacije PP HE Sjever razrađeni su i dokumentirani temeljni poslovni procesi koji će biti podržani primjenom programa SUPO, i to:

- proces provedbe programa preventivnog održavanja,
- proces prijave kvarova uz razradu mogućih scenarija kod pojave kvarova tijekom redovitoga radnog vremena pogona, kao i izvan radnog vremena, uključujući vikende i praznike,
- proces izdavanja dokumenata zaštite na radu kod izvođenja aktivnosti održavanja,
- proces skladišnog poslovanja - zaprimanja i izdavanja zaliha, uključujući izradu standardnih dokumenata skladišnog poslovanja koji će se koristiti u cijeloj HEP Proizvodnji,

In the phase of preparing the generation facilities for the implementation of the MMS solution, a standard code list for spare parts has also been developed as well as a single catalogue and references of consumables at HEP Generation and HEP Heating with a view to integrating and introducing a uniform way of referencing materials irrespectively of what warehouse they are stored at. The final goal of this process was streamlining and enabling a decrease in the number of warehouses, optimisation of inventory levels and unification of procurement. The catalogue of consumables is kept and updated centrally, in accordance with the prescribed procedure, and it currently includes more than 160 000 items.

Once the preconditions have been created and the key master data prepared, there followed the next phase of the project - implementation and application of the MMS solution at HEP Generation and HEP Heating.

5.2 MMS operation at hydroelectric power plants

The implementation of the MMS solution at hydroelectric power plants of HEP Generation was realised by way of a pilot facility model, for which the hydroelectric generation area North (PP HE North), headquartered in Varaždin, was selected. PP HE North includes the power plants of Varaždin, Čakovec and Dubrava on the river Drava, controlled remotely from the Varaždin Chain Command.

In the phase of preparing PP HE North for the implementation of the MMS solution a detailed database of the power plant facilities to maintain was created. Presently, the database contains more than 18 000 facilities to maintain referenced pursuant to the KKS and shown in nearly 320 flowcharts and construction plans. A detailed inspection and coding of more than 17 000 spare parts and consumables stored at the power plants of PP HE North was also undertaken.

For the organisational model of PP HE North the basic business processes were developed and documented, which would be supported by the MMS:

- implementation of preventive maintenance schedule,
- registering failures with the elaboration of possible scenarios upon the occurrence of failures during regular operating hours of the facility, as well as beyond the operating hours, including week-ends and holidays,
- issuing safety-at-work documents in performing maintenance activities,
- warehouse operation - receiving and releasing inventories, including the creation of standard

- proces knjiženja dokumenata skladišnog poslovanja u materijalnom knjigovodstvu uz prijenos podataka u financijsko knjigovodstvo (glavnu knjigu) u poslovnom informacijskom sustavu HEP-a,
- proces evidentiranja i upravljanja tehničkom dokumentacijom.

Prema postavljenim poslovnim procesima, definirana su radna mjesta, odnosno poimenično korisnici koji sudjeluju u realizaciji procesa. Trenutačno je u PP HE Sjever gotovo 70 korisnika programa SUPO. Tijekom tzv. probnog rada testirano je provođenje svih definiranih procesa uz podršku programa SUPO te usklađenost s projektnim postavkama. Sustav je u primjeni gotovo pet godina. U međuvremenu su uvedena određena poboljšanja instaliranjem novih verzija programa.

Prema modelu koji je definiran na PP HE Sjever, izvršena je implementacija programa SUPO u HE Dubrovnik i PP HE Zapad [10]. Implementacija programa SUPO u PP HE Zapad izvršena je u roku od oko četiri mjeseca, pri čemu je školovano i u primjenu uvedeno gotovo 150 korisnika u devet hidroelektrana i zajedničkim stručnim službama.

Implementacija programa SUPO u PP HE Jug u završnoj je fazi. SUPO je uveden u primjenu u hidroelektrane Đale, Peruća i Orlovac. Kad bude u potpunosti uveden u primjenu, programom SUPO u PP HE Jug koristit će se više od 160 korisnika.

Zbirni podaci primjene SUPO-a u Sektoru za hidroelektrane HEP Proizvodnje pokazuju da se programom SUPO koristi 420 korisnika. Primjenom šifarskog sustava KKS izvršeno je označavanje i evidentiranje više od 80 000 objekata održavanja koji su prikazani na više od 1 600 standardnih blok-shema. Uz podršku programa SUPO prati se promet i upravlja zalihama na skladištima s gotovo 50 000 artikala - rezervnih dijelova i potrošnog materijala za održavanje. Dosad je u programu SUPO u hidroelektranama kreirano nekoliko desetaka tisuća radnih naloga, primjerice samo na PP HE Sjever, gdje je SUPO najdulje u primjeni, u bazi podataka evidentirano je više od 1 600 aktivnosti preventivnog održavanja na temelju kojih je izdano gotovo 27 000 radnih naloga.

5.3 Primjena programa SUPO u termoelektranama

Za pilot postrojenje među termoelektranama HEP Proizvodnje u koje će se uvesti program SUPO odabrana je TE-TO Zagreb, kao tehnološki najslabije postrojenje za kombiniranu proizvodnju električne i toplinske energije. Program

- documents for warehouse operations to be used across HEP Generation,
- entering documents for warehouse operation in material accounting with the transfer of data to financial accounting (general ledger) in the business IT system of HEP,
- recording and managing technical documentation.

Pursuant to the business processes set, workplaces were defined i.e. the users, by names, involved in the realisation of processes. Presently, PP HE North has almost 70 users of the MMS solution. During the so-called trial commission, the operation of all the processes defined was tested with the support of the MMS solution, as well as their correspondence with the project setup. The system has been running for almost 5 years now. In the meantime, some improvements were introduced by installing new versions of software.

According to the model defined at PP HE North, an implementation of the MMS solution was conducted at HE Dubrovnik and PP HE West [10]. The implementation of the MMS solution at PP HE West was conducted in about 4 months, training and commissioning nearly 150 users at 9 hydroelectric power plants and joint technical departments.

The implementation of the MMS solution at PP HE South is in its final phase. The MMS has been rolled out at hydroelectric power plants of Đale, Peruća and Orlovac. Once it has been completely rolled out, the MMS solution at PP HE South will be used by more than 160 users.

The collective data for the MMS at the Hydroelectric Power Plant Sector of HEP Generation show that the MMS solution is used by 420 users. The implementation of the KKS code system provided for labelling and recording more than 80 000 facilities to maintain that are shown in 1 600 standard flowcharts. With the MMS support the utilisation of nearly 50 000 items of warehouse inventories is monitored and managed - spare parts and consumables used in maintenance. To date, several tens of thousands of work orders have been created within the MMS, e.g. at PP HE North alone, where the MMS has been running the longest, the database has recorded more than 1 600 preventive maintenance activities on the basis of which nearly 27 000 work orders were issued.

5.3 MMS operation at thermoelectric power plants

The selected pilot facility was TE-TO Zagreb, as technologically the most complex facility of HEP Generation for combined generation of power and heat. The MMS at TE-TO Zagreb was implemented

SUPO je u TE-TO Zagreb implementiran istodobno s pilot postrojenjem hidroelektrana PP Sjever.

Faza priprema pogona termoelektrana za primjenu programa SUPO sastojala se od standardnih, već opisanih aktivnosti. Funkcionalnost i model primjene programa SUPO razvijen u TE-TO Zagreb preslikan je na ostale termoelektrane radi potpune standardizacije procesa održavanja uz minimalna odstupanja uvjetovana specifičnostima pojedinih pogona.

Primjenom informacijskog sustava potpuno su podržani svi temeljni poslovni procesi iz opsega projekta. U TE-TO Zagreb SUPO je u primjeni više od pet godina. Programom SUPO u potpunosti je praćeno uvođenje u eksploataciju, a time i upravljanje procesom održavanja novog kombi-kogeneracijskog bloka K snage 200 MW.

Nakon TE-TO Zagreb implementacija programa SUPO provedena je na lokaciji TE Plomin. Dosadašnju primjenu SUPO u TE Plomin ilustrira baza podataka objekata održavanja u kojoj se nalazi više od 35 000 objekata održavanja označenih prema sustavu KKS, čiji se program preventivnog održavanja sastoji od više od 1 100 aktivnosti (zadataka) na temelju kojih je dosad izdana većina od gotovo 24 000 radnih naloga. U provedbi aktivnosti održavanja prema radnim nalogima izdano je više od 7 200 dokumenata zaštite na radu - Dozvola za rad.

Skladišni modul programa SUPO u TE Plomin sadrži više od 16 000 artikala, a broj narudžbi za robu, usluge i radove iznosi nešto više od 5 500.

Trenutačni broj korisnika programa SUPO na lokaciji TE Plomin je 94, među koje kao specifičnost dosadašnje primjene u HEP Proizvodnji treba ubrojiti i vanjske izvođače kojima je ugovorom povjerenje izvođenje aktivnosti održavanja postrojenja. Uloga vanjskih izvođača (u pravilu voditelja radilišta) u programu SUPO jest pripremiti specifikacije provedenih aktivnosti i utrošenih resursa prema izdanim radnim nalogima održavanja, vrsti i mjestu troška. Nakon što tehnolog održavanja TE Plomin odobri specifikaciju, vanjski izvođač ispostavlja račun za provedene radove održavanja.

Dovršetak implementacije, redom, u pogone TE Rijeka, EL-TO Zagreb, KTE Jertovec, TE Sisak i TE-TO Osijek, program SUPO uveden je u primjenu u cijeloj Sektor za termoelektrane HEP Proizvodnje.

Zbirni podaci primjene SUPO-a u termoelektrana HEP Proizvodnje pokazuju da se programom SUPO u radu koristi 389 korisnika. Primjenom šifarskog sustava KKS izvršeno je označavanje

simultaneously with the pilot facility of the hydroelectric power plant PP North.

The phase of preparing the facilities of thermoelectric power plants for the implementation of the MMS included standard, already described activities. The functionalities and the model for the operation of the MMS developed at TE-TO Zagreb were then copied to other thermoelectric power plants to achieve full standardisation of the maintenance process with a minimum deviation to account for the specific characteristics of individual facilities.

The implementation of the IT system fully supported all the basic operating processes from the scope of the project. The MMS has been running at TE-TO Zagreb for more than 5 years. It was used to fully control the commissioning and maintenance management of the new combined 200 MW co-generation K unit.

Following TE-TO Zagreb, the implementation of the MMS took place at TE Plomin. The operation of the MMS at TE Plomin is illustrated by the database of the facilities to maintain which includes 35 000 facilities to maintain referenced pursuant to the KKS, whose preventive maintenance schedule consists of more than 1 100 activities (tasks) on the basis of which most of the nearly 24 000 work orders have been issued. In the realisation of maintenance activities pursuant to work orders more than 7 200 safety-at-work documents - work clearances - have been issued.

The warehouse module of the MMS at TE Plomin contains more than 16 000 items, and the number of orders for goods, services and works exceeds 5 500.

Presently, the number of users of the MMS at TE Plomin is 94, including external contractors entrusted with the maintenance of the facilities, as a specific characteristic of the operation of the MMS at HEP Generation. The role of external contractors (generally, site managers) within the MMS is to prepare the specifications of the activities completed and the resources expended according to the maintenance work orders issued, the type and location of expense. Following the approval of the specifications by the maintenance technologist at TE Plomin, the external contractor issues his invoice for the maintenance works performed.

Upon the completion of the implementation at TE Rijeka, EL-TO Zagreb, KTE Jertovec, TE Sisak and TE-TO Osijek the MMS solution was rolled out across the Thermoelectric Power Plant Sector of HEP Generation.

The collective data from the implementation of the MMS in thermoelectric power plants of HEP Generation shows that the MMS is used by 389 users. By means of the KKS more than 167 000

i evidentiranje više od 167 000 objekata održavanja koji su prikazani na gotovo 1 600 standardnih blok-shema. Uz podršku programa SUPO prati se promet i upravlja zalihama na skladištima termoelektrana s gotovo 84 000 artikala - rezervnih dijelova i potrošnog materijala za održavanje. U dosadašnjoj primjeni programa SUPO u termoelektranama kreirano je nekoliko desetaka tisuća radnih naloga.

5.4 Primjena programa SUPO u toplinarstvu

U HEP Toplinarstvu, koje obavlja djelatnost distribucije i opskrbe, a dijelom i proizvodnje toplinske energije u gradovima Zagrebu i Osijeku, program SUPO je u primjeni gotovo tri godine. Implementacija programa SUPO u HEP Toplinarstvo vođena je usporedno s implementacijom u HEP Proizvodnju, s obzirom na to da su u trenutku pokretanja projekta SUPO poslovne funkcije tih društava bile ujedinjene u okviru prijašnje Direkcije za proizvodnju HEP-a.

Iz tog su razloga funkcije i procesi u ekonomskom djelokrugu poslovanja - upravljanju zalihama i skladišnim poslovanjem, materijalnim knjigovodstvom i nabavom robe, usluga i radova - gotovo identični kao i u HEP Proizvodnji, pa je preuzet i primijenjen ondje razvijen model njihove podrške primjenom programa SUPO.

Po svojoj funkciji, Toplinarstvo ima obilježja tipičnoga gradskog komunalnog sustava te se organizacija, planiranje i provedba aktivnosti i općenito proces održavanja u određenoj mjeri razlikuje s obzirom na termoelektrane i hidroelektrane. Jedna od ključnih razlika ogleda se u tome da dio reklamacija i prijava kvarova, dakle ulaznih podataka u programu SUPO za provedbu korektivnog održavanja, dolazi od građana i ostalih korisnika centraliziranog toplinskog sustava.

Osim aktivnosti održavanja, programom SUPO u HEP Toplinarstvu podržano je praćenje investicija - izgradnje novih objekata (dionica vrelovoda ili parovoda ili toplinskih stanica, ugradnja mjerila toplinske energije). Za realizaciju ovih aktivnosti izdaje se radni nalog po kojem se prati trošak materijala izdanog sa skladišta, rada vlastitih zaposlenika te angažmana vanjskih dobavljača, čime se izračunava ukupan trošak investicija.

U gradu Osijeku HEP Toplinarstvo ostvaruje dio prihoda izvođenjem radova za treće osobe. Utrošak resursa po radnim nalogima izdanim iz programa SUPO za te aktivnosti služi kao podloga za izradu računa za obavljene radove.

facilities to maintain were referenced, recorded and shown in nearly 1 600 standard flowcharts. With the support of the MMS the situation is monitored and inventories in the warehouses of power plants managed, including nearly 84 000 items - spare parts and consumables for maintenance. In running the MMS at thermoelectric power plants several tens of thousands of work orders were created.

5.4 MMS operation in heat industry

At HEP Heating, which engages in the distribution and supply and, partly, generation of heat in the cities of Zagreb and Osijek, the MMS has been operating for almost 3 years. The implementation at HEP Heating was conducted simultaneously with the implementation at HEP Generation, and upon the rollout of the MMS the operating functions of these companies were unified within the former Generation Directorate of HEP.

For this reason the functions and processes in the economic sphere of the operation - inventory management and warehouse operation, material accounting and procurement of goods, services and works - are almost identical as that of HEP Generation, so HEP Heating took over and implemented the MMS support model developed at HEP Generation.

In its function heat industry is a typical urban utility system, with its organisation, planning and activities, as well as the general process of maintenance, slightly differing from thermoelectric and hydroelectric power plants. One of the key differences is that part of the complaints and failure registrations, i.e. the input information in the MMS system required for corrective maintenance, comes from the citizens and other customers of the centralized heating system.

In addition to maintenance activities, the MMS at HEP Heating supports monitoring investments - the construction of new facilities (sections of heating or steam mains, or heat stations, and the installation of heat meters). For the realisation of these activities work orders are issued to follow the expenses of the material released from the warehouse, the work of the company's own employees and the involvement of external suppliers, adding up to the total cost of investment.

In Osijek HEP Heating earns part of its income by performing works for third parties. The spending of resources per work orders issued under the MMS for such activities serves as the basis for creating invoices for the works completed.

Baza podataka objekata održavanja u HEP Toplinarstvu broji više od 370 000 objekata održavanja označenih primjenom šifarskog sustava KKS, a čine je toplinske stanice s opremom kojih u Zagrebu ima više od 2 500, dionice vrelovodne mreže (u Zagrebu dužine oko 200 km) ili parovodne mreže (u Zagrebu dužine oko 45 km) te blokovske kotlovnice (u Zagrebu ih je više od 50). Svaki od objekata održavanja prikazan je na jednoj od više od 6 000 izrađenih blok-shema, uključujući i karte vrelovoda i parovoda čije su dionice ucrtane na zemljopisnim kartama gradova Zagreba i Osijeka.

Zalihe i skladišno poslovanje HEP Toplinarstva kojima se upravlja putem programa SUPO karakterizira relativno manji broj različitih tipova artikala (rezervnih komponenti i dijelova), s obzirom na to da je oprema većim dijelom tipska. Ukupno je evidentirano više od 9 000 artikala.

O opsegu primjene programa SUPO u HEP Toplinarstvu govore podaci prema kojima je dosad u Zagrebu izdano više od 14 500 radnih naloga (u prosjeku 5 000 na godinu), a u Osijeku više od 4 400 (u prosjeku 1 400 na godinu). Program preventivnog održavanja sastoji se od više od 2 500 aktivnosti.

U HEP Toplinarstvu planira se proširiti funkcionalnost i dovršiti implementacija integriranog sustava koji čine program SUPO i geoinformacijski sustav (GIS). Kombinacija primjene ovih informacijskih sustava u upravljanju održavanjem komunalnih infrastrukturnih sustava pokazala se u svjetskoj praksi vrlo korisnom, pa će takav model biti primijenjen i na centralizirane toplinske sustave u Zagrebu i Osijeku.

The database of the facilities to maintain at HEP Heating includes more than 370 000 facilities referenced in accordance with the KKS: heat stations with equipment, of which there are more than 2 500 in Zagreb, sections of heating mains (about 200 km in length in Zagreb) or steam mains (about 45 km in length in Zagreb) and boiler room units (more than 50 in Zagreb). Each of the facilities to maintain is shown in one of more than 6 000 prepared flowcharts, including maps of heating and steam mains whose sections are marked on the geographic maps of Zagreb and Osijek.

The inventories and warehouse operation of HEP Heating managed by means of the MMS solution are characterised by a relatively smaller number of different types of items (spare parts and components), considering the fact that the equipment is mostly standard. A total of more than 9 000 items have been recorded.

The scope of the use of the MMS at HEP Heating is apparent from the information showing that to date more than 14 500 work orders have been issued in Zagreb (5 000 a year on the average), or 4 400 in Osijek (1 400 a year on the average). The program of preventive maintenance includes more than 2 500 activities.

HEP Heating is planning to extend the functionalities and complete the implementation of the integrated system comprising the MMS and the GIS systems. A combination of the implementation of these IT systems in managing the maintenance of the systems of public utility infrastructure has globally proved very useful, so that this model will also be used in centralised heating systems in Zagreb and Osijek.

6 OSTVARENE I OČEKIVANE KORISTI ZBOG PRIMJENE PROGRAMA SUPO

6.1 Pogonska spremnost elektrana

Glede ostvarenih koristi i utjecaja na pogonsku spremnost, program SUPO treba promatrati u širem kontekstu kao alat za podršku vođenju pogona. Na temelju podataka iz programa SUPO, primjerice broja i frekvencije pojave kvarova, zabilježenih podataka o stanju opreme u provedenim remontima, stječe se uvid u stanje postrojenja, a time i uspješnost provedbe programa održavanja.

Obrada i analiza svih raspoloživih podataka iz programa SUPO već se u praksi koristi za definiranje i dinamičko upravljanje strategijom

6 MMS BENEFITS EXPECTED AND ACHIEVED

6.1 Operative readiness of power plants

With regard to its benefits and the effect on operative readiness, the MMS needs to be seen in a broader context as a tool to support the management of the facility. On the basis of the MMS data, e.g. the number of failures and the failure rate, the condition of the equipment noted during overhauls, the general condition of the facility is established, which enables successful performance of maintenance programs.

The processing and analysis of all the available MMS data are already being used in practice for defining and dynamically managing the

održavanja, čija će provedba rezultirati visokom raspoloživošću proizvodnih pogona [11]. Kao izvrstan primjer treba spomenuti TE Plomin 2.

Primjenom programa SUPO strategija upravljanja održavanjem TE Plomin 2 (kojim upravlja TE Plomin d.o.o., joint venture tvrtka HEP-a i RWE Power) znatno je redefinirana. Tomu je pridonijela i činjenica da se u upravljanju svojim elektranama RWE Power snažno oslanja na pomoć informacijskih sustava za planiranje, upravljanje i provedbu raznovrsnih poslova u vođenju pogona.

Umjesto preventivnog održavanja s godišnjim remontom, provođenje remonta sada je planirano u trogodišnjim intervalima. Pritom se djelomični i generalni remont izmjenjuju svake tri godine. Zakonski propisana ispitivanja (npr. posuda pod tlakom) se, u mjeri koliko je to moguće, obavljaju tijekom planiranih ili neplaniranih zastoja.

Ušteda troškova zbog povećanja remontnog intervala još je važnija ako se remont detaljno planira pomoću informacijskog sustava za podršku upravljanju održavanjem. Tako za remont iduće godine inženjeri i ostali stručnjaci za sve glavne komponente postrojenja: generator, turbinu, kotao i postrojenje za odsumporavanje dimnih plinova izrađuju analize stanja već u prethodnoj godini te planiraju radne naloge u kojima se definira opseg radova, angažiranje zaposlenika i potreban materijal. Na osnovi pripremljenih podloga utvrđuje se "kritični put" koji određuje trajanje remonta, ugovaraju potrebne aktivnosti održavanja i iniciraju narudžbe u okviru SUPO-a za potrebne rezervne dijelove.

Rezultat ovakve detaljne pripreme je minimalno trajanje pojedinog zastoja, što za opskrbu Hrvatske električnom energijom znači dodatnu uštedu troškova jer se izbjegava uvoz skupe električne energije, a za elektranu to znači veći udio u pokrivanju vlastitih troškova. TE Plomin 2 je nakon izlaska elektrane iz jamstvenog roka pod punim opterećenjem u prosjeku na godinu radio 7 500 sati, uz radnu raspoloživost veću od 90 %.

U okviru primjene strategije održavanja usmjerenog na stanje postrojenja temeljene na informacijskom sustavu za održavanje kao što je SUPO i uz njegovu dosljednu primjenu, kroz zajednički rad još se više koristi potencijal znanja zaposlenika. Često citiran "intelektualni kapital" sada se više ne može upisivati samo u male crne notese nego mora biti jasan i u svakom trenutku raspoloživ u informacijskom sustavu.

Na lokaciji TE Plomin u primjenu programa SUPO uključen je velik broj korisnika, u namjeri

maintenance strategy whose implementation will result in a high availability of generating facilities [11]. An excellent example is TE Plomin 2.

The implementation of the MMS has considerably redefined the strategy for managing the maintenance of the thermoelectric power plant TE Plomin 2 (managed by TE Plomin d.o.o., a joint venture of the companies HEP and RWE Power). This was also helped by the fact that in managing its power plants RWE Power strongly relies on the support from IT systems for planning, managing and conducting various activities in running the facilities.

Instead of preventive maintenance with an annual overhaul, overhauls are now planned in three-year intervals, with partial and general overhauls alternating every three years. Statutory tests (e.g. pressurized vessel) are, to the extent possible, conducted during planned or non-planned downtime.

Cutting the expenses owing to the prolongation of overhaul intervals is even more important if the general overhaul is planned in detail with the help of the IT system to support maintenance management. For the next year's overhaul engineers and other experts in all the major components of the facility: the generator, turbine, boiler and fume desulphurisation plant, are preparing analyses one year in advance and are planning work orders to define the scope of works, the necessary labour, the duration of works and the required material. On the basis of the documents prepared the "critical path" is established to determine the duration of the overhaul, the necessary maintenance activities are being contracted and the orders of the required spare parts initiated within the MMS.

The result of such a detailed preparation is minimum duration of any downtime, which means additional savings for the country, because the import of expensive electricity is avoided, and for the power plant itself this means a greater extent of the coverage of its own expenses. Following the warranty period, TE Plomin 2 operated under full load 7 500 hours a year, its operating availability exceeding 90 %.

Within the implementation of the status-focused maintenance strategy relying on an IT system such as the MMS and its consistent application, the potential of the employee expertise is even better utilised in jointly working together. The often mentioned "intellectual capital" cannot be noted on memo pads any more, it must be transparent and available within the IT system at any moment.

da se svim ovlaštenim zaposlenicima omogući slobodan pristup središnjem alatu za upravljanje održavanjem. To je neizbježno jer dok se kod preventivnog održavanja moraju izvršiti propisani planovi održavanja, održavanje usmjereno na stanje zahtijeva veću odgovornost i stručne kompetencije svih sudionika u procesu održavanja. Vođenje i edukaciju tih zaposlenika potrebno je usmjeriti u skladu s time. U tome je velika zadaća posloводства. Zaposlenicima treba objasniti da postavljanje osobnih ciljeva u održavanju kroz informacijski sustav predstavlja veliku vrijednost i ima mjerljive rezultate.

6.2 Transparentnost poslovanja i certificiranje

Primjenom programa SUPO uspostavljen je jedinstven i jasan sustav upravljanja održavanjem tehničkih sustava HEP Proizvodnje i HEP Toplinarstva kroz standardizaciju postupaka planiranja, organizacije, pripreme i praćenja izvršenja i dokumentiranja svih aktivnosti u procesu održavanja te zaštite na radu, a isto tako i logističkih procesa skladišnog poslovanja i upravljanja zalihama, kao i nabavi robe, usluga i radova.

Može se reći da je realizacijom projekta SUPO već izvršena temeljita priprema HEP Proizvodnje i HEP Toplinarstva za uspostavljanje i certificaciju sustava upravljanja kvalitetom prema ISO standardima serije 9000 jer je održavanje ključan segment njihove djelatnosti.

Kod certificiranja sustava upravljanja okolišem prema normama serije ISO 14000 potrebno je potvrditi da je uspostavljen sustav upravljanja održavanjem čijom se dosljednom primjenom sprečava negativan utjecaj tehničkih sustava na okoliš. TE-TO Zagreb je prva HEP-ova elektrana koja je certificirala sustav upravljanja okolišem prema normi ISO 14001:2004 u veljači 2006., a to će se provesti i za preostale elektrane HEP-a.

Prilikom certificacije svih hidroelektrana HEP Proizvodnje za proizvodnju električne energije iz obnovljivih izvora (tzv. zelene energije) provjeravana je i organizacija te način dokumentiranja i mogućnost pregleda podataka o planiranim i provedenim poslovima održavanja postrojenja, pri čemu se program SUPO pokazao potpuno kompatibilnim s obzirom na postavljene zahtjeve [12].

At TE Plomin the MMS is running with a great number of users, the idea being to enable all the authorised employees a free access to the central tool for maintenance managing. This is inevitable, because preventive maintenance requires the fulfilment of prescribed maintenance schedules, whereas status-focused maintenance demands more responsibility and expertise in all the staff involved in maintenance. The guidance and training of such employees needs to be managed accordingly. In this the management has to play a big role. They need to explain to the employees that setting personal goals in IT-aided maintenance is a great asset with measurable results.

6.2 Transparent operation and certification

The implementation of the MMS system set up an integrated and transparent system of management of technical systems of HEP Generation and HEP Heating through the standardisation of the processes of planning, organising, preparing and monitoring the completion and documentation of all the activities of maintenance and safety at work, as well as the logistic processes for warehouse operation and inventory management and the procurement of goods, services and works.

It can be said that the realisation of the MMS has accomplished a thorough preparation of HEP Generation and HEP Heating for setting up and obtaining a certificate for the system of quality management according to ISO standards series 9000, because maintenance is the key segment in their operation.

To obtain a certificate for the system of environmental management according to the ISO 14000 standard it is necessary to confirm that a system has been set up for managing maintenance, whose consistent use prevents a negative effect of technical systems on the environment. TE-TO Zagreb is the first power plant of HEP to have obtained a certificate of environmental management system according to ISO 14001:2004, in February 2006, and this will be conducted in other power plants of HEP as well.

The certification of all the hydroelectric power plants of HEP Generation for the generation of electricity from renewable energy sources (the so-called green energy) included checking the organisation and the method of documentation and the possibility of viewing the data of the maintenance activities planned and conducted, in which the MMS proved to be absolutely compatible with the requirements [12].

6.3 Poslovno odlučivanje

Moderni informacijski sustavi za podršku upravljanju održavanjem, kao što je program SUPO, pružaju mogućnosti analitike, sumiranja i prikaza prikupljenih podataka u složenom procesu održavanja tehničkih sustava i njihovog pretvaranja u kvalitetne informacije na temelju kojih će biti moguće donošenje operativnih odluka te predviđanje trendova.

Nakon potpunog uvođenja u primjenu programa SUPO na razini temeljnih organizacijskih jedinica HEP Proizvodnje i HEP Toplinarstva pristupit će se kreiranju sustava izvještavanja za razinu posloводства ovih društava koja će omogućiti brz dohvat i dubinsku analizu ključnih pokazatelja procesa održavanja postrojenja, primjerice pregleda kvarova, omjera preventivnog i korektivnog održavanja, vrijednosti zaliha na skladištima, troškova održavanja i sl. Stoga se razmatra uvođenje sustava izvještavanja na platformi "Business Intelligence" informacijskih alata kao nadogradnje primjeni programa SUPO.

Primjena SUPO u HEP Proizvodnji i HEP Toplinarstvu već pridonosi podizanju razine poslovnog odlučivanja, počevši od razine operativnog vođenja i upravljanja procesom održavanja pa sve do razine posloводства pogona [11]. Kvalitetno praćenje temeljnih procesa u elektroprivrednoj tvrtki, kao što su poslovi održavanja, baza je za nadogradnju učinkovitog sustava korporativnog upravljanja.

Za poslovanje u europskom elektroenergetskom sustavu uspješnost procesa održavanja proizvodnih pogona bit će još važnije pratiti kroz sustav ključnih pokazatelja uspješnosti (Key performance indicators) i uspostaviti sustav benchmarkinga s obzirom na uspješne elektroprivredne tvrtke u Europskoj uniji (projekt u tijeku). Takav sustav zahtijeva stalno praćenje uspješnosti realizacije zacrtanih ciljeva i otklanjanje uočenih neusklađenosti u procesima, pri čemu će primjena programa SUPO biti izvor svih potrebnih podataka za usporedbu s istovjetnim podacima iz poslovanja naprednih elektroprivrednih tvrtki.

6.4 Optimiranje troškova poslovanja

Upravljanje troškovima i trajno unapređenje poslovne učinkovitosti uvjet su opstanka elektroprivredne tvrtke u uvjetima tržišne konkurencije. U tom smislu SUPO je podloga i alat za provedbu poslovnog planiranja, uspostavu kontroling funkcije i optimiranje troškova poslovanja.

6.3 Corporate decision-making

Modern IT systems for supporting maintenance management, such as the MMS solution, provide for the possibilities of analysing, summarising and presenting the data collected in a complex process of technical maintenance and their transformation in quality information on the basis of which it will be possible to make operative decisions and to predict trends.

Following the rollout of the MMS on the level of the basic organisational units of HEP Generation and HEP Heating, creating a system of reporting for the management levels of these companies will begin, which will enable a quick access to and an in-depth analysis of the key indicators of the process of maintenance, for instance the overview of failures, the ratio between the preventive and the corrective maintenance, the value of inventories in storage, the maintenance expenses etc. Therefore, an introduction of a system of reporting on the platform of "Business Intelligence" tools is being considered as an upgrade of the MMS.

The MMS at HEP Generation and HEP Heating is already contributing to raising the level of corporate decision-making, beginning with the operation management and the maintenance process to the level of plant management [11]. Quality monitoring of the basic processes in an electric power utility such as maintenance activities, is the basis for an upgrade to an effective system of corporate management.

In the operation within the European electric power system it will be even more important to monitor the performance of the process of maintenance of generation facilities by means of key performance indicators, and to set up a benchmarking system in relation to successful electric power utilities in the European Union (the project is under way). Such a system requires continuous monitoring of the successful realisation of the goals set and eliminating any disharmony noted in the processes, in which the MMS will be the source of all the information required for a comparison with the same type of information from the operation of successful electric power utilities.

6.4 Optimisation of operating expenses

Managing the expenses and permanent improvement of business efficiency are prerequisites to the survival of a power utility under the circumstances of market competition. In this context the MMS is the basis and the tool for business planning, controlling and optimising operating expenses.

Koristi primjene programa SUPO u HEP Proizvodnji i HEP Toplinarstvu mogu se načelno podijeliti na neizravne i izravne.

Neizravne koristi najvećim dijelom proizlaze iz očite racionalizacije poslovnih procesa kao posljedice uvođenja informatizacije u održavanje. Tu se mogu ubrojiti:

- općenito povećanje učinkovitosti i produktivnosti koje proizlazi iz standardizacije poslovnih procesa i podizanja razine njihove automatizacije s obzirom na tradicionalni sustav temeljen na manualnom protoku podataka i pisanoj dokumentaciji,
- formiranje središnjih baza podataka čime je smanjen utrošak vremena za dohvat i pretraživanje svih podataka i događaja u procesu održavanja - blok-sheme postrojenja, tehnički podaci, arhiva aktivnosti održavanja, kvarova, zaliha itd.,
- primjena jedinstvenog sustava šifriranja i nazivlja - nomenklature objekata održavanja, zaliha itd.

Izravne koristi primjene programa SUPO ogledaju se u raspoloživosti svih potrebnih informacija za primjenu koncepta upravljanja održavanjem "trošak kao motivator" koji se koristi u zapadno-europskim elektroprivredama, primjerice irskom ESBI-ju.

Programom SUPO evidentiraju se i prikupljaju sve komponente troškova održavanja - vlastitih zaposlenika, materijala sa skladišta i usluga vanjskih dobavljača. Podloga za prikupljanje troška je radni nalog održavanja koji omogućuje njegovo praćenje po više kriterija, i to:

- po aktivnostima, odnosno vrstama troška - preventivno ili korektivno održavanje, modifikacije postrojenja,
- po mjestu troška koje čine objekti održavanja, pri čemu je analitičko praćenje troška moguće ostvariti po više razina, od proizvodne jedinice do najmanje komponente postrojenja.

Smanjenje troškova poslovanja primjenom programa SUPO također je moguće ostvariti u segmentu upravljanja zalihama i procesu nabave materijala, usluga i radova:

- optimizacijom zaliha - primjenom provjerenih metoda ABC analize, a također i modela ekonomske količine narudžbe materijala,
- smanjenjem broja skladišta,
- okupnjavanjem narudžbi, sklapanjem partnerstava i dugoročnih ugovora za isporuku zaliha s kvalificiranim dobavljačima.

The benefits of the MMS at HEP Generation and HEP Heating can be generally divided into indirect and direct ones.

Indirect benefits mostly follow from the evident streamlining of business processes as a consequence of the introduction of IT in maintenance. This includes:

- general increase in efficiency and productivity following from the standardisation of business processes and raising the level of their automation compared with the traditional system based on the manually managed data flow and written documentation,
- creating central databases to reduce the time spent on retrieving and searching all the data and events in the maintenance process - flowcharts of the facilities, technical data, archives of maintenance activities, failures, inventories etc.,
- using a single system of codes and names - the nomenclature of the facilities to maintain, inventories etc.

Direct benefits of the MMS are reflected in the availability of all the necessary information for the implementation of the concept of maintenance management or "expense as a motivator" applied by West European power utilities, e.g. the Irish ESBI.

The MMS records and collects all the components of maintenance expenses - own labour, materials in storage and services of external suppliers. The basis for the collection of expenses is a working order that enables its monitoring by several criteria:

- by activities i.e. types of expense - preventive or corrective maintenance, modification of facilities,
- by the location of expense, including the facilities to maintain, where analytical monitoring of expenses is possible on several levels, from the generation unit to the smallest component of the facility

Cutting the operating expenses by using the MMS can also be realised in the segment of inventory management and the process of procurement of materials, services and works by means of:

- inventory optimisation - through the application of the proved methods of the ABC analysis, and by defining economic quantities for material orders,
- reducing the number of warehouses,
- accumulating orders, entering partnerships and long-term agreements for the supply of inventories with qualified suppliers.

Preduvjet za primjenu spomenutih mjera ostvaren je u okviru projekta SUPO razradom i primjenom jedinstvenog sustava šifriranja i nazivlja potrošnog materijala i rezervnih dijelova na razini HEP Proizvodnje i HEP Toplinarstva.

Program SUPO također ima bitnu ulogu u analizi iskorištenja zaposlenika, što predstavlja jedan od parametara za optimiranje broja zaposlenih, a time i odgovarajućih troškova poslovanja.

7 ZAKLJUČAK

Uvođenjem programa SUPO u djelatnost proizvodnje električne i toplinske energije HEP se svrstao u društvo naprednih elektroprivrednih kompanija koje se u vođenju proizvodnih pogona snažno oslanjaju na podršku informacijskih sustava.

Primjenom SUPO-a uspostavljen je jedinstveni sustav upravljanja održavanjem tehničkih sustava u HEP Proizvodnji i HEP Toplinarstvu, što obuhvaća standardizaciju poslovnih procesa planiranja, organizacije, izvršenja i dokumentiranja svih aktivnosti u procesu održavanja. Realizacijom ovog projekta izvršena je temeljita priprema HEP Proizvodnje i HEP Toplinarstva za uspostavu i certifikaciju sustava upravljanja kvalitetom prema ISO standardima serije 9000 i serije 14000.

Program SUPO već se u praksi upotrebljava za dinamičko upravljanje strategijom održavanja radi postizanja visoke raspoloživosti proizvodnih pogona. Poslovanjem HEP-a u europskom elektroenergetskom sustavu očekuje se još veća uloga SUPO-a u troškovnom optimiranju procesa održavanja, racionalizaciji upravljanja i smanjenju razine zaliha te optimiranju broja i iskorištenja vlastitih zaposlenika u održavanju proizvodnih pogona.

Primjenom informacijskih sustava poput programa SUPO HEP postiže razinu tehnološke kompatibilnosti i mogućnost jasne prezentacije načina na koji upravlja vlastitom imovinom.

Program SUPO u HEP Proizvodnji koristi približno 1/3 zaposlenih (809 od 2 399), a u HEP Toplinarstvu više od 1/5 zaposlenih (86 od ukupno 378) pa ga treba promatrati kao komponentu HEP-ova sustava upravljanja znanjem i alat koji omogućuje pohranjivanje, razmjenu i korištenje podataka, informacija i znanja bitnih za upravljanje procesom održavanja.

A prerequisite to the implementation of the above-mentioned measures was met within the MMS project by developing and applying a single system of codes and names for consumables and spare parts at the level of HEP Generation and HEP Heating.

The MMS also has an important role in the analysis of the utilisation of human resources, which is one of the parameters in optimising the number of employees and, consequently, the appropriate operating expenses.

7 CONCLUSION

The introduction of the MMS in the power and heat generation industry put HEP among the advanced power utilities which in managing their generation facilities strongly rely on IT support.

The implementation of the MMS set up a single system of technical management at HEP Generation and HEP Heating, including the standardisation of the business processes of planning, organisation, completion and documentation of all the activities in the maintenance process. The realisation of this project completed a thorough preparation of HEP Generation and HEP Heating for setting up and having certified a quality management system pursuant to ISO standard series 9000 and 14000.

The MMS is already being used for a dynamic management of the maintenance strategy with a view to achieving high availability of generation facilities. With HEP's the operation within the European electric energy system the role of the MMS in optimising the expenses of the maintenance process, streamlining the management and the reduction in the inventory level and the optimisation of the number and utilisation of own human resources in maintaining generating facilities, will be even greater.

By using IT systems such as the MMS, HEP has achieved the level of technological compatibility and the possibility of transparent presentation of the way in which it manages its own assets.

At HEP Generation, the MMS is used by nearly 1/3 (809 out of 2 399), and at HEP Heating by more than 1/5 (86 out of 378) of the total number of employees, so the MMS needs to be seen as an important component of HEP's knowledge-management tool and a tool enabling storage, exchange and use of data, information and knowledge essential to the management of the maintenance process.

LITERATURA / REFERENCES

- [1] O'HANLON, T., Misson & Vison Statements for Maintenance & Reliability, CMRP Publisher, <http://www.Reliability.com>, 2005.
- [2] Enterprise Asset Management Software & Services Worldwide Outlook, Market Analysis and Technology Forecast Through 2010, ARC Advisory Group, Dedham (MA) USA, <http://www.arcweb.com/Community/arcnews>, 2005.
- [3] Skupina autora, Održavanje opreme, Inženjerski priručnik IP4, poglavlje 9, Školska knjiga, Zagreb, 2002.
- [4] MAJDANDŽIĆ, N., Strategije održavanja i informacijski sustavi održavanja, Udžbenik Strojarskog fakulteta u Slavonskom Brodu Sveučilišta u Osijeku, Slavonski Brod, 1999.
- [5] WIKIPEDIA - The Free Encyclopedia, Failure Rate, <http://en.wikipedia.org/wiki/MTBF>
- [6] BERGER, D., Maintenance optimization and your plant, <http://www.plantservices.com>
- [7] BELAK, V. et al., Upravljanje zalihama i skladišno poslovanje, RRIF, Zagreb, 2002.
- [8] HEP Proizvodnja, Naputak SUPO N-001/97: Raščlamba postrojenja sukladno sustavu označavanja KKS, Ekoneg, 1999.
- [9] HEP Toplinarstvo, Naputak SUPO N-004/98: Smjernice za primjenu KKS u HEP Toplinarstvu, Ekoneg, 1999.
- [10] BRADAČ, V., BRCKAN, K., PAVŠIĆ, T., Primjena Sustava upravljanja poslovanjem održavanja u hidroelektranama Hrvatske elektroprivrede, Zbornik radova 3. međunarodnog simpozija HEPP 2003, Hidroelektrane - obnovljiva energija za danas i sutra, Elektrotehničko društvo Zagreb, Šibenik, 2003.
- [11] BLOMBERG R., MARTINČIĆ A., Plomin 2 u razdoblju 2004. - 2005. godine, Časopis EGE 4/2005, 136-139
- [12] BACINGER, I., BREZOVEC, M., FATOVIĆ, S., Proizvodnja eko struje (zelene energije) u hidroelektranama, Zbornik radova 3. međunarodnog simpozija HEPP 2003, Hidroelektrane - obnovljiva energija za danas i sutra, Elektrotehničko društvo Zagreb, Šibenik, 2003.
- [13] STURM, A., Zustandswissen für Betriebsführung und Instandhaltung, Band 10 der Fachbuchreihe Kraftwerkstechnik, VGB-B010, 1. Ausgabe, VGB-Kraftwerkstechnik GmbH, 1996.
- [14] OBERG, C. P., Managing Maintenance As a Business, EPAC Software Technologies, Inc., <http://www.maintenanceresources.com/ReferenceLibrary/>, 2001

Uredništvo primilo rukopis:
2006-04-11

Manuscript received on:
2006-04-11

Prihvaćeno:
2006-04-20

Accepted on:
2006-04-20