

Tomislav Baričević  
EIHP  
[tbaricevic@eihp.hr](mailto:tbaricevic@eihp.hr)

Alen Pavlinić  
EIHP  
[apavlinic@eihp.hr](mailto:apavlinic@eihp.hr)

Ivica Penić  
HEP ODS  
[ivica.penic@hep.hr](mailto:ivica.penic@hep.hr)

Ivica Hadjina  
HEP ODS  
[ivica.hadjina@hep.hr](mailto:ivica.hadjina@hep.hr)

Anđelko Tunjić  
HEP ODS  
[andelko.tunjic@hep.hr](mailto:andelko.tunjic@hep.hr)

Tanja Marijanić  
HEP ODS  
[tanja.marijanic@hep.hr](mailto:tanja.marijanic@hep.hr)

## PRIMJENA NAPREDNE MJERNE INFRASTRUKTURE ZA UNAPREĐENJE UPRAVLJANJA IMOVINOM U HEP ODS-U

### SAŽETAK

Napredna mjerna infrastruktura omogućava prikupljanje podataka i informacija dostupnih u gotovo stvarnom vremenu, koje nadilaze potrebe uobičajenih funkcija mjerenja radi obračuna potrošnje električne energije.

U referatu su strukturirano prikazana područja primjene napredne mjerne infrastrukture, koja ukazuju da bi se optimalna buduća organizacija poslovnih procesa HEP ODS-a trebala temeljiti na nadopunjavanju i međusobnoj podršci tri glavna sustava, MDM/MOC/KMS sustava kao preduvjeta za efikasno sveobuhvatno uvođenje i punu primjenu napredne mjerne infrastrukture, fokusiranog na prikupljanje, obradu i pohranu mjernih podataka, AIM/CBRM sustava fokusiranog na upravljanje imovinom i analitičke poslovne procese temeljene na povijesnim podacima te ADMS-a fokusiranog na vođenje sustava i poslovne procese u stvarnom vremenu.

**Ključne riječi:** napredna mjerna infrastruktura, MDM, upravljanje imovinom, vođenje sustava

## APPLICATION OF ADVANCED METERING INFRASTRUCTURE FOR IMPROVING ASSET MANAGEMENT IN HEP DSO

### SUMMARY

The advanced metering infrastructure enables the collection of data and information available in almost real time, which go beyond the needs of the usual measurement functions of billing the electricity consumption.

In the article, the areas of application of advanced metering infrastructure are presented in a structured manner, which indicate that the optimal future organization of HEP DSO business processes should be based on the complementation and mutual support of three main systems, the MDM/MOC/KMS system as a prerequisite for the effective introduction and full application of the advanced metering infrastructure, focused on the collection, processing and storage of meter data, AIM/CBRM system focused on asset management and analytical business processes based on historical data, and ADMS focused on system operation and business processes in real time.

**Key words:** advanced metering infrastructure, MDM, asset management, system operation

## 1. UVOD

HEP ODS je Zakonom o tržištu električne energije određen operatorom distribucijskog sustava za područje Republike Hrvatske na vremensko razdoblje od 50 godina.

Napredna mjerna infrastruktura dio je mjerne usluge koju u elektroenergetskom sustavu u Republici Hrvatskoj pruža HEP ODS kao operator distribucijskog sustava i preduvjet je za energetska tranziciju i ostvarenje vizije „Čiste energije za sve Europljane“.

HEP ODS kao pružatelj mjerne usluge s trenutnim udjelom napredne mjerne infrastrukture oko 20% obračunskih mjernih mjesta u početnoj je fazi projekta sustavne sveobuhvatne ugradnje napredne mjerne infrastrukture, koja omogućava prikupljanje podataka i informacija dostupnih u gotovo stvarnom vremenu, koje nadilaze potrebe uobičajenih funkcija mjerenja radi obračuna potrošnje električne energije i omogućavaju unapređenje ostalih bitnih funkcija operatora distribucijskog sustava i primjenu novih aplikacija i/ili rješenja naprednih distribucijskih mreža u aktivnostima vođenja pogona distribucijske mreže i upravljanja imovinom (planiranja razvoja i održavanja) distribucijske mreže.

Ovim referatom su, na temelju studije [1] provedene u suradnji HEP ODS-a i Energetskog instituta Hrvoje Požar, nabrojena sva područja primjene napredne mjerne infrastrukture, a detaljno opisane mogućnosti primjene u području upravljanja imovinom.

## 2. MOGUĆNOSTI PRIMJENE NAPREDNE MJERNE INFRASTRUKTURE U POSLOVNIM PROCESIMA HEP ODS-A

Prema Smjernicama za digitalnu transformaciju poslovanja [2], ključna opredjeljenja u pogledu razvoja djelatnosti distribucije električne energije su:

- jedinstveni ODS - s ciljem osiguravanja ujednačene kvalitete te uvjeta pristupa i korištenja distribucijske mreže,
- napredni mjerni sustav - s ciljem omogućavanja fleksibilnosti korisnika mreže, vremenski promjenjivih tarifa i izravnog upravljanja potrošnjom i
- napredna mreža - s ciljem integracije proizvođača, kupaca i onih koji objedinjuju te dvije funkcije, kako bi se osigurala učinkovita, održiva i sigurna opskrba električnom energijom

U pogledu napredne mjerne infrastrukture, digitalnom transformacijom poslovanja HEP ODS-a predviđeno je uvođenje centralnog sustava za upravljanje naprednom mjernom infrastrukturom i pohranjivanje raznih mjernih podataka (MDM – engl. Meter Data Management - upravljanje mjernim podacima, odnosno u širem smislu MDM/MOC/KMS platforma – engl. MDM - Meter Data Management - upravljanje mjernim podacima / MOC – engl. Metering Operation Center- centar upravljanja brojilima / KMS – engl. Key Management System - sustav upravljanja ključevima) te njihovo dijeljenje s ostalim sustavima za izradu naprednih analiza. Podaci koji se prikupljaju u MDM sustav služe za:

- napredno planiranje i upravljanje mrežom,
- nadzor i upravljanje imovinom (primarno mjernom, a dodatno kroz analize cjelokupnom),
- automatsko/napredno upravljanje mjernom opremom,
- posluživanje podataka za potrebe:
  - digitalizacije radnih naloga (WFM),
  - upravljanja imovinom (AIM/CBRM – engl. Assets Investment Management / Condition Based Risk Management),
  - vođenja sustava (ADMS (engl. Advanced Distribution Management System - napredni sustav vođenja distribucijske mreže) i SCADA,
  - različitih aplikacija (npr. NEPLAN) te
- praćenje kvalitete napona i prekida napajanja (DISPO).

Primjena sustava napredne mjerne infrastrukture u mrežnim aktivnostima HEP ODS-a, odnosno u sektoru za upravljanje imovinom i sektoru za vođenje sustava, može se svrstati je u četiri grupe, od kojih su prve dvije temeljna područja čiji se rezultati koriste u gotovo svim ostalim aktivnostima, (1) analiza i predviđanje preuzimanja (potrošnje) i predaje (proizvodnje) električne energije i (2) topologija i parametri NN mreže, te (3) upravljanje imovinom i (4) vođenje sustava.

Detaljni pregled utvrđenih mogućnosti primjene napredne mjerne infrastrukture u aktivnostima upravljanja imovinom HEP ODS-a prikazuje Tablica 1. Navedeno je područje primjene, funkcije i potrebni podaci (napredne mjerne infrastrukture i ostali), kategorizirani kao povijesni ili u gotovo stvarnom vremenu (dostupni nakon nekoliko sekundi ili minuta). Podcrtanim tekstom označena su moгуća unapređenja

postojećih aplikacija HEP ODS-a. Bojom teksta i početnim slovom označena je pretežna pripadnost pojedinih područja primjene i funkcija u glavne sustave:

- (M) MDM naprednu analitiku,
- (V) ADMS (vođenje sustava) i
- (I) AIM/CBRM (upravljanje imovinom),

kombinaciju po dva glavna sustava:

- (M/I) MDM/AIM/CBRM,
- (M/V) MDM/ADMS i
- (V/I) ADMS/AIM/CBRM,

odnosno mogućnost pružanja funkcija od strane sva tri sustava:

- (M/V/I) MDM/ADMS/AIM/CBRM.

Tablica 1. Mogućnosti primjene napredne mjerne infrastrukture u poslovnim procesima HEP ODS-a

R.br.	Područje primjene	Funkcija	Podaci*
1	<i>Analiza i predviđanje preuzimanja (potrošnje) i predaje (proizvodnje) električne energije</i>		
1.1	analiza potrošnje i klasifikacija korisnika mreže (M)	<ul style="list-style-type: none"> <li>– klasifikacija i modeliranje opterećenja (M)</li> <li>– predviđanje opterećenja (M)</li> <li>– utvrđivanje prisutnosti punionice za električna vozila, dizalice topline ili spremnika električne energije (M)</li> <li>– utvrđivanje proizvodnje električne energije (iz solarnih panela drugih izvora) (M)</li> <li>– sklonosti kupaca ulaganjima u energetske učinkovitost, OIE i spremnike te modelima poticanja (M)</li> </ul>	GSV, povijesni: <ul style="list-style-type: none"> <li>– krivulja radne energije</li> <li>– cijena električne energije</li> <li>– meteorološki podaci i vremenska prognoza</li> <li>– dodatno, za utvrđivanje proizvodnje električne energije, krivulja napona i osunčanje</li> </ul>
1.2	predviđanje preuzimanja / predaje električne energije na OMM krajnjih kupaca i na različitim razinama distribucijske mreže (M/V/I)	<ul style="list-style-type: none"> <li>– kratkoročno predviđanje za kupovanje energije dan unaprijed (M/V)</li> <li>– dugoročno predviđanje za dugoročne ugovore o kupnji električne energije i za planiranje mreže (M/I)</li> <li>– srednjoročno predviđanje za unapređenje efikasnosti obračuna (M)</li> </ul>	Povijesni: <ul style="list-style-type: none"> <li>– povijesni podaci o radnoj energiji (15-minutni ili satni, dnevni, tjedni, mjesečni, godišnji) na razini OMM, kontrolnih brojila u TS SN/NN i SCADA</li> <li>– meteorološki podaci i vremenska prognoza</li> </ul>
1.3	procjena realizirane i predviđanje buduće proizvodnje distribuiranih izvora i angažmana spremnika energije te potrošnje krajnjih kupaca (M/I)	<ul style="list-style-type: none"> <li>– analiza i procjena realizirane proizvodnje distribuiranih izvora i angažmana spremnika energije (M/I)</li> <li>– procjena realizirane potrošnje električne energije krajnjih kupaca (M/I)</li> <li>– kratkoročno predviđanje proizvodnje distribuiranih izvora i angažmana spremnika energije za potrebe tržišta i pružanja usluga fleksibilnosti (M/V)</li> <li>– dugoročno predviđanje proizvodnje distribuiranih izvora, angažmana spremnika energije i potrošnje električne energije za potrebe upravljanja imovinom distribucijske mreže i planiranja i praćenja realizacije proizvodnje OIEK i programa energetske učinkovitosti (M/I)</li> <li>– srednjoročno predviđanje proizvodnje distribuiranih izvora, angažmana</li> </ul>	GSV, povijesni: <ul style="list-style-type: none"> <li>– krivulja radne energije</li> <li>– krivulja napona</li> <li>– meteorološki podaci i vremenska prognoza</li> <li>– osunčanje</li> <li>– cijena električne energije i drugi tržišni signali</li> <li>– rezultati 1.1 i 1.2</li> </ul>

R.br.	Područje primjene	Funkcija	Podaci*
		spremnika energije i potrošnje električne energije za potrebe realizacije i praćenja učinaka projekata OIEK i energetske učinkovitosti (M/I)	
2	<b>Topologija i parametri NN mreže</b>		
2.1	korekcija i provjera aktualnog stanja topologije mreže u GIS-u (M)	<ul style="list-style-type: none"> <li>– mapiranje topologije NN mreže (veze OMM – TS SN/NN – NN izvod) (M)</li> <li>– određivanje faze OMM-a (M)</li> <li>– <u>podrška postojećem GIS-u</u> (M)</li> <li>– <u>zamjena za postojeći Informator</u> (M)</li> </ul>	GSV, povijesni: <ul style="list-style-type: none"> <li>– krivulje napona</li> <li>– analiza PLC signala</li> <li>– registriranje prekida napajanja (mjesto i vremena)</li> <li>– događaji nestanka napona i povratka napona brojila</li> <li>– GIS</li> </ul>
2.2	modeliranje parametara NN mreže (I)	<ul style="list-style-type: none"> <li>– modeliranje (procjena) parametara NN mreže (I)</li> <li>– <u>podrška postojećem GIS-u</u> (I)</li> </ul>	Povijesni: <ul style="list-style-type: none"> <li>– krivulje napona</li> <li>– krivulje radne i jalove energije</li> <li>– topologija mreže</li> <li>– GIS</li> </ul>
3	<b>Upravljanje imovinom</b>		
3.1	vizualizacija i glavni pokazatelji stanja SN izvoda (M/V/I)	<ul style="list-style-type: none"> <li>– glavni pokazatelji stanja SN izvoda (na godišnjoj razini) (V/I)</li> <li>– procjena preostalog kapaciteta za priključenje distribuiranih energetske resursa (DER) (V/I)</li> <li>– analize i prikazi su moguće na razini SN izvoda ili TS SN/NN (za sve ili npr. samo za kritične izvode koji u nekoj od kategorija prelaze zadane vrijednosti, što upućuje na potrebu detaljnije analize) (V/I)</li> <li>– vizualizacija na modelu u GIS-u (na razini izvoda ili na razini dionica i TS SN/NN) za potrebe HEP ODS-a i informiranje krajnjih kupaca o stanju na njihovoj lokaciji ili mogućnostima priključenja (M)</li> <li>– <u>evolucija i unapređenje postojeće aplikacije Planiranje razvoja</u> (I)</li> </ul>	Povijesni: <ul style="list-style-type: none"> <li>– SCADA</li> <li>– krivulje radne i jalove energije</li> <li>– krivulje napona</li> <li>– GIS</li> </ul>
3.2	analiza kvarova (vjerojatnosti i posljedice) (I)	<ul style="list-style-type: none"> <li>– baza podataka kvarova (mjesto, uzrok, posljedice, prekid napajanja, troškovi popravka) (I)</li> <li>– analiza i predviđanje vjerojatnosti kvara (po komponentama ili tipovima elemenata mreže) (I)</li> <li>– <u>evolucija i unapređenje postojeće aplikacije Planiranje razvoja</u> (I)</li> </ul>	Povijesni: <ul style="list-style-type: none"> <li>– SCADA</li> <li>– krivulje radne i jalove energije i napona</li> <li>– događaji i alarmi</li> <li>– meteorološki podaci</li> <li>– povijest popravaka i održavanja (troškovi, kvarovi na sličan dan)</li> <li>– rezultati 4.1 (DISPO ili drugi registar prekida)</li> </ul>

R.br.	Područje primjene	Funkcija	Podaci*
3.3	upravljanje imovinom na temelju stanja (I)	<ul style="list-style-type: none"> <li>– kratkoročno ili srednjoročno predviđanje održavanja radi sigurnosti i pouzdanosti opskrbe (I)</li> <li>– održavanje prema stanju umjesto periodičkog održavanja (I)</li> <li>– povećanje očekivanog životnog vijeka imovine primjerenim opterećenjem i održavanjem (I)</li> <li>– <u>primjena i unapređenje postojeće AIM/CBRM metodologije (I)</u></li> </ul>	Povijesni: <ul style="list-style-type: none"> <li>– SCADA</li> <li>– kontrolna mjerenja u TS SN/NN</li> <li>– informacija o temperaturi i razini ulja transformatora</li> <li>– podaci o kvarovima i prekidima napajanja</li> <li>– vrsta izvoda</li> <li>– povijest održavanja</li> <li>– analiza i plan održavanja prema stanju</li> <li>– temeljeno na 3.1 i 3.2</li> </ul>
3.4	procjena tehničkih i netehničkih gubitaka u NN mreži (M/V/I)	<ul style="list-style-type: none"> <li>– procjena ukupnih gubitaka električne energije (M)</li> <li>– pojednostavnjena procjena tehničkih i netehničkih gubitaka u NN mreži (M)</li> <li>– <u>točnija analiza i procjena tehničkih gubitaka u vodovima NN i TR SN/NN (V/I)</u></li> <li>– <u>procjena netehničkih gubitaka (razlika ukupnih i tehničkih gubitaka) (V/I)</u></li> <li>– <u>procjena potencijala energetske učinkovitosti (smanjenja tehničkih gubitaka) (I)</u></li> </ul>	Povijesni: <ul style="list-style-type: none"> <li>– krivulja radne i jalove energije</li> <li>– GIS</li> <li>– rezultati 3.8 i 3.9</li> </ul>
3.5	lociranje neovlaštene potrošnje u NN mreži (M/I)	<ul style="list-style-type: none"> <li>– utvrđivanje vjerojatne lokacije neovlaštene potrošnje na području jedne TS SN/NN (M/I)</li> <li>– sprječavanje neovlaštene potrošnje (M/I)</li> </ul>	Povijesni: <ul style="list-style-type: none"> <li>– krivulje radne i jalove energije</li> <li>– krivulje napona</li> <li>– klasifikacija kupaca</li> <li>– GIS</li> </ul>
3.6	procjena tehničkih i netehničkih gubitaka u SN mreži (M/I)	<ul style="list-style-type: none"> <li>– procjena ukupnih gubitaka električne energije (M/I)</li> <li>– točnija analiza i procjena tehničkih gubitaka (M/I)</li> <li>– procjena netehničkih gubitaka (razlika ukupnih i tehničkih gubitaka) (M/I)</li> <li>– <u>procjena potencijala energetske učinkovitosti (smanjenja tehničkih gubitaka) (I)</u></li> </ul>	Povijesni: <ul style="list-style-type: none"> <li>– SCADA</li> <li>– krivulja radne i jalove energije</li> <li>– krivulje napona</li> <li>– GIS</li> </ul>
3.7	optimiranje uklopnog stanja i analiza povezanih SN izvoda (V/I)	<ul style="list-style-type: none"> <li>– utvrđivanje međusobnog utjecaja i mogućnosti podrške izvoda (V/I)</li> <li>– uravnoteženje opterećenja (V/I)</li> <li>– smanjenje broja prekida radi održavanja (V/I)</li> <li>– optimiranje iznosa (zona visokih ili niskih) napona, gubitaka i/ili pouzdanosti (V/I)</li> <li>– smanjenje investicijskih troškova (V/I)</li> <li>– povećanje kapaciteta mreže za priključenje DER (V/I)</li> <li>– precizna procjena trenda promjene opterećenja (V/I)</li> </ul>	Povijesni: <ul style="list-style-type: none"> <li>– SCADA</li> <li>– krivulje radne i jalove energije</li> <li>– krivulje napona</li> <li>– podaci o prekidima napajanja</li> <li>– GIS</li> </ul>

R.br.	Područje primjene	Funkcija	Podaci*
3.8	upravljanje transformatorima (M/V/I)	<ul style="list-style-type: none"> <li>– sprječavanje preopterećenja transformatora (M/V)</li> <li>– zamjena neučinkovitih transformatora radi smanjenja tehničkih gubitaka (V/I)</li> <li>– povećanje kapaciteta mreže za priključenje DER (V/I)</li> <li>– smanjenje investicijskih troškova promjenom lokacije transformatora umjesto kupnje novog (V/I)</li> </ul>	Povijesni: <ul style="list-style-type: none"> <li>– krivulja radne i jalove energije (kontrolna mjerenja na TR SN/NN ili SCADA)</li> <li>– informacija o temperaturi i razini ulja transformatora</li> <li>– GIS (podaci o lokacijama i tipovima transformatora u pogledu gubitaka i preklopivosti 10(20) kV)</li> </ul>
3.9	fazno simetriranje NN mreže (M/I)	<ul style="list-style-type: none"> <li>– uravnoteženje opterećenja i napona (M/I)</li> <li>– smanjenje tehničkih gubitaka (M/I)</li> <li>– povećanje kapaciteta mreže za priključenje DER (M/I)</li> </ul>	Povijesni: <ul style="list-style-type: none"> <li>– krivulje napona</li> <li>– GIS</li> <li>– rezultati 2.1 (i 2.2)</li> </ul>
3.10	optimiranje toka jalove energije i napona (V/I)	<ul style="list-style-type: none"> <li>– unapređenje kvalitete električne energije u mreži (V/I)</li> <li>– povećanje kapaciteta mreže za priključenje DER (V/I)</li> <li>– smanjenje vjerojatnosti kvarova komponenata mreže (V/I)</li> </ul>	Povijesni: <ul style="list-style-type: none"> <li>– visok i nizak napon u mreži</li> <li>– krivulja jalove energije</li> </ul>
4	<b>Vođenje sustava</b>		
4.1	podrška registru prekida napajanja (DISPO) (M/V)	<ul style="list-style-type: none"> <li>– utvrđivanje vremena početka i završetka prekida napajanja (M/V)</li> <li>– procjena neisporučene energije i snage (M/V)</li> <li>– identifikacija korisnika mreže kojima nisu zadovoljeni zajamčeni standardi stalnosti napajanja (M/V)</li> <li>– <u>unapređenje postojeće aplikacija za registriranje prekida napajanja DISPO (M/V)</u></li> </ul>	Povijesni: <ul style="list-style-type: none"> <li>– krivulja radne energije</li> <li>– krivulja napona</li> <li>– događaji nestanka i povratka napona</li> <li>– GIS</li> <li>– rezultati 2.1</li> </ul>
4.2	nadzor statusa napajanja NN i SN mreže (M/V)	<ul style="list-style-type: none"> <li>– nadzor statusa napajanja i uklopnog stanja SN i NN mreže (M/V)</li> <li>– potvrda ispravne provedbe rekonfiguracije SN izvoda (M/V)</li> <li>– održavanje ažurnog uklopnog stanja u GIS-u (M/V)</li> </ul>	GSV: <ul style="list-style-type: none"> <li>– funkcionalnosti MOC-a</li> <li>– pozivanje („ping“) kontrolnih i SN brojila)</li> <li>– GIS</li> </ul>
4.3	unapređenje dijagnostike i lociranja SN kvarova (V)	<ul style="list-style-type: none"> <li>– unapređenje dijagnostike i određivanja mjesta kvara ugradnjom detektora kvarova i korištenjem koncentratora podataka za prijenos informacija detektora kvara (V)</li> </ul>	GSV: <ul style="list-style-type: none"> <li>– informacije detektora kvara (preko koncentratora podataka)</li> </ul>
4.4	otkrivanje, dijagnostika i lociranje NN kvarova (M/V)	<ul style="list-style-type: none"> <li>– otkrivanje, dijagnostika i lociranje pregorijevanja osigurača i ostalih NN kvarova (M/V)</li> <li>– otkrivanje, dijagnostika i lociranje kvarova u nul-vodičima (M/V)</li> <li>– ispitivanje kontrolnih brojila u TS SN/NN u stvarnom vremenu (status sklopke, napon) (M/V)</li> </ul>	GSV: <ul style="list-style-type: none"> <li>– alarm nedostajuće faze trofaznog brojila</li> <li>– alarm za previsoki napon</li> <li>– alarmi nestanka i povratka napona PLC koncentratora</li> </ul>

R.br.	Područje primjene	Funkcija	Podaci*
			<ul style="list-style-type: none"> <li>– prozivanje („ping“) kontrolnih brojila u TS SN/NN</li> <li>– krivulja napona</li> <li>– GIS</li> </ul>
4.5	pozivni centar za slučaj kvara (M/V)	<ul style="list-style-type: none"> <li>– provjera postojanja prekida napajanja u slučaju poziva korisnika mreže (M/V)</li> <li>– moguće izbjegavanje nepotrebnog skupog odlaska na lokaciju kupca (M/V)</li> </ul>	GSV: <ul style="list-style-type: none"> <li>– pozivanje („ping“) GPRS/LTE brojila korisnika mreže ili koncentratora podataka PLC brojila</li> </ul>
4.6	upravljanje prekidima napajanja (OMS) (M/V)	<ul style="list-style-type: none"> <li>– automatsko otkrivanje prekida napajanja u SN i NN mrežama (M/V)</li> <li>– praćenje faza vraćanja napajanja (M/V)</li> <li>– registriranje prekida napajanja (zamjena za DISPO) (M/V)</li> </ul>	GSV, povijesni: <ul style="list-style-type: none"> <li>– SCADA</li> <li>– alarmi nestanka napona i povratka napona</li> <li>– funkcionalnosti MOC-a</li> <li>– krivulje napona</li> <li>– analiza prekida napajanja</li> <li>– GIS</li> </ul>
4.7	napredni sustav upravljanja distribucijskom mrežom (ADMS) (V)	<ul style="list-style-type: none"> <li>– simuliranje tokova snaga i mjerenja u gotovo stvarnom vremenu (OLPF) (V)</li> <li>– lociranje kvara, izolacija i uspostava napajanja (FLISR) (V)</li> <li>– regulaciju napona i upravljanje tokovima jalove snage (V)</li> <li>– upravljanje preklapanjima (V)</li> <li>– nadzor vršnog opterećenja (V)</li> <li>– upravljanje alarmima (V)</li> <li>– napredna analitika (V)</li> <li>– predviđanje opterećenja (V)</li> <li>– redukcija potrošnje u nuždi (V)</li> <li>– podršku za DER i EV (V)</li> <li>– pohrana povijesnih podataka (V)</li> <li>– simulator za obuku (V)</li> </ul>	GSV: <ul style="list-style-type: none"> <li>– SCADA</li> <li>– alarmi nestanka napona i povratka napona</li> <li>– drugi alarmi i događaji</li> <li>– funkcionalnosti MOC-a</li> <li>– krivulje napona</li> <li>– krivulje radne i jalove energije</li> <li>– GIS</li> </ul>
4.8	kvaliteta električne energije (M/V)	<ul style="list-style-type: none"> <li>– praćenje pokazatelja kvalitete električne energije u pogledu faznih i/ili ukupnih napona, struja, radne energije, faktora snage i frekvencije, uključujući nesimetriju i THD (M)</li> <li>– regulacijom napona u TS VN/SN i TS SN/NN operator distribucijske mreže može povećati kapacitet priključenja distribuirane proizvodnje, odnosno optimirati proizvodnju (V)</li> </ul>	GSV, povijesni: <ul style="list-style-type: none"> <li>– fazni i efektivni linijski naponi</li> <li>– fazne i neutralna struja</li> <li>– kutovi između faznih struja i napona</li> <li>– fazne predane/preuzete radne energije</li> <li>– faktori snage u fazama i ukupni faktor snage</li> <li>– frekvencija</li> <li>– smjer rotirajućeg polja</li> <li>– postotna nesimetrija u naponima i strujama</li> <li>– THD za djelatnu energiju, napone i struje</li> <li>– minimalni i maksimalni napon u fazama</li> </ul>

\* Vrsta podataka: GSV – podaci dostupni u gotovo stvarnom vremenu (npr. nakon nekoliko sekundi ili minuta), povijesni. – podaci koji nisu dostupni u gotovo stvarnom vremenu

Naveden je relativno veliki broj pojedinačnih primjena, pri čemu se neke od njih oslanjaju na rezultate drugih primjena ili preklapaju. To se primjerice odnosi na sljedećih 8 područja primjene koje je u cijelosti ili djelomično moguće primijeniti u obliku napredne analitike izravno u MDM sustavu: 1.1, 1.2, 2.1, 3.1, 3.4, 3.8, 4.2 i 4.8.

Slično tome, napredni sustav upravljanja distribucijskom mrežom (ADMS) obično sadrži funkcije koje u cijelosti ili djelomično uključuju 13 od navedena 23 područja primjene (1.2, 3.1, 3.4, 3.5, 3.6, 3.7, 3.8, 3.10, 4.1, 4.2, 4.3, 4.4 i 4.6).

### 3. DETALJNIJE O MOGUĆNOSTIMA PRIMJENE NAPREDNE MJERNE INFRASTRUKTURE U UPRAVLJANJU IMOVINOM U HEP ODS-U

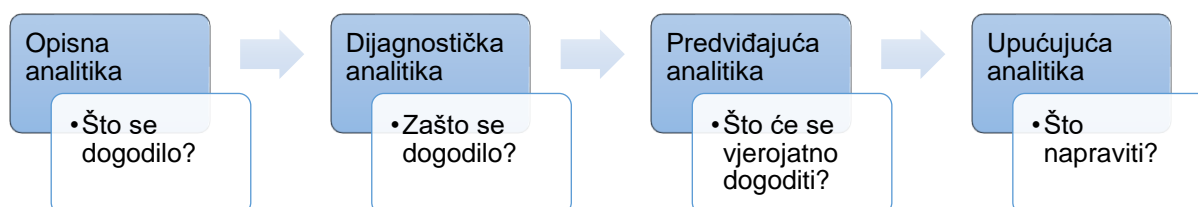
Kako bi u što većoj mjeri opravdali troškove uvođenja napredne mjerne infrastrukture, operatori distribucijskih sustava trebaju razmotriti primjenu novog holističkog pristupa analitici podataka i istražiti načine za izvlačenje maksimalne poslovne prednosti iz agregiranih podataka, u stvarnom vremenu i analizom, sintezom i vizualizacijom kroz naprednu analitiku podataka.

Analitika velike količine podataka je proces integracije podataka iz senzora i uređaja napredne mreže s raznim povezanim skupovima podataka (uključujući podatke iz pogonskih, ne pogonskih i vanjskih sustava) radi otkrivanja skrivenih obrazaca, nepoznatih korelacija, tržišnih trendova, preferencija kupaca i drugih korisnih informacije za analizu temeljnih uzroka, otkrivanje problema, predviđanje i projektiranje radnih procesa i pokretanje automatizacije u donošenju informiranih poslovnih odluka.

Vanjski izvori podataka mogu se temeljiti na podacima koji su strukturirani (npr. podaci mobilne mreže), nestrukturirani (npr. prikupljeni na društvenim mrežama i pitanja kupaca), dio vremenske serije (npr. vanjska temperatura) ili generirani događajem (npr. munja). Integriranje podataka i informacija operatora distribucijskog sustava s tim vanjskim izvorima podataka vodi do dubljeg razumijevanja uzroka problema koji utječu na učinkovitost vođenja pogona, zadovoljstvo kupaca i općenito poslovnu učinkovitost.

Analitiku podataka možemo općenito grupirati u četiri faze, koje prikazuje Slika 1:

1. opisna analitika, koja pomaže u razumijevanju onoga što se dogodilo u prošlosti;
2. dijagnostička analitika, koja pomaže u razumijevanju razloga koji je doveo do uspjeha ili neuspjeha u prošlosti;
3. predviđajuća analitika, koja pomaže u određivanju vjerojatnosti nastanka događaja u budućnosti na temelju prošlih obrazaca podataka;
4. Upućujuća analitika pomaže u identificiranju koraka koje treba poduzeti u budućnosti kako bi se ispunili željeni ciljevi.

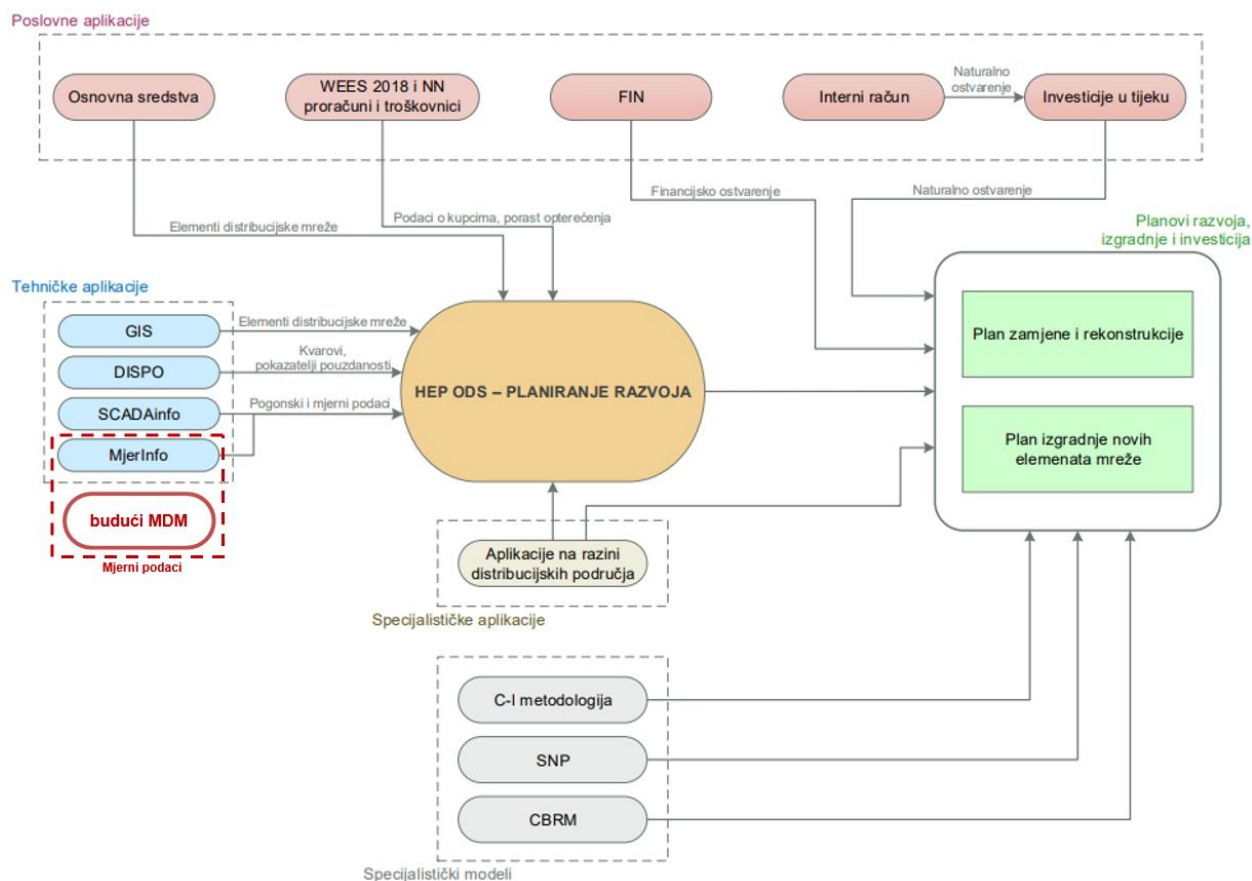


Slika 1. Faze analitike podataka

Uvođenje analitike je složeni proces, jer je cilj integracija strukturiranih i nestrukturiranih podataka i vremenskih serija te njihovo usklađivanje s događajima i alarmima koje je generirao sustav napredne mjerne infrastrukture. No, trošak analitike podataka je relativno nizak u odnosu na samu naprednu mjernu infrastrukturu i obično se vrlo brzo vraća unapređenjem poslovnih procesa upravljanja prekidima, kvalitete električne energije, zaštite od neovlaštene potrošnje i upravljanja imovinom na temelju podataka o stanju.

Centralno mjesto prikupljanja i obrade podataka za potrebe izrade višegodišnjih planova razvoja, koje za sada nije sustavno povezana s ostalim aplikacijama korištenim u HEP ODS-u, je aplikacija „HEP ODS – Planiranje razvoja“, uspostavljena 2014. godine. U idućem razdoblju jedan od važnih poslovnih ciljeva je integracija postojećih aplikacija i razvoj sučelja i drugih funkcionalnosti kojima bi se omogućio jednostavan i brz pristup podacima među važnim aplikacijama (DISPO, GIS, SCADA, Billing, SAP, budući MDM, Planiranje razvoja), kako je prikazano na Slici 2.





Slika 2. Informatička podrška procesu planiranja(izvor [3])

Za upravljanje imovinom, odnosno planiranje obnove i razvoja distribucijske mreže, potrebni se podaci o:

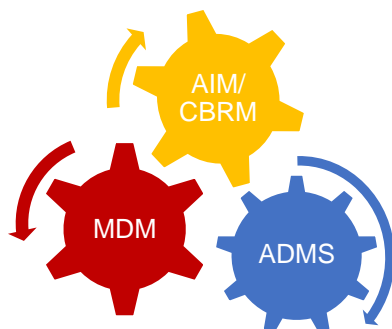
- tehničkim značajkama elemenata mreže,
- kvarovima i prekidima napajanja,
- pogonskim mjerenjima (opterećenja, naponi),
- trendovima potrošnje, proizvodnje i opterećenja,
- planovima priključenja i povećanja priključne snage kupaca i proizvodnje električne energije,
- troškovima popravka kvarova,
- financijskom i naturalnom ostvarenju ulaganja

i drugi podaci iz raznih specijalističkih aplikacija. Napredna mjerna infrastruktura ugrađena na OMM krajnjih kupaca i u distribucijskoj mreži može pružiti bitan doprinos količini i kvaliteti ovih podataka, posebno u tri istaknuta područja (podcrtanim tekstom).

#### 4. MOGUĆA BUDUĆA ORGANIZACIJA GLAVNIH POSLOVNIH PROCESA HEP ODS-A

Pregled područja primjene napredne mjerne infrastrukture ukazuje da bi se optimalna buduća organizacija poslovnih procesa HEP ODS-a trebala temeljiti na nadopunjavanju i međusobnoj podršci tri glavna sustava (Slika 3):

- MDM/MOC/KMS sustava fokusiranog na prikupljanje, obradu i pohranu mjernih podataka,
- AIM/CBRM sustava fokusiranog na upravljanje imovinom i analitičke poslovne procese temeljene na povijesnim podacima te
- ADMS-a fokusiranog na vođenje sustava i poslovne procese u stvarnom vremenu.



Slika 3. Optimalna organizacija poslovnih procesa HEP ODS-a

AIM/CBRM sustav upravljanje imovinom operatora elektroenergetskih mreža temelji se na vrednovanju rizika elemenata distribucijske mreže pomoću modela koji uzimaju u obzir detaljne podatke o imovini i daju procjenu trenutnog i budućeg stanja imovine i stope starenja, vjerojatnosti kvara, posljedica kvara i na kraju rizika u financijskom smislu. Na temelju jasne slike o rizicima koje postojeće stanje imovine predstavlja za poslovanje mogu se donijeti pravodobne ispravne odluke o ulaganju u obnovu i razvoj distribucijske mreže.

ADMS sustav omogućuje značajno povećanje vidljivosti distribucijske mreže u odnosu na SCADA sustav i predstavlja sljedeću generaciju podrške u vođenju distribucijske mreže. Temelji se na GIS-u koji sadrži ažurni model distribucijske mreže, a za prikaz stanja u (gotovo) stvarnom vremenu oslanja se na podatke mjerenja i događaja iz SCADA sustava i sa sučelja naprednih brojila preuzetih iz MDM sustava. Na taj način ADMS omogućuje praćenje stanja u SN i NN mreži, provođenje naprednih proračuna, upravljanje zastojima i informiranje kupaca o stanju zastoja i druga unapređenja vođenja sustava i povećanja kvalitete opskrbe električnom energijom. S obzirom na predviđeni razvoj tržišta električne energije, posebno u smjeru pružanja usluga fleksibilnosti, odnosno upravljanja potrošnjom i proizvodnjom, moguće je dodatno aktivno uključivanje operatora distribucijskih sustava u pružanje podrške i tom segmentu tržišta električne energije. Poslovni sustavi namijenjeni tim funkcijama, koji su trenutno u razvoju, su:

- DERMS – (engl. Distributed Energy Resources Management System) sustav za upravljanje distribuiranim energetske resursima;
- DER-Enabled ADMS - (engl. Distributed Energy Resources-Enabled Advanced Distribution Management System) napredni sustav vođenja distribucijskog sustava s funkcijama upravljanja distribuiranim energetske resursima.

U svakom slučaju, uvođenje MDM/MOC/KMS sustava je preduvjet za opisano značajno unapređenje poslovanja HEP ODS-a, što je prepoznato i u Smjernicama za digitalnu transformaciju poslovanja kao jedno od tri ključna opredjeljenja u pogledu razvoja djelatnosti distribucije električne energije. Bez tog početnog koraka nije moguće kvalitetno sveobuhvatno uvođenje napredne mjerne infrastrukture niti njeno integriranje u poslovne procese HEP ODS-a. Uvođenje ostala dva sustava moguće je provesti postupno ili u fazama, jer bi uobičajene funkcionalnosti MDM/MOC/KMS sustava i unaprijeđene ili novorazvijene interne aplikacije HEP ODS-a mogle na pojednostavnjeni način omogućiti veliku većinu opisanih unapređenja (primjena) poslovnih procesa vođenja sustava i pružanja podataka i informacija za procese upravljanja imovinom.

## 5. ZAKLJUČAK

Analizom postojeće napredne mjerne infrastrukture, a obzirom na veliko povećanje integracije naprednih brojila i slabog korištenja mjernih podataka, postizanja interoperabilnosti i ujednačenosti raznih HES sustava te osiguranja visoke razine sigurnosti spremanja i razmjene mjernih podataka uočena je potreba uvođenja: sustava za upravljanje mjernim podacima (MDM - engl. Meter Data Management), sustava za upravljanje mjerne infrastrukture (MOC - engl. Metering Operation Center) te sustava za zaštitu komunikacije s naprednim brojilima (KMS - engl. Key Management System).

MDM sustav obuhvaća kompletnu strojnu i programsku opremu koja upravlja prikupljanjem mjernih podataka iz brojila unutar napredne mjerne infrastrukture, vrši njihovo spremanje i obradu te ujedno čini

sučelje prema HES sustavima raznih proizvođača, poslovnim sustavima u kojima se vrši obračun (SAP) te ostalim sustavima koji su nužni radi dohvaćanja potrebnih matičnih podataka za rad (npr. preuzimanje konstanti mjerenja radi određivanja stvarno mjernih vrijednosti) ili prosljeđivanja mjernih podataka (primjerice prosljeđivanje mjernih podataka u sustave vođenja).

MOC sustav je direktno vezan za MDM, a koristi se za nadzor mjerne infrastrukture i procesa koji se odvijaju, nadzor događaja i alarma, izvođenje masovnih operacija u mjernoj infrastrukturi te stvaranje dinamičkih i statičkih grupa.

KMS sustav je jednako kao i MOC sustav direktno vezan uz MDM, te obuhvaća svu strojnu i programsku opremu koja se koristi za upravljanje i vođenje životnog ciklusa ključeva, upravljanje certifikatima te provođenje potrebnih simetričnih i asimetričnih kriptografskih funkcija posebno u pogledu kodiranja i dekodiranja poruka, razmjene certifikata te doprinosa osiguranju cjelovitog rješenja sigurnosti komunikacije u kompletnom sustavu napredne mjerne infrastrukture.

Dodatno, potrebno je razviti integralnu platformu za prikupljanje *push* očitavanja, koja su usko vezana za očitavanja u stvarnom vremenu i primjenu novih tehnoloških rješenja na području napredne mjerne infrastrukture.

Glavni razlozi za uvođenje MDM/MOC/KMS/*push* platforme, prvenstveno za HEP ODS, ali posredno i za sve ostale tržišne sudionike, su sljedeći:

- MDM/KMS sustav omogućava punu primjenjivost potvrđenih mjernih podataka, uključujući i osobne podatke korisnika mreže, uz mogućnost pružanja najviše razine zaštite povjerljivosti.
- MDM/MOC/KMS funkcionira kao jedinstvena platforma za sveobuhvatno uvođenje, upravljanje i punu primjenu NMI, te središnja platforma za pohranu i analizu mjernih podataka, događaja i alarma, i podršku naprednim funkcijama obračuna/tržišta, vođenja sustava i upravljanja imovinom.
- Omogućuje uvođenje dodatnih HES ili objedinjavanje u jedan jedinstveni HES.
- Integracijom nove MDM/MOC/KMS platforme cilj je automatizirati procese uklanjanja, ugradnje, zamjene, modifikacije i kontrole mjerne opreme u samoj platformi i HES sustavima zatvaranjem procesa u SAP-u. Planirano je primijeniti koncept baziran na tvorničkim datotekama opreme
- Integracijom nove MDM/MOC/KMS platforme planirano je poboljšati i standardizirati izvještavanje na razini cijele napredne mjerne infrastrukture.
- Integracijom nove MDM/MOC/KMS platforme cilj je stvoriti temelj za jedinstveno provođenje potvrđivanja, procjene i uređivanja mjernih podataka, čime bi se rasteretio SAP.
- Nova MDM/MOC/KMS/*push* platforma značila bi prelazak na visoku razinu sigurnosti podataka, s centraliziranim pristupom podrške životnom ciklusu ključeva, kriptografskih funkcija, vođenja certifikata u NMI i povezanim sustavima.
- MDM/MOC/KMS platforma izdvojena u zasebnu procesnu mrežu povezanu s procesnim aplikacijama upravljanja imovinom i vođenja (jačanje zaštite OT od upada iz IT).

S obzirom na ulogu MDM/MOC/KMS/*push* platforme, bitno je također uočiti kako njeno postojanje, odnosno planiranje uvođenja, pozitivno utječe na rezultate analize troškova i koristi sveobuhvatne ugradnje napredne mjerne infrastrukture.

## 6. LITERATURA

- [1] Stručna i znanstvena potpora definiranju industrijskog rješenja za umrežavanje brojila i upravljanje mjernim podacima, EIHP, Zagreb, 2022.
- [2] Smjernice za digitalnu transformaciju poslovanja, HEP ODS, 2020.
- [3] Desetogodišnji (2021. – 2030.) plan razvoja distribucijske mreže HEP ODS-a, HEP ODS, 2021.