

Hrvoje Keko  
Končar-KET  
[hrvoje.keko@koncar-ket.hr](mailto:hrvoje.keko@koncar-ket.hr)

Stjepan Sučić  
Končar-KET  
[stjepan.sucic@koncar-ket.hr](mailto:stjepan.sucic@koncar-ket.hr)

Lucija Babić  
Končar-KET  
[lucija.babic@koncar-ket.hr](mailto:lucija.babic@koncar-ket.hr)

Leila Luttenberger  
Končar-KET  
[leila.luttenberger@koncar-ket.hr](mailto:leila.luttenberger@koncar-ket.hr)

## UPRAVLJANJE AGREGATORIMA I FLEKSIBILNOŠĆU POMOĆU STANDARDIZIRANOG INFORMACIJSKO-KOMUNIKACIJSKOG PODSUSTAVA

### SAŽETAK

Ovaj članak opisuje informacijsko-komunikacijski podsustav za potporu demokratizacije pružanja usluga fleksibilnosti kroz upravljanje potrošnjom, temeljen na međunarodnim standardima. Članak je u prvom redu usmjeren na tehnička rješenja i prikazuje glavne odrednice softverske arhitekture usuglašene sa standardom OpenADR 2.0b i njime povezanim IEC 62746-10, uz osvrt na ostale relevantne standarde. Prikazana tehnička arhitektura sadrži podlogu za spajanje, registraciju, aktivaciju i izvještavanje na više razina granularnosti aktivnog upravljanja fleksibilnošću.

Predložena infrastruktura može biti temelj za uspostavu novih tržišnih mehanizama i uvođenje sudionika. Rad je primarno usmjeren na rješavanje tehničke potpore i daje primjer moguće tranzicije od današnjih mreža prema aktivnijim distribucijskim mrežama budućnosti.

**Ključne riječi:** fleksibilnost, upravljanje potrošnjom, agregatori, IEC 62746, IEC 61850

## CONTROLLING AGGREGATORS AND FLEXIBILITY VIA STANDARDS COMPLIANT INFORMATION-COMMUNICATION SUBSYSTEMS

### SUMMARY

This paper describes a computer system designed to support democratization and wider activation of flexibility services provision through automated demand response. The architecture supports different market organizations and the paper primarily focuses on technical issues, depicting the main pillars of the architecture based on internationally established standards. The primary standard considered is OpenADR 2.0b and the corresponding IEC 62746-10 standard.

The proposed IT infrastructure can certainly support trading in novel ways and can support the establishment of new market mechanisms. However, this paper primarily focuses on technical issues, and illustrates possible transition pathway from today's grids and markets towards more variable, more democratized and more market-intensive distribution grids of the future.

**Key words:** flexibility, demand response, aggregators, IEC 62746, IEC 61850

## 1. UVOD

Neizvjesnost u elektroenergetici je uobičajena budući da se dio odluka mora sustavno donositi unaprijed. Tijekom posljednjih desetljeća, ukupna razina neizvjesnosti u sustavu je u porastu, u prvom redu zbog značajnog porasta udjela obnovljivih izvora u proizvodnom portfelju [1][2]. Sigurnost i pouzdanost opskrbe u elektroenergetici zahtijeva stalno uravnoteženje proizvodnje i potrošnje, a ni teorijski ni uz najbolje teoretski moguće tehnike predviđanja nije moguće u potpunosti eliminirati pogreške prognoze proizvodnje. Nemoguće je u potpunosti predvidjeti događaje poput kvarova i ispada [3]. Iz tog razloga, porast neizvjesnosti na strani proizvodnje neminovno zahtijeva i povećanje fleksibilnosti i robusnosti u cijelom sustavu. Cilj povećanja fleksibilnosti je kompenzirati i uravnotežiti odstupanja u proizvodnji u odnosu na operativne planove. Uobičajena tehnika je smatrati potrošnju nepromjenjivom, a osiguravati fleksibilnost na strani proizvodnje i promjenom radne točke upravljivih proizvodnih objekata kompenzirati odstupanja. Traženu fleksibilnost moguće je, međutim, ostvariti i utjecajem na stranu potrošnje – odnosno kroz aktivno upravljanje potrošnjom (engl. *active demand response*).

Upravljanje potrošnjom u elektroenergetici nastalo je tijekom sedamdesetih godina, s posebnim naglaskom na razdoblje između 1973. i 1979. godine. To su razdoblje obilježile sveobuhvatne energetske krize, a među odgovorima na energetske krize pojavilo se i upravljanje potrošnjom (engl. *demand side management*). U Hrvatskoj je prva preteča današnjih sustava za aktivno upravljanje potrošnjom uvedena 1979. godine. Radilo se o izravnom upravljanju trošilima u kućanstvima putem tonfrekventnog upravljanja kojim je rukovao HEP-ODS d.o.o., kasnije poznato pod imenom „crno tarifni model“. Po tom modelu kupac ima pravo koristiti trošilo najmanje osam sati tijekom dana i ovakav obrazac korištenja najčešće se koristio za termoakumulacijske peći [4]. Ovakav je sustav, međutim, vrlo rudimentaran te je praktično napušten budući da ga njegova komunikacijska ograničenja i nefleksibilnost čine nepogodnim za današnje potrebe.

Istinita fleksibilnost predmnijeva dostupnost usluge kada je najpotrebnija – davatelj zahtjeva može komunicirati s aktuatorom koji mijenja svoju radnu točku na zahtjev, bilo izravnom komandom ili kao odziv na postavku neke vrijednosti u sustavu. U današnje vrijeme, navedeni uvjeti su ispunjeni s obzirom da su javne komunikacijske mreže postale neusporedivo brže i dostupnije. Porast potreba za fleksibilnošću uz jeftiniju i kvalitetniju komunikacijsku podlogu stvorili su novu klimu pa je upravljanje potrošnjom ponovo postalo atraktivna i zanimljiva mogućnost za osiguravanje fleksibilnosti. Tema ovog članka u prvom je redu fokusirana upravo na nove modele komunikacije i na osiguravanje tehničke podloge za aktivaciju fleksibilnosti kod krajnjih korisnika.

## 2. OpenADR 2.0b i IEC 62746, IEC 62939

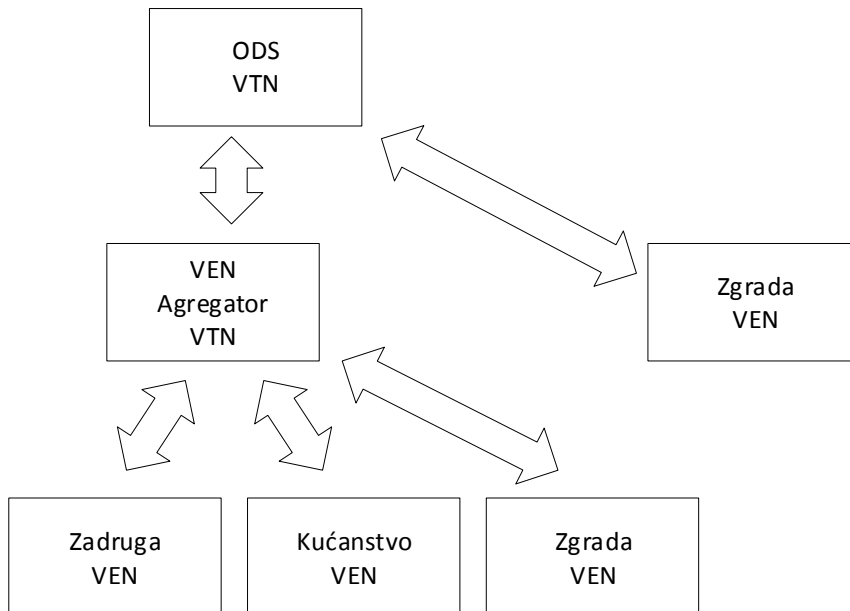
OpenADR (Open Automated Demand Response)[5][6] je standard nastao u Sjedinjenim Američkim Državama kroz zajednički istraživački rad nekoliko američkih instituta i kompanija, koje su kasnije osnovale OpenADR Alliance [7] čija je zadaća brinuti se o standardu i njegovom prihvaćanju. U skladu s američkom školom izrade standarda koji vrlo često nastaju od implementacije, i ovdje je riječ o *de facto* standardu čija je prva inačica nastala kao svojevrsni odgovor na kalifornijsku energetske krizu tijekom 2002. godine. Druga i trenutno aktualna verzija standarda OpenADR nastala je kroz OASIS [8] inicijativu za izradu interoperabilnog energetske standarda. U posljednjih nekoliko godina, europski IEC praktično je preuzeo OpenADR 2.0 s namjerom da OpenADR postane svjetski standard za aktivno upravljanje potrošnjom [9] – i to kao IEC 62746-10 [9]: *Open Automated Demand Response (OpenADR 2.0b Profile Specification)*. Ovaj standard praktično predstavlja prihvaćanje OpenADR unutar portfelja IEC standarda. Temelj protokola OpenADR 2.0b je fleksibilni podatkovni model čiji je cilj osigurati razmjenu informacija između pružatelja usluge opskrbe energijom, agregatora i krajnjih korisnika. Ovdje je pružatelj usluge opskrbe energijom poopćeno ime za opskrbljivača ili operatora sustava – ovisno o tržišnom uređenju i odgovornosti za osiguranje uravnoteženja, dok se pojam agregator koristi za posrednika između pružatelja i korisnika usluge fleksibilnosti. Agregator je svojevrsan pandan opskrbljivaču: opskrbljivač na veleprodajnom tržištu kupuje energiju i prodaje je krajnjim kupcima na maloprodajnom tržištu. Agregator djeluje od krajnjih kupaca gdje angažira i otkupljuje uslugu fleksibilnosti, prodajući agregiranu fleksibilnost na višoj tržišnoj razini subjektu odgovornom za uravnoteženje – primjerice, operatoru mreže ili voditelju bilančne grupe.

OpenADR je pragmatično definiran standard: njegova otvorena specifikacija definira implementaciju dvosmjernog signalnog sustava, gdje serveri publiciraju informacije i omogućuju automatskim (strojnim) klijentskim uređajima da se na te informacije pretplate. Standardom su definirani podatkovni modeli i standard dozvoljava upravljanje izravno određenim resursima poput, primjerice, točno određenog trošila ili agregiranim virtualnim resursima koji se sastoje od više pojedinačnih.

Za širi kontekst standarda OpenADR potrebno je djelomično poznavati i standard IEC 62939: *Smart Grid User Interface Standard* [10], također usko vezan uz OASIS [8]. Standard IEC 62939 u imenu ima riječ *korisnik* (engl. *user*) no ovdje je riječ o korištenju mreže, pošto je cilj ovog standarda izgraditi podlogu za koegzistenciju više različitih ekosustava kod korisnika (energetskih, telekomunikacijskih, automatizaciju doma) i pametne mreže u cijelosti. Drugim riječima *Smart Grid User Interface Standard* je standard za uporabu naprednih mreža (engl. *Smart Grids*). IEC 62939 definira programske servise za simetrično međudjelovanje (engl. *interoperability*) između opskrbljivača i krajnjih kupaca, spajajući korisničke sustave i podsustave s energetskim sustavom. Standard definira informacijski i komunikacijski model, a jedan od njegovih ključnih modela su servisi za upravljanje potrošnjom. IEC 62939 definira sučelje za energetske usluge: *Energy Services Interface* (ESI) – to je točka gdje se događa međudjelovanje između energetskih servisa. ESI može biti točka komunikacije između operatera mreže poput ODS i agregatora, ili agregatora i primjerice pojedinačnog kupca ili zadruga kupaca.

Prema IEC 62939, pojam *resurs* (engl. *resource*) označava bilo kakav logički entitet koji je upravljiv. Stvarni fizički resursi mogu sudjelovati u više tržišta odjednom tako da jedan stvarni uređaj može imati više apstraktnih sučelja po IEC 62939. Veza između stvarnog svijeta i resursa po IEC 62939 ne mora biti 1:1.

Stvarni fizički resursi mogu biti vrlo raznovrsni: od stacionarnih baterija preko upravljivih punjača električnih vozila do sustava za grijanje i klimatizaciju koji iskorištavaju inerciju toplinskih sustava zgrada za arbitražu u vremenu odnosno odgađanje potrošnje električne energije. Svi ti resursi mogu biti pružatelji usluge fleksibilnosti potrošnje. Standard IEC 62939 definira koncepte poput virtualnog glavnog čvorišta (engl. *Virtual Top Node* - VTN) i virtualnog krajnjeg čvorišta (engl. *Virtual End Node* - VEN). VEN ima kontrolu nad skupom resursa i procesa i može njima upravljati, kada primi odgovarajuću poruku od strane napredne mreže. VEN može biti i proizvođač i potrošač energije, i VEN može dvosmjerno komunicirati sa VTN. Prije navedeni primjeri resursa mogu biti VEN-ovi i komunicirati s „nadređenim“ VTN. Svaki fizički dio napredne mreže može u jednom kontekstu biti VTN, a u drugom VEN, odnosno predviđena je mogućnost višeslojne hijerarhije. VTN može razmjenjivati poruke s ostatkom - napredne mreže i sa VENovima kojima je „nadređen“. Primjerice, na razini jedne zgrade, može postojati jedan entitet kao VTN za pojedina trošila unutar zgrade ili za uređaje za automatizaciju u pojedinim stanovima – oni su tada VENovi. Isti VTN pritom može biti VEN kada komunicira s agregatorom. Agregator je u tom kontekstu VTN, a zgrada VEN. Posrednici mogu i ne moraju sudjelovati u lancu – odnosno, nije nužno da baš svi VEN-ovi imaju istu unutarnju hijerarhijsku raspodjelu. Može postojati i više razina agregatora. Slika 1 ilustrira navedeno. Koncepti VTN i VEN od velike su važnosti za razumijevanje načina rada po standardu IEC 62746.



Slika 1 – Koncepti VTN i VEN u kontekstu IEC 62746 i širem kontekstu IEC 62939

IEC 62746 definira aplikacijsku logiku servisne komunikacije kojom se može potaknuti da korisnički resursi sudjeluju u osiguravanju usluge upravljanja potrošnjom. Cjenovni signali i zahtjevi za upravljanjem potrošnjom tako pružaju *indirektnu* kontrolu. Ovdje je važno spomenuti kako IEC 62746 ne

definira transportne mehanizme – iako se kibernetička sigurnost spominje, osiguravanje komunikacije „na žici“ van je opsega ovog standarda. Standard podržava HTTP i XMPP kao transportne protokole, što je i opisano u tekstu standarda [9]. Poruke po IEC 62746 se kodiraju u XML, što znači da je dodatni teret podatkovnog formata komunikacije razmjerno visok - odnosno implementacija traži razmjerno brze komunikacijske veze. Uređenje tržišta pomoćnih usluga također je van domene IEC 62746: standard ne pokriva specifična ugovorna ili poslovna okruženja. Pragmatičnost standarda ponajbolje se ocrtava u definiciji servisa kojih je svega četiri:

- 1) Registracija (engl. *Registration*): identifikacija - subjekta prije ikakve interakcije
- 2) Događaj (engl. *Event*): glavni tip komunikacije – bilo kakav događaj vezan za upravljanje potrošnjom, prenosi informacije potrebne za DR
- 3) Izvještaj (engl. *Report*): ovaj tip servisa rješava potrebu za periodičkim ili izvještavanjem na zahtjev
- 4) Prijava (engl. *Opt*): tip servisa kojim VEN obavještava VTN o promjenama u svojoj dostupnosti.

Razmjerna jednostavnost gore navedenog modela osigurava fleksibilnost i primjenjivost: gotovo se svaka shema za upravljanje potrošnjom može prikazati kroz gornja četiri servisa. Standard rješava problem potrebe za dvosmjernim signalnim modelom sposobnim za rješavanje komunikacije između operatora sustava, eventualnih agregatora i krajnjih korisnika – pružatelja usluge fleksibilne potrošnje. Međutim, minimalni podatkovni model znači kako je semantička interpretacija prenesenih podataka ipak ovisna o implementaciji. Jednostavnije rečeno – VEN može izvještavati, ali što će točno izvještavati ovisi o konkretnoj implementaciji aktivnog upravljanja potrošnjom.

Slično, VTN može tražiti od VEN da reagiraju i to može činiti cjenovnim ponudama. Takvo se upravljanje potrošnjom naziva implicitnim. VTN može i naložiti odnosno zahtijevati reakciju – ako sama registracija VEN-a kod VTN-a znači da je on dostupan. Takva shema naziva se eksplicitnim upravljanjem potrošnjom. I jednu i drugu shemu i njihove kombinacije moguće je provesti kroz OpenADR.

Za eksplicitno upravljanje potrošnjom automatsko odlučivanje je ključno – signali od operatora koji treba uslugu fleksibilnosti dolaze agregatoru koji ih prihvaća i odlučuje, u skladu s dostupnošću, koja će korisnička trošila isključiti ili im korigirati radnu točku.

### 3. Semantička interpretacija razmijenjenih podataka i korištenje shema

Standard IEC 62746 u svom tekstu definira XML sheme kojima se može provjeriti ispravnost poruka. Međutim, dok jednostavnost i pragmatičnost standarda povećava njegovo područje primjene, ona istovremeno znači kako implementacija zahtijeva i jasno definiranje semantike prenesenih podataka. Standard ne opisuje koje točno podatke prenosi generički tip događaja niti opisuje koje točno podatke VEN treba ugraditi u izvješće. To će ovisiti o konkretnom tržištu i njegovoj organizaciji. Na primjer, ako agregatora nema, svaki tržišni sudionik – pružatelj usluga fleksibilnosti izravno razgovara s korisnikom usluga fleksibilnosti – voditeljom bilančne grupe ili operatorom sustava i postoji samo jedan VTN i više VEN-ova koji se izravno registriraju. Kad postoje agregatori, tada može postojati i hijerarhija agregatora – pa može postojati jedan „glavni“ agregator i više razina podređenih. Agregatori mogu biti, primjerice, regionalno raspoređeni tako da operator sustava može, kako bi riješio problem zagušenja u nekoj točki mreže, zatražiti uslugu fleksibilnosti od agregatora prisutnih u točno određenim zonama u mreži.

Iz iskustva autora članka u implementaciji više razvojnih i istraživačkih projekata te u implementaciji softverskih rješenja za industrijsku automatizaciju važno je osigurati da svi sudionici komunikacije imaju posve jednako semantičko razumijevanje prenesenih podataka. To se najbolje osigurava korištenjem striktnih podatkovnih shema i za korisni teret (*engl. payload*) poruka. Strogim korištenjem semantičkih shema osigurava se da svi partneri u komunikaciji poštuju i razumiju što poruke znače i smanjuje se mogućnost pogreške. Sheme u ovom kontekstu značajno olakšavaju međudjelovanje i prilagodljivost eventualnim budućim standardima: pojavi li se novi standard, postojeće sheme mogu se preslikati na njega. Kada ne postoji shema poruka teže je implementirati standard.

#### 4. IEC 62746 i IEC 61850

Standard IEC 61850 razvijen je kao standard za međudjelovanje opreme za automatizaciju transformatorskih stanica. Glavni motiv za razvoj IEC 61850 bila je izrada jedinstvenog interoperabilnog protokola za kompletno modeliranje transformatorskih stanica, uključujući i preslikavanje osnovnih servisa na prenesene podatke.

Ključna konceptualna razlika IEC 61850 i IEC 62746 je što je IEC 61850 u načelu nastao nastavkom razvoja telekontrolnih protokola. IEC 62746 među četiri ključna tipa poruka ima i *opt-in/optout* poruke. IEC 62746 je od samog koncepta izgrađen na pretpostavci mogućnosti prijave i odjave resursa za automatsko upravljanje potrošnjom. Novi resursi mogu se prijavljivati, a vlasnik već prijavljenog fleksibilnog resursa može odlučiti kako zbog trenutne kritične važnosti resursa ne želi pružati usluge fleksibilnosti i tada se odjaviti. Nasuprot tome, hijerarhija u IEC 61850 je izravnija i tek u posljednje vrijeme razmatra se fleksibilno uključivanje po načelu *plug-and-play* [11].

Trenutno najbolje rješenje za uključivanje uređaja koji razumiju isključivo izravne standarde upravljanja u sustave za fleksibilnost je putem pretvornika protokola (engl. *gateway*). Pretvornik protokola tada sa strane IEC 62746 predstavlja VEN koji reagira na OpenADR poruke i prevodi ih u izravne komande za upravljanje kontroliranim resursom. Primjer može biti upravljanje stacionarnom baterijom: zadaća pretvornika protokola je odlučiti na kojoj radnoj točki baterija mora raditi i to onda provesti u djelo putem 61850 komandi prema bateriji. Na sličan način, pretvornik može i prepoznavati signale sa strane uređaja i odjaviti se odnosno prijaviti kroz OpenADR ovisno o stanju uređaja (npr. razini napunjenosti baterije).

#### 5. Kibernetička sigurnost i IEC 62746

IEC 62746 je dizajniran kao standard koji može koristiti i javne (dakle, nesigurne) mreže za komunikaciju. U okviru standarda, kibernetička sigurnost tek je djelomično i načelno pokrivena. Standardom je definirano kako se za komunikaciju treba koristiti infrastruktura zasnovana na javnim ključevima i certifikatima (engl. *public key infrastructure*) i kako bi se morala koristiti sigurnost na transportnom sloju (engl. *transport layer security* -TLS) za osiguravanje komunikacije između VEN i VTN. Standard zahtijeva korištenje ECC ključeva dužih od 256 bitova, RSA ključeva dužih od 2048 bitova, a certifikati moraju biti tipa X.509v3. Konkretna implementacija ostavljena je na integratoru – odnosno, može se koristiti pružatelj usluga certifikacije na međunarodnoj, nacionalnoj ili lokalnoj razini. Standard definira postupak kojom se provodi verifikacija druge strane pomoću otiska prsta, te kako se provodi potpisivanje XML poruka. Osiguravanje ispravne i pouzdane PKI infrastrukture kao podloge preduvjet je za sigurnu implementaciju standarda OpenADR/IEC 62746: sigurni transportni sloj od presudnog je značaja za privatnost i sigurnost standarda IEC 62746.

#### 6. Ocjena raspoložive fleksibilnosti – fleksibilnost bez utjecaja na komfor, primarnu funkciju i privatnost

U okviru članka već je spomenuto kako resursi odnosno pružatelji fleksibilnosti mogu biti raznovrsni: od stacionarnih baterija preko električnih vozila s upravljivim punjačima do „klasičnih“ trošila poput toplinskih pumpi. Svaki od navedenih resursa ima svoju osnovnu svrhu i primjenu, a pružanje usluge fleksibilnosti ne bi smjelo na nju primjetno utjecati [12].

Primjerice, kod električnih vozila, odgađanje punjenja ili upravljanje satnicom punjenja mora osigurati prihvatljivo stanje baterije vozila u trenutku kad ga korisnik želi koristiti. Još bliži praktičan primjer je korištenje duže vremenske konstante toplinskog sustava zgrada i prostora u zgradama u odnosu na vremenske konstante u elektroenergetskom sustavu. Drugim riječima, promjena radne točke sustava grijanja ili hlađenja neće imati trenutačni utjecaj na temperaturu u prostoru zgrade. Kod korigiranja radne točke grijanja ili hlađenja imperativ je komfor krajnjeg korisnika. Krajnjem korisniku ne smije se umanjiti razina komfora zbog toga što nema apsolutnu kontrolu nad svojim sustavom grijanja i hlađenja.

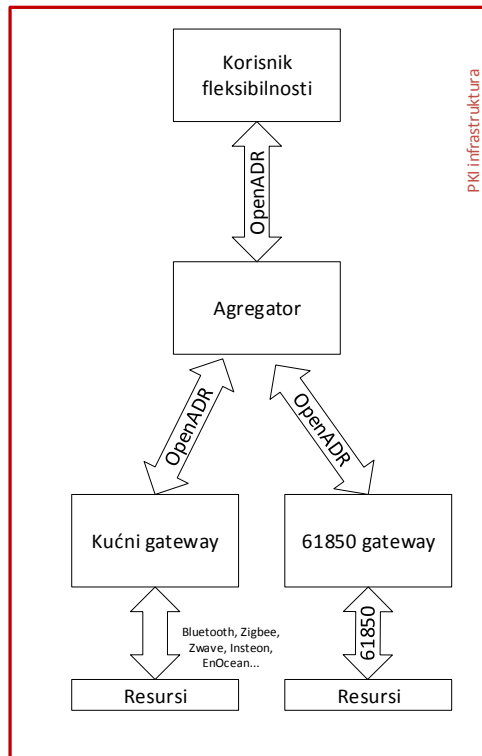
Ocijeniti koliko je fleksibilnosti dostupno bez invazivnog utjecaja na osnovnu funkciju energetskeg resursa je vrlo zahtjevan zadatak. Prognoza takve fleksibilnosti unaprijed još je zahtjevnija zadaća.

U razvojnim projektima, pristup se najčešće svodi na veliki broj pružatelja usluga razmjerno malih granula fleksibilnosti koje se planira uz razmjerno konzervativnim pretpostavkama kako bi se što više umanjio utjecaj na komfor. Ovdje je najčešći pristup zasnovan na prikupljanju izmjerenih podatke sa senzora u korisničkim prostorima i korištenju povratnih informacija dobivenih, najčešće, kroz mobilnu aplikaciju; iz navedenog se procjenjuje bazna potreba korisnika (engl. *baseline*) i koliki je prostor za

aktivaciju fleksibilnosti bez utjecaja na korisnički komfor. Ovo je područje značajnog interdisciplinarnog istraživanja ali je ključno za prihvatljivost i proliferaciju sustava za upravljanje potrošnjom. Bez dobre i široke prihvaćenosti, neće biti ni fleksibilnosti.

U ovom kontekstu važno je i poštivanje privatnosti podataka koje generira korisnik. Podaci temeljem kojih se procjenjuje dostupna fleksibilnost sadrže i podatke o tipičnom kretanju korisnika te mogu značajno narušiti njegovu privatnost. U tom je kontekstu imperativ transparentnost prema korisniku i poštivanje regulative poput Uredbe 2016/679 o zaštiti pojedinaca u vezi s obradom osobnih podataka i slobodnom kretanju takvih podataka (GDPR) [13].

## 7. Prijedlog softverske arhitekture za implementaciju aktivnog upravljanja potrošnjom



Slika 2 – Osnovne smjernice arhitekture za aktivno upravljanje potrošnjom zasnovane na IEC 62746

Slika 2 prikazuje osnovne karakteristike predložene arhitekture za provedbu aktivnog upravljanja potrošnjom, maksimalno temeljene na prihvaćenim standardima. Ovisno o organizaciji tržišta, korisnik fleksibilnosti je entitet zadužen za uravnoteženje (engl. *balancing responsible party* - BRP). Takav korisnik po potrebi traži uslugu fleksibilnosti od više različitih pružatelja. Komunikacija između BRP i agregatora može funkcionirati kroz OpenADR protokol. Isto tako, registracija agregatora, nedostupnost agregatora i izvještavanje mogu se voditi kroz OpenADR protokol.

Navedeni agregatori tada moraju zadavati naloge koji se izvršavaju na lokalnoj razini. Ovdje su moguća dva osnovna pristupa: lokalna optimizacija ili izravno provođenje naloga.

Kod izravnog provođenja naloga (tipično se radi o većim jedinicama) zadaću izvršavanja provodi gateway koji prima zahtjeve od agregatora u OpenADR obliku i prevodi ih u izravne komande poput postavljanja radne točke, primjerice kroz 61850 protokol.

Nasuprot tome, pristup s lokalnom optimizacijom koristi „kućni gateway“ koji prihvaća nalog od agregatora, ali onda lokalno odlučuje kako optimalno realizirati traženu fleksibilnost s obzirom na trenutno dostupno stanje „unutar kuće“. Agregator tada zadaje nalog, a na kućnoj razini pretvornika protokola prevodi OpenADR zahtjev u upravljanje resursima. Kućni pretvornik protokola mora moći komunicirati s lokalnim aktuatorima i to najčešće čini pomoću protokola za automatizaciju zgrada poput BACnet ili Modbus, pomoću protokola za automatizaciju unutar zgrade kakvi su Bluetooth LE, Zigbee, Zwave, ili Insteon, ili pomoću nestandardnih protokola za npr. upravljanje toplinskim pumpama. Pristup s lokalnom

optimizacijom ima prednosti jer korisnički osjetljivi podaci ne odlaze izvan korisničkog prostora i korisnik može zadržati kontrolu nad podacima koji mu potencijalno narušavaju privatnost.

Realno je očekivati potrebu za instaliranjem pretvornika protokola – osnovna arhitektura poštuje OpenADR/IEC 62746, međutim na najnižoj razini potrebno je prijeći na druge, uvriježene protokole, kako bi se upravljanje moglo provesti. Posebno s obzirom na korištenje javne internetske mreže, za sve navedeno potrebno je osigurati: infrastrukturu javnih ključeva, potpisivanje poruka i autentičnosti izvora poruka kroz PKI.

## **8. Zaključak**

U ovom članku prikazano je trenutno stanje odnosno standard IEC 62746 širem kontekstu infrastrukture za aktivno upravljanje potrošnjom. Prikazan je informacijsko-komunikacijski podsustav za potporu demokratizaciji pružanja usluga fleksibilnosti kroz pružanje usluga upravljanja potrošnjom i predložena je osnovna arhitektura temeljena na međunarodnim standardima, sa sučeljima prema trenutno prihvaćenim standardima poput IEC 61850. Prikazana arhitektura sadrži podlogu za spajanje, registraciju, aktivaciju i izvještavanje na više razina granularnosti aktivnog upravljanja potrošnjom. Arhitektura podržava i različita uređenja tržišta, kao i posredničke entitete poput agregatora ili energetskih zadruga, čija je uloga posredovanje između korisnika i pružatelja usluga fleksibilnosti.

Budući da se fleksibilnost može ostvariti na vrlo raznovrstan način, od postavljanja radne točke stacionarnih baterija preko upravljanja punjačima električnih vozila do upravljanja radnim točkama sustava za grijanje i klimatizaciju, članak se dotiče i problema dobre procjene moguće fleksibilnosti, kao i potencijalnih neželjenih utjecaja na privatnost krajnjih korisnika. Aktivacija fleksibilnosti kroz aktivno upravljanje potrošnjom definitivno ima potencijala, no traži i angažman u izgradnji potrebne infrastrukture. Takva infrastruktura podržavat će varijabilne i tržišno intenzivnije distribucijske i prienosne mreže budućnosti, a kroz predviđenu podršku za postojeće protokole u pretvornicima protokola osigurava se i realna izvedivost ovakvog rješenja. Arhitektura u skladu s navedenim trenutno je u razvoju kroz dva projekta, oba sufinancirana kroz program Obzor 2020.

## **9. Zahvale i izjave o potpori iz fondova EU**

Saznanja iz članka velikim dijelom su utemeljena na iskustvima autora prikupljenim tijekom provedbe dvaju projekata financiranih kroz europski program Obzor 2020. U projektu FLEXCoop razvija se kompletna softverska podloga za automatsko aktivno upravljanje potrošnjom, s posebnim naglaskom na energetske zadruge kao agregatore. Projekt FLEXCoop financiran je kao RIA – istraživačko-inovacijski projekt kroz EU program Obzor 2020 usmjeren na istraživanje i inovacije kroz ugovor broj 773909. Cilj projekta HOLISDER je omogućiti stambenim i poslovnim zgradama sudjelovanje u doprinosu stabilnosti energetskih mreža uz snižavanje troškova energije. Projekt HOLISDER sufinanciran je kao IA – inovacijski projekt kroz EU program Obzor 2020 usmjeren na istraživanje i inovacije kroz ugovor broj 768614.

## **5. LITERATURA**

- [1] A. R. Jordehi, "How to deal with uncertainties in electric power systems? A review," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 96, pp. 145–155, Nov. 2018.
- [2] C. Hamon, M. Perninge, and L. Söder, "A computational framework for risk-based power system operations under uncertainty. Part II: Case studies," *Electr. Power Syst. Res.*, vol. 119, pp. 66–75, Feb. 2015.
- [3] N. N. Taleb, *The Black Swan: Second Edition: The Impact of the Highly Improbable: With a new section: "On Robustness and Fragility,"* 2 edition. New York: Random House Trade Paperbacks, 2010.
- [4] D. Šćulac, D. Damjanić, and A. Pavlinić, "Pregled mogućnosti upravljanja potrošnjom," presented at the 6. (12.) savjetovanje HO CIREC, Opatija, 2018.

- [5] P. Stluka, S. Noye, D. Tsagkrasoulis, M. Konsman, G. Martinez, and H. Keko, "HOLISDER D4.1 – Analysis of EU-wide interoperability standards and data models and harmonization requirements," D4.1, 2018.
- [6] H. Keko, K. Tzanidakis, C. Malavazos, P. Hasse, and A. Wolf, "FLEXCoop D2.3 Analysis of EU-wide Interoperability Standards and Data Models and Harmonization Requirements," D2.3, 2018.
- [7] "OpenADR Alliance." [Online]. Available: <https://www.openadr.org/>. [Accessed: 31-May-2019].
- [8] "OASIS Energy Interoperation TC | OASIS." [Online]. Available: [https://www.oasisopen.org/committees/tc\\_home.php?wg\\_abbrev=energyinterop](https://www.oasisopen.org/committees/tc_home.php?wg_abbrev=energyinterop). [Accessed: 01-Jun-2018].
- [9] "IEC PAS 62746-10-1:2014 | IEC Webstore." [Online]. Available: <https://webstore.iec.ch/publication/7570>. [Accessed: 01Jun-2018].
- [10] "IEC TR 62939-1:2014 | IEC Webstore." [Online]. Available: <https://webstore.iec.ch/publication/7478>. [Accessed: 01-Jun2018].
- [11] H. Keserica, S. Sučić, and T. Capuder, "Standards-Compliant Chat-Based Middleware Platform for Smart Grid Management," *Energies*, vol. 12, no. 4, p. 694, Jan. 2019.
- [12] R. Relan et al., "FLEXCoop D3.1 Models of DER Devices and associated Forecasting Algorithms," D3.1, 2018.
- [13] Regulation (EU) 2016/679 of the European Parliament and of the Council of 27 April 2016 on the protection of natural persons with regard to the processing of personal data and on the free movement of such data, and repealing Directive 95/46/EC (General Data Protection Regulation) (Text with EEA relevance), vol. 119. 2016.