

Hrvoje Keko
argovolt d.o.o.
hrvoje@argovolt.com

Sandra Mikuš
s3digital d.o.o.
sandra.mikus@s3digital.hr

Snježana Blagajac
sblagajac1@gmail.com

Krešimir Vrhovčak
Informel d.o.o.
kresimir.vrhovcak@informel.hr

OSVRT NA PROVEDBENU UREDBU 1162/2023 O INTEROPERABILNOSTI I NEDISKRIMINIRAJUĆIM POSTUPCIMA ZA PRISTUP MJERNIM PODACIMA

SAŽETAK

Načelo vlasništva nad podacima u Europskoj uniji nalaže da tko svojim ponašanjem proizvodi podatke, mora njima moći slobodno i u potpunosti raspolagati. To vrijedi i za mjerne podatke iz sustava naprednog mjerenja potrošnje električne energije. Direktivom (EU) 2019/944 želi se osnažiti korisnike elektroenergetskog sustava te se od sustava za prikupljanje mjernih podataka zahtijeva interoperabilnost i osiguravanje pristupa podacima za korisničke sustave upravljanja energijom. Članak obrađuje Provedbenu uredbu Europske Komisije (EU) 2023/1162 koja je na snazi od srpnja 2023. Uredba je prva u nizu provedbenih akata i odnosi se na potvrđene i nepotvrđene mjerne podatke. Nepotvrđeni podaci mogu biti dostupni u gotovo stvarnom vremenu. Člankom su opisane značajke Uredbe, aktivnosti potrebne za njenu punu provedbu i osiguranje pravodobnog, jednostavnog i sigurnog pristupa podacima te pravila za delegaciju pristupa trećim stranama. Članak pruža i osvrt na tehničke aspekte usuglašavanja s ovom Uredbom.

Ključne riječi: provedbena uredba, interoperabilnost, pristup podacima, mjerni podaci

A REVIEW OF IMPLEMENTING REGULATION 1162/2023 ON INTEROPERABILITY REQUIREMENTS AND NON-DISCRIMINATORY PROCEDURES FOR ACCESS TO METERING DATA

SUMMARY

The data ownership principle in European Union legislation means that the one creating the data should be able to manage and utilize the data. This also applies to smart metering data. The Directive (EU) 2019/944 aims to empower power system users by requiring the smart metering data collection systems to become interoperable, allowing these users to utilize their metering data. This paper focuses on Commission Implementing Regulation (EU) 2023/1162, in force from July 2023 – the first in line of implementing acts. This Regulation considers both validated metering data and non-validated, available in near real time, data. The paper describes the Implementing Regulation, specifically pointing out required actions for its timely, accessible and secure implementation. The paper discusses the rules for third party data access and considers technical aspects of implementing the Regulation.

Key words: implementing regulation, interoperability, data access, metering data

1. SADRŽAJ PROVEDBENE UREDBE KOMISIJE (EU) 1162/2023

1.1. Kontekst Provedbene uredbe Komisije (EU) 1162/2023

U lipnju 2023. Europska komisija donijela je Provedbenu uredbu Komisije (EU) 2023/1162 o zahtjevima u pogledu interoperabilnosti i nediskriminirajućim i transparentnim postupcima za pristup podacima o mjerenju i potrošnji (Uredba) [1]. Uredba se odnosi na podatke prikupljene s naprednih brojila, smještenim u ili uz prostore koje koriste korisnici elektroenergetskog sustava i prva je u nizu planiranih provedbenih akata koji se oslanjaju na pravila uvedena Direktivom (EU) 2019/944 o zajedničkim pravilima za unutarnje tržište električne energije i izmjeni Direktive 2012/27/EU (Direktiva) [2]. Ova je Uredba dio aktivnosti vezanih za akcijski plan Europske unije (EU) u smjeru digitalizacije i osnaživanja europskog energetskog sustava [3]. Iako je Uredba u cijelosti obvezujuća i izravno se primjenjuje u svim državama članicama, to ne znači da se u potpunosti može primjenjivati bez ikakvih zahvata u nacionalnim propisima. Naime, Uredba je pisana za svih 27 članica EU bez zadiranja u nacionalne prilike i specifičnosti (npr. koriste se izrazi poput "nadležno tijelo"). Stoga je potrebno provesti prilagodbu nacionalnih propisa kako bi se osigurala provedba ove Uredbe.

Cilj ovih akata je osnažiti korisnike i povećati interoperabilnost elektroenergetskog sustava s korisničkim sustavima upravljanja energijom. Direktivom i Uredbom se od država članica zahtijeva vođenje računa o sustavnoj uporabi odgovarajućih normi, uključujući i interoperabilnost – ne samo na komunikacijskom sloju, već i na višim razinama podatkovnog modela i aplikacijskog sloja. Uz takvu podlogu, može se očekivati izrada inovativnih energetskih usluga temeljenih upravo na tim – nediskriminirajuće dostupnim – podacima. Članci 23. i 24. Direktive na visokoj razini definiraju upravljanje podacima i zahtjeve interoperabilnosti te navode kako će biti doneseni provedbeni akti. Upravo je Uredba prvi takav akt.

Iz strategije o podacima i akta o podacima [4], [5] slijedi načelo pravednog i slobodnog raspolaganja podacima: tko svojim ponašanjem podatke proizvodi, mora slobodno i u potpunosti raspolagati tim podacima. Nakana ovog članka je opisati i približiti sadržaj Uredbe i što ona propisuje za krajnje kupce, ali i ukazati na potrebne praktične korake za usuglašavanje s njenim zahtjevima. Riječ je o tehničkim, ali i legislativnim koracima - Uredba vrijedi za svih 27 zemalja članica, a zadatak je svake od njih provesti zahtjeve iz Uredbe.

Za širi kontekst ove Uredbe, važno je osvrnuti se i na situaciju na području EU u pogledu odluka o uvođenju napredne mjerne infrastrukture. Odluci prethodi ekonomska procjena dugoročnih troškova i koristi sustava naprednog mjerenja za tržište i pojedinog krajnjeg kupca. Takva studija izrađuje se po metodologiji Zajedničkog istraživačkog centra Europske unije – *Joint Research Centre* [6], [7]. Od 27 zemalja članica EU, 21 članica donijela je pozitivnu odluku o uvođenju naprednog sustava mjerenja, odnosno ekonomska procjena bila je pozitivna. Bugarska i Mađarska nisu završile studiju ekonomske procjene, a Belgija, Češka, Njemačka i Slovačka imaju studije s negativnim ili neodlučnim rezultatima [8], [9]. Vodeću grupu po kriteriju uvođenja napredne mjerne infrastrukture čine Danska, Estonija, Finska, Italija, Španjolska i Švedska – u tim je zemljama pokrivenost korisnika gotovo stopostotna. U Austriji, Francuskoj, Nizozemskoj i Portugalu rezultat analize bio je pozitivan, ali je uvođenje još uvijek u tijeku, s tim da je dio operatora distribucijskog sustava završio uvođenje. Portugal je posebno zanimljiv primjer – unatoč većem broju inovativnih projekata, u Portugalu je službeno uvođenje krenulo tek 2019. godine, no već do kraja 2025. godine očekuje se završetak uvođenja i potpuno obuhvaćanje svih korisnika.

U Hrvatskoj su u proteklih nekoliko godina nabavljana napredna brojila i njihova je ugradnja u tijeku s planom potpune zamjene brojila na svim obračunskim mjernim mjestima do 2029. [10] Početkom 2025. Hrvatska elektroprivreda d.d. raspisala je javni natječaj [11] za uvođenje sustava za upravljanje mjernim podacima (engl. *Meter Data Management, MDM*) - jednog od ključnih centralnih infrastrukturnih blokova u održivom gospodarenju mjernim podacima [12]. Zadaće sustava za upravljanje mjernim podacima su prikupljanje, spremanje i obrada mjernih podataka s naprednih brojila. Ti podaci se u MDM prikupljaju iz sustava za očitavanja naprednih brojila. Nakon provjere podaci postaju potvrđeni i prosljeđuju se drugim poslovnim sustavima poput sustava za obračun (engl. *billing*). S obzirom na snažno distribuirani karakter mjernog sustava, sustav MDM uglavnom prate dva dodatna sustava – onaj za upravljanje mjernom infrastrukturom čija je zadaća nadzor kompletne mjerne infrastrukture i provedba većih (masovnih) grupnih operacija u sustavu, te sustav za zaštitu komunikacije s naprednim brojilima čija je osnovna zadaća zaštita komunikacijskog kanala kako bi se osigurala prikladna kriptografska zaštita mjernih podataka u tranzitu, odnosno kako se za njihovo prikupljanje ne bi koristili nesigurni kanali, sukladno pozitivnim propisima koji obrađuju zaštitu podataka i kibernetičku sigurnost kritične infrastrukture.

1.2. Potvrđeni i nepotvrđeni mjerni podaci

Uredba se odnosi na mjerne podatke i dijeli ih na dvije vrste: potvrđene povijesne mjerne podatke, te nepotvrđene mjerne podatke. Potvrđeni podaci su oni koji su prošli ciklus validacije, estimacije i editiranja [12] i najčešće imaju uzorkovanje svakih 15 minuta. Korisnicima su najčešće dostupni tek nakon završetka obračunskog razdoblja, pa od mjerenja do dostupnosti povijesnih podataka može proći i punih mjesec dana. Nepotvrđeni podaci su oni prikupljeni iz registara naprednih brojila, bez intervencija, provjera i verifikacija. Mogu imati značajno višu frekvenciju uzorkovanja i biti dostupni praktično odmah nakon očitavanja. Subjekt zadužen za obradu mjernih podataka najčešće je upravo operator sustava. To nije uvijek slučaj u Europi – u nekim europskim državama mjerenja obrađuju drugi subjekti. U Hrvatskoj, obračunska mjerenja u elektrodistribuciji zadaća su operatora distribucijskog sustava - HEP–Operatora distribucijskog sustava d.o.o. (HEP-ODS), a u prijenosnom sustavu operatora prijenosnog sustava – Hrvatskog operatora prijenosnog sustava d.d. (HOPS).

Uredba u jednakoj mjeri obrađuje i potvrđene i nepotvrđene podatke. S ciljem zaštite i osnaživanja korisnika i povećanja njihove aktivnosti u energetske tranziciji, cilj Uredbe je utvrđivanje pravila kojima se korisnicima na maloprodajnom tržištu električne energije, ali i drugim stranama koje ispunjavaju potrebne uvjete, omogućuje pravodoban, jednostavan i siguran pristup podacima. Predmet Uredbe nije samo vremenski odmak od nastanka podataka do njihove dostupnosti, nego upravo ta mogućnost dopuštanja pristupa trećim stranama.

Osnovna je ideja Uredbe osigurati samim korisnicima, ali i pružateljima energetske usluga, neometan i jasan pristup i potvrđenim i nepotvrđenim podacima korisnika koji su dali odgovarajuću privolu, odnosno dopuštenje za pristup tim podacima. Korisnik se tako osnažuje - samostalno dopušta trećim stranama poput opskrbljivača, agregatora ili energetske zajednice (energetske zajednice građana (EZG) ili zajednice obnovljive energije (ZOE)) pristup i korištenje i potvrđenih i nepotvrđenih mjernih podataka. Korisnik može i opozvati dopuštenje i učiniti ga nevažećim, primjerice kod isteka ugovora između kupca i treće strane. Važeće dopuštenje koje nije opozvano ili isteklo naziva se aktivnim. Kad dopuštenje prestane biti aktivno, treća strana zadržava pristup mjernim podacima u opsegu i vremenu nužnom za završni obračun (engl. *billing*) ili obračun odstupanja (engl. *imbalance settlement*), odnosno obračun energije uravnoteženja (engl. *balancing settlement*). Postupci odobravanja i povlačenja pristupa podacima povezani su s ugovornim odnosima između kupca i treće strane (agregatora, opskrbljivača, energetske zajednice i drugih). Uredbom je određeno kako administrator mjernih podataka (engl. *metered data administrator*) nakon primitka odgovarajućeg dopuštenja od kupca, dostavlja trećoj strani relevantne podatke.

1.3. Referentni model upravljanja mjernim podacima

Uredbom se utvrđuje skup pravila za interoperabilnost i definira se referentni model interoperabilnosti u pet slojeva:

- Poslovni sloj: poslovni ciljevi i uloge za usluge ili procese,
- Funkcijski sloj: slučajevi uporabe, razmjena podataka i upravljanje dopuštenjima,
- Informacijski sloj: podatkovni i informacijski modeli, poput IEC CIM [13],
- Komunikacijski sloj: komunikacijski protokoli i formati podataka poput CSV, XML ili JSON, te
- Sloj komponenti: platforme za razmjenu podataka, aplikacije i hardver poput brojila.

Interoperabilnost ovdje znači da svi sudionici jednako interpretiraju prenesene podatke, odnosno semantičko značenje podataka mora biti jasno i nedvojbeno definirano odgovarajućom tehničkom specifikacijom. Ovdje je iznimno važno ponovno naglasiti kako ova Uredba, unatoč tome što je provedbena, ne definira konkretnu tehničku implementaciju. Uredbom se utvrđuje skup pravila i *referentni* model, a *konkretna* tehnička implementacija i provedba modela zadaća je svake od država članica. Drugim riječima, referentnim se modelom nastoji osigurati upravo semantička interoperabilnost, ostavljajući pritom prostor za prilagodbu nacionalnim okolnostima. Države članice odabrat će način provedbe zahtjeva Uredbe sukladan situaciji na razini države. To je pogotovo istina za niže slojeve, odnosno komunikacijsku i hardversku razinu gdje su izmjene i nadogradnje dugotrajne i kapitalno intenzivne. To će neminovno dovesti do razlika u praktičnoj provedbi i funkcioniranju ovog referentnog modela. Praktično, to predstavlja prepreku u pristupu tržištu između država članica: primjerice, proizvođač rješenja za agregiranje u jednoj državi ne bi mogao nastupiti na tržištu druge države.

No, da bi se to izbjeglo, očekuje se uspostava *repozitorija nacionalnih praksi* provedbe referentnog modela. U tom bi se repozitoriju, praktično, trebala nalaziti mapiranja referentnog modela na stvarne primjene u praksi na nacionalnoj razini. Taj bi repozitorij trebao poslužiti i za uvid u najbolje prakse u provedbi. U prikupljanju podataka za taj repozitorij, posebice u pogledu osiguravanja transparentnosti

pristupa podacima, Europska mreža operatora prijenosnih sustava za električnu energiju (ENTSO-E) i Europsko tijelo za operatore distribucijskih sustava (EU DSO Entity) moraju surađivati, te pružati potporu državama članicama u izvješćivanju o nacionalnim praksama. No, obveza izvješćivanja je na svakoj od država članica, a člankom 10. Uredbe propisano je izvješćivanje Komisiji najkasnije do 5. srpnja 2025. godine. Komisija je 5. srpnja 2024. godine objavila Smjernice za izvješćivanje o nacionalnim praksama koje podržavaju pojednostavljeno izvješćivanje o nacionalnoj provedbi ovih pravila, čime se dodatno unaprjeđuje integracija i korištenje podataka naprednih brojila diljem EU-a (Smjernice) [14].

Referentni model u stvarnosti je minimalni skup zahtjeva koji opisuje tijekove rada potrebne za usluge i procese, i sastoji se od

- modela uloga (engl. *roles*) koji definira uloge i odgovornosti,
- informacijskog modela koji definira informacijske objekte, attribute i relacije među njima te
- modela postupka koji detaljno opisuje pojedine korake u postupcima.

Referentni model prikazan je u nizu tablica u prilogu Uredbe. Nadalje, Uredba određuje, člancima 3. i 14., da se referentni model u svim državama članicama primjenjuje od 5. siječnja 2025. godine. Model je zamišljen kao tehnološki neutralan, ali se oslanja na nomenklaturu i definicije iz usklađenog modela uloga na tržištu električne energije (engl. *Harmonized Electricity Market Role Model*) [15] te IEC CIM *Common Information Model* zajedničkog informacijskog modela.

Uredba definira uloge i odgovornosti administratora mjernih podataka, administratora mjernih točaka, pružatelja pristupa podacima i administratora dopuštenja zasebno – no, u praksi je moguće da jedan subjekt obavlja više od jedne od navedenih uloga.

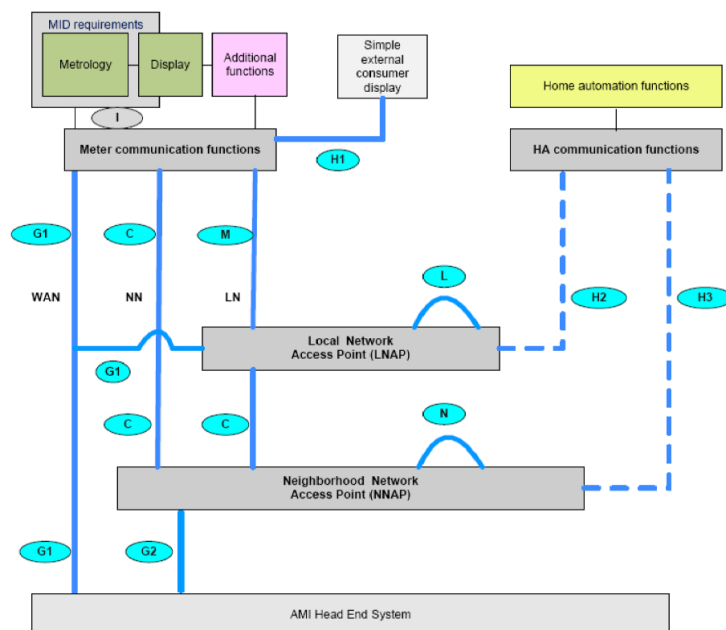
Administrator mjernih podataka mora staviti potvrđene mjerne podatke na raspolaganje krajnjim kupcima i stranama koje ispunjavaju uvjete, putem interneta ili drugog odgovarajućeg sučelja, na zahtjev, na nediskriminirajući način i bez nepotrebne odgode. Nadalje, administrator osigurava da krajnji kupci mogu sami pristupiti svojim potvrđenim mjernim podacima, ali i da mogu delegirati pristup. Podaci pritom moraju biti dostupni u strukturiranom, uobičajeno upotrebljavanom, strojno čitljivom i interoperabilnom formatu. Administrator mjernih podataka također mora evidentirati pristupe podacima i na zahtjev kupca čini dostupnim tu evidenciju, besplatno i bez nepotrebne odgode. Zadaća je administratora mjernih podataka surađivati s administratorom dopuštenja, vezano za prijenos podataka trećim stranama koje ispunjavaju uvjete.

Administrator mjernih točaka ima odgovornost da bez odgode izvještava administratora dopuštenja i (ako je potrebno) administratora mjernih podataka o svim promjenama u povezanosti krajnjih kupaca s mjernim točkama, kao i o vanjskim događajima koji mogu utjecati na aktivna dopuštenja.

Pružatelj pristupa podacima javno objavljuje putem internetskog sučelja sve postupke koji se koriste za omogućavanje pristupa podacima i način na koji krajnji kupci mogu doći do svojih podataka o mjerenjima i potrošnji. Pružatelji pristupa podacima moraju voditi i čuvati evidenciju pristupa podacima, uključujući i oznake vremena pristupa, te tu evidenciju daju na uvid kupcu na njegov zahtjev bez nepotrebne odgode i bez naknada.

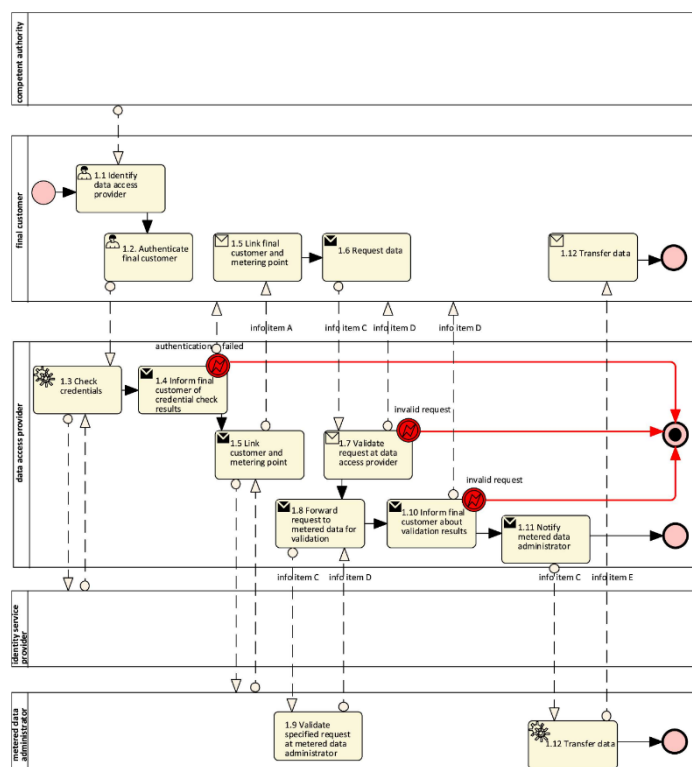
Administrator dopuštenja zadužen je za upravljanje dopuštenjima pristupa podacima i posebno vodi računa o dopuštenjima koja prestaju biti aktivna. Analogno ostalim ulogama, i administrator dopuštenja mora voditi evidenciju izdavanja i opoziva dopuštenja, i tu evidenciju pružati bez naknade i odgode na uvid kupcima.

U pogledu arhitekture sustava za upravljanje naprednim brojilima, Uredba je usuglašena s CEN-CLC 50572:2011TR [16] – Funkcionalnom referentnom arhitekturom za komunikaciju u sustavima za napredna mjerenja. Slikom 1 prikazani su funkcionalni entiteti i sučelja u sustavu za napredna mjerenja. Arhitektura za napredna mjerenja sastoji se od jednog ili više sustava za daljinsko očitavanje naprednih brojila (engl. *advanced metering infrastructure head end system*), komunikacijskih kanala i samih brojila. Uredba pritom, kada je riječ o brojilima na niskom naponu, spominje postojanje sučelja H1, H2 i H3 gdje je riječ je o korisničkim sučeljima dostupnim izravno na samom brojilu. Za pružanje nepotvrđenih podataka u gotovo stvarnom vremenu putem standardiziranog sučelja, države članice uzimaju u obzir upotrebu relevantnih dostupnih normi, uključujući norme kojima se osigurava interoperabilnost. U nacionalnim praksama u Europi koriste se EN 50491-11 [17], EN 62056 – DLMS/COSEM serija standarda [18] [19], serija standarda EN 13757 – Žični i bežični sustav M-Bus [20], EN 16836 – Zigbee SEP 1.1 i drugi.



Slika 1. Funkcionalna referentna arhitektura za sustave naprednih mjerenja, izvor: [16]

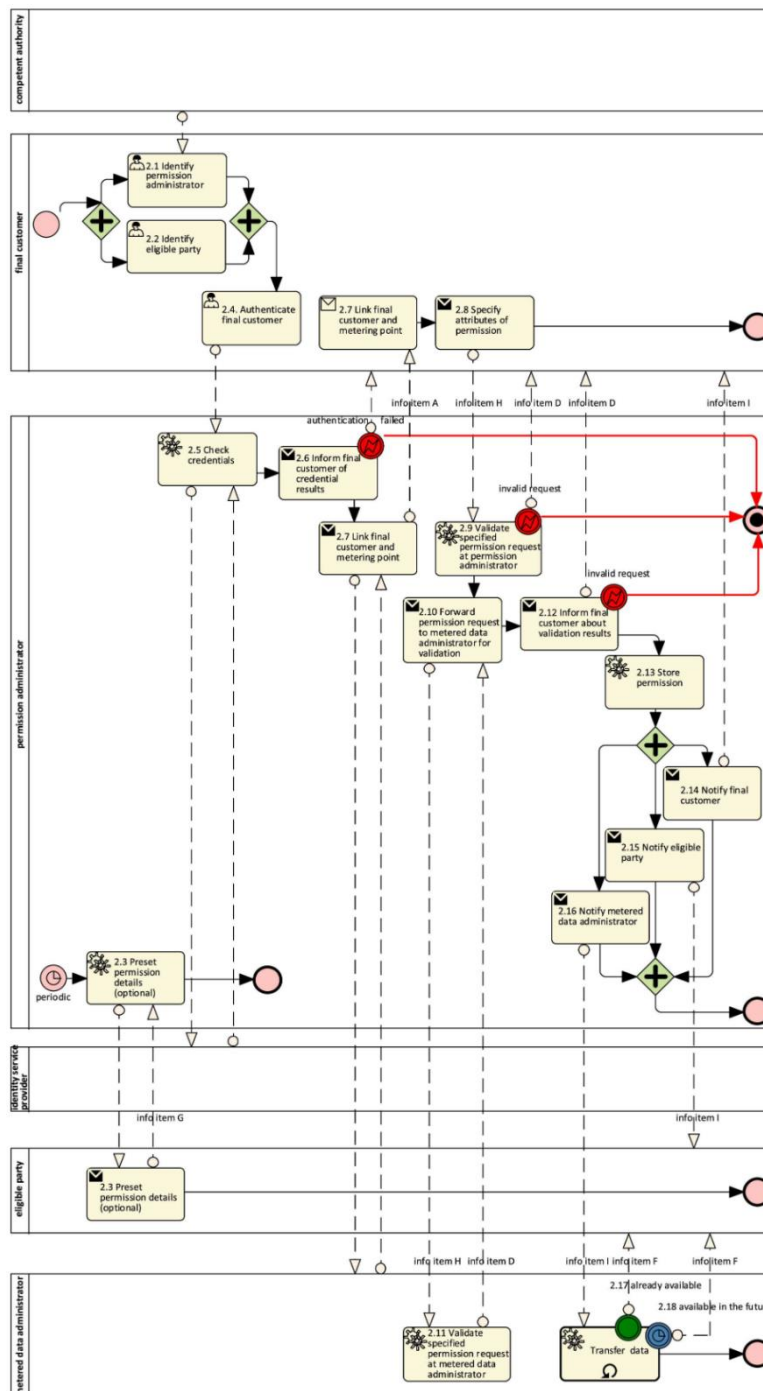
Slikom 2 ilustriran je referentni postupak pristupa krajnjeg kupca potvrđenim povijesnim mjernim podacima i potvrđenim povijesnim podacima o potrošnji.



Slika 2. Postupak pristupa krajnjeg kupca potvrđenim mjernim podacima i potvrđenim podacima o potrošnji

U prvom koraku, krajnji kupac identificira pružatelja pristupa podacima odgovornog za njegove mjerne točke. Potom se kupac autentificira na odgovarajući način. Ovdje je preporuka korištenja sustava sukladnog s e-IDAS [21] [22] odnosno oslanjanje na postojeću infrastrukturu za autentifikaciju. Ako je autentifikacija uspješna, kupac identificira mjernu točku za koju želi dohvatiti podatke, te upućuje pružatelju

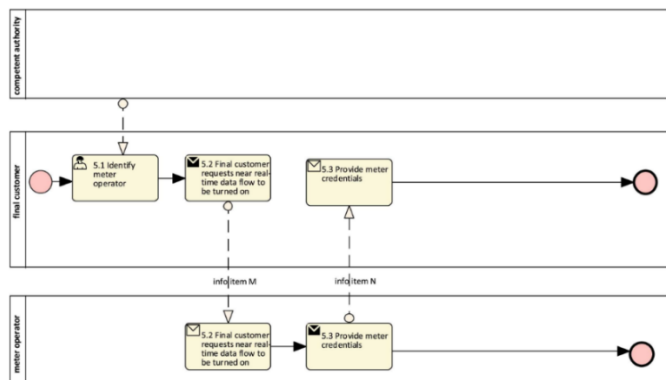
pristupa podacima zahtjev. Pružatelj pristupa podacima potvrđuje valjanost zahtjeva, te ako je sve u redu, prosljeđuje zahtjev za dostavu podataka administratoru mjernih podataka. Potvrdi li administrator zahtjev, kupac pristupa podacima. Velik dio zadaća je na administratoru dopuštenja: utvrdi li on u bilo kojem koraku kako zahtjev nije valjan, prekinut će pristup i zaustaviti postupak, uz spremanje odgovarajućeg dnevnika zapisu u evidenciju pristupa. Uloga administratora dopuštenja još je značajnija kada pristup podacima traži treća strana. Taj je postupak ilustriran sljedećom slikom.



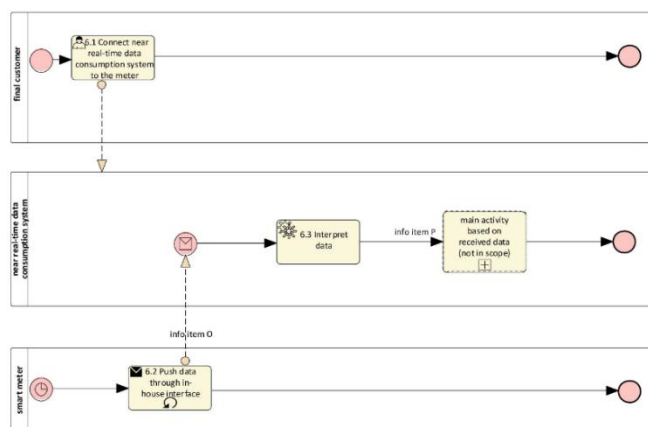
Slika 3. Postupak pristupa treće strane potvrđenim povijesnim podacima i potvrđenim povijesnim podacima o potrošnji

U ovom slučaju, mora postojati važeće, odnosno „aktivno“ dopuštenje koje dopušta konkretnoj trećoj strani pristup podacima konkretnog kupca. Kao što je već opisano u zadaćama administratora dopuštenja, i kada takvo dopuštenje ne postoji i kada takvo dopuštenje postoji, krajnji kupac mora biti odgovarajuće obaviješten.

Analogni postupci postoje i za pristup nepotvrđenim podacima u gotovo stvarnom vremenu, ali tamo postoji razlika u postupku pristupa: kada se koristi korisničko sučelje na samom naprednom brojilu (H1, H2 ili H3 u [16]), tada bi krajnji kupac trebao moći zatražiti aktivaciju pristupa svojim nepotvrđenim podacima s brojila (slika 4), te potom priključiti vlastiti sustav za očitavanje podataka o potrošnji u gotovo stvarnom vremenu na sučelje brojila (slika 5). Korisnik prvo zatraži, za konkretnu mjernu točku, od administratora mjernih točki uključivanje pristupa podacima u gotovo stvarnom vremenu. Sukladno nacionalnim postupcima, administrator mjernih točki osigurava ispravne vjerodajnice ili certifikate koje korisnik koristi za pristup brojilu putem korisničkog sučelja. Nakon aktivacije i spajanja korisničkog sustava, brojilo bez intervencije korisnika šalje podatke kroz navedeno sučelje.



Slika 4. Postupak aktivacije pristupa nepotvrđenim podacima u gotovo stvarnom vremenu



Slika 5. Postupak pristupa nepotvrđenim mjernim podacima u gotovo stvarnom vremenu: slučaj pristupa izravno kroz korisničko sučelje na samom brojilu (H1, H2 ili H3)

Daljnje korištenje bilo potvrđenih ili nepotvrđenih podataka nije predmet ove Uredbe, pa nije ni obrađeno u referentnom modelu. Međutim, Uredba posebno naglašava obavezu o jasnom i javnom pristupu svojstava informacijskih objekata kojima se pristupa: nije dovoljno upućivanje na normu. Korisnici moraju imati iscrpnu i jasnu dokumentaciju o podacima koji su dostupni. Ako se krajnje kupce upućuje na normu, takva norma mora biti javno i besplatno dostupna. Minimalni skup podataka koji bi na ovaj način trebali biti dostupni sastoji se od vremenske oznake (engl. *timestamp*), te iznosa i mjernih jedinica trenutne djelatne ulazne snage, trenutne djelatne izlazne snage, djelatne ulazne energije i djelatne izlazne energije. Ovdje je riječ o minimalnom skupu i on se može proširiti: mogu se dostavljati i dokumentirati i drugi podaci ako su dostupni.

2. SITUACIJA U REPUBLICI HRVATSKOJ

2.1. Zakonski okvir u Republici Hrvatskoj

Zakonski okvir kojim se uređuju tržišta električne energije u Republici Hrvatskoj vrlo je opsežan i složen. Temeljni okvir, u nacionalnom zakonodavstvu, za uređenje tržišta električne energije u Republici Hrvatskoj zadan je Zakonom o energiji, Zakonom o regulaciji energetske djelatnosti i Zakonom o tržištu električne energije, te brojnim propisima i općim aktima donesenim na temelju ovih zakona. Osim navedenog, na uređenje procesa i postupaka na tržištima električne energije u Republici Hrvatskoj utječu i Zakon o obnovljivim izvorima energije i visokoučinkovitoj kogeneraciji [23] [24], te Zakon o energetske učinkovitosti [25] [26] [27] [28] i Zakon o uspostavi infrastrukture za alternativna goriva [29] [30], kao i propisi i akti doneseni na temelju ovih zakona.

Odrednice iz Direktive u pogledu upravljanja, razmjene i pristupa podacima o krajnjim kupcima, odnosno mjernim podacima i podacima o potrošnji električne energije te interoperabilnosti u zakonodavstvu Republike Hrvatske sadržane su uglavnom u Zakonu o tržištu električne energije [31] [32], Pravilniku o općim uvjetima za korištenje mreže i opskrbu električnom energijom [33] [34] [35], Mrežnim pravilima prijenosnog sustava [36] i Mrežnim pravilima distribucijskog sustava [37] [38]. U hrvatskim su propisima, u smislu vlasništva nad podacima i davanja pristupa podacima, obuhvaćeni korisnici mreže: krajnji kupci, proizvođači i operatori skladišta energije.

Koncept u kojem je vlasnik mjernih podataka krajnji kupac odnosno korisnik mreže prisutan je u hrvatskim propisima od samih početaka otvaranja tržišta električne energije, a njegova implementacija bila je u skladu s trenutačnim prilikama u pogledu uspostave, odnosno razvoja procesa i postupaka na tržištu električne energije te tehnologijama koje su se primjenjivale. Implementacija ovoga koncepta prilagođavala se kroz godine razvoju i promjenama tehnologija te razvoju i promjenama odnosno pojavi novih aktivnosti na tržištu električne energije. Tako je, primjerice, na početku implementacija bila usmjerena na podršku postupku promjene opskrbljivača električnom energijom, dok su danas podržani i drugi procesi koji su se tijekom vremena pojavili i uspostavili.

2.2. Povezivanje uloga iz Uredbe s važećim hrvatskim propisima

Uredbom je propisan referentni model u kojem su definirane određene uloge. U hrvatskom zakonodavstvu kojim se uređuje područje elektroenergetike i tržišta električne energije pojedinim subjektima propisana su prava i obveze iz čega se može zaključiti tko ili što trenutačno ima pojedinu ulogu iz Uredbe (Tablica I). Nove tehnologije pružaju mogućnosti za pojavu novih inovativnih usluga koje se nude ili će se nuditi na energetske tržištu, pri čemu paletu mogućih usluga nije jednostavno, a možda niti moguće, u potpunosti sagledati i predvidjeti. Stoga je prilagodbu nacionalnog zakonodavstva te prava i obveza u skladu s Uredbom, a kako bi se osigurala provedba Uredbe, potrebno napraviti na razuman način s ciljem stvaranja dobrih i dovoljno širokih i prilagodljivih podloga i okvira za buduće djelovanje dionika na tržištu električne energije (krajnjih kupaca, odnosno korisnika mreže, pružatelja raznih energetske usluga, operatora sustava, operatora tržišta itd.).

Tablica I. Povezivanje uloga iz Uredbe s važećim hrvatskim propisima

Uloga iz Uredbe (HR/EN verzija)	Tko/Što u skladu s hrvatskim propisima
Krajnji kupac / <i>Final customer</i>	Krajnji kupac ¹
Nadležno tijelo / <i>Competent authority</i>	Za sada nije definirano
Strana koja ispunjava uvjete / <i>Eligible party</i>	Korisnik mjernih podataka (opskrbljivač, operator sustava (OPS, ODS), agregator, energetska zajednica građana, zajednica obnovljive energije, operator zatvorenog distribucijskog sustava, operator tržišta energije, otkupljivač električne energije ² , opunomoćenik skupnog aktivnog kupca) i Pregovarač za opskrbu (u postupku kolektivne promjene opskrbljivača skupine krajnjih kupaca iz kategorije kućanstvo)
Administrator mjernih podataka / <i>Metered data administrator</i>	Operator sustava (HOPS, HEP-ODS)
Administrator mjernih točki / <i>Metering point administrator</i>	
Pružatelj pristupa podacima / <i>Data access provider</i>	
Administrator dopuštenja / <i>Permission administrator</i>	
Pružatelj usluge identifikacije / <i>Identity service provider</i>	
Upravitelj brojila / <i>Meter operator</i>	
Pametno brojilo / <i>Smart meter</i>	Napredno brojilo (u skladu sa Zakonom o tržištu električne energije)
Sustav podataka o potrošnji u gotovo stvarnom vremenu / <i>Near real-time data consumption system</i>	U skladu sa Zakonom o tržištu električne energije, primjerice, automatizirani program energetske učinkovitosti, automatizirani sustav upravljanja potrošnjom i sustavi za pružanje drugih usluga

3. ENERGETSKA PISMENOST I SMJERNICE ZA MOGUĆE TEHNIČKO RJEŠENJE

Aktivnosti EU jasno iskazane kroz Direktivu i Uredbu usmjerene su ka osnaživanju korisnika iz pasivne u aktivnu ulogu. Ovim aktima želi se povećati aktivno sudjelovanje korisnika na energetskom tržištu s ciljem da i korisnici aktivno utječu na unutarne tržište električne energije te tako ostvaruju koristi. Koristi, financijske uštede i nove usluge će se s vremenom povećati kako se bude podizala svijest inače pasivnih potrošača o mogućnostima koje imaju kao aktivni kupci te kako se bude povećavala dostupnost informacija o mogućnostima aktivnog sudjelovanja i upoznatost s njima.

Osnaživanje kupaca iz pasivne u aktivnu ulogu neće biti moguće bez povećanja njihove energetske pismenosti. Energetska pismenost i pristup podacima (i informacijama) su usko povezani koncepti – bez energetske pismenosti krajnji kupac ne može u punom opsegu koristiti i upravljati svojim podacima. Ako nešto ne razumije, nije sklon promjenama i uvođenju nečega novog. S druge strane, bez pristupa podacima

¹ Pojam krajnji kupac uključuje i krajnje kupce koji se nisu aktivirali na tržištu električne energije i aktivne kupce bez obzira na to jesu li se aktivirali na tržištu električne energije kao pojedinci ili nekim oblikom udruživanja poput, primjerice, energetske zajednice. Pri tome vrijedi naglasiti da krajnji kupac koji je član ili vlasnik udjela/dioničar u energetske zajednici (EZG ili ZOE) na svom obračunskom mjernom mjestu koje je uključeno u energetske zajednicu zadržava prava i obveze krajnjeg kupca odnosno korisnika mreže.

² Pojam otkupljivač električne energije odnosi se na otkupljivača električne energije na maloprodajnom tržištu koji je definiran u [33].

(i informacijama) koji su mu na razuman, pregledan i shvatljiv način prikazani teško je očekivati povećanje energetske pismenosti i promjene korisničkog ponašanja.

Promjena korisničkog ponašanja u cilju energetske učinkovitijeg ponašanja vezana je uz pristup podacima o potrošnji. Kod prihvaćanja novih tehnologija značajni su rani usvajači (engl. *early adopters*). Oni žele *odmah* vidjeti utjecaj promjene potrošnje (npr. uključivanjem i isključivanjem pojedinih uređaja) u izmjerenim podacima [39]. Zbog toga su podaci u gotovo stvarnom vremenu posebno značajni. U Francuskoj su uvođenje naprednih brojila od 2011. godine iskoristili za sociološka istraživanja o vezi informacija potrošača o potrošnji i smanjenju troškova energije u kućanstvu, kroz promjene korisničkog ponašanja i prelazak potrošnje s vršnih sati na druga vremena kada je korištenje električne energije jeftinije [40] [41].

Velika količina raspoloživih energetske podataka i integracija novih tehnologija dovest će do novih inovativnih usluga zasnovanih upravo na tim podacima. Takva digitalna transformacija energetike doprinijet će zelenoj tranziciji. Uvođenjem naprednih brojila s informacijama dostupnim korisnicima kroz digitalne alate, digitalizacija se nakon telekoma i bankarstva širi i na područje energetike, dodatno poticana od strane EU.

3.1. Trenutne mogućnosti pristupa podacima o potrošnji

U skladu s propisanim obvezama, primjerice, HEP-ODS je kroz godine pratio potrebe korisnika i kroz internetske stranice pružio dijelu korisnika mogućnost uvida u njihove podatke. Tako je u 2021. godini redizajnirao stranicu Moja mreža [42] koja pruža osnovne funkcionalnosti korisnicima (npr. mogućnost dostave očitavanja, pregled (mjesečnih ili polugodišnjih) očitavanja brojila, numerički prikaz potrošnje električne energije po prethodnim obračunskim razdobljima, numerički i grafički prikaz potrošnje električne energije). Važno je istaknuti da je ovo rješenje integrirano i s nacionalnim identifikacijskim sustavom (NIAS). Korisnici koji sustavu pristupe s takvom autorizacijom imaju pristup većem broju funkcionalnosti i mogu podnositi zahtjeve digitalnim putem. Dio korisnika (proizvođači električne energije, poduzetništvo i kućanstva s priključnom snagom preko 20 kW) može pristupiti mjernim podacima o svojoj potrošnji i proizvodnji električne energije putem portala Mjerni podaci [43]. Dostupni podaci uključuju i krivulje radne snage.

HEP-ODS je krajem 2023. godine pokrenuo i pilot projekt za pristupanje nepotvrđenim mjernim podacima kroz korisničko sučelje naprednih brojila. Podaci se dohvaćaju sa sučelja brojila i putem korisničkog pristupa internetu svakih 10 sekundi šalju na središnju platformu za upravljanje podacima. Hardver i softverska platforma u pilot projektu u cijelosti su razvijeni u Hrvatskoj. Skup podataka značajno je širi od postojećih portala i može uključivati podatke poput napona, snage po fazama i slično. Pilot obuhvaća više stotina korisnika, koji mogu pristupiti platformi i pratiti svoju potrošnju i ostale energetske podatke u gotovo stvarnom vremenu.

Uvođenje naprednih brojila omogućava veću interakciju između korisnika i operatora sustava, i značajno povećava količine razmijenjenih podataka. Za ilustraciju, u pogledu samo podataka o potrošnji električne energije u jednoj tarifi, od jednog mjesečnog očitavanja podatka dolazimo do 2.880 podataka za očitavanje svakih 15 minuta ili 259.200 podataka kod očitavanja svakih 10 sekundi. Tako velika količina podataka dobiva vrijednost za korisnika vizualizacijom, analizom i korištenjem u uslugama, no ne može se obrađivati dosadašnjim načinima. Korištenje velikih skupova podataka (engl. *big data*) u energetici je tek u povojima, a bit će osnova za buduće inovativne usluge i pojavu novih dionika na tržištu.

Postojeći energetske procesi i sustavi kao i buduće inovativne usluge zahtijevaju pristup podacima od strane aktivnog korisnika i svih zainteresiranih dionika: razmjenu informacija između mnogo sudionika, mreža, sustava, uređaja, aplikacija i komponenti. Svi ovi zahtjevi dodatno usložnjavaju već ionako složeno okruženje (engl. *landscape*) postojećih sustava i aplikacija. Ciklus nadogradnji postojećih sustava u energetici razmjerno je dug i kompleksan a tehnološko rješenje koje će zadovoljiti Uredbu mora se uklopiti u postojeće poslovne planove i sustave operatora sustava. Zahtjevi na poslovne sustave i rješenja koja pokrivaju najvažnije poslovne procese i osiguravaju poslovanje tvrtke su stabilnost i pouzdanost, sljedivost, nepromjenjivost, sigurnost i usklađenost s regulativom i standardima. U ovim sustavima je pouzdanost važnija od brzine. S druge strane, očekivanja današnjih korisnika digitalnih rješenja su da tehnološko rješenje bude jednostavno, brzo, sigurno, personalizirano i fleksibilno.

Suvremena digitalna tehnološka rješenja, uz sposobnost upravljanja velikim količinama podataka, moraju podržavati i intenzivnu interakciju s velikim brojem dionika. Moraju i zadovoljavati sve zakonske zahtjeve poput onih propisanih Uredbom o zaštiti osobnih podataka (GDPR) [44] i zahtjeve kibernetičke sigurnosti, dostupnosti, fleksibilnosti, otvorenosti, skalabilnosti od početnog malog broja ranih korisnika i manjeg broja usluga, do velike skale s milijunima korisnika i uređaja, te inovativnih usluga temeljenih na podacima koje mogu biti i međusektorske.

3.2. Prijedlog mogućeg tehničkog rješenja

Više je mogućih tehnoloških pristupa zadovoljavanju zahtjevima Uredbe, što i sama Uredba navodi u tekstu i razradi. Ovaj dio članka prikazuje osnovne tehničke karakteristike predloženog rješenja, modernog sustava visoke prilagodljivosti, skalabilnosti i sigurnosti koji minimalno intervenira u postojeće poslovne sustave i procese operatora. Predloženo rješenje zadovoljava sadašnje potrebe i prilagodljivo je budućim potrebama, te na procesu koji nije kritičan za operativni rad uvodi nove tehnologije.

Ako se nepotvrđenim podacima u stvarnom vremenu u brojilu pristupa kroz korisničko sučelje brojila, te se takvi podaci dalje obrađuju na standardiziran način, kroz specijaliziranu podatkovnu platformu može se omogućiti pristup svim autentificiranim i autoriziranim stranama zainteresiranim za podatke. Za ugradnju komunikacijskog uređaja potreban je jednokratani fizički pristup brojilu, no dok god postoji uspostavljena bežična komunikacija sve se naknadne izmjene konfiguracije mogu obaviti daljinski. Podatkovna platforma tada postaje administrator mjernih podataka za nepotvrđene mjerne podatke. Uz nepotvrđene podatke u gotovo stvarnom vremenu, kroz platformu se mogu preuzimati i drugi podaci za potrebe isporuke trećim stranama, kako bi se smanjilo opterećenje izvornih sustava koji sadrže podatke (poput sustava MDM).

Na toj platformi može se objediniti i upravljanje dozvolama za pristup podacima (i platforma postaje administrator dopuštenja). Uredba predlaže i korištenje vanjskog autentifikacijskog sustava poput sustava NIAS kako bi se minimiziralo korištenje osobnih podataka podložnih GDPR-u. Objedinjavanjem navedenih funkcija optimizirali bi se investicijski i operativni troškovi implementacije. Po tehničkim zahtjevima, predložena platforma trebala bi zadovoljiti zahtjeve visoke dostupnosti, sigurnosti podataka, kibernetičke sigurnosti, skalabilnosti na velikoj skali, jednostavnosti integracije i osiguravanja minimalnih performansi.

Visoka dostupnost

Visoka dostupnost znači da je infrastruktura platforme projektirana tako da jamči određeni nivo dostupnosti usluge (npr. 99,99%). Visoka dostupnost podrazumijeva grozdove (engl. *clustere*) komponenti sustava koji u slučaju ispada jedne komponente automatski raspoređuju opterećenje na druge komponente kako bi usluga ostala dostupna. Ovisno o zahtijevanom nivou dostupnosti, takvi *clusteri* su često georedundantni (komponente se ne nalaze na istoj lokaciji).

Sigurnost podataka

Sigurnost podataka znači da su podaci sigurni od gubitka čak i u slučaju ozbiljnih kvarova infrastrukture, namjernih sabotaza ili katastrofa. Sigurnost podataka obično podrazumijeva georedundanciju.

Kibernetička sigurnost

Kibernetička sigurnost je zaštita podataka od krađe i zloupotreba. Postiže se poštivanjem najviših standarda sigurnosti, od arhitekture infrastrukture i same platforme, preko poštivanja svih sigurnosnih standarda (od ograničenja fizičkog pristupa infrastrukturi do nezavisno provjerenog usklađivanja s odgovarajućim sigurnosnim certifikatima), do sigurnosnih provjera samog softvera (uključujući npr. penetracijska testiranja).

Skalabilnost

Skalabilnost označava sposobnost sustava da se bezbolno prilagodi promjenama u količini zahtijevanih usluga. Ova mogućnost je posebno važna kad je teško procijeniti porast količine zahtijevanih usluga unutar razdoblja zanaavljanja infrastrukture.

Jednostavnost integracije

Cilj platforme je omogućiti dijeljenje potvrđenih i nepotvrđenih podataka u svrhu osnaživanja korisnika elektroenergetskog sustava. Da se to potakne, platforma mora omogućiti jednostavno stvaranje novih

usluga trećih strana baziranih na potvrđenim i nepotvrđenim podacima na koje su im delegirana prava pristupa.

Performanse

Performanse sustava moraju biti zadovoljavajuće i za izravne korisnike kroz korisničko sučelje i za korisnike koji preuzimaju podatke kroz programska sučelja. Za platforme za koje je teško procijeniti porast količine zahtijevanih usluga, performanse je najlakše osigurati korištenjem visoko skalabilne infrastrukture.

Računarstvo u oblaku

Na navedene tehničke zahtjeve podatkovne platforme u računalnom oblaku prirodno odgovaraju, jer je namjena računarstva u oblaku baš da zadovolji takve uvjete. Infrastruktura računalnog oblaka gradi se tako da prirodno zadovolji navedene zahtjeve korištenjem podatkovnih centara na više lokacija, virtualizacijskim tehnologijama kako bi se olakšalo *clusteriranje* komponenti sustava, te fleksibilnim zakupljivanjem resursa kako bi se osigurala skalabilnost i optimizacija troškova za korisnike računalnog oblaka. Pri tom je za rješenje koje se implementira u računalnom oblaku značajno jednostavnije osigurati sigurnosne zahtjeve (jer se sigurnosna pravila i certifikacije provode za kompletne podatkovne centre na kojima počiva računalni oblak).

Obzirom na opisane karakteristike, predloženi sustav je specijalizirana (dedicirana) podatkovna platforma koja bi, prema ulogama definiranim Uredbom, primarno preuzela ulogu administratora mjernih podataka za nepotvrđene mjerne podatke. Pored toga, takva bi platforma mogla preuzeti i ulogu upravljanja dozvolama za pristup podacima odnosno administratora dopuštenja i imala bi sučelje prema državnom autorizacijskom sustavu. Konačno, ista platforma mogla bi posluživati i potvrđene mjerne podatke nakon što oni postanu raspoloživi.

Ovakav pristup, osim što je usklađen s Uredbom, donosi vrlo visoku razinu fleksibilnosti i prostora za razvoj novih rješenja temeljenih na podacima, uz minimalan utjecaj na postojeće poslovne procese. Ovakvim pristupom poštuju se i dobre prakse iz kibernetičke sigurnosti budući da izvorni sustavi koji sadrže podatke nisu dodatno izloženi napadima. Usklađenost sa standardima i interoperabilnost postiže se jasnim, dobro opisanim aplikacijskim sučeljem ove podatkovne platforme – točno kako i Uredba navodi u smjernicama. Konačno, ovakvu platformu moguće je izvesti i u oblaku i na lokalnoj infrastrukturi, no implementacija u oblaku ima prednosti kako u pogledu inicijalnog troška implementacije sustava, tako i u pogledu operativnog održavanja.

4. ZAKLJUČAK

Uredbom su za sve zemlje članice EU propisane konkretne obveze, no svaka članica mora osigurati provedbu Uredbe odgovarajućim doradama nacionalnog zakonodavstva i uspostavljanjem postupaka zahtijevanih Uredbom. Pred svim državama članicama, pa tako i pred Hrvatskom, je konkretna vremenski vrlo bliska obveza (5. srpnja 2025.!) izvješćivanja Komisije o nacionalnoj praksi provedbe Uredbe.

Uredba naglašava interoperabilnost jer je smisao Uredbe osnaživanje korisnika i izgradnja novih usluga zasnovanih na korisničkim podacima. Uredba osobito razrađuje postupke dopuštanja pristupa tim podacima. Ključna novost je što bi korisnici morali moći samostalno upravljati svojim podacima, ali i dopustiti pristup trećim stranama (uz one već uobičajene poput opskrbljivača električnom energijom). Tako se doprinosi podizanju energetske pismenosti korisnika, što je podloga za njihovo aktivnije sudjelovanje na tržištu. Istovremeno, otvara se prostor za izgradnju novih (ne samo energetske!) usluga temeljenih upravo na korisničkim podacima.

Opseg razmijenjenih podataka će se povećati, a interakcija između postojećih i novih subjekata bit će češća i intenzivnija. To će podići tehničke zahtjeve u pogledu dostupnosti, sigurnosti podataka, kibernetičke sigurnosti, skalabilnosti, jednostavnosti integracije i osiguravanja performansi. Člankom je predloženo tehnološko rješenje optimalno po tim tehničkim kriterijima, ali opravdano i s poslovne strane, uzevši u obzir trenutne aktivnosti i poslovne procese operatora sustava.

Hrvatska ima priliku napraviti iskorak i iskoristiti usklađivanje sa zahtjevima Uredbe za izgradnju otvorene, dostupne i interoperabilne podatkovne platforme, koja će zadovoljiti i dugoročne potrebe za digitalne usluge temeljene na energetskim podacima.

5. LITERATURA

- [1] "EUR-Lex - 32023R1162 - EN - EUR-Lex - Commission Implementing Regulation (EU) 2023/1162." Accessed: Dec. 29, 2023. [Online]. Available: https://eur-lex.europa.eu/eli/reg_impl/2023/1162/oj
- [2] *Directive (EU) 2019/944 of the European Parliament and of the Council of 5 June 2019 on common rules for the internal market for electricity and amending Directive 2012/27/EU.* [Online]. Available: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%3A32019L0944>
- [3] *COMMUNICATION FROM THE COMMISSION TO THE EUROPEAN PARLIAMENT, THE COUNCIL, THE EUROPEAN ECONOMIC AND SOCIAL COMMITTEE AND THE COMMITTEE OF THE REGIONS Digitalising the energy system - EU action plan.* 2022. Accessed: Mar. 14, 2023. [Online]. Available: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52022DC0552&qid=1666369684560>
- [4] "Data Act: Council adopts new law on fair access to and use of data." Accessed: Dec. 29, 2023. [Online]. Available: <https://www.consilium.europa.eu/en/press/press-releases/2023/11/27/data-act-council-adopts-new-law-on-fair-access-to-and-use-of-data/>
- [5] "Regulation - EU - 2023/2854 - EN - EUR-Lex - Data Act." Accessed: Feb. 01, 2025. [Online]. Available: <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2023/2854/oj/eng>
- [6] V. Giordano, I. Onyeji, G. Fulli, J. M. Sanchez, and C. Filiou, "Guidelines for cost benefit analysis of smart metering deployment," JRC Publications Repository. Accessed: Jan. 27, 2025. [Online]. Available: <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC67961>
- [7] V. Giordano, I. Onyeji, G. Fulli, J. M. Sanchez, and C. Filiou, "Guidelines for conducting a cost-benefit analysis of Smart Grid projects," JRC Publications Repository. Accessed: Jan. 27, 2025. [Online]. Available: <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC67964>
- [8] P. A. De, N. Andreadou, and E. Kotsakis, "Clean Energy Technology Observatory: Smart Grids in the European Union - 2023 Status Report on Technology Development Trends, Value Chains and Markets," JRC Publications Repository. Accessed: Jan. 27, 2025. [Online]. Available: <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC134988>
- [9] A. Meletiou, J. Vasiljevska, G. Pretticco, and S. Vitiello, "Distribution System Operator Observatory 2022," JRC Publications Repository. Accessed: Dec. 19, 2023. [Online]. Available: <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC132379>
- [10] "Desetogodišnji (2024-2033) plan razvoja distribucijske mreže HEP-ODS-a, s detaljnom razradom za početno trogodišnje i jednogodišnje razdoblje," hep.hr. Accessed: Feb. 01, 2025. [Online]. Available: <https://www.hep.hr/ods/razvoj-mreze/planovi-razvoja-mreze/536>
- [11] "Elektronički oglasnik javne nabave - Implementacija MDM, MOC i KMS (HEP d.d.)." Accessed: Feb. 01, 2025. [Online]. Available: <https://eojn.hr/tender-eo/33848>
- [12] H. Keko, I. Krajnović, D. Crnarić, and T. Stupić, "Potencijali iskorištavanja podataka s pametnih obračunskih brojlara," presented at the 1. savjetovanje BH K/O CIRED, Mostar, Oct. 2018.
- [13] "IEC 61968-11:2013 | IEC Webstore." Accessed: Jun. 01, 2018. [Online]. Available: <https://webstore.iec.ch/publication/6199>
- [14] Directorate-General for Energy (European Commission), *Electricity metering and consumption data interoperability: guidance for the reporting of national practices in accordance with Commission Implementing Regulation (EU) 2023/1162.* Publications Office of the European Union, 2024. Accessed: Feb. 10, 2025. [Online]. Available: <https://data.europa.eu/doi/10.2833/34389>
- [15] "Harmonised Electricity Role Model." Accessed: Jan. 31, 2021. [Online]. Available: https://www.entsoe.eu/Documents/EDI/Library/HRM/Harmonised_Role_Model_2020-01.pdf
- [16] "'CEN-CLC-ETSI/TR 50572:2011 - Functional reference architecture for communications in smart metering systems' | Interoperable Europe Portal." Accessed: Jan. 28, 2025. [Online]. Available: <https://shorturl.at/bRMq4>
- [17] "EN 50491-11:2015 - General requirements for home and building electronic systems (HBES) and building automation and control systems (BACS) - Part 11: Smart Metering - Application Specifications - Simple external consumer display- | Interoperable Europe Portal." Accessed: Jan. 28, 2025. [Online]. Available: <https://interoperable-europe.ec.europa.eu/collection/ict-standards-procurement/solution/en-50491-112015-general-requirements-home-and-building-electronic-systems-hbes-and-building>
- [18] "EN 62056-6-1:2016 - Electricity metering data exchange - The DLMS/COSEM suite - Part 6-1: Object Identification System (OBIS) | Interoperable Europe Portal." Accessed: Jan. 28, 2025. [Online]. Available: <https://interoperable-europe.ec.europa.eu/collection/ict-standards-procurement/solution/en-62056-6-12016-electricity-metering-data-exchange-dlmscosem-suite-part-6-1-object-identification>
- [19] "IEC 62056-1-0:2014 | IEC Webstore | cyber security, smart city." Accessed: Feb. 01, 2021. [Online]. Available: <https://webstore.iec.ch/publication/6397>

- [20] "EN 13757-1:2014 - Communication systems for meters and remote reading of meters - Part 1: Data exchange | Interoperable Europe Portal." Accessed: Jan. 28, 2025. [Online]. Available: <https://interoperable-europe.ec.europa.eu/collection/ict-standards-procurement/solution/en-13757-12014-communication-systems-meters-and-remote-reading-meters-part-1-data-exchange>
- [21] "eIDAS Regulation | Shaping Europe's digital future." Accessed: Oct. 25, 2024. [Online]. Available: <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/eidas-regulation>
- [22] "Regulation - 910/2014 - EN - eIDAS - EUR-Lex." Accessed: Jan. 28, 2025. [Online]. Available: <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2014/910/oj/eng>
- [23] "Zakon o obnovljivim izvorima energije i visokoučinkovitoj kogeneraciji." Accessed: Feb. 11, 2025. [Online]. Available: https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2021_12_138_2272.html
- [24] "Zakon o izmjenama i dopunama Zakona o obnovljivim izvorima energije i visokoučinkovitoj kogeneraciji." Accessed: Feb. 11, 2025. [Online]. Available: https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2023_07_83_1298.html
- [25] "Zakon o energetske učinkovitosti." Accessed: Feb. 11, 2025. [Online]. Available: https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2014_10_127_2399.html
- [26] "Zakon o izmjenama i dopunama Zakona o energetske učinkovitosti." Accessed: Feb. 11, 2025. [Online]. Available: https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2018_12_116_2291.html
- [27] "Zakon o izmjeni i dopuni Zakona o energetske učinkovitosti." Accessed: Feb. 11, 2025. [Online]. Available: https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2020_03_25_601.html
- [28] "Zakon o izmjenama i dopunama Zakona o energetske učinkovitosti." Accessed: Feb. 11, 2025. [Online]. Available: https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2021_04_41_811.html
- [29] "Zakon o uspostavi infrastrukture za alternativna goriva." Accessed: Feb. 11, 2025. [Online]. Available: https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2016_12_120_2608.html
- [30] "Zakon o izmjenama i dopunama Zakona o uspostavi infrastrukture za alternativna goriva." Accessed: Feb. 11, 2025. [Online]. Available: https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2022_06_63_909.html
- [31] "Zakon o tržištu električne energije." Accessed: Feb. 11, 2025. [Online]. Available: https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2021_10_111_1940.html
- [32] "Zakon o izmjenama Zakona o tržištu električne energije." Accessed: Feb. 11, 2025. [Online]. Available: https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2023_07_83_1295.html
- [33] "Pravilnik o općim uvjetima za korištenje mreže i opskrbu električnom energijom." Accessed: Feb. 11, 2025. [Online]. Available: https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2022_08_100_1473.html
- [34] "Pravilnik o dopuni Pravilnika o općim uvjetima za korištenje mreže i opskrbu električnom energijom." Accessed: Feb. 11, 2025. [Online]. Available: https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2024_11_134_2208.html
- [35] "Pravilnik o dopuni Pravilnika o općim uvjetima za korištenje mreže i opskrbu električnom energijom." Accessed: Feb. 12, 2025. [Online]. Available: https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2025_02_19_175.html
- [36] "Mrežna pravila prijenosnog sustava." Accessed: Feb. 12, 2025. [Online]. Available: https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2024_01_10_199.html
- [37] "Mrežna pravila distribucijskog sustava." Accessed: Feb. 12, 2025. [Online]. Available: https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2018_08_74_1539.html
- [38] "Izmjene i dopune Mrežnih pravila distribucijskog sustava." Accessed: Feb. 13, 2025. [Online]. Available: https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2020_04_52_1053.html
- [39] M. M. Fouad, S. Kanarachos, and M. Allam, "Perceptions of consumers towards smart and sustainable energy market services: The role of early adopters," *Renew. Energy*, vol. 187, pp. 14–33, Mar. 2022, doi: 10.1016/j.renene.2022.01.070.
- [40] A. Kendel, N. Lazaric, and K. Maréchal, "What do people 'learn by looking' at direct feedback on their energy consumption? Results of a field study in Southern France," *Energy Policy*, vol. 108, pp. 593–605, Sep. 2017, doi: 10.1016/j.enpol.2017.06.020.
- [41] R. Bertoldo, M. Poumadère, and L. C. Rodrigues Jr., "When meters start to talk: The public's encounter with smart meters in France," *Energy Res. Soc. Sci.*, vol. 9, pp. 146–156, Sep. 2015, doi: 10.1016/j.erss.2015.08.014.
- [42] "HEP ODS Moja mreža." Accessed: Feb. 11, 2025. [Online]. Available: <https://mojamreza.hep.hr/>
- [43] "HEP ODS Mjerni podaci v." Accessed: Feb. 11, 2025. [Online]. Available: <https://mjerjenje.hep.hr/mjerenja/login>
- [44] *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*, vol. 119. 2016. [Online]. Available: <http://data.europa.eu/eli/reg/2016/679/oj/eng>