

REGIONÁLIS SZIMPÓZIUM AZ ADATVEZÉRELT ELOSZTÓHÁLÓZAT TÉMAKÖRÉBEN

**REGIONAL SESSION
ON DATA DRIVEN DISTRIBUTION
2025**



**Magyar
Elektrotechnikai
Egyesület**



Szerkesztő: Dr. Vokony István

Közreműködők: Erdei Márk, Uršula Krisper,

Dr. Szörényi Gábor, PhD., Ilias Zafeiropoulos,

Társzerkesztők: Juhász Kristóf Péter, Turcsányi Kristóf

ISBN 978-963-9299-57-3

Bevezetés

A 2025 januárjában megrendezett RSD3 (Regional Session on Data Driven Distribution) konferencia az elosztóhálózatok digitalizációjára és adatalapú fejlesztésére fókuszált. A Magyar Elektrotechnikai Egyesület (MEE) szervezésében, január 28–30. között, a Budapest melletti Inárcson található FLOW Hotel & Conference konferenciaközpontban megrendezett háromnapos esemény az energiaipar meghatározó szereplőit tömörítette. A rendezvényen mintegy száz szakember vett részt több országból, így a hazai villamosenergia szektor képviselőin túl Ausztriából, Szlovéniából, Olaszországból, Görögországból és más európai országokból érkeztek szakértők.

A konferencia célkitűzése az volt, hogy összehozza az elosztóhálózati szakembereket, informatikai szakértőket és szabályozási döntéshozókat, lehetővé téve a kifizetésű hálózatok aktuális kihívásainak és innovációinak közös megvitatását. Az energiaátmenet következtében fellépő kihívások, a megújuló energiaforrások térnyerése, az e-mobilitás növekvő jelentősége, valamint az aktív fogyasztói szerepvállalás fokozódása új stratégiák kidolgozását teszik szükségessé az elosztóhálózatok üzemeltetői (DSO-k) számára. Ezeknek a stratégiáknak a sikeres kialakítása megköveteli az iparági szereplők szoros együttműködését és tudásmegosztását.

Az RSD3 konferencia szerkezete tudatosan eltért a hagyományos szakmai rendezvényekétől, mivel az interakciót és az együttműködést részesítette előnyben a frontális előadások helyett. A háromnapos esemény négy tematikus szekcióra tagolódott, amelyek párhuzamos szekcióüléseken zajlottak.

Minden szekció egy gondolatébresztő keynote előadással kezdődött, amely provokatív módon mutatta be az adott terület legfontosabb kihívásait és aktuális trendjeit, ezzel keretet adva a további eszmecserének. Ezt követően a résztvevők kisebb csoportokban workshop jelleggel dolgozták fel a konkrét problémákat, aktívan hozzájárulva a megoldási javaslatok kidolgozásához. A szekciók zárásaként a moderátorok összefoglalták a leglényegesebb tanulságokat, irányvonalakat és nyitott kérdéseket.



1. ábra. RSD3 plenáris szekció

A konferencia egyik jelentős újdonsága volt a nagyszámú nemzetközi előadó és a best practice esettanulmányok bemutatása, amely tovább erősítette a nemzetközi perspektívát. Minden szekció élén rangos szakemberek álltak: az üzleti szekciót Uršula Krisper (Elektro Ljubljana), az IT technológiai szekciót Erdei Márk (iCONTEST), a szabályozási panelt dr. Szörényi Gábor (az ERRA volt főtítkára), míg a nemzetközi projektek blokkját Ilias Zafeiropoulos (UBITECH Energy) vezette.

A nemzetközi projektek szekciója a globális gyakorlatok és európai kutatás-fejlesztési projektek eredményeire fókuszált. Az üzleti szekció új üzleti modellek és stratégiák kialakításával foglalkozott, különösen az elektromos autók töltésére épülő hálózati megoldások és a kisméretű hálózat megfigyelhetőségének üzleti lehetőségeinek vizsgálatán keresztül. A szabályozási kérdésekkel foglalkozó blokk a piaci innovációk és szabályozói elvárások össze-

hangolását tárgyalta, kiemelt figyelmet fordítva a rugalmassági szolgáltatások szabályozására és a szabályozási teszt-környezet (regulatory sandbox) koncepció alkalmazására. Végül az IT-technológiai megoldások szekciója a digitális hálózatüzemeltetés gyakorlati kihívásait és lehetséges megoldásait vizsgálta, különös tekintettel a digitális iker technológiára, a mesterséges intelligenciára és a kiberbiztonságra.

Nemzetközi projektek szekció

A nemzetközi projektek szekció középpontjában az a kérdés állt, hogy miként hasznosíthatók a globális gyakorlatok és az európai kutatás-fejlesztési projektek eredményei a hazai és regionális hálózatfejlesztésben. Ilias Zafeiropoulos (UBITECH Energy) vezetésével a szekció résztvevői átfogó képet kaptak az Európai Unió Horizont Európa (Horizon Europe) programjának energetikai innovációs prioritásairól. Ennek a célja, hogy elősegítse az éghajlatváltozás elleni küzdelmet, hozzájáruljon az ENSZ Fenntartható Fejlődési Céljainak eléréséhez, valamint erősítse az EU versenyképességét és gazdasági növekedését. A program támogatja a kutatás és innováció szerepének növelését az uniós szakpolitikák kidolgozásában és megvalósításában, miközben globális kihívásokra is választ ad.



2. ábra.
Nemzetközi projektek bemutatása
Ilias Zafeiropoulos vezetésével

Két nemzetközi előadás is része volt ennek a szekciónak. Lukas Kloibhofer az alsó-ausztriai Netz Niederösterreich okosmérő esettanulmányát mutatta be, míg Ferdinando Bosco az európai adattér (European Data Space) koncepcióját szemlélítette.

Európai Unió kutatási és innovációs prioritásai

Az adatvezérelt elosztóhálózat-fejlesztés témája széles körű érdeklődést váltott ki az európai kutatás és innováció világában. Számos ehhez a témához közeli finanszírozási program indult és a befejezett projektek jelentős eredményeket értek el az elmúlt években. A Horizon Europe Cluster 5 keretében rendszeresen publikálnak jelenleg is olyan projektfelhívásokat, amelyek az okoshálózatok fejlesztésére irányulnak.

Az európai energetikai digitalizáció kutatási és innovációs prioritásai tematikus csoportokba szerveződnek, amelyek átfogó képet adnak a finanszírozható területekről. A szekció során kiemelésre kerültek azok a főbb tématerületek, amelyek relevánsak az elosztóhálózatok fejlesztése szempontjából.

A klímaváltozás tudományos vizsgálata

Egyre nagyobb nemzetközi figyelmet kap az éghajlatváltozás és a szélsőséges időjárási események vizsgálata, mivel az infrastruktúrára gyakorolt hatásuk jelentős. A tudományág célja a Föld klímatis rendszerének (Earth climate system) mélyebb megértése, a klímaváltozással kapcsolatos tudásbázis megbízhatóságának és gyakorlati alkalmazhatóságának növelése, valamint hozzájárulás a nemzetközi kiértékelésekhez, mint például az Éghajlatváltozási Kormányközi Testület (Intergovernmental Panel on Climate Change) jelentéseihez.

Az éghajlatváltozás mérséklésére és az klímasemlegesség elérésének útvonalaira irányuló kutatások mellett fontos szerepet kap az alkalmazkodás is, különösen a társadalmi és viselkedéstudományi megközelítések révén. Ide tartozik például a klímaváltozás hatásainak több irányból történő modellezése, valamint az ezzel kapcsolatos oktatás. Egyre nagyobb hangsúlyt kap mindemellett az extrém időjárási események előrejelzése és az azokra való felkészülés a digitális technológiák alkalmazásával.

Digitális innováció és fenntarthatóság az energiarendszer átalakulásában

A villamosenergia-szektor Európában – a villamosenergia-termeléstől a szállításra és tárolásra át a végső felhasználásig – stratégiai átalakuláson megy keresztül a klímasemlegesség és fenntarthatóság elérése érdekében.

A szektor szereplői kiemelt figyelmet fordítanak egy versenyképes, körforgásos és fenntartható akkumulátor-értéklánc kialakítására Európában. Ez magában foglalja a nyersanyagok fejlett feldolgozását, új anyagok kifejlesztését, újrahasznosítási technológiákat, lítium-ion és szilárdtest-akkumulátorok vizsgálatát, gyártási és tesztelési folyamatokat, valamint intelligens vezérlési rendszereket.

Jelentős érdeklődés mutatkozott kialakulóban lévő, áttörést hozó technológiák iránt. Ezek célja a kibocsátásmentesség vagy a negatív kibocsátás elérése az energia- és közlekedési ágazatokban. Az ilyen magas kockázatú, de nagy hozzáadott értékű megoldások hozzájárulhatnak egy hosszú távon is megbízható, innovatív európai technológiai bázis ki-

alakításához. Kulcsterületek közé tartozik a villamosenergia-elosztás és -átvitel, hosszú távú energiatárolás, valamint új típusú energiatermelési és -átalakítási módszerek fejlesztése.

Kulcsfontosságú az előző pontokon túl, hogy Európa megőrizze és megerősítse globális vezető szerepét a megújuló energiaforrások területén, különös tekintettel a nap-, szél-, víz-, bio- és geotermikus energiára, valamint a szintetikus, megújuló alapú üzemanyagokra. A RePowerEU cselekvési tervhez kapcsolódva kiemelten fontos az EU földgázfüggőségének csökkentése, valamint a költséghatékony, biztonságos és fenntartható energetikai megoldások versenyképességének javítása.

A villamosenergia-rendszer rugalmasságának, stabilitásának és megbízhatóságának növelése elengedhetetlen, különösen az időjárásfüggő termelésű megújuló energiaforrások magas penetrációja mellett. Ennek támogatására innovatív, adattalapú szolgáltatásokat kell fejleszteni a fogyasztók számára, amelyek lehetővé teszik az aktív részvételüket az energiaátmenetben. Ezekon túl, elengedhetetlen a kiberbiztonság és adatvédelem biztosítása, valamint a villamosenergia-rendszerre szabott digitális eszközök és technológiák kifejlesztése.

Dekarbonizáció és közlekedési rendszerek átalakítása

A résztvevők figyelmét jelentősen felkeltették azok a témák, amelyek az energia- és közlekedési rendszerek átalakításához kapcsolódnak, különös tekintettel a szektorok közötti integrációra és az elektrifikációs átmenetre.

A szén-dioxid-leválasztás, -hasznosítás és tárolás (Carbon Capture, Utilisation and Storage – CCUS) gyors fejlesztése

az ipar és az energiatermelés dekarbonizációjának egyik kulcseleme. Ezzel párhuzamosan az ipari hulladékhő újrahasznosítása, a megújuló hőenergia integrálása és az ipari folyamatok villamosítása is fontos szerepet játszanak a kibocsátáscsökkentésben.

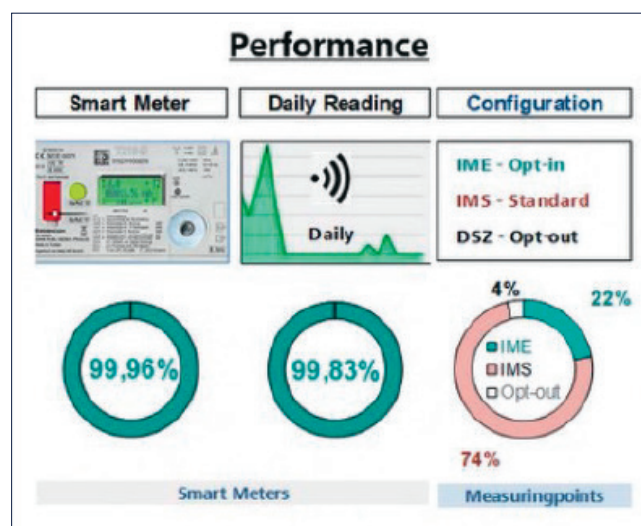
A közlekedés területén a teljes dekarbonizáció felgyorsítására törekednek, különösen a közúti, légi és vízi szektorban. A kibocsátásmentes járművek, az elektromos és hidrogénhajtású repülőgépek, valamint a kibocsátásmentes hajózás fejlesztése kulcsfontosságú. Emellett kiemelt jelentősége van az olyan technológiáknak, mint az intelligens, felhasználóbarát töltési rendszerek. A multimodális közlekedés és infrastruktúra fejlesztésénél a klímareziliencia, az automatizáció, valamint a városi és hosszú távú áruszállítás optimalizálása került előtérbe.

Különös figyelmet kapott a közlekedési rendszerek biztonsága és ellenállóképessége, valamint az egészségügyi és környezeti hatások kezelése. Ennek része a kibocsátások pontosabb megfigyelése és az alacsony szén-dioxid-tartalmú üzemanyagok hatásainak felmérése.

A különböző szektorok digitalizációja hatalmas adatmennyiséget generál, amely új kihívásokat és lehetőségeket teremt. A rendszerek interoperabilitásának biztosítása alapvető fontosságú, különös tekintettel az e-mobilitás, a hőszivattyús fűtés-hűtés, és az akkumulátormenedzsmenttel foglalkozó rendszerek esetében. Ehhez nélkülözhetetlenek az európai közös adatterek, amelyek képesek kezelni, feldolgozni és értékesíteni az iparági Big Data-t az energiahatékonyság optimalizálása és a szektorok dekarbonizációja érdekében.

Nemzetközi esettanulmányok

Az alsó-ausztriai Netz Niederösterreich esettanulmányát Lukas Kloibhofer vendégelőadó ismertetett. Elmondása szerint a tartományban 2020 óta közel 800 ezer okosmérőt telepítettek, amely a fogyasztók több mint 99%-át lefedi. A teljes lefedettségű okosmérés számos gyakorlati előnyt eredményezett: megszűnt a helyszíni leolvasások szükségessége, gyorsabbá váltak az ügyintézési folyamatok, és az adatok segítségével átláthatóbbá vált a hálózat aktuális állapota. A fogyasztók számára is kézzelfogható előnyök jelentkeztek, például dinamikus tarifarendszerek és energiaközösségek indultak el, amelyek lehetővé teszik az energia megosztását és a fogyasztási adatokhoz való online hozzáférést. A példa jól szemlélteti, hogyan teremthet értéket az adatvezérelt innováció az üzemeltetők és a felhasználók számára egyaránt.



3. ábra.
Netz Niederösterreich Okosmérő infrastruktúrája

A másik nemzetközi előadásban Ferdinando Bosco mutatta be az közös Európai energetikai adattér koncepcióját, amely egy új, decentralizált és biztonságos megközelítést kínál az energiaszektorban keletkező adatok megosztására.

A modell lényege, hogy a hálózati vállalatok és egyéb piaci szereplők egy közös adatteret hoznak létre, ahol releváns adatokat oszthatnak meg egymással úgy, hogy közben megtartják a kontrollt saját adataik felett. Ez a megközelítés elősegítheti például a regionális hálózatok optimalizációját, mivel az adatok összekapcsolásával pontosabb és naprakészebb kép kapható a hálózati állapotokról és a piaci folyamatokról.

Workshop eredmények és jövőbeli irányok

Az interaktív workshop során a nemzetközi szekció résztvevői közösen keresték a választ arra, hogyan lehet a bemutatott best practice-eket a hazai viszonyokra szabni. Egyetértés volt abban, hogy a szabványosított adatformátumok és az olyan átfogó tervezési keretek, mint az ENTSO-E tízéves hálózatfejlesztési terve (TYNDP), megfelelő alapot kínálnak az összehasonlításra és adaptációra.

Több résztvevő hangsúlyozta a szükségességét annak, hogy okos hálózati beruházásokkal, valamint digitális megoldásokkal fő cél az legyen, hogy elkerülhetővé váljanak a költséges, tökeintenzív fejlesztések, különösen azok, amelyek a hálózati szűkületek enyhítésére és a megújulók integrálására irányulnak.

Ugyanakkor kiemelték, hogy a nemzeti sajátosságok figyelembevétele elenged-

hetetlen az eredményes alkalmazáshoz. Ehhez szükség van a szabályozó hatóságok proaktív és rugalmas hozzáállására, amely lehetővé teszi az új technológiák és üzleti modellek kipróbálását. Ebben a kontextusban merült fel a regulatory sandbox fogalma is: olyan szabályozói környezet, amelyben a cégek kísérleti jelleggel tesztelhetik innovációikat ideiglenesen rugalmasabb szabályozási feltételek mellett.

Emellett felmerült az igény célzott ösztönzőmechanizmusokra is, amelyek támogatják az adatvezérelt technológiák bevezetését a villamosenergia-hálózatba. Konkrét példaként említették a brit RIIO-2 modellt és az OFGEM szabályozási keretrendszert, ahol a rendszerüzemeltetők nemcsak az ellátásbiztonság, hanem kutatás-fejlesztési és innovációs tevékenységük alapján is részesülhetnek pénzügyi ösztönzésben. Ez az irány elmozdulást jelent a hagyományos beruházásalapú szabályozás felől egy teljesítményorientált, innovációbarát szabályozási környezet felé, amelyet jelenleg európai szinten is aktívan vizsgálnak és vitatnak.

A szekció záró következtetése szerint a digitális hálózatfejlesztésben elengedhetetlen a nemzetközi együttműködés és a tudásmegosztás (adattér). Nincs szükség arra, hogy egy szolgáltató mindent a nulláról kezdjen, ha tanulhat más szereplők korábbi tapasztalataiból – legyenek azok pozitív eredmények vagy elkerülhető hibák.

Üzleti szekció

Az üzleti szekció középpontjában az a kérdés állt, hogy milyen új üzleti modellekre és stratégiákra van szükségük a DSO-knak a villamosenergia-piac és a technológiai környezet radikális átalakulása közepette.

DSO-k szerepének átalakulása

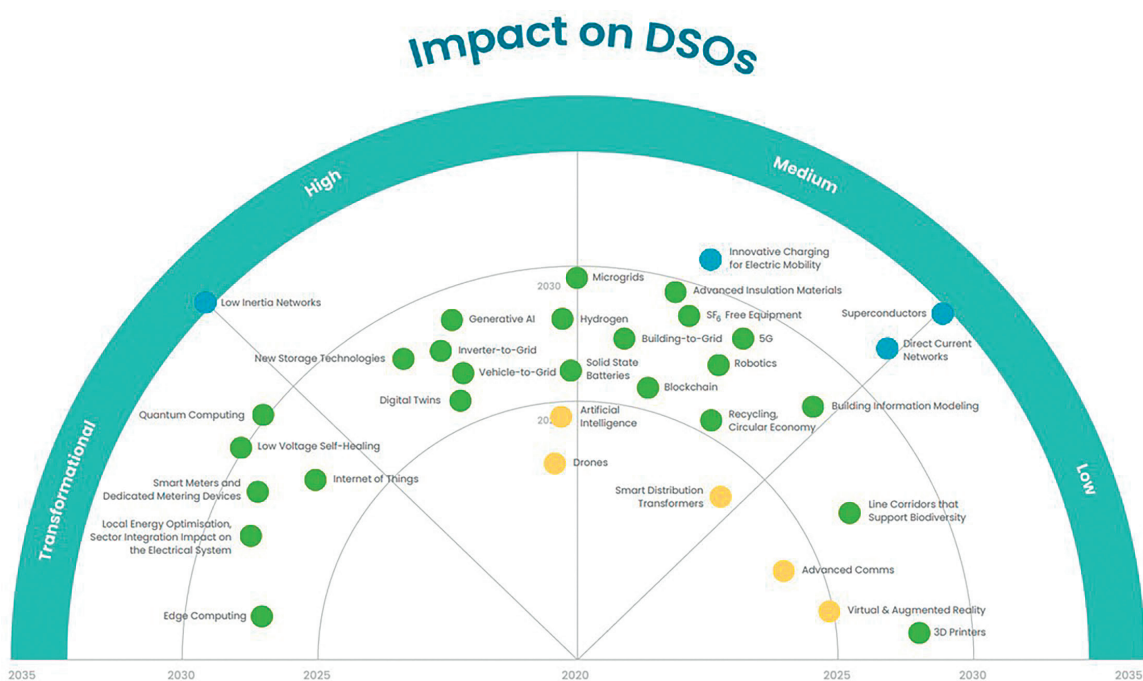
Uršula Krisper, a szlovén Elektro Ljubljana innovációs vezetője kiemelte: a DSO-k szerepe alapvetően megváltozik. A korábban passzív, „vezetékes” szolgáltatókból aktív rendszermenedzsereké válnak, akik kulcsszerepet játszanak az EU 42,5%-os megújulóenergia-céljának teljesítésében. Ez nem csupán feladatbővülést, hanem teljes üzleti modellváltást is jelent.

A digitális átállás középpontjában az automatizálás, az okosmérők, a valós

idejű rendszerek, valamint a Big Data és adatelemzés állnak. A modern DSO-moddell okosmérőket alkalmaz, amelyek képesek a kétirányú energiaáramlás mérésére, és közel valós idejű adatokat biztosítanak. Ezek révén nemcsak a hálózati zavarok gyorsabb és automatikus kezelése válik lehetővé, hanem az ügyfelek felé történő adatközlés és digitális ügyintézés is elérhetővé válik.

Az elosztóhálózat egyre decentralizáltabbá válik, egyre több intelligens eszközzel, aktív felhasználóval és új szerepkörrel. Ez jelentős technológiai integrációt igényel, beleértve a „mérő mögötti” (behind-the-meter) rendszereket is.

Az egyre dinamikusabbá váló hálózat miatt az új szolgáltatási modellek és bevételi struktúrák kialakítására is szükséges van. A DSO-knak egyre több megújuló termelőt, prosumert, valamint EV-töltőt és hőszivattyút kell



4. ábra. E.DSO Tech radar

hálózatra kapcsolniuk. Az előrejelzések szerint 2030-ra Európában több mint 30 millió elektromos jármű és 60 millió hőszivattyú működik majd, miközben az új megújuló kapacitások mintegy 70%-a az elosztóhálózatokra csatlakozik. Ez a tendencia komoly kihívásokat jelent, ugyanakkor komoly lehetőségeket is rejt magában a DSO-k számára, akik így új üzleti értéket tudnak teremteni.

Az EU Villamosenergia-hálózati Cselekvési Terve szerint az elosztóhálózatokat bővíteni, intelligensebbé tenni és megújítani kell, mind hardveres, mind szoftveres beruházások révén. A DSO-knak rövidebb idő alatt és gyorsabb ütemben kell majd kapcsolódniuk a decentralizált forrásokhoz, tárolórendszerekhez, prosumerekhez és az egyre aktívabb fogyasztókhoz.

Emellett a DSO-k hozzájárulnak az EU dekarbonizációs céljaihoz, valamint Európa villamosenergia-rendszerének biztonságához és rezilienciájához. Több mint tízmillió kilométer hosszú villamos hálózatot és négy millió elosztóállomást működtetve a DSO-k az villamosenergia-rendszer legközelebbi kapcsolódási pontjai a fogyasztók felé, miközben jelentős gazdasági szereplők is, mind beruházási, mind munkaadói szempontból.

DSO üzleti modell

A hagyományos DSO üzleti modell elsősorban a villamosenergia elosztásához szükséges infrastruktúra fenntartására és működtetésére koncentrált. Ez magában foglalja a távvezetékek, állomások, transzformátorok és mérőrendszerek karbantartását. Emellett a hálózatüzemeltetőknek szigorú szabályozási előírásoknak is meg kell felelniük, amelyek

kritikusak a működési engedélyek megtartása, és egyes országokban a szankciók elkerülése szempontjából.

Pénzügyi oldalról nézve a DSO-k szabályozott tarifákon keresztül termelnek bevételt, amelyek célja, hogy fedezzék az üzemeltetési és karbantartási költségeket, valamint biztosítsák a beruházások megtérülését. Ezeket a költségeket a végfelhasználók villanyszámláiban jelenítik meg. A klasszikus modell emellett olyan ügyfélközpontú szolgáltatásokat is magában foglal, mint a mérés, számlázási adatok biztosítása és a hálózathasználat elszámolása.

Ez azonban napjainkra már nem elég: a DSO-k egyre nagyobb kihívásokkal néznek szembe a szükséges beruházások tervezésében és indokolásában, különösen a smart grid technológiák felé történő elmozdulás esetén. Még akkor is, ha egyes projektek részben társfinanszírozottak (pl. EU-s forrásból), a beruházások szabályozói elfogadtatása továbbra is akadályt jelent.

DSO kihívások és jövőbeli trendek

A DSO-k előtt álló legfontosabb feladatok közé tartozik a rugalmassági szolgáltatások fejlesztése, amelyek lehetővé teszik az villamosenergia-rendszer dinamikusabb és hatékonyabb működését. Ezzel párhuzamosan új, dinamikus hálózathasználati tarifákat kell bevezetni, amelyek igazodnak a valós hálózati terhelésekhez és ösztönzik a fogyasztók aktív részvételét. Elengedhetetlen továbbá a TSO-DSO együttműködés megerősítése, hogy a nagy- és közép feszültségű hálózatok harmonikusan működjenek együtt a decentralizált elosztóhálózatokkal.

Fontos a rövid- és hosszútávú hálózat-tervezés fejlesztése is, amely figyelembe veszi az egyre növekvő megújuló kapacitások és okoseszközök integrációját. A szabályozási korlátok leküzdése nélkülözhetetlen ahhoz, hogy a DSO-k rugalmasabb, innovatív szolgáltatásokat tudjanak nyújtani és lépést tartsanak a technológiai fejlődéssel.

A kiefeszültségű hálózatok monitorozásának javítása szintén kiemelt feladat, amely lehetővé teszi a hálózat jobb megfigyelhetőségét és azonnali reagálást az esetleges problémákra. Ehhez szorosan kapcsolódik a beruházási és a karbantartási szükségletek pontos tervezése és finanszírozása.

Az adatkezelés terén kiemelt jelentőségű a nyilvános adatok használata, ugyanakkor biztosítani kell a GDPR-kompatibilitást és az érzékeny adatok megfelelő védelmét. Ennek keretében fontos szerepet kap az EU közös adatpiaca és az európai adattér közös irányítási modellje, amely egységes keretet biztosít az adatok biztonságos és hatékony megosztásához.

Végül, az informatika és kommunikációs technológiák (ICT) teljes körű beépítése elengedhetetlen alapfeltétel a DSO-k modernizációjának, mivel ezek nélkül nem valósítható meg a hálózatok digitalizációja.

A DSO-k működését és stratégiáját formáló globális trendek között elsőként említhető a decentralizáció és az elosztott energiaforrások (DER-ek). Ez nemcsak a hálózat stabilitását javítja, hanem elősegíti az „energia-demokráciát” is, amelyben a fogyasztók aktív szerepet vállalhatnak. A digitalizáció és az intelligens hálózatok térnyerése révén fejlett érzékelők, IoT-eszközök és valós idejű adatelemzés optimalizálják az energiatermelést, -elosztást és

-felhasználást, növelve a hatékonyságot és megbízhatóságot.

Új üzleti lehetőségeket kínál az Energy-as-a-Service (EaaS) modell, amelyben a fogyasztók nem eszközöket vásárolnak, hanem magát az energiaszolgáltatást veszik igénybe, ilyenek például tárolási, menedzsment- vagy rugalmassági szolgáltatások. Emellett az e-mobilitás és a Vehicle-to-Grid (V2G) rendszerek terjedése lehetőséget ad az elektromos autók akkumulátorainak hálózati visszatáplálására, ami a csúcsterhelési időszakokban kiegyensúlyozó szerepet tölthet be.

Végezetül, a mikrohálózatok és az energiatárolási technológiák fejlődése – például az akkumulátorok vagy szivattyús tározók – lehetővé teszi helyi, autonóm hálózatok létrehozását, amelyek kritikus helyzetekben is képesek biztosítani a megbízható energiaellátást.

Üzleti esettanulmányok

A szekció során a digitalizáció üzleti aspektusait két konkrét esettanulmányon keresztül ismerhették meg a résztvevők.

Egy olyan pilot projekt került bemutatásra, amely az elektromos járműtöltés hálózati integrációját vizsgálta. A projekt célja az volt, hogy feltérképezzék, miként lehetnek a villanyautók aktív szereplői a feszültségszabályozásnak, illetve milyen hatást gyakorol a tömeges EV-töltés a kiefeszültségű hálózatokra. A tapasztalatok alapján a szabályozható töltés technikailag lehetőséget kínál a hálózati csúcsok mérséklésére, ugyanakkor az időben és térben differenciált tarifák bevezetése üzleti és társadalmi dilemmákat vet fel – különösen a fogyasztók közötti igazságos bánásmód kérdésében.

A második esettanulmány a kifesztült-ségű hálózatmonitoring kérdéskörére fókuszált. Bemutatták, hogyan gyűjt-hetők össze és integrálhatók a hálózati adatok különféle forrásokból – mint például okosmérők, napelemes inverte-rek és szenzorok – a hálózatüzemelte-tés támogatására. A diskurzus központi eleme az adatvagyon üzleti és jogi hasz-nosíthatósága volt, különös tekintettel arra, hogy kik és milyen feltételekkel férhetnek hozzá a fogyasztói adatok-hoz, illetve hogyan használhatók ezek az információk a hálózat hatékonyabb működtetéséhez.

Workshop eredmények és jövőbeli irányok

A konferencia keretében megrendezett workshop egyik központi tanulsága az volt, hogy az aktuális szabályozási környezet továbbra is az egyik legfőbb akadálya az innovatív, rugalmas hálózati szolgáltatások szélesebb körű elterjedésének. A résztvevők egyetér-tettek abban, hogy a szabályozásnak nagyobb mozgásteret kell biztosítania a DSO-k számára ahhoz, hogy új, ru-galmasságon alapuló szolgáltatásokat fejleszthessenek ki. A workshop-on el-hangzottak szerint az üzleti modellek megújulását elsősorban a szabályozási környezet proaktív átalakításával kell ösztönözni – például olyan tarifastruk-túrákkal, amelyek díjazzák a hálózati rugalmasságot és a fogyasztói együtt-működést.

A közös gondolkodás során felme-rült az igény egy egységes adatkezelé-si keretrendszer kialakítására, amely meghatározza az energiaszektorban alkalmazott adatok minőségi követel-ményeit és hozzáférési szabályait. Ez segítené a jelenlegi szigetszerű adat-

kezelési gyakorlatok felszámolását, és megnyitná az utat új, adatalapú üzleti lehetőségek előtt.

A résztvevők részletesen megvitatták az E.DSO Tech Radar második kiadá-sának tartalmát is, amelyet 2024. jú-nius 3-án tettek közzé. A dokumentum célja annak bemutatása, hogyan bizto-sítható Európa villamosenergia-ellátá-sának megbízhatósága, illetve hogyan válhatnak a fogyasztók az energiarend-szer aktív szereplőivé. A Tech Radar a digitális és fenntartható jövőhöz szük-séges technológiai irányokat és tren-deket foglalja össze, amelyek elenged-hetetlenek a modern elosztóhálózatok kialakításához.

A szekció moderátora a beszélgetés zá-rásaként kiemelte, hogy a nemzetközi jó gyakorlatok átvétele és a vállalatok közötti folyamatos tapasztalatcsere kulcsszerepet játszik a sikeres digitális átállásban. Az elosztóhálózati társasá-goknak nemcsak a szabályozó hatósá-gokkal, hanem egymással is szorosabb együttműködésre van szükségük, hogy közösen dolgozzanak ki mindenki szá-mára előnyös megoldásokat.

A workshop három konkrét továbblépé-si javaslatban foglalta össze a legfonto-sabb teendőket:

- ▼ a DSO-k feladat- és felelősségi köré-nek egyértelműsítése;
- ▼ a szabályozói és pénzügyi ösztön-zők megerősítése a hálózati beruhá-zások támogatására;
- ▼ valamint az európai szintű együtt-működés elmélyítése a bevált gya-korlatok hatékony megosztása érde-kében.

Szabályozási kérdések szekció

A szabályozási szekcióban dr. Szörényi Gábor vezetésével a résztvevők azt vizsgálták, hogyan lehet összeegyeztetni a piaci innovációkat a növekvő szabályozói elvárásokkal. Az energiaátmenet felgyorsulása ugyanis komoly nyomást helyez a meglévő szabályozási keretekre, miközben egyre nagyobb szükség van a villamos hálózatok fejlesztésére és bővítésére, a villamos elosztó társaságok továbbra is árszabályozás és megbízhatósági előírások keretei között működnek.



5. ábra. Dr. Szörényi Gábor előadásában, szabályozási kérdések

DSO és szabályozási szempontok az energiaátmenet során

Az Eurelectric „Grid for Speed” című tanulmánya szerint az európai elosztóhálózati eszközök fejlesztéséhez éves szinten 67 milliárd euró beruházásra lesz szükség 2025 és 2050 között. A DSO-k meglátása szerint ez az igény azt jelenti, hogy az eddigi éves beruházási szintet közel a duplájára kell emelni a jelenlegi állapothoz képest. Ugyanakkor a tanulmány rámutat arra is, hogy az alkalmazott beruházási stratégiák és technológiák révén – például rugalmasság hasznosításával vagy előrelátó beru-

házások elfogadásával – az éves beruházási igény részben csökkenthető.

Az európai szabályozó hatóságokat képviselő ACER és CEER egyetértenek abban, hogy a villamosenergia-hálózatok napjainkban soha nem látott kihívásokkal néznek szembe. Kihívást jelent a hálózatok számára az e-mobilitás, az elektromos fűtés és hűtés iránti egyre növekvő kereslet és az egyre nagyobb mértékben történő megújuló energiaforrás integráció. E kihívások kezelése érdekében elengedhetetlen a hálózatok kapacitásának bővítése, ugyanakkor hangsúlyozzák, hogy minden lehetőséget ki kell használni az innovatív technológiai megoldások és szolgáltatások bevezetésére, különösen akkor, ha azok gyorsabbak és költség-hatékonyabbak a hagyományos hálózatfejlesztési megoldásoknál.

A szabályozói álláspont szerint a rugalmassági szolgáltatások integrálása és a fogyasztók bevonása a hálózati helyzetekre adott válasz biztosításába fontos eszközt jelent a hálózatüzemeltetés és -fejlesztés optimalizálására. Az energiaátmenet során a DSO-k egyre inkább támaszkodhatnak az elosztott termelőkre (DER), valamint a hálózat láthatóságának és szabályozhatóságának növelésére, amelyek lehetővé teszik bizonyos hálózati beruházások halasztását vagy akár elkerülését.

DSO-k szerepe az energiaátmenet során

Az elosztóhálózatok megfigyelhetősége és a monitoring a DSO-k számára elsődleges prioritást jelent, és a jövőbeli hálózati irányítás, valamint a TSO-DSO együttműködés alapfeltételének tekinthető. Jelenleg azonban ez az alapfeltétel

még nem teljesül. A „smart grid” koncepció egy digitálisabb, kommunikáló hálózatot feltételez, amelyben a DSO-k a fizikai infrastruktúrát annak digitális ikrével tervezik és működtetik. Ez az intelligens hálózat képezi a rugalmassági szolgáltatások technológiai alapját, lehetővé téve a valós idejű adaptációra képes, dinamikus hálózatmenedzsmentet a hagyományos előrejelzési technikák és legrosszabb esetet feltételező tervezési megközelítések helyett.

A DSO-k piacformáló szerepvállalása a rugalmassági erőforrások hasznosításában több dimenziót ölel fel. Ide tartozik a rugalmassági adatok kezelése, valamint az adatcsere-szabványosításának igénye. Emellett a rugalmassági kapacitások beszerzése és alkalmazása is kulcsszerepet kap. A rugalmasság több forrásból származhat: a DSO saját eszközeiből, csatlakozási megállapodásokból, dinamikus hálózathasználati tarifákból, illetve piaci alapú rugalmassági beszerzésekből. Ide sorolhatók olyan okos megoldások is, mint az elektromos járműtöltés vagy az energia-közösségek, amelyek valós idejű adatok alapján tudják optimalizálni saját rugalmas erőforrásaik (termelés, fogyasztás) működését.

A hatékony TSO-DSO együttműködéshez elengedhetetlen annak a vizsgálata, hogy hogyan lehet elkerülni vagy kezelni az esetleges konfliktusokat egyrészt a TSO és a DSO szűkület kezelése között, másrészt a kiegyenlítő szolgáltatások és a DSO torlódáskezelése között. Ennek érdekében szükséges meghatározni a megfelelő adatcserét, mind a statikus törzsadatok, mind az operatív, valós idejű adatok szintjén. Ez a fajta együttműködés elengedhetetlen az energiaátmenet sikeres és költséghatékony megvalósításához.

Jogi vonatkozások

Az európai szabályozási környezet több friss eleme alapvetően befolyásolja a DSO-k jelenlegi és jövőbeli működését, fejlesztési stratégiáit. Ezen -az intézkedések célja, hogy egységesebb, harmonizált kereteket teremtsenek az energia-adatok kezelésére és cseréjére.

A jogi keretrendszer jelenlegi és tervezett elemei:

- ▼ Data Act,
- ▼ Digitalising the energy system – EU action plan,
- ▼ Regulation on improving Union’s Electricity Market Design (EMD),
- ▼ Regulation on interoperability requirements and non-discriminatory and transparent procedures for access to metering and consumption data,
- ▼ Digitalising the energy system – EU action plan (Smart Energy Working Group – ‘Data for Energy’ (D4E) munkacsoport),
- ▼ Demand Response Network Code (tervezet).

A (EU) 2024/1747 rendelet, amely az Európai Unió villamosenergia-piacának működési modelljét (electricity market design – EMD) hivatott javítani, több fontos új elemet tartalmaz. Ilyen elemek például a dedikált mérőeszközökre vonatkozó szabályok és követelmények, a rugalmasság kezelése, valamint a hálózati tarifák kialakításának módszertana és a rugalmassági igények felmérése. A tarifák esetében a rendelet előírja, hogy a tarifarendszer révén szabályozási ösztönzőket kell biztosítani a rendszerirányítói beavatkozások és a hálózatfejlesztési költségek csökkentése, valamint a hálózati társaságok esetében a teljesítmény alapú szabályozási célok bevezetése érdekében.

Az (EU) 2024/1711 irányelv – amely szintén az Európai Unió villamosenergia-piacának működési modelljét hivatott fejleszteni – tartalmaz néhány fontos új elemet, amelyek hatással vannak a DSO-k működésére és irányítására. A DSO-k el kell fogadjanak új mérési és ellátási metódusokat; különböző fogyasztói berendezések önálló mérését és ellátását, valamint az energiamegosztás lehetőségét (energy sharing) és az energiamegosztást szervezők (energy sharing organiser) működését.

A (EU) 2023/1162 Bizottsági végrehajtási rendelet, amely az interoperabilitási követelményeket, valamint a mérési és fogyasztási adatokhoz való hozzáférés átlátható és diszkriminációmentes eljárásait szabályozza, szintén több, a DSO-k működését meghatározó elemet tartalmaz. Ide tartozik például a nemzeti referenciamodell kialakítása, amely az egyes szereplők – például a mérési adatok kezelője – azonosítását és felelősségi körét írja le. Emellett előírja, hogy a tagállamok legkésőbb 2025. július 5-ig jelentsék be eljárás rendjüket az Európai Bizottság felé.

A „Digitalising the energy system – EU action plan” fő célja, hogy csökkentse a jogbizonytalanságot, amely az egyes tagállamok energiaadatokhoz való hozzáférésre vonatkozó, eltérő szabályozásból fakad. Az interoperabilitás hiánya – vagyis az adatokhoz való hozzáférés, valamint azoknak az eszközök és szervezetek közötti cseréjének technikai akadályai – alapvető működési akadályként került azonosításra. A cselekvési terv célja egy közös európai energetikai adattér létrehozása, valamint ennek az irányítási (governance) keretének megteremtése egy európai szabályozási rendszer formájában, amely biztosítja az energiaadatok megosztását és felhasználását.

Az Európai Bizottság újra szervezte a Smart Grids Task Force-ot (SGTF). A munkacsoport új neve Smart Energy Expert Group; tagja az összes tagállam, valamint az egyéb releváns szereplők. Eddigi feladatköréit kiegészítette az adatkezelésre vonatkozó új feladatkörrel. Az újonnan létrehozott szakértői csoport – a Data for Energy (D4E) – közzétette azokat az alapelveket, amelyek mentén kialakítható egy közös európai energetikai adattér.

Néhány kiemelt alapelv:

- ▼ A nem személyes és/vagy anonim energiaadatokhoz való hozzáférést minden releváns szereplő számára biztosítani kell az adatgazdák hozzájárulásával, a műszaki adatvédelmi és bizalmassági követelmények figyelembevételével. Az adatmonopóliumokat el kell kerülni.
- ▼ A kiberbiztonság és a személyes adatok védelme szerves részét képezik a megközelítésnek.
- ▼ Az EU adatszuverenitási elvei maradéktalanul érvényesüljenek, az adatoknak pedig az Unión belül és az ágazatok között is szabadon kell áramolniuk.
- ▼ Az open API-k (application programme interfaces [APIs] alkalmazásprogramozási felületek) használata kell legyen az általános gyakorlatnak, elősegítve az adatok valós idejű cseréjét.

Az Európai Bizottság Energy Infrastructure Forum-jának (ún. „Koppenhágai Fórum”) egyik fontos 2024. évi megállapítása a következő volt:

„A Fórum üdvözli az eddig elért előrehaladást, és felkéri az ACER-t, a CEER-t, valamint a nemzeti szabályozó hatóságokat, hogy az ENTSO-E és az EU DSO Entity együttműködésével dolgozzák ki a smart grid rendszerekre vonatkozó közös, uniós szintű output mutatószám-katalógust minden feszültségszintre

kiterjedően, és mutassák be azt a következő Fórum ülésén.”

Szabályozási vonatkozások

A DSO-k adatcseréje és rugalmassági funkcióinak szabályozása egyre hangsúlyosabbá válik az európai energiapolitikában. Egyes tagállamokban a nemzeti szabályozó hatóságok (NRA-k) már jelenleg is részt vesznek ezekben a folyamatokban, bár szerepük és hatáskörük gyakran korlátozott. A rugalmassági adatokra vonatkozó konkrét szabályozás csak kevés tagországban létezik, ugyanakkor az uniós szintű jogalkotási folyamatok alapján várható, hogy a szabályozó hatóságok szerepe ezen területen fokozódni fog.

Mivel az adatcsere a hálózat digitalizációjának központi eleme, valamint a rugalmassági szolgáltatások elérésének kulcsa, a szabályozó szervek számára ez az egyik legfontosabb feladat, különösen a DSO-k teljesítményének nyomon követése és értékelése tekintetében. A CEER jelenleg nem javasolja az adatcsere teljes körű uniós harmonizációját, ugyanakkor vizsgálja, hogyan fejlődik ez az új feladatkör a DSO-k szintjén, és milyen szabályozói beavatkozások történnek különböző országokban.

2024 elején az NRA-k prioritásai között szerepelt az uniós szintű kezdeményezésekben való részvétel, mint például a keresletoldali válaszra vonatkozó hálózati szabályzat (Demand Response Network Code), az új villamosenergia-piaci struktúra kialakítása, valamint a Tiszta Energia Csomag (Clean Energy Package) végrehajtása. Ugyanebben az évben, júniusban az ACER és a CEER konzultációs dokumentumot tett közzé az átvitel és elosztóhálózatok okoshálózati teljesítmény mutatóiról (smart grid performance indicators). A javaslat szerint

minden tagállamban alkalmazni kellene néhány egységes indikátort, amelyeket kiegészíthetnek nemzeti sajátosságokhoz igazított mutatók. Az output indikátorok a célok elérését és a létrejövő értéket mérik, míg az input indikátorok az eredmények eléréséhez szükséges eszközöket és képességeket írják le. Bár a szabályozó hatóságok elsődlegesen az outputokat vizsgálják a hálózatüzemeltetők teljesítményének értékelésekor, a költségek és az elért eredmények közötti kapcsolat elemzése is elengedhetetlen. A hálózatüzemeltetőknek ezért célszerű alulról építkező megközelítést alkalmazniuk, azaz azonosítaniuk kell a legmegfelelőbb funkciókat és inputokat, amelyekkel hatékonyan maximalizálható az eredmény és az értékteremtés. Ezekhez az inputokhoz kapcsolódó konkrét és mérhető outputokat is érdemes bemutatniuk.

2025 márciusában az ACER az Európai Bizottságnak benyújtotta a *Demand Response Network Code* tervezetét, amely több szempontból is érinti a DSO-k adatkezelési és adatcsere feladatait. A szabályozás előírja, hogy a rendszerüzemeltetők dolgozzanak ki egy nemzeti szabályozási feltételeket tartalmazó javaslatot az érintett szereplők bevonásával. Célként jelenik meg a kiegyenlítési és helyi szolgáltatásokhoz való hozzáférés egyszerűsítése, az előminősítési folyamatok párhuzamosságának elkerülése, valamint dedikált mérőeszközök adatainak felhasználása. A rendszerüzemeltetőknek koordinált módon kell hozzáférniük az összes rendelkezésre álló erőforráshoz, legyen szó helyi vagy – adott esetben – kiegyenlítő szolgáltatásokról, és biztosítaniuk kell az erőforrások optimális kiválasztását és aktiválását. Az adatcsere követelményeit pedig a szolgáltatást nyújtó egységek mérete és jellemzői, a csatlakozási feszültség szint,

valamint a szolgáltatások jellege alapján kell meghatározni.

A fenti szabályozási és jogalkotási keretrendszer remélhetőleg megfelelő ösztönzőket teremt, valamint egyértelmű és stabil szabályozási környezetet biztosít a hálózatüzemeltetők számára a nemzeti szabályozási feltételek kialakításához, az okoshálózati megoldások bevezetéséhez, az adatalapú hálózatmenedzsment megvalósításához, valamint a rugalmassági szolgáltatásokban rejlő lehetőségek hatékony kihasználásához.

Kihívások és potenciális megoldások

Az elosztók a hálózatok fejlesztése és üzemeltetése terén egyre összetettebb kihívásokkal néznek szembe, elsősorban a növekvő csatlakozási igények, a meglévő hálózat hatékonyabb kihasználása, a fogyasztók bevonása, valamint a digitalizáció előrehaladása miatt. A hálózatfejlesztési igények növekedése és az egyre több új csatlakozási kérelem miatt hatékonyabb hálózatfejlesztési tervezési módszerekre van szükség. Emellett fokozottabb koordinációra van igény az új csatlakozások miatt. Fontos szempont az is, hogy a hálózati tarifák megfizethetők maradjanak, különösen az ipari felhasználók számára. Ennek kezelésére megoldást jelenthet egy digitális iker alapú új, dinamikus hálózattervezési megközelítés alkalmazása. Ezzel párhuzamosan javasolt a minőségi ellátási követelmények alóli ideiglenes felmentés (regulatory sandbox) kezdeményezése, valamint a szabályozó hatóságok meggyőzése – az EU villamosenergia-piaci modell (EMD) fejlesztésére irányuló szabályozás alapján arról, hogy – a tarifamódszertannak tükröznie kell a rendszerüzemeltetők fix költségeit, és figyelembe kell vennie a tőke- és üzemeltetési költségeket

egyenként, hogy rövid és hosszú távon is megfelelő beruházási ösztönzést biztosítson beleértve az előrelátható beruházásokat (anticipatory investment) is, azért, hogy növelje a hatékonyságot, beleértve az energiahatékonyságot (energy efficiency) is.

A meglévő hálózat jobb kihasználása érdekében szükség van a hálózati megfigyelhetőség (observability) növelésére, a digitális és kommunikációs hálózati elemek bővítésére, valamint valós idejű szűkület- és feszültségprobléma-azonosításra. A „hálózatbarát rugalmasság” (grid friendly flexibility) alkalmazása is elengedhetetlen. Ezeket a célokat segítik elő különböző áram- és feszültségérzékelők, valamint okosmérők telepítése a rendszer különböző pontjain. Az okosmérők nemcsak fogyasztási adatokat szolgáltatnak, hanem alkalmasak feszültség- és terhelésprofilok készítésére is, ami különösen értékes a hálózati üzemeltetés szempontjából. Emellett a kis kapacitású háztartási napelemes termelők adatainak elérhetővé tétele tovább erősíti a DSO-k működését és célkitűzéseik elérését.

Fontos, hogy felgyorsuljanak az okoshálózati egységeket, adatinfrastruktúrákat és rugalmassági platformokat tesztelő pilot projektek. Ezek eredményeit ambiciózus ütemezés mentén szükséges beépíteni az éles működésbe, mérhető célértékek (KPI-ok) meghatározásával. Ehhez kapcsolódóan ki kell építeni és üzemeltetni kell a hálózatdiagnosztikai célú adatgyűjtő és adatmenedzsment rendszereket, valamint a mérési adatokon alapuló szimulációs modelleket. Mindez megalapozza az adatalapú döntéshozatali folyamatokat is.

A fogyasztók bevonása a hálózatműködtetésbe szintén kulcsfontosságú. Ehhez elengedhetetlen az új technológiák,

innovatív működési modellek, mint például, az energiamegosztás jogának biztosítása, illetve annak lehetővé tétele, hogy aggregátorok, energiatárolók, energiaközösségek és fogyasztók is nyújthassanak rugalmassági szolgáltatásokat a DSO-k részére. Ez új hozzáállást igényel a DSO-k részéről: a hagyományos működésmód újragondolása és a keresleti oldallal való együttműködés a feladat. A fogyasztói képviseletek bevonása, valamint a mérési és adatkezelési szabályok fogyasztóbarát meghatározása is része a szükséges szemléletváltásnak.

A hálózatüzemeltetés digitalizációja több célt is szolgál: hatékonyabb hálózatmenedzsment, a rugalmassági piacok működtetése, illetve az átvitel-elosztás közötti koordináció fejlesztése. E folyamat során kiemelten fontos, hogy ne alakuljanak ki adatmonopóliumok. Ez az EU „Digitalising the Energy System” cselekvési tervének egyik alapelve. A hálózatüzemeltetőknek végre kell hajtaniuk az új interoperabilitási rendelet előírásait, amely a mérési és fogyasztási adatokhoz való hozzáférés átlátható és diszkriminációmentes szabályait rögzíti. A DSO-knak aktívan részt kell venniük a referencia modell nemzeti szintű megvalósításáról szóló jelentések elkészítésében, beleértve a különböző szereplők (mérési adat adminisztrátora, mérési pont adminisztrátora, adatahózzáférési szolgáltató, engedélyezési adminisztrátor) azonosítását is.

A hálózatüzemeltetők adatcsere-feladatai is új dimenziókat nyitnak. A „Demand Response Network Code” tervezete értelmében a rendszerüzemeltetőknek javaslatot kell kidolgozniuk a nemzeti szabályozási feltételekre, amelyek a rugalmassági szolgáltatókra vonatkoznak. A cél, hogy egyszerűbbé váljon a helyi (rugalmassági) szolgáltatásokhoz való hozzáférés és hogy új szabályokat hatá-

rozzanak meg a dedikált mérőeszközök adatainak használatára, valamint biztosítsák, hogy minden rendszerüzemeltető hozzáférhessen más rendszerüzemeltetők rendszereire vonatkozó olyan adatokhoz, amelyek a saját hálózatuk állapotának meghatározásához, szűkületek és feszültségproblémák előrejelzéséhez, azonosításához és kezeléséhez szükségesek. A DSO-knak nem célszerű megvárniuk a nemzeti szabályozók döntését, hanem már most el kell kezdeniük az uniós jogszabályi követelmények alapján javasolt adatcsere-feltételek kidolgozását.

Végül, a DSO-k új feladatai között szerepel a rugalmassági igények felmérése, amelyet az új EMD is előír. Az uniós DSO-érdekképviselői szervezet feladata ezzel kapcsolatban egy közös módszertan kidolgozása, amely alapján a DSO-k értékelni tudják saját rugalmassági szükségleteiket. A szabályozók a teljesítményértékelés során elsősorban az output indikátorokra fognak koncentrálni, ugyanakkor a hálózatüzemeltetők maguk is javasolhatnak input indikátorokat, és meg kell teremteniük az objektív kapcsolatot az inputok és a mérhető eredmények (output) között. Ennek érdekében a DSO-knak a jelen kihívások mellett a jövőbeni feladatokra is fókuszálniuk kell.

Szabályozási kérdések és megfontolások

A digitalizáció előrehaladásával és az elosztóhálózatok egyre komplexebbé válásával a szabályozói környezet szerepe kulcsfontosságúvá válik az adatok hatékony és átlátható felhasználásának biztosításában. Egyre sürgetőbb kérdés, hogy a szabályozó hatóságok milyen eszközökkel és kötelezettségekkel támogathatják az elérhető – vagy potenciálisan elérhető – adatok megosz-

tását, újrahasznosítását és rendszeres frissítését. A transzparens adatkezelés és az interoperábilis adatstruktúrák kialakítása előfeltétele az energiaágazati innovációk bevezetésének és skálázhatóságának.

A közelmúltban elfogadott, az Unió villamosenergia-piacának működési modelljét fejlesztő új rendelet (EMD) több ponton igyekszik megteremteni azokat a jogi és működési kereteket, amelyek előmozdítják az új technológiák és innovatív szolgáltatások térnyerését. Ugyanakkor megvizsgálandó, hogy ezen szabályozások gyakorlati alkalmazása valóban ösztönzően hat-e a szereplők együttműködésére, valamint, hogy biztosítja-e a hálózati innovációk skálázását és a piaci hozzáférés kiegyensúlyozottságát.

Kiemelt figyelmet érdemel az uniós szintű szabályozás az interoperabilitási követelményekre, valamint a mérési és fogyasztási adatokhoz való diszkriminációmentes és átlátható hozzáférés biztosítására vonatkozóan. Az ezen rendeletben foglalt előírások, valamint az előkészületben lévő Demand Response Network Code gyakorlati bevezetése számos kihívást vethet fel, különösen azokban az országokban, ahol a digitális infrastruktúra fejlettsége vagy az adatmegosztás kultúrája még nem éri el az uniós elvárásokat. Fontos kérdés tehát, hogy ezek az európai szabályozások kellő mértékben világosak és végrehajthatók-e, valamint milyen technikai, jogi vagy intézményi akadályok hátráltatják az implementációjukat.

A hálózati rendszer hatékony működtetésének, az ellátásbiztonságnak és a gazdasági hatékonyságnak az összehangolt követelménye érdekében elengedhetetlen olyan szabályozási keretrendszerek kialakítása, amelyek megfelelő ösztön-

zókat nyújtanak mind a hálózatüzemeltetők, mind a piaci szereplők számára. Ezeknek a keretrendszereknek a kulcselemei közé tartozik a teljesítményalapú szabályozás (performance-based incentive regulation), a rugalmas árképzési mechanizmusok (dynamic pricing mechanisms), valamint az innovációbarát költség elismerési modellek bevezetése.

Workshop eredmények és jövőbeli irányok

A jelenlegi és prognosztizált fogyasztási igények kielégítése érdekében az európai hálózati beruházások volumenét a következő években meg kell kétszerezni. Ugyanakkor világos, hogy a hagyományos infrastruktúra-bővítési módszerek – mint új vezetékek és transzformátorok létesítése – önmagukban nem jelenhetnek fenntartható megoldást, mivel a kapcsolódó költségek túllépik a fogyasztók és a befektetők tűréshatárát. Ennek következtében a szabályozóknak olyan innovatív és rugalmas hálózatüzemeltetési megoldásokat kell ösztönözniük, amelyek hatékonyabb erőforrás-kihasználást és költségoptimalizálást tesznek lehetővé.

Az egyik ilyen megközelítés a rugalmasági szolgáltatások piaci alapú igénybevétele. Ennek lényege, hogy az DSO-k a csúcsidőszaki terhelések enyhítésére és más üzemeltetési nehézségek (mint hálózati szűkület, feszültség gondok) mérséklésére a végfelhasználóktól vásárolnak rugalmasságot, például fogyasztásuk vagy betáplálásuk ideiglenes módosítására. A szakértői vélemények hangsúlyozták: a hatékony szabályozásnak követnie kell a technológiai fejlődést, amely egyre komplexebb szereplői struktúrát és dinamikus működési viszonyokat eredményez.

A hagyományos szabályozási keretek nehezen kezelik az olyan új entitásokat, mint az energiaközösségek vagy a prosumerek. A rugalmasság integrációjának és az innovációnak az elősegítésére felmerült a szabályozási tesztkörnyezetek (ún. sandboxok) alkalmazásának szükségessége, amelyek ideiglenes mentességeket biztosítanak bizonyos előírások alól új technológiák és üzleti modellek kipróbálására. Egy jól működő példa erre az Egyesült Királyságban bevezetett RIIO modell, amely a hálózati vállalatok bevételeit az innováció, az ösztönzők és a teljesítményalapú eredmények teljesítéséhez köti ($\text{Revenue} = \text{Incentives} + \text{Innovation} + \text{Outputs}$), szemben a merev költségalapú szabályozással.

Különösen kritikus terület az adatokhoz való hozzáférés és az interoperabilitás biztosítása. Az európai szabályozások előírják, hogy a hálózati irányítás szempontjából releváns adatok minden érintett piaci szereplő számára hozzáférhetőek legyenek. Ez magában foglalja az átviteli és elosztóhálózat-üzemeltetőket, valamint a nagyfogyasztók és decentralizált termelők közötti valós idejű adatmegosztást is. Ehhez azonban elengedhetetlen az adatgazdák és adatkezelők felelősségi köreinek világos meghatározása.

Szörényi Gábor kiemelte: nem várható el, hogy a szabályozó hatóság minden részletet előre kidolgozzon – a hálózati szereplőknek aktívan részt kell venni-

ük a szabályozás formálásában. Ennek egyik formája lehet egy olyan nemzeti ajánlás kidolgozása, amely meghatározza a rugalmas kapacitásokat kínáló szolgáltatók működési feltételeit. Az ilyen dokumentumokat érdemes a szakmai szervezetek konszenzusán alapulva, proaktívan kidolgozni, megelőzve a hatósági szabályozást, ezáltal biztosítva a gyakorlati szempontok érvényesülését.

A szabályozási panel során több nyitott kérdés is megfogalmazódott, amelyek további szakmai egyeztetést igényelnek. Ezek közé tartozik például, hogy miként lehet a fogyasztókat, aggregátorokat és energiaközösségeket ténylegesen bevonni a rugalmassági piacokra anélkül, hogy ez a hálózatüzemeltetés biztonságát veszélyeztetné. További kérdés, hogy milyen új mérési és adatszolgáltatási kötelezettségek bevezetésére lesz szükség annak érdekében, hogy a DSO-k valós időben láthassák a kis léptékű termelők és energiatárolók működését. Emellett felmerült, hogy hogyan lehet a tarifarendszert úgy átalakítani, hogy az egyszerre biztosítson forrásokat a hálózatfejlesztésre, és ösztönözze is a hatékony működést.

A felvetett kérdésekre a konferencia nem adott azonnali válaszokat, azonban az ezek körüli párbeszéd elindítása önmagában is rámutat arra, hogy a szabályozási környezetnek dinamikusan kell reagálnia az energiarendszer gyorsuló átalakulására.

IT-technológiai megoldások szekció

A szekció célja Erdei Márk vezetésével az volt, hogy feltárja az elosztóhálózatokhoz szükséges digitális alapokat, azonosítsa a jelenlegi IT-rendszerek gyengeségeit, és elősegítse a lehetséges fejlődési irányok közös kidolgozását.



6. ábra. Erdei Márk vezette IT technológiai megoldások szekció

A program egy keynote jellegű előadást ötvöztött interaktív, csoportalapú megbeszélésekkel. A bevezető előadás egy szemléletes párhuzammal élt: bemutatta a jövő ideális okoshálózatát, amely adatvezérelt, rugalmas, önműködő és megbízható rendszeren alapul, majd éles kontrasztként felvázolta a jelenlegi helyzetet, amely sok esetben még mindig egy ingatag „kártyavárhoz” hasonlítható. Ezután a szekcióban a résztvevők három munkacsoportban mélyedtek el a problémákban és kerestek megoldásokat. A csoportok beszámolóit konkrét ötleteket, cselekvésorientált megoldási javaslatokat is felsorakoztattak a témában.

A jövő energiahálózatának digitális követelményei

A villamosenergia-rendszer átalakulása – különösen a dekarbonizáció, decent-

ralizáció és digitalizáció irányába való mozdulás – új elvárásokat támaszt az elosztóhálózatokkal szemben. A jövő elosztóhálózata nem maradhat egy passzív infrastruktúra. Helyette egy reziliens, intelligens és adaptív platformként kell működnie, amely képes kezelni a rendszer növekvő összetettségét, integrálni a megújuló energiaforrásokat, valamint lehetővé tenni a prosumerek aktív részvételét. Viszont lényeges, hogy a rendszer átalakulása közben a megbízhatósága és biztonsága ne sérüljön.

A szekció keretében elhangzott vitaindító előadás és az azt követő interaktív megbeszélések következtében körvonalazódott a jövő elosztóhálózatának jellemzői. Ezek szerint a jövő elosztóhálózata:

- ▼ Adataalapú: Az operatív és stratégiai döntéseknek valós idejű, nagy felbontású és megbízható adatokon kell alapulniuk.
- ▼ Automatizált és önjavító: A hálózatnak képesnek kell lennie a hibák és működési rendellenességek felismerésére és kezelésére emberi beavatkozás nélkül.
- ▼ Rugalmas és skálázható: A rendszereknek támogatniuk kell az új üzleti modelleket és szabályozói változásokat.
- ▼ Megbízható és reziliens: Az infrastruktúrának egyaránt fel kell készülnie a fizikai zavarok és a kibertámadások kezelésére.
- ▼ Integrált és decentralizált: A különféle DER-ek és energiatárolók összehangolt működtetése alapkövetelmény.
- ▼ Digitálisan fejlett: Az olyan technológiák beépítése, mint a mesterséges intelligencia, IoT, Big Data,

felhőalapú számítástechnika és digitális iker, elengedhetetlen.

A fenti fejlettség eléréséhez átfogó IT-transzformáció szükséges, amely a következő stratégiai irányok mentén valósulhat meg:

- ▼ **Moduláris és interoperabilis architektúrák:** Le kell váltani a monolitikus, öröklött rendszereket rugalmas, jól illeszthető megoldásokkal.
- ▼ **Beépített biztonság (secure-by-design):** A kiberbiztonsági szempontokat már a rendszerek tervezési fázisától kezdve be kell építeni.
- ▼ **Fejlett analitika:** A valós idejű döntéshozatal és prediktív működés támogatása érdekében fejlett adatfeldolgozási és elemzési képességekre van szükség.
- ▼ **Fogyasztói bevonás:** Digitális szolgáltatási platformok és felhasználóközpontú eszközök révén a prosumerek aktív szereplőkké válhatnak.

Ez a vízió nem csupán kívánatos cél, hanem a jövő villamosenergia-rendszerének működési alapfeltétele. Az IT-rendszerek fejlesztése nélkül az elosztóhálózat képtelen lesz betölteni azt a kulcsszerepet, amelyet a fenntartható, rugalmas és hatékony energiarendszerekben számára szánunk.

Jelen informatikai környezet korlátai

A jövő hálózatának víziója már körvonalazódott, azonban az DSO-k informatikai rendszereinek jelenlegi állapota gyakran éles ellentétben áll ezzel az elképzeléssel. A szekcióban résztvevők egybehangzó megállapítása szerint az IT-rendszerek jelenlegi működése inkább hasonlít egy ideiglenes megoldá-

sokból összeillesztett, instabil struktúrára. Számos rendszerszintű problémát azonosítottak, amelyek nemcsak a fejlődést akadályozzák, de hosszú távon a hálózatüzemeltetés hatékonyságát és stabilitását is veszélyeztethetik.

SILOES Disconnected systems and databases	SECURITY Vulnerable systems and infrastructure	INACCURATE DATA Sporadic, inaccurate, disconnected data
AGING SYSTEMS Fighting to keep up with modern standards and interfaces	LEGACY PROCESSES Manual processes and informal channels.	PATCHWORK Short term solutions and regulatory requirements get priority

7. ábra. DSO-k IT rendszereinek kihívásai

Az egyik legsúlyosabb kihívás az elavult és széttagolt rendszerarchitektúrából fakad. Egyes európai DSO-k akár 50–200 különálló informatikai rendszert is üzemeltetnek, amelyek között gyakran nincs megfelelő interoperabilitás. A kilencvenes évekből származó SCADA-platformok, manuális Excel-alapú integrációk és point-to-point kommunikációs megoldások helyettesítik az egységes, skálázható rendszereket. Ez az öröklött technológiai környezet strukturálatlan működést eredményez, amely folyamatos karbantartást igényel, miközben nem képes megfelelni a modern hálózatüzemeltetés követelményeinek.

A rendszerek szigetszerűsége az adatok kezelésében is megmutatkozik. A különböző részlegek között nincs valós idejű adatáramlás, ami gyakran vezet inkonzisztens, redundáns vagy elavult adatbázishoz. Ennek következményeként a hálózati döntések nem a valós állapot alapján alakulnak, hanem hiányos, esetenként ellentmondásos információkon.

A digitalizáció térnyerése ellenére a kiberbiztonság gyakran háttérbe szorul. A szabályozási megfelelésre szorító,

ellenőrzőlistákon alapuló megközelítések nem biztosítanak kellő védelmet a gyorsan változó fenyegetések ellen. Az ilyen környezetek könnyen sebezhetővé válhatnak, komoly üzemzavarokat vagy adatintegritás sérülését kockáztatva.

Kiemelt nehézséget jelent a prosumerek integrációja is. A meglévő IT-rendszerek nem képesek kezelni a kétirányú energiaáramlást, a PV rendszerek ingadozásait, az elektromos járművek töltési csúcsait, vagy zökkenőmentes hálózati integrációval kapcsolatos elvárásokat.

A rendelkezésre álló adatmennyiség robbanásszerűen növekszik, különösen az okosmérők, szenzorok és IoT-eszközök elterjedésével. Ezzel szemben a DSO-k jelentős része nem rendelkezik az adatok feldolgozásához szükséges analitikai kapacitással. A valós idejű döntéshozatal továbbra is elérhetetlen, miközben a meghozott döntés gyakran nem aktuális vagy hiányos adatokon alapul.

A DSO-k informatikai rendszerének fejlődését a folyamatosan változó szabályozási környezet is nehezíti. Az új szabályoknak irányába a megfelelés nyomán követése sok esetben manuális, időigényes folyamatok mentén történik, amely növeli a hibázás kockázatát és csökkenti a működés hatékonyságát. A folyamatosan változó szabályozási környezet gyors alkalmazkodást követel a DSO-kkal szemben, ennek ellenére még mindig manuális módszerekkel történik a megfelelés nyomán követése. Ez növeli a bírságok kockázatát, működési hatékonyság csökkenthet, és a vállalat hírnevét is veszélyeztetheti.

Végül, a humánerőforrás-oldali kihívások is jelentősek. Egyre nagyobb a hiány olyan IT-szakemberekből, akik egyszerre ismerik a hagyományos rendszereket és képesek az új technológiák

alkalmazására. Az előregedő munkaerő további kapacitásproblémákat eredményez, amelyek késedelmekhez, minőségi problémákhoz és fokozott szervezeti terheléshez vezetnek.

Kollektív diagnózis és javaslatok az IT-fejlesztés irányaira

A szekció bevezető előadását követően a résztvevők kiscsoportos formában dolgozták fel a jelenlegi informatikai kihívásokat és fogalmaztak meg javaslatokat. A három csoport eltérő fókuszterületeket vizsgált, de mindegyik a technológiai és szervezeti komplexitás mélyebb megértésére és az adaptív válaszlehetőségek feltérképezésére törekedett.

Az első csoport a kommunikációs technológiák, a keresletoldali menedzsment és a rendszerek összetettségének kérdéskörét vizsgálta. Kiemelt figyelmet kapott az okosmérők kommunikációs technológiájának elemzése, különös tekintettel a PLC, LoRa, RF és mobilhálózati megoldásra. A keresletoldali menedzsment és válasz (DSM és DSR) területén rövid távon az elavult MFKV-rendszerek lecserélése a cél, míg hosszú távon a fogyasztók HEMS rendszerekbe való beépítés lehet a fókusz. A rendszerüzemeltetés egyre növekvő informatikai komplexitása mélyebb szakértelmet igényel, ugyanakkor a tapasztalt munkaerőhiány jelentősen lassítja a fejlesztési és hibakezelési folyamatokat.

A második csoport az adatok kategorizálása, a rendszerarchitektúra kialakítása és a redundancia kérdéskörét járta körül. Az adatok osztályozása elengedhetetlen feltétele a releváns adatfeldolgozásnak és analitikának. A digitális iker alapú megközelítések mind szimulációs, mind

operatív támogatási célból előtérbe kerültek. A rendszerarchitektúrák közötti választás kapcsán a centralizált és a mikroszolgáltatás-alapú modellek előnyeit és hátrányait elemezték. A reziliencia-redundancia és irányíthatóság-hatékonyság közötti egyensúly megtalálása is lényeges elem, a rendszer továbbfejlesztésénél.

A harmadik csoport a hálózatmonitorozás és prediktív analitika jövőbeli szerepére koncentrált. Ez különös fontos a közép- és kisméretű színteken történő adatgyűjtés során. Javaslatuk szerint minden hazai DSO-nak érdemes lenne egy pilotot indítani, amely tíz kiválasztott MV/LV transzformátorkörzet részletes megfigyelésére épülne. A cél a hálózati torlódások és feszültség-anomáliák azonosítása, majd a begyűjtött adatok alapján prediktív modellek kifejlesztése lenne. A modellek pontosságát és gyakorlati hasznosságát valós hálózati eredményekkel való összehasonlítás után lehetne validálni.

A csoportok eredményei összességében megerősítik, hogy az elosztóhálózati informatikai rendszerek modernizációja halaszthatatlan feladat. Ugyanakkor a résztvevők hangsúlyozták, hogy a siker nem pusztán technológiai víziókon múlik: a skálázható architektúrák, a szakképzett munkaerő és a rendszerszintű interoperabilitás megléte kulcsfontosságú tényezők.

Stratégiai irányelvek

Az informatikai szekció közös megállapítása szerint a jelenlegi IT-rendszerek kis léptékben történő módosítása már nem elegendő a villamosenergia-rendszer átalakulásából fakadó elvárások teljesítéséhez. A jövőbiztos elosztóhálózat kialakításához átfogó, egymás-

ra épülő stratégiai intézkedésekre van szükség. Az előadásokban elhangzottak és a csoportos megbeszélések tanulságai alapján az alábbi stratégiai irányvonalak javasoltak.

Elsőként az alapvető informatikai rendszerek modernizációját kell végrehajtani. A korszerűtlen, monolitikus platformokat rugalmas, moduláris és interoperabilis architektúráknak kell felváltaniuk. Ennek szerves része a felhőalapú megoldások alkalmazása, mert ez lehetővé teszi a skálázhatóság növelését, miközben csökkenti az integrációs nehézségeket, valamint az API-központú és eseményvezérelt rendszertervezés, ami biztosítja a valós idejű működést.

Másodszorban a kiberbiztonságnak a rendszertervezés szerves részévé kell válnia. A pusztán a követelményeknek való megfelelés helyett, proaktív, kockázatalapú biztonsági szemléleteket kell használni. Az „secure by design” elv alkalmazása révén a kiberbiztonságot támogató fejlesztések már a tervezési fázisban beépülnek a rendszerbe, hogy a védelmi funkciók szerves részei legyenek az architektúrának. Ezekon túl, a DSO-specifikus protokollok és incidenskezelési forgatókönyvek kidolgozása is szükséges a kibertámadások jobb kezeléséhez.

A harmadik kijelölt irányvonal a valós idejű adatgyűjtés és analitika fejlesztése. Olyan infrastruktúrákat kell kiépíteni, amelyek támogatják a hálózati állapot folyamatos monitorozását, előrejelzését és szabályozását. A digitális iker alapú megközelítések nemcsak szimulációs célokra, hanem az operatív döntéshozatal támogatására is alkalmazhatók. Emellett elengedhetetlen a mesterséges intelligencia és gépi tanulás terén való kapacitásépítés, különösen a prediktív képességek fejlesztése érdekében.

Negyedik meghatározott irány szerint meg kell valósítani az üzleti, informatikai és szabályozási stratégiák összehangolását. Az elszigetelt, szakterületi szintű kezdeményezések helyett integrált, többfunkciós együttműködésre van szükség. Emellett az IT-rendszereket úgy kell tervezni, hogy képesek legyenek adaptálódni a szabályozói környezet változásaihoz, ne pedig akadályozzák annak követését. A szabályozó hatóságokkal való proaktív párbeszéd hozzájárulhat az innovációba-rát keretrendszer kialakításához.

Végül, az elosztóhálózati IT-rendszereknek fel kell készülniük a prosumerek kiszolgálására. Támogatni kell az DER-ek zökkenőmentes hálózati integrációját, valamint az ügyféloldali digitális eszközökbe és adathozzáférésbe való beruházást. A rendszereknek alkalmasnak kell lenniük a kétirányú, valós idejű energiaáramlások kezelésére, figyelembe véve az ügyféloldali előrejelzést és a részvételi lehetőségeket.

Ezen stratégiai elemek nem különálló intézkedések, hanem egymással összefüggő, szinergikus pillérei egy reziliens digitális alapstruktúrának. Az elosztóhálózati szereplőknek nem csupán követniük kell a változást, hanem annak tudatos, rendszerszintű irányítóivá kell válniuk, biztosítva azt, hogy minden informatikai döntés hozzájáruljon egy intelligensebb és fenntarthatóbb energiahálózat kialakításához.

Workshop eredmények és jövőbeli irányok

Az energiarendszer átalakulása jelenleg is zajlik, és az elosztóhálózatok nem halogathatják a fejlesztéseket. A digita-

lizáció, decentralizáció és dekarbonizáció hármásának metszéspontjában a DSO-k olyan fordulóponthoz érkeztek, ahol a tét nem csupán a versenyképesség, hanem az alapvető működőképesség fenntartása.

Az RSD3 konferencia informatikai szekciójában feltárt tapasztalatok világosan rámutatnak arra, hogy a jelenlegi működési modell tarthatatlan. A meglévő örökölt rendszerek, a széttöredezett adatstruktúrák, az elavult kiberbiztonsági megközelítések és a szakemberhiány együttesen gátolják az adaptív, intelligens hálózati működés megvalósulását.

Ezzel szemben már kirajzolódott az a stratégiai irány, amely biztosíthatja a jövő energiarendszerének működőképességét. A modern, moduláris informatikai architektúrák bevezetése, a kiberbiztonság integrálása a rendszertervezésbe, a valós idejű adatfelhasználás előtérbe helyezése, valamint a humán erőforrásba való célzott befektetés nem alternatívák, hanem elengedhetetlen feltételek.

A jövő hálózata nem pusztán energiaellátást kell, hogy biztosítson, hanem intelligenciát, rugalmasságot és megbízhatóságot is. Ennek elérése nem csupán technológiai kérdés, hanem ágazatközi együttműködésen alapuló strukturális feladat.

Ez az összefoglaló felhívásként értelmezendő mind a DSO-k, mind a technológiai szolgáltatók, szabályozók és innovációs szereplők számára. A szigetszerű megoldások helyett egységes, jövőorientált digitális átállásra van szükség, amely az energiarendszert nemcsak okosabbá, hanem strukturálisan erősebbé is teszi.



Vezetői összefoglaló

A 2025 januárjában megrendezett RSD3 (Regional Session on Data Driven Distribution) konferencia az elosztóhálózatok digitalizációjára és adatalapú fejlesztésére fókuszált. A Magyar Elektrotechnikai Egyesület (MEE) által szervezett, január 28–30. között lezajlott háromnapos eseményen mintegy 100 szakértő vett részt Magyarországról és több európai országból. A konferencia célja az volt, hogy összehozza az elosztóhálózati (DSO) szakembereket, informatikai szakértőket és szabályozó hatóságok döntéshozóit a kifizetésű hálózatok aktuális kihívásainak és innovációinak megvitatására. A megújuló energiaforrások térnyerése, az e-mobilitás terjedése és az aktív fogyasztói (prosumer) szerepvállalás erősödése olyan új stratégiák kidolgozását teszik szükségessé a DSO-k számára, melyek megkövetelik az iparági szereplők szoros együttműködését és tudásmegosztását. Ennek megfelelően a konferencia szerkezete az interaktív workshopokra épült a hagyományos frontális előadások helyett. A program négy párhuzamos tematikus szekcióra tagolódott – Nemzetközi projektek, Üzleti modellek, Szabályozási kérdések és IT-megoldások –, amelyek mindegyike egy keynote előadással indult, majd kiscsoportos műhelymunkával folytatódott. A szekciók moderátorai a végén összefoglalták a fő tanulságokat és irányvonalakat, biztosítva a közös tudás kialakítását. A konferencián bemutatott számos nemzetközi előadó és best practice esettanulmány tovább erősítette a globális perspektívát.

Nemzetközi projektek

Ebben a szekcióban azt vizsgálták, hogyan hasznosíthatók a globális jogyorkorlatok és az európai K+F projektek

eredményei a hazai és regionális hálózatfejlesztésben. A résztvevők átfogó képet kaptak az EU Horizont Európa program energetikai innovációs prioritásairól, melyek célja az éghajlatváltozás elleni küzdelem, a Fenntartható Fejlődési Célok elérése, valamint az EU versenyképességének növelése. Nemzetközi esettanulmányok is elhangzottak: bemutatásra került egy ausztriai okosmérő-hálózat kiépítésének sikere (Netz Niederösterreich példája), illetve az európai adat-tér (European Data Space) koncepciója a fogyasztói és hálózati adatok megosztására. Kiderült, hogy az adatvezérelt hálózatfejlesztés kiemelt figyelmet kap Európa-szerte: számos finanszírozási program támogatja az okoshálózatok fejlesztését, és több lezárt EU-projekt ért el már jelentős eredményeket az elmúlt években. A szekció tanulságaként hangsúlyozták, hogy a magyar és régiós DSO-k sokat nyerhetnek a nemzetközi projektek tapasztalatainak átvételével és a folyamatos európai tudásmegosztással – nincs szükség mindent a nulláról kezdeni, ha mások bevált megoldásai rendelkezésre állnak.

Üzleti modellek

Az üzleti szekció középpontjában az állt, hogy milyen új üzleti modellekre és stratégiákra van szükségük a DSO-knak a villamosenergia-piac és a technológiai környezet radikális átalakulása közepette. A szlovén Elektro Ljubljana innovációs vezetője rámutatott, hogy a DSO-k szerepe alapvetően változik: a korábban passzív „vezeték-szolgáltatókból” aktív rendszerüzemeltetőkké válnak, kulcsszerepet játszva a megújuló energia célok teljesítésében. Ez a váltás nem pusztán új feladatokat, hanem teljes üzleti modellváltást

is jelent. A digitális átállás lényege az automatizálás, az okosmérők és valós idejű adatrendszerek alkalmazása, valamint a Big Data elemzés: a modern DSO már kétirányú energiaáramlást mérő okosmérőket és közel valós idejű adatokat használ az üzemeltetésben. A hálózat egyre decentralizáltabb és dinamikusabb, ami új szolgáltatási modelleket és bevételi struktúrákat kíván. A DSO-knak egyre több megújuló termelőt, prosumert, elektromosjármű-töltőt és más új eszközt kell integrálniuk; előrejelzések szerint 2030-ra Európában több mint 30 millió elektromos autó és 60 millió hőszivattyú csatlakozik, a friss megújuló kapacitások 70%-a pedig elosztóhálózatra kerül. Ez komoly kihívás, de egyben új üzleti lehetőségeket is rejt a DSO-k számára, akik így új értéket teremthetnek. Az új lehetőségek között kiemelték az Energy as a Service (EaaS) modellt, ahol a fogyasztók nem eszközöket vásárolnak, hanem magát az energiához kapcsolódó szolgáltatást (például tárolást, energiagazdálkodást vagy rugalmassági szolgáltatásokat) veszik igénybe. Emellett az e-mobilitás terjedése és a Vehicle-to-Grid (V2G) technológia lehetővé teszi az EV akkumulátorok hálózati visszatáplálását, ami csúcsterhelési időszakokban segítheti a hálózat kiegyensúlyozását. A szekcióban két üzleti esettanulmányt is bemutatnak: az egyik egy pilot projekt tapasztalatait összegezte az elektromos járműtöltés hálózati integrációjáról, rávilágítva, hogy a szabályozható töltés műszakilag mérsékelheti a csúcsterheléseket, de az időben és földrajzilag differenciált tarifák bevezetése komoly üzleti és társadalmi dilemmákat vet fel (különösen a fogyasztók közötti méltányosság tekintetében). A másik eset a kifesztültségű hálózatmonitoring adataira épülő szolgáltatásokkal foglalkozott, hangsúlyozva az adatvagyon üzleti és jogi hasznosíthatóságának kérdését –

vagyis hogy ki férhet hozzá a fogyasztói adatokhoz és miként használhatók fel ezek az adatok a hálózat hatékonyabb működtetésére. A workshop-beszélgetések közös tanulsága az volt, hogy a jelenlegi szabályozási környezet az egyik fő akadálya az innovatív, rugalmas hálózati szolgáltatások elterjedésének. A résztvevők egyetértettek abban, hogy az üzleti modellek megújulását elsősorban a proaktív szabályozói átalakítás tudja ösztönözni – például olyan tarifastruktúrákkal, amelyek jutalmazzák a hálózati rugalmasságot és a fogyasztók együttműködését. Felvetődött egy egyetemes ágazati adatkormányzási keretrendszer iránti igény is, amely meghatározná az energiaszektorban használt adatok minőségi és hozzáférési szabályait, megnyitva az utat új, adataalapú üzleti lehetőségek előtt. Összességében elhangzott, hogy a nemzetközi best practice átvétele és a DSO-k közötti folyamatos tapasztalatcsere kulcsfontosságú a sikeres digitális átálláshoz.

Szabályozási kérdések

A szabályozási szekció célja az volt, hogy megvizsgálja, miként hangolhatók össze a piaci innovációk a növekvő szabályozói elvárásokkal. Az energiaátmenet felgyorsulása – a rengeteg új megújuló termelő, az elektromos autók és egyéb fogyasztók hálózatra csatlakozása – komoly nyomást helyez a jelenlegi szabályozási keretekre, miközben a DSO-k továbbra is árszabályozás és szigorú megbízhatósági előírások mentén működnek. A résztvevők áttekintették az európai szabályozási környezet legfrissebb változásait, amelyek alapvetően befolyásolják a DSO-k jelenlegi és jövőbeli működését. Kiemelten szó esett a rugalmassági szolgáltatások szabályozásáról és a szabályozói tesztkörnyezet (regulatory sandbox) alkalmazásáról. A sandbox koncepció lényege, hogy egy kísérleti szabályozói keretben a vállala-

tok ideiglenesen rugalmasabb feltételek mellett próbálhatnak ki új technológiákat és üzleti modelleket. Konkrét példaként említették a brit RIIO modellt és az Ofgem új keretrendszerét, ahol a hálózati üzemeltetők nemcsak az ellátásbiztonság, hanem a K+F és innovációs tevékenység alapján is részesülhetnek pénzügyi megtérítésben – ez jelentős elmozdulás a hagyományos költségalapú szabályozástól. Uniós szinten is megjelent az igény a teljesítményalapú ösztönzők bevezetésére: egy friss EU rendelet előírja, hogy a tarifarendszernek ösztönöznie kell a hálózatfejlesztési költségek csökkentését és a rendszerirányítói beavatkozások mérséklését, valamint teljesítményalapú célokat vezet be a hálózati cégek számára (pl. megbízhatóság, innováció). Emellett az Európai Bizottság lépéseket tett egy összehangolt európai szabályozási keret kialakítására az energiaadatok megosztására és felhasználására, újraindítva például a Smart Grids Task Force munkáját. A szekció megállapította, hogy a jelenlegi szabályozás rugalmatlansága az egyik legfőbb gátja az innovatív hálózati megoldások terjedésének. Nélkülözhetetlen a szabályozási környezet reformja, hogy nagyobb mozgásteret biztosítson a DSO-knak új, rugalmasságon alapuló szolgáltatások és üzleti modellek kifejlesztéséhez. Ilyen reform lehet a fent említett ösztönző alapú szabályozás, illetve a kísérleti sandbox projektek elindítása nemzeti szinten is. A résztvevők hangsúlyozták, hogy a szabályozói akadályok lebontása nélkül a DSO-k nem tudnak lépést tartani a technológiai fejlődéssel. Összegzésként elhangzott, hogy a digitális hálózatfejlesztés sikeréhez elengedhetetlen a nemzetközi együttműködés és tudásmegosztás a szabályozás terén is – nem kell mindenkinek saját maga kitapasztalnia az optimális megoldásokat, ha azok máshol már beváltak.

IT-megoldások

Az informatikai szekció az elosztóhálózati üzemeltetés digitalizációjának gyakorlati kihívásaival és lehetséges megoldásaival foglalkozott. Középpontban volt a digitális iker technológia, a mesterséges intelligencia (MI) alkalmazása és a kiberbiztonság – vagyis mindazon IT-fejlesztések, amelyek a jövő „okos” elosztóhálózatának alapját jelentik. A bevezető előadás után a résztvevők kisebb csoportokban térképezték fel a jelenlegi IT-rendszerek kihívásait, három fő területre koncentrálva: (1) a hálózati kommunikációs technológiák és a keresletoldali menedzsment (DSM) fejlesztése, különös tekintettel az okosmérők adatkommunikációjára (PLC, LoRa, RF, mobilhálózatok) és az elavult vezérlőrendszerek lecserélésére; (2) az adatkezelés és rendszerarchitektúra kérdései, beleértve az adatok osztályozását, a centralizált vs. mikroszerviz-alapú architektúrák előnyeinek elemzését, valamint a rendszer rezilienciája és hatékonysága közti egyensúly megtalálását; és (3) a hálózatmonitorozás és prediktív analitika jövőbeli szerepe, különösen a közép- és kisméretű szintű adatok gyűjtésében és feldolgozásában. Utóbbi kapcsán egy konkrét javaslat is született: érdemes minden hazai DSO-nak pilot projektet indítania néhány kiválasztott transzformátorkörzet részletes monitorozására, hogy a valós adatok alapján prediktív modelleket fejleszthessenek a torlódások és feszültséganomáliák előrejelzésére. A csoportmunkák rámutattak, hogy a hálózatüzemeltetés növekvő informatikai komplexitása mélyebb szaktudást igényel, ugyanakkor az iparágban tapasztalható szakemberhiány lassíthatja a fejlesztéseket és a hibaelhárítást. Közös álláspontként megfogalmazódott, hogy az elosztóhálózati IT-rendszerek modernizációja halaszthatatlan feladat, és a siker nem pusztán technológiai kérdés: a skálázható, interoperábilis

architektúrák, a megfelelően képzett munkaerő és a rendszerszintű adatmegosztás egyaránt kulcsfontosságú tényezők. Jelenlegi, kis léptékű IT-módosításokkal már nem tartható fenn a működőképesség a gyorsan átalakuló energiarendszerben. A szekció előadásai és workshopjai alapján kidolgoztak néhány stratégiai irányelvet a DSO-k informatikai felkészültségének javítására. Elsőként, prioritás az alapvető hálózati IT-rendszerek korszerűsítése: a régi, monolitikus platformokat rugalmas, moduláris, felhőalapú architektúrák váltásák fel, elősegítve a könnyebb skálázást és integrációt. Másodszor, a kiberbiztonságot „secure by design” módon bele kell építeni már a tervezésbe: proaktív, kockázatalapú védelmi megközelítésre van szükség, beleértve DSO-specifikus protokollok és incidenskezelési tervek kialakítását. Harmadszor, fejleszteni kell a valós idejű adatgyűjtést és analitikát: ki kell építeni azt az infrastruktúrát és kompetenciát (digitális iker, MI/ML alkalmazások), amely folyamatos hálózatmonitorozást, előrejelzést és optimalizálást tesz lehetővé. Negyedikként hangsúlyozták az üzleti, informatikai és szabályozási stratégiák összehangolását: az elszigetelt, sziloszerű projektek helyett integrált, többfunkciós együttműködés szükséges a vállalaton belül, és az IT-rendszereket úgy kell tervezni, hogy képesek legyenek alkalmazkodni a változó szabályozói környezethez. Végül ötödikként az ügyféloldali és termelői integrációra való felkészülést emelték ki: az elosztóhálózati IT-rendszereknek támogatniuk kell a prosumerek és a helyi megújuló termelők zökkenőmentes csatlakozását, a kétirányú, valós idejű energia- és adatáramlást, illetve ösztönöznük kell az ügyféloldali innovációkat. E stratégiai pillérek együttesen egy jövőbiztos, reziliens digitális infrastruktúra alapját jelentik. A szekció konklúziója szerint a DSO-knak nem csupán követ-

niük kell a változásokat, hanem proaktív irányítóivá kell válniuk a digitális átalakulásnak, biztosítva, hogy minden informatikai döntés egy intelligensebb és fenntarthatóbb energiahálózat kialakításához járuljon hozzá.

Javaslatok és következő lépések

A konferencia fő tanulságai alapján az alábbi fontos kezdeményezések javasoltak megfontolásra a döntéshozók és iparági szereplők számára a továbblépéshez:

Szabályozói ösztönzők bevezetése:

Olyan új szabályozási keretek kidolgozása indokolt, amelyek ösztönzőket és rugalmasságot biztosítanak az innováció számára. Ide tartoznak a teljesítményalapú szabályozói modellek (pl. a brit RIIO mintájára), valamint kísérleti regulatory sandbox programok, melyek ideiglenes felmentést adnak bizonyos előírások alól az új technológiák és üzleti modellek kipróbálásához. Ezek az ösztönzők segítenék a hálózati beruházások megtérülését és a rugalmassági szolgáltatások elterjedését.

ADSO-szerep fejlesztése:

Támogatni kell a DSO-k hagyományos szerepkörének kiterjesztését egy aktív hálózatmenedzseri és szolgáltatói szerep felé. Ez magában foglalja új üzleti modellek és szolgáltatások kialakítását, például a rugalmassági piacok facilitálását, az Energy-as-a-Service jellegű szolgáltatások nyújtását, valamint a fogyasztók bevonását a hálózat működtetésébe. A DSO-k feladat- és felelősségi körének egyértelmű meghatározása és bővítése szükséges ahhoz, hogy aktívan hozzájárulhassanak az energiaátmenet céljaihoz.

Technológiai integráció és modernizáció:

Fel kell gyorsítani a modern digitális technológiák integrálását az elosztóhálózatba. Kiemelten fontos a hálózati

IT-rendszerek korszerűsítése (felhőalapú, moduláris platformok, API-k és valós idejű adatelemzés bevezetése), a kiberbiztonsági megoldások beépítése már a tervezés fázisában, valamint a mesterséges intelligencia, IoT és digitális iker technológiák alkalmazása. E lépések növelik a hálózat megfigyelhetőségét, automatizáltságát, rugalmasságát és megbízhatóságát, így készítve fel az elosztóhálózatot a jövő kihívásaira.

Európai együttműködés erősítése:

A konferencia rávilágított, hogy nélkülözhetetlen a DSO-k közötti nemzetközi kooperáció és tudásmegosztás elmélyítése. Javasolt fokozni a részvételt európai kutatási és fejlesztési projektekben, valamint harmonizálni a hazai kezdeményezéseket az EU-s irányelvekkel és platformokkal (pl. közös adatmegosztá-

si kezdeményezések). A bevált gyakorlatok átvétele és az összehangolt európai szabályozás kialakítása segít elkerülni a párhuzamos erőfeszítéseket és gyorsítja a digitális átállást.

A fenti lépések együttes, integrált megvalósítása biztosíthatja, hogy az elosztóhálózati szektor proaktív irányítóként vezesse a digitalizációt. Az RSD3 konferencia üzenete szerint az elszigetelt, szigetszerű megoldások helyett egységes, jövőorientált stratégia szükséges – oly módon, hogy a technológiai innováció, az üzleti modellváltás és a szabályozói reformok kéz a kézben haladjanak. Csak így alakítható ki egy okosabb, rugalmasabb és ellenállóbb energiarendszer, amely hosszú távon is fenntartható és a fogyasztók aktív részvételére épít.



Köszönetnyilvánítás

Köszönjük szponzorainknak a rendezvény támogatását:



COMTECH



Vokony István köszöni a Magyar Tudományos Akadémia Bolyai János Kutatási Ösztöndíjának (BO/50/24) támogatását.

REGIONAL SESSION ON DATA DRIVEN DISTRIBUTION 2025



**Magyar
Elektrotechnikai
Egyesület**



Editor: Dr. Vokony István

Contributors: Erdei Márk, Uršula Krisper,

Dr. Szörényi Gábor, PhD., Ilias Zafeiropoulos,

Co editors: Juhász Kristóf Péter, Turcsányi Kristóf

Introduction

The Regional Session on Data-Driven Distribution (RSD3), held in January 2025, focused on the digitalization and data-centric transformation of distribution networks. Organized by the Hungarian Electrotechnical Association (MEE), the three-day event took place from January 28–30 at the FLOW Hotel & Conference Center in Inárcs, near Budapest. The conference brought together key stakeholders from the energy sector, attracting around 100 professionals from Hungary and across Europe, including Austria, Slovenia, Italy, and other countries.

The primary objective of the conference was to foster collaboration among distribution system experts, IT professionals, and regulatory stakeholders, facilitating a structured dialogue around the challenges and innovations in low-voltage networks. The energy transition, characterized by the growing penetration of renewable energy sources, the rise of e-mobility, and the increasing involvement of active consumers, calls for the development of new strategies by Distribution System Operators (DSOs). Addressing these complex issues requires enhanced cooperation and knowledge exchange across industry actors.

Unlike traditional professional gatherings, the RSD3 conference was deliberately designed to promote interaction and collaborative problem-solving rather than conventional lectures. The event was structured around four thematic tracks, which ran in parallel sessions over the three days.

Each session opened with a thought-provoking keynote address that outlined the key challenges and emerging trends

within the topic area, setting the stage for deeper discussion. This was followed by workshop-style group work, where participants tackled specific problems and contributed to developing potential solutions. At the conclusion of each session, moderators summarized the main takeaways, strategic directions, and remaining open questions.



1. Figure. RSD3 Opening Session

One of the notable innovations of the RSD3 event was the strong international presence and the presentation of best practice case studies, which significantly enriched the cross-border perspective. Each thematic section was chaired by a prominent industry expert: the Business section by Uršula Krisper (Elektro Ljubljana), the IT Technology section by Márk Erdei (iCONTEST), the Regulatory section by Dr. Gábor Szörényi (ERRA), and the International Projects block by Ilias Zafeiropoulos (UBITECH Energy).

The International Projects section highlighted global practices and insights from European R&D initiatives. The



Business track explored the development of new business models and strategies, particularly in the context of electric vehicle charging infrastructure and the commercial potential of low-voltage network observability. The Regulatory panel examined the alignment of market innovation with regulatory frame-

works, with special emphasis on flexibility services and the application of the regulatory sandbox concept. Finally, the IT Technology section addressed practical challenges in digital network operation, with a focus on digital twin technologies, artificial intelligence, and cybersecurity.

International Projects Session

The International Projects session centered on exploring how global best practices and the outcomes of European research and innovation initiatives can be leveraged to support domestic and regional grid development. Under the moderation of Ilias Zafeiropoulos (UBITECH Energy), participants gained a comprehensive overview of the European Union's *Horizon Europe* program and its strategic priorities in energy innovation.



2. Figure.
Presentation of international projects led
by Ilias Zafeiropoulos

The Horizon Europe program is designed to address climate change, contribute to the achievement of the United Nations Sustainable Development Goals, and enhance the EU's global competitiveness and economic resilience. It aims to strengthen the role of research and innovation in shaping and implementing EU policies while offering systemic responses to global challenges.

The session featured two international presentations. Lukas Kloibhofer presented a smart metering case study from Netz Niederösterreich, the DSO in Lower Austria. Ferdinando Bosco introduced the concept of the *European Data*

Space, highlighting its significance for data-driven collaboration and interoperability across the energy sector.

Research and Innovation Priorities of the European Union

The topic of data-driven distribution network development has attracted significant attention within the European research and innovation community. Numerous funding schemes have been launched in recent years, and several completed projects have delivered substantial results in this domain. Under Horizon Europe Cluster 5, new project calls are regularly published with a dedicated focus on advancing smart grid technologies.

The EU's research and innovation priorities related to energy system digitalization are structured into thematic clusters, offering a comprehensive overview of eligible and strategically relevant areas for funding. During the session, particular emphasis was placed on those priority areas that are most pertinent to the development and modernization of distribution networks.

Scientific Investigation of Climate Change

Climate change and the increasing frequency of extreme weather events are receiving growing international attention due to their profound impact on critical infrastructure. This scientific domain aims to advance the understanding of the Earth system, enhance the reliability and applicability of the

climate-related knowledge base, and contribute to global assessment efforts, such as those led by the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC).

In addition to research focused on climate change mitigation and pathways toward climate neutrality, adaptation has emerged as a crucial area of study – particularly through social and behavioral science perspectives. This includes multi-dimensional modeling of climate impacts, as well as climate education and awareness-raising efforts. Increasing emphasis is also being placed on forecasting extreme weather events and enhancing preparedness using advanced digital technologies.

Digital Innovation and Sustainability in the Transformation of the Energy System

The European electricity sector is undergoing a strategic transformation aimed at achieving climate neutrality and long-term sustainability.

A key area of focus is the development of a competitive, circular, and sustainable battery value chain within Europe. This includes advanced raw material processing, the development of next-generation materials, recycling technologies, research into lithium-ion and solid-state batteries, optimized manufacturing and testing processes, as well as the deployment of intelligent control systems.

There is growing interest in emerging breakthrough technologies that aim to enable zero or even negative emissions in both the energy and transport sectors. Although these solutions are often

high-risk, they offer the potential for significant impact and may serve as the foundation for a robust, innovative European technological base. Priority areas include power transmission and distribution, long-duration energy storage, and the development of novel generation and energy conversion methods.

In parallel, it remains crucial for Europe to maintain and strengthen its global leadership in renewable energy technologies. Particular emphasis is placed on solar, wind, hydro, biomass, and geothermal energy, as well as synthetic renewable fuels. In alignment with the RePowerEU initiative, reducing the EU's dependency on natural gas and enhancing the competitiveness of secure, cost-effective, and sustainable energy solutions are of strategic importance.

Increasing the flexibility, stability, and reliability of the power system is essential, especially in light of the growing share of variable renewable energy sources. To support this, innovative data-driven services must be developed for end-users, enabling active consumer participation in the energy transition. Additionally, ensuring cybersecurity and data protection, alongside the development of energy system-specific digital tools and technologies, remains a fundamental requirement.

Decarbonization and the Transformation of Transport Systems

The transformation of energy and transport systems – with a particular emphasis on sector integration and electrification – drew significant attention from the participants. Accelerating the development of Carbon Capture,

Utilisation and Storage (CCUS) technologies is considered a key enabler of decarbonization in both industry and power generation. Complementary measures such as the reuse of industrial waste heat, the integration of renewable thermal energy, and the electrification of industrial processes are also essential for reducing greenhouse gas emissions.

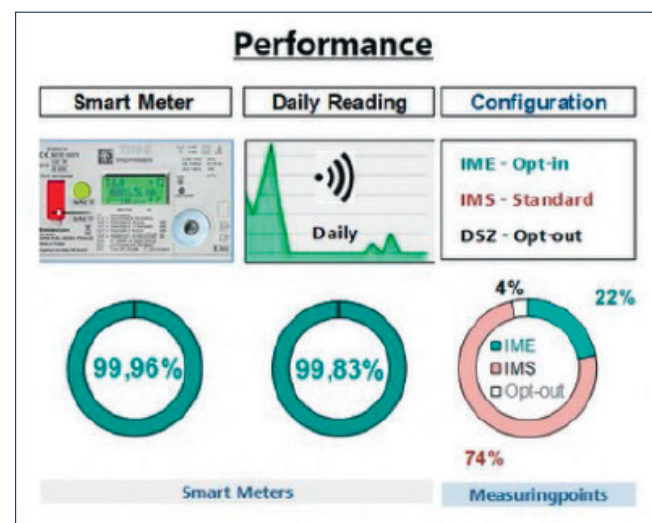
In the transport sector, efforts are increasingly directed toward full decarbonization, particularly in road, aviation, and maritime transport. The deployment of zero-emission vehicles, electric and hydrogen-powered aircraft, and low- or zero-emission shipping solutions is seen as critical. Additionally, smart and user-friendly charging technologies are gaining prominence. Climate-resilient multimodal transport infrastructure, automation, and the optimization of both urban and long-distance freight logistics are also being prioritized.

Special focus was placed on improving the safety and resilience of transport systems, alongside addressing their environmental and public health impacts. This includes enhanced emissions monitoring and the assessment of low-carbon fuel performance.

The ongoing digitalization across sectors is generating vast volumes of data, creating both new challenges and opportunities. Ensuring system interoperability is paramount, especially for electric mobility, heat pump-based HVAC systems, and battery management platforms. In this context, common European Data Spaces are indispensable for managing, processing, and leveraging industrial Big Data to enhance energy efficiency and accelerate cross-sectoral decarbonization.

International Use Cases

Guest speaker Lukas Kloibhofer presented the case study of Netz Niederösterreich, highlighting that since 2020, nearly 800,000 smart meters have been deployed across the region, covering over 99% of consumers. This comprehensive smart metering rollout has resulted in numerous operational benefits: it stopped the need for manual on-site meter readings, expedited administrative procedures, and enhanced real-time visibility into the network's status through data analytics. End users have also experienced several advantages, such as the introduction of dynamic tariff schemes and the establishment of energy communities, enabling peer-to-peer energy sharing and online access to consumption data. This case effectively illustrates how data-driven innovation can generate value for both network operators and consumers.



3. Figure.
Smart Meter Infrastructure of Netz Niederösterreich

In another international presentation, Ferdinando Bosco introduced the concept of a common European Energy Data Space, a novel decentralized and secure framework for sharing data generated within the energy sector. The model enables network operators and market

participants to create a shared data environment where relevant information can be exchanged while retaining full control over proprietary data. This approach facilitates regional grid optimization by integrating diverse datasets, thereby providing a more accurate and up-to-date understanding of grid conditions and market dynamics.

Workshop Outcomes and Future Directions

During the interactive workshop, participants in the international session collaborated to explore how the presented best practices could be effectively adapted to the domestic context. There was broad consensus that standardized data formats and comprehensive planning frameworks – such as the ENT-SO-E Ten-Year Network Development Plan (TYNDP) – provide a solid foundation for cross-border comparison and localization.

Several participants emphasized the importance of leveraging smart grid investments and digital solutions with the strategic objective of avoiding costly, capital-intensive infrastructure upgrades, particularly those aimed at relieving grid congestion and integrating renewable energy sources.

At the same time, participants highlighted that the national specificities must be carefully considered to ensure successful implementation. This calls

for a proactive and flexible approach from regulatory authorities, enabling the trial and deployment of emerging technologies and innovative business models. In this context, the concept of a regulatory sandbox was introduced – a controlled regulatory environment where companies can pilot novel solutions under temporarily relaxed regulatory conditions.

The discussion also underscored the need for targeted incentive mechanisms to support the integration of data-driven technologies into the power grid. The UK's RIIO-2 model and OFGEM's regulatory framework were cited as concrete examples, where system operators are financially rewarded not only for maintaining security of supply, but also based on their research, development, and innovation activities. This shift signals a move away from traditional asset-based regulation toward a performance-based, innovation-friendly regulatory environment, an approach currently being actively explored and debated across Europe.

The concluding insight of the session was that international collaboration and knowledge sharing – especially through data spaces – are critical for advancing digital grid development. There is no need for utilities to start from scratch when they can learn from the prior experiences of other stakeholders, whether those involve successful implementations or avoidable missteps.

Business Session

The business session focused on a central question: What new business models and strategic approaches are required for DSOs amid the radical transformation of electricity markets and the technological landscape?

The Evolving Role of DSOs

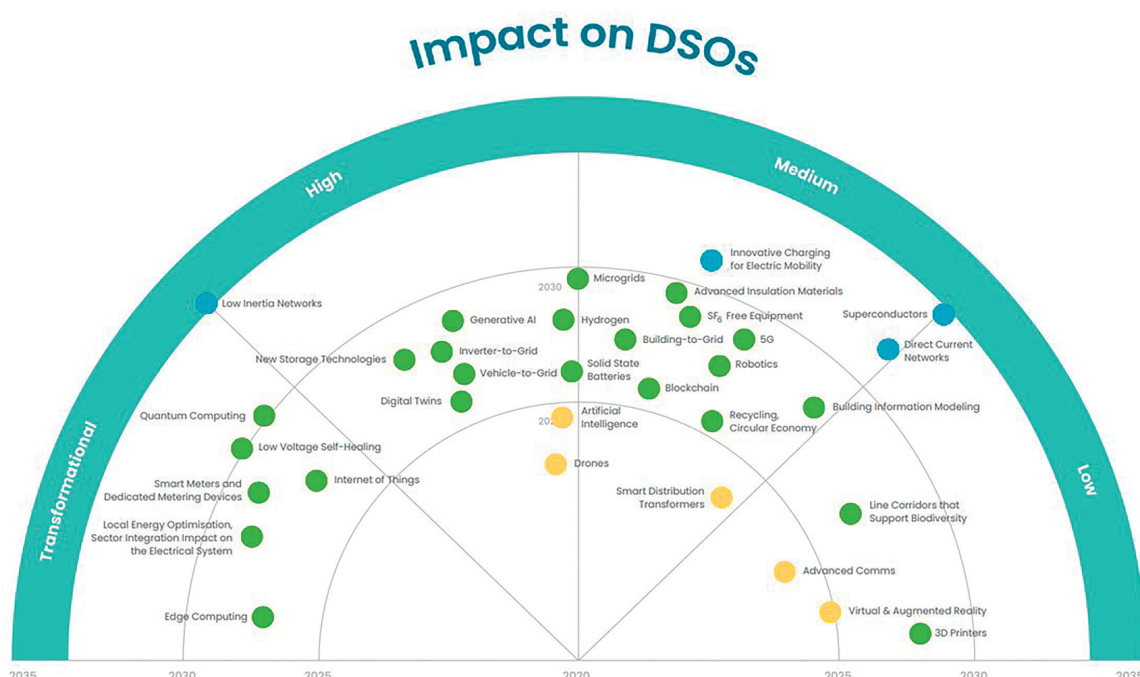
Uršula Krisper, Head of Innovation at Elektro Ljubljana (Slovenia), emphasized that the role of DSOs is undergoing a fundamental shift. From traditionally passive, infrastructure-focused utilities, DSOs are becoming active system managers playing a pivotal role in achieving the EU's 42.5% renewable energy target. This shift entails not only an expansion of responsibilities but a complete transformation of the underlying business model.

Digitalization lies at the heart of this transition, encompassing automation, smart metering, real-time system op-

erations, and advanced data analytics. The modern DSO model leverages smart meters capable of bidirectional energy flow measurement and near real-time data provision. These capabilities enable automated fault detection and resolution, digital customer engagement, and enhanced transparency.

As distribution networks become increasingly decentralized – with more intelligent devices, active customers, and emerging roles – the integration of advanced technologies, including behind-the-meter systems, becomes critical. The rise in network dynamism necessitates the development of new service models and revenue streams.

DSOs are expected to accommodate growing numbers of renewable energy producers, prosumers, EV charging infrastructure, and heat pumps. Projections indicate that by 2030, Europe will host over 30 million EVs and 60 million heat pumps, while approximately 70%



4. Figure. The second edition of the E.DSO Tech.Radar, published 3rd June 2024

of new renewable generation capacity will connect at the distribution level. While these trends present operational challenges, they also unlock new business opportunities for DSOs to deliver added value.

According to the EU Action Plan for Electricity Grids, distribution networks must be expanded, modernized, and made more intelligent through both hardware and software investments. DSOs will need to interconnect with decentralized resources, storage systems, prosumers, and increasingly engaged consumers more rapidly and flexibly than ever before.

In parallel, DSOs contribute to the EU's decarbonization agenda and play a vital role in enhancing the security and resilience of Europe's electricity system. Operating more than 10 million kilometers of electric lines and 4 million substations, DSOs represent the closest physical interface with end users, while also serving as major economic actors in terms of both investment scale and employment.

The Traditional DSO Business Model

The traditional business model of DSOs has centered on the maintenance and operation of the infrastructure required for electricity distribution. This includes the upkeep of power lines, substations, transformers, and metering systems. In parallel, DSOs must comply with stringent regulatory frameworks that are essential for maintaining their operating licenses and, in some jurisdictions, for avoiding penalties.

From a financial perspective, DSOs generate revenue through regulated tariffs designed to cover operational and main-

tenance expenditures while ensuring a reasonable return on investment. These costs are ultimately passed on to end users through electricity bills. The conventional model also encompasses customer-facing services such as metering, billing data provision, and network usage settlement.

However, this model is increasingly insufficient in the face of evolving industry dynamics. DSOs are now confronted with growing challenges in planning and justifying necessary investments, particularly those related to the deployment of smart grid technologies. Even when projects benefit from partial co-funding, such as through EU grants or public-private partnerships, securing regulatory approval for capital expenditures remains a significant bottleneck.

DSO Challenges

Among the most pressing tasks facing DSOs is the development of flexibility services, which are essential to enable more dynamic and efficient power system operation. In parallel, the introduction of new, dynamic network tariffs is necessary. These tariffs reflect actual grid usage and incentivize active consumer participation. Strengthening cooperation between Transmission System Operators (TSOs) and DSOs is also critical to ensure seamless integration of high- and medium-voltage systems with increasingly decentralized distribution networks.

Improved short- and long-term grid planning is another key priority, particularly considering the growing penetration of renewable energy sources and smart devices. Regulatory barriers must be addressed to allow DSOs to offer more innovative and flexible servic-

es and to keep pace with accelerating technological progress.

Enhancing visibility at the low-voltage network level is equally important. This enables better monitoring and real-time response to grid disturbances. Accurate planning and funding of both investment and maintenance needs are closely tied to this improved observability.

In the area of data management, the use of open data is gaining significance; however, compliance with the General Data Protection Regulation (GDPR) and the secure handling of sensitive information must remain a priority. The EU's Common European Data Space and the associated governance model provide a standardized framework for the secure and efficient sharing of energy-related data across stakeholders.

Moreover, full integration of Information and Communication Technologies (ICT) is a foundational requirement for DSO modernization. Without robust ICT infrastructure, the digitalization of electricity distribution networks cannot be realized.

Globally, several trends are shaping the future operations and strategies of DSOs. Chief among them are decentralization and the rise of distributed energy resources (DERs). These developments not only enhance grid stability but also promote “energy democracy,” whereby consumers become active market participants. Through digitalization and the growth of smart grids, advanced sensors, IoT devices, and real-time data analytics are optimizing energy production, distribution, and consumption – boosting both efficiency and reliability.

New business models are also emerging, such as Energy-as-a-Service (EaaS),

where customers pay not for equipment, but for energy-related services such as storage, energy management, or flexibility offerings. In addition, the expansion of e-mobility and Vehicle-to-Grid (V2G) technologies offers the potential for electric vehicles to feed power back into the grid during peak demand, contributing to system balancing.

Finally, the development of microgrids and advanced energy storage solutions – such as batteries and pumped hydro storage – enables the creation of localized, autonomous energy systems capable of maintaining reliable power supply even under critical conditions.

Business Case Studies

During the session, participants were introduced to the business aspects of digitalization through two concrete case studies.

A pilot project was presented which focused on the grid integration of EV charging. The aim of the project was to explore how EVs could actively contribute to voltage regulation and to assess the impact of large-scale EV charging on low-voltage networks. The findings suggest that controllable charging offers a technical opportunity to mitigate grid peak loads. However, the introduction of temporally and spatially differentiated tariffs raises both business and social dilemmas, particularly regarding fair treatment among consumers.

The second case study addressed the issue of low-voltage network monitoring. It demonstrated how network data from various sources – such as smart meters, solar inverters, and sensors – can be collected and integrated to support grid operation. A central theme of the

discussion was the commercial and legal usability of these data assets, with particular emphasis on who can access consumer data, under what conditions, and how this information can be leveraged to enhance operational efficiency in the distribution network.

Workshop Results and Future Directions

One of the central takeaways from the workshop was that the current regulatory environment remains one of the main barriers to the widespread adoption of innovative, flexible network services. Participants agreed that regulation must provide greater operational leeway for DSOs to develop new flexibility-based services. According to the workshop discussions, the renewal of business models should be driven primarily by a proactive transformation of the regulatory framework, for instance, through tariff structures that reward grid flexibility and encourage consumer engagement.

A strong need was also identified for the creation of a unified data governance framework that defines quality requirements and access rules for data used in the energy sector. Such a framework would help eliminate fragmented data management practices and pave the way for new, data-driven business opportunities.

Participants also reviewed the second edition of the E.DSO Tech Radar, published on June 3, 2024. The document outlines how to ensure the reliability of Europe's electricity supply and how consumers can become active players in the energy system. The Tech Radar summarizes the key technological directions and trends required for a digital and sustainable future, which are essential for the development of modern distribution networks.

To close the session, the moderator emphasized the importance of adopting international best practices and maintaining continuous knowledge exchange among companies. Distribution system operators must strengthen collaboration not only with regulatory authorities but also with each other to co-develop mutually beneficial solutions.

The workshop concluded with three concrete recommendations for next steps:

- ▼ Clarify the roles and responsibilities of DSOs;
- ▼ Enhance regulatory and financial incentives to support grid investments;
- ▼ Deepen European-level cooperation to effectively share best practices.

Regulatory Section

During the regulatory session led by Dr. Gábor Szörényi, participants explored how to align market-driven innovations with increasingly demanding regulatory expectations. As the energy transition accelerates, significant pressure is being placed on existing regulatory frameworks. At the same time, there is a growing need to expand and modernize electricity networks, while system operators continue to operate under price regulation and reliability requirements.



5. Figure. Presentation on regulatory issues by Dr. Gábor Szörényi

The European regulators represented by ACER and CEER agree that electricity networks today face unprecedented challenges. These include the rising demand from e-mobility, electric heating and cooling, as well as the increasing integration of renewable energy sources. To manage these challenges, network capacity expansion is essential. At the same time, regulators emphasize the importance of exploring all innovative technological solutions and services, especially those that are faster and more cost-efficient than traditional grid development methods.

From a regulatory standpoint, the integration of flexibility services and the active participation of consumers in responding to grid conditions are seen as key tools for optimizing both network operation and development. Throughout the energy transition, DSOs will increasingly rely on DERs, and on enhancing grid visibility and controllability. These capabilities may allow certain investments to be deferred or in some cases, avoided altogether.

DSO and Regulatory Perspectives in the Energy Transition

According to Eurelectric's "Grid for Speed" study, meeting the development needs of Europe's distribution network infrastructure will require annual investments of €67 billion between 2025 and 2050. From the perspective of DSOs, this implies nearly doubling current annual investment levels. However, the study also points out that strategic use of investment approaches and technologies – such as leveraging flexibility services or accepting anticipatory investments – can partly reduce the overall investment need.

DSO Operational, market facilitation and co-ordination aspects of the Energy Transition

Grid observability and monitoring are top priorities for DSOs, forming a fundamental prerequisite for future network management and effective TSO–DSO cooperation. However, this essential condition is not yet fully in place. The smart grid concept envisions a more digital, communicative network in which DSOs design and operate the physical infrastructure alongside its digital twin. This intelligent grid serves

as the technological foundation for flexibility services, enabling dynamic, real-time network management instead of relying solely on traditional forecasting methods and worst-case scenario planning.

DSOs play a market-shaping role in the utilization of flexibility resources, which spans several key dimensions. These include managing flexibility-related data and the need for standardized data exchange protocols. Equally important is the procurement and application of flexibility capacities, which can originate from various sources: the DSO's own assets, connection agreements, dynamic network usage tariffs, or market-based flexibility procurement. Smart solutions such as EV charging and energy communities also fall into this category, as they can optimize their flexibility (production, consumption) based on real-time data.

Effective TSO-DSO coordination requires careful consideration of how to avoid or manage potential conflicts – particularly between TSO and DSO congestion management, and between balancing services and DSO congestion mitigation. This necessitates the establishment of appropriate data exchange mechanisms, both at the level of static master data and real-time operational data. Such collaboration is essential to achieving a successful and cost-effective energy transition.

Legal aspects

The recent regulatory developments in the European framework fundamentally influence the current operations and future strategic planning of DSOs. These measures aim to establish more unified and harmonized frameworks for the management and exchange of energy data.

The current and proposed legal instruments include:

- ▼ Data Act,
- ▼ Digitalising the energy system – EU action plan,
- ▼ Regulation on improving Union's Electricity Market Design (EMD),
- ▼ Regulation on interoperability requirements and non-discriminatory and transparent procedures for access to metering and consumption data,
- ▼ Digitalising the energy system – EU action plan (Smart Energy Working Group – 'Data for Energy' (D4E) working group),
- ▼ Demand Response Network Code (draft).

Regulation (EU) 2024/1747, which aims to enhance the European Union's electricity market design (EMD), introduces several key new provisions. These include rules and requirements related to dedicated metering devices, the management of flexibility, as well as methodologies for tariff design and the assessment of flexibility needs. Regarding tariffs, the regulation mandates that the tariff system must provide regulatory incentives to reduce system operator interventions and network development costs, alongside the introduction of performance-based objectives.

Directive (EU) 2024/1711, also designed to improve the EU electricity market design, contains important new elements affecting the operation and governance of DSOs. It enables DSOs to independently measure and supply consumer devices and supports energy sharing and the energy sharing organizers.

Commission Implementing Regulation (EU) 2023/1162, which governs interoperability requirements, non-discrim-

inatory and transparent procedures for access to metering and consumption data, also includes several operational elements that shape DSO activities. Notably, it mandates the establishment of a national reference model defining the identification and responsibilities of actors such as metering data managers. Furthermore, member states are required to notify the European Commission of their national practices by July 5, 2025, at the latest.

The primary objective of the “Digitalising the Energy System – EU Action Plan” is to reduce legal uncertainty arising from the diverse national regulations on access to energy data. Lack of interoperability – that is, the technical barriers to accessing and exchanging data between devices and organizations – has been identified as the principal operational obstacle. The action plan aims to create a common European energy data space and establish its governance framework through a coordinated European regulatory system, ensuring the sharing and utilization of energy data.

The European Commission has reorganized the Smart Grids Task Force (SGTF), now renamed the Smart Energy Expert Group, which includes all member states and other relevant stakeholders. Its mandate has been expanded to include a new data management responsibility carried out by the recently formed Data for Energy (D4E) expert group, which has published fundamental principles for establishing a common European energy data space. Some key principles include:

- ▼ Access to non-personal and/or anonymised energy data needs to be made available to all relevant parties, based on the consent of the data own-

ers and while observing technical data protection needs and confidentiality requirements. Data monopolies need to be avoided. .

- ▼ Cybersecurity and personal data protection are an intrinsic part of the approach.
- ▼ EU data sovereignty principles are duly observed, with data being able to flow within the EU and across sectors.
- ▼ The use of open application programme interfaces (APIs) should nonetheless be the norm, facilitating the exchanges of real-time data.

In 2024, one significant conclusion from the European Commission’s Energy Infrastructure Forum (the so-called “Copenhagen Forum”) was:

“The Forum welcomes the progress done and requests ACER, CEER and national regulatory authorities, in cooperation with ENTSO-E and EU DSO Entity, to fully develop an agreed EU catalogue of output (supported by input) indicators for smart grids at all voltage levels and present it to the next Forum meeting.”

Regulatory aspects

The regulation of data exchange and flexibility functions of DSOs is becoming increasingly prominent in European energy policy. In some member states, National Regulatory Authorities (NRAs) are already involved in these processes, although their roles and competences are often limited. Specific regulations addressing flexibility data exist only in a few countries; however, based on ongoing EU-level legislative developments, the role of NRAs in this domain is expected to expand.

Since data exchange is a central element of grid digitalization and a key enabler for accessing flexibility services, regulatory bodies face a critical responsibility, particularly regarding the monitoring and evaluation of DSO performance. Currently, the Council of European Energy Regulators (CEER) does not recommend full harmonization of data exchange at the EU level but is actively examining how this emerging responsibility evolves at the DSO level and the types of regulatory interventions implemented across different countries.

At the beginning of 2024, NRAs prioritized participation in EU-level initiatives such as the draft Demand Response Network Code, the development of new electricity market structures, and the implementation of the Clean Energy Package. In June 2024, ACER and CEER published a consultation paper on smart grid performance indicators for transmission and distribution networks. The proposal recommends the application of a set of common indicators across all member states, supplemented by additional indicators tailored to national specificities. Output indicators measure goal attainment and value creation, while input indicators describe the resources and capabilities necessary to achieve results. Although regulators primarily focus on output indicators to assess network operators' performance, analyzing the relationship between costs and outcomes is also essential. Therefore, network operators should adopt a bottom-up approach – identifying the most relevant functions and inputs that effectively maximize results and value creation – and present concrete, measurable outputs linked to these inputs.

In March 2025, ACER submitted the draft Demand Response Network Code

to the European Commission, which impacts DSOs' data management and exchange tasks in several respects. The regulation requires system operators to develop national regulatory proposals involving all relevant stakeholders. Objectives include simplifying access to balancing and local services, avoiding duplication in prequalification processes, and utilizing data from dedicated metering devices. System operators must coordinate access to all available resources – whether local or, if applicable, balancing services – and ensure optimal selection and activation of resources. Data exchange requirements should be defined based on the size and characteristics of the service-providing units, connection voltage level, and nature of the services.

This regulatory and legislative framework is expected to provide appropriate incentives and establish a clear, stable regulatory environment for network operators. It supports the development of national regulatory conditions, the deployment of smart grid solutions, the implementation of data-driven network management, and the efficient exploitation of flexibility service potentials.

Challenges and Potential Solutions

The development and operation of distribution networks are facing increasingly complex challenges due to surging connection demands, the need for more efficient utilization of existing infrastructure, enhanced consumer engagement, and the acceleration of digitalization. As the number of connection requests grows, more dynamic and efficient network planning methodologies are required, along with improved coor-

dination to accommodate new grid connections. At the same time, ensuring that network tariffs remain affordable – particularly for industrial consumers – is of paramount importance.

One potential solution to address this challenge is the adoption of a new, dynamic network planning approach based on digital twin technology. In parallel, it is recommended to initiate a temporary exemption from quality-of-supply requirements through a regulatory sandbox framework, and to engage regulatory authorities – based on the Electricity Market Design (EMD) reform at the EU level – to recognize that tariff methodologies must reflect the fixed costs of system operators. These methodologies should take into account both capital and operational expenditures to provide appropriate investment incentives in both the short and long term. This includes anticipatory investments, which are essential for improving overall efficiency, including energy efficiency.

To unlock greater potential from existing infrastructure, it is necessary to enhance grid observability and expand the deployment of digital and communicating network components. This includes real-time identification of congestion and voltage issues, alongside the integration of grid-friendly flexibility mechanisms. These goals can be achieved by deploying voltage and current sensors and smart meters at various network levels. Smart meters provide not only consumption data but also enable the generation of voltage and load profiles, which is particularly valuable for network operation. Moreover, making data from small-scale residential PV producers accessible to DSOs further supports their operational goals and strategic objectives.

Pilot projects that test smart grid components, data infrastructures, and flexibility platforms must be accelerated and translated into operational practice within an ambitious implementation timeline. Clear Key Performance Indicators (KPIs) should be defined to measure success. To support this, DSOs must establish and operate data collection and management systems for network diagnostics, as well as simulation models based on real-time measurements. These tools are essential for enabling data-driven decision-making processes.

Integrating consumers into network operations is also a key priority. This new technologies and innovative operating models, such as legal frameworks for energy sharing, and the ability for aggregators, energy storage systems, energy communities, and end-users to provide flexibility services to DSOs. Such developments necessitate a fundamental shift in the operational mindset of DSOs – moving beyond traditional modes of operation toward collaborative engagement with demand-side actors. It also entails involving consumer advocacy bodies and adopting consumer-centric data management and metering regulations.

The digitalization of network operations serves multiple strategic purposes, including more efficient network management, the functioning of flexibility markets, and enhanced coordination between transmission and distribution system operators. A critical consideration throughout this process is the prevention of data monopolies, a core principle of the EU's "Digitalising the energy system" action plan. DSOs must comply with the newly adopted interoperability regulation, which mandates transparent and non-discriminatory access to metering and consumption data.

Furthermore, DSOs must actively contribute to national-level implementation reports of the EU's reference architecture model, including the identification of specific roles such as metering data administrators, metering point administrators, data access providers, and authorization administrators.

The role of DSOs in data exchange is also evolving significantly. Under the proposed Demand Response Network Code, system operators will be responsible for drafting national-level regulatory conditions applicable to flexibility service providers. The overarching goal is to facilitate access to local flexibility services, establish rules governing the use of data from dedicated metering equipment, and ensure that each system operator can access relevant data from other operators when necessary. This is essential for assessing network status, predicting and identifying congestion and voltage issues, and implementing corrective actions. DSOs should not wait for final regulatory decisions but should proactively begin developing the necessary data exchange protocols in accordance with forthcoming EU legal requirements.

Finally, assessing flexibility needs has become a formal responsibility of DSOs under the revised EMD. The EU DSO entity is tasked with developing a common methodology to support this assessment process, enabling DSOs to evaluate their flexibility requirements in a harmonized manner. Regulatory performance evaluations will primarily focus on output indicators, although DSOs are encouraged to propose complementary input indicators and establish clear, evidence-based linkages between inputs and measurable outcomes. Accordingly, DSOs must not only address current challenges but also prepare for their expanding future responsibilities.

Potential questions for self-checking

As digitalization progresses and distribution networks grow in complexity, the regulatory framework plays an increasingly critical role in ensuring the effective and transparent utilization of data. A pressing concern is how regulatory authorities can support the sharing, reuse, and regular updating of available – or potentially available – data through appropriate instruments and obligations. Transparent data governance and the development of interoperable data structures are essential preconditions for enabling innovation and scalability in the energy sector.

The recently adopted EU regulation aimed at improving electricity market design introduces several legal and operational provisions intended to promote the deployment of new technologies and innovative services. However, it remains to be assessed whether the practical implementation of these regulatory measures effectively incentivizes collaboration among stakeholders, supports the scaling of grid innovation, and ensures balanced access to market opportunities.

Particular attention should be given to EU-level regulations concerning interoperability requirements and the guarantee of non-discriminatory and transparent access to metering and consumption data. The practical implementation of these provisions – as well as the forthcoming Demand Response Network Code – may present considerable challenges, especially in Member States where digital infrastructure maturity or the data-sharing culture lags behind EU expectations. It is therefore vital to evaluate whether these European regulations are sufficiently clear

and enforceable, and to identify any technical, legal, or institutional barriers that may hinder their effective implementation.

To align grid performance, security of supply, and economic efficiency, it is imperative to establish regulatory frameworks that provide appropriate incentives for both network operators and market participants. Key components of such frameworks include performance-based incentive regulation, dynamic pricing mechanisms, and the introduction of innovation-friendly cost recognition models.

Workshop Results and Future Directions

To meet current and forecasted electricity demand, the volume of grid investments across Europe must double in the coming years. However, it is evident that traditional infrastructure expansion methods – such as constructing new lines and transformers – do not represent a sustainable solution on their own, as the associated costs exceed the tolerance thresholds of both consumers and investors. Consequently, regulators must promote innovative and flexible grid operation strategies that enable more efficient resource utilization and cost optimization.

One such approach involves the market-based procurement of flexibility services. This entails DSOs purchasing flexibility from end users – such as temporary reductions in their consumption or generation and other operational difficulties (network congestion, voltage problems) – to mitigate peak load stress. Expert insights emphasize that effective regulation must evolve in parallel with technological advancement,

which brings increasingly complex actor structures and dynamic operational interactions.

Traditional regulatory frameworks often struggle to accommodate new entities such as energy communities and prosumers. To support the integration of flexibility and innovation, the application of regulatory sandbox environments has been proposed. These allow for temporary exemptions from specific regulatory requirements to test new technologies and business models. A successful example is the United Kingdom's RIIO model (Revenue = Incentives + Innovation + Outputs), which links network companies' revenues to innovation, performance incentives, and measurable outcomes, as opposed to rigid cost-based regulation.

A particularly critical area is ensuring access to data and guaranteeing interoperability. European regulations mandate that all relevant grid operation data must be accessible to stakeholders, including real-time data exchange between TSOs and DSOs, large consumers, and decentralized producers. Achieving this requires clearly defined responsibilities for data owners and data handlers.

Gábor Szörényi highlighted that it is unrealistic to expect regulators to define every operational detail in advance – network actors must actively contribute to shaping the regulatory framework. One possible instrument is the development of national-level recommendations that define the operating conditions for service providers offering flexible capacity. These documents should ideally be developed proactively, based on consensus within professional associations, thereby anticipating formal regulation

and ensuring the integration of practical considerations.

The regulatory panel discussion raised several open questions requiring further expert dialogue. These include how to effectively engage consumers, aggregators, and energy communities in flexibility markets without compromising the security of grid operations. Another key issue is the potential need for new measurement and reporting obligations to allow DSOs real-time visibility into the activities of small-

scale producers and storage systems. Additionally, the panel explored how to redesign the tariff system to simultaneously secure funding for grid development and incentivize efficient operations.

While the conference did not provide immediate answers to these questions, initiating dialogue around them highlights the need for a regulatory environment that can respond dynamically to the accelerating transformation of the energy system.

IT Technology Solutions Session

Chaired by Márk Erdei, the session aimed to explore the digital foundations necessary for distribution networks, identify weaknesses in current IT systems, and facilitate the collaborative development of potential improvement pathways.



6. Figure.
IT Technology Solutions Session led by Márk Erdei

The program combined a keynote-style presentation with interactive, group-based discussions. The introductory presentation used a striking analogy: it depicted the ideal smart grid of the future – one based on a data-driven, flexible, autonomous, and reliable system – and contrasted it sharply with the present reality.

Following this, participants engaged in three working groups to delve deeper into the challenges and to search for viable solutions. The group reports presented concrete ideas and action-oriented proposals aimed at addressing the issues discussed.

Digital Requirements for the Future Energy Grid

The transformation of the electricity system – driven by decarbonization, de-

centralization, and digitalization – introduces new demands for distribution networks. The distribution grid of the future can no longer remain a passive infrastructure. Instead, it must evolve into a resilient, intelligent, and adaptive platform capable of handling increasing system complexity, integrating renewable energy sources, and enabling active prosumer participation. Critically, this transformation must not compromise the system's reliability and security.

Through the keynote presentation and the subsequent interactive discussions held in this session, a shared vision of the future distribution grid began to take shape. According to this vision, the distribution network of the future must be:

- ▼ Data-driven: Operational and strategic decisions must be based on real-time, high-resolution, and trustworthy data.
- ▼ Automated and self-healing: The grid should autonomously detect and respond to faults or changes.
- ▼ Flexible and scalable: Systems should support future business models, regulatory shifts, and variable energy flows.
- ▼ Reliable and resilient: Infrastructure must handle both physical disturbances and cybersecurity threats.
- ▼ Integrated and decentralized: Seamless orchestration of distributed energy resources (DERs) and storage.
- ▼ Digitally mature: Adoption of technologies such as AI, IoT, cloud computing, and Digital Twin environments.

Achieving this level of advancement requires a comprehensive IT transfor-

mation along the following strategic directions:

- ▼ Modular and interoperable architectures to replace monolithic legacy systems.
- ▼ Secure-by-design principles, embedding cybersecurity at every layer.
- ▼ Advanced analytics for real-time decision-making and predictive insights.
- ▼ Customer enablement, including user-centric tools for prosumers and digital service platforms.

This vision is not merely a desirable goal – it is a foundational prerequisite for the operation of the future electricity system. Without targeted IT development, the distribution grid will be unable to fulfill its pivotal role in enabling sustainable, flexible, and efficient energy systems.

The Harsh Reality of Today's IT Landscape

While the vision for the future energy grid is becoming increasingly clear, the current state of IT systems within DSOs often stands in stark contrast to this vision. Participants in the session unanimously agreed that today's IT landscape more closely resembles a "patchwork quilt of chaos.". Several systemic issues were identified, these issues not only hinder progress but also undermine the long-term efficiency and stability of network operations.

One of the most critical challenges stems from outdated and fragmented system architectures. Some European DSOs operate between 50 and 200 separate IT systems, many of which lack adequate interoperability. Instead of

unified, scalable platforms, legacy SCADA systems from the 1990s, manual Excel-based integrations, and point-to-point communication solutions are still in use. This legacy environment results in unstructured operations requiring constant maintenance and failing to meet the requirements of modern grid management.

SILOES Disconnected systems and databases	SECURITY Vulnerable systems and infrastructure	INACCURATE DATA Sporadic, inaccurate, disconnected data
AGING SYSTEMS Fighting to keep up with modern standards and interfaces	LEGACY PROCESSES Manual processes and informal channels.	PATCHWORK Short term solutions and regulatory requirements get priority

7. Figure. Key Issues in the DSO's IT System

This fragmentation also affects data management. There is no real-time data exchange across departments, often resulting in inconsistent, redundant, or outdated databases. As a consequence, grid-related decisions are frequently based not on the actual state of the network, but on incomplete or contradictory information.

Despite the proliferation of digitalization, cybersecurity remains underprioritized. Compliance-focused, checklist-driven approaches are insufficient to counter rapidly evolving threats. Such environments are highly vulnerable, exposing DSOs to serious operational disruptions and data integrity risks.

Integrating prosumers represents another significant challenge. Existing IT systems are ill-equipped to manage bidirectional energy flows, fluctuations from photovoltaic systems, peak loads from EV charging, or the seamless grid integration demanded by these trends.

The volume of available data is expanding rapidly, particularly with the growing deployment of smart meters, sensors, and IoT devices. However, many DSOs still lack the analytical capabilities necessary to process this data. Real-time decision-making remains unattainable, and the decisions that are made often rely on outdated or incomplete datasets.

The continuous evolution of the regulatory landscape also complicates IT system development. Compliance tracking is frequently conducted through manual, time-consuming processes, increasing the risk of errors and reducing operational efficiency. Although DSOs are expected to adapt quickly to changing rules, reliance on manual methods persists, which in turn raises the risk of regulatory penalties, lowers performance efficiency, and can even damage corporate reputation.

Finally, human resource challenges are also considerable. There is a growing shortage of IT professionals who possess both legacy system knowledge and the skills to implement modern technologies. An aging workforce exacerbates these capacity issues, leading to delays, quality concerns, and increased organizational strain.

Collaborative Diagnosis: Group Challenges and Insights

Following the keynote-style introduction, participants of the IT Technology session broke into small working groups to analyze current pain points and outline future directions. The interactive format encouraged open discussion, peer exchange, and collective

problem solving. Three groups shared their findings at the end of the session, highlighting a range of technical and organizational challenges, along with potential responses.

The first group examined communication technologies, demand-side management (DSM), and system complexity. Special attention was given to the analysis of smart meter communication technologies, with a focus on PLC, LoRa, RF, and cellular network solutions. In the short term, replacing outdated ripple control systems remains a key objective within DSM and demand-side response (DSR). Over the longer term, integrating consumers into Home Energy Management Systems (HEMS) is considered a central goal. As IT complexity in system operations continues to grow, more specialized expertise is required, yet the ongoing shortage of skilled personnel significantly hampers both development and troubleshooting processes.

The second group explored data categorization, system architecture design, and redundancy considerations. Classifying data was identified as a prerequisite for relevant data processing and advanced analytics. Digital twin-based approaches gained prominence for both simulation and operational support purposes. Regarding architectural models, the group assessed the advantages and drawbacks of centralized versus microservice-based system architectures. A critical challenge remains in balancing resilience and redundancy with manageability and operational efficiency when designing future system architectures.

The third group concentrated on the future role of network monitoring and predictive analytics, particularly in the context of data collection at medium-

and low-voltage (MV/LV) levels. They proposed that all domestic DSOs should consider launching pilot projects targeting ten selected MV/LV transformer zones. The goal would be to identify network congestion and voltage anomalies, and subsequently use the collected data to develop predictive models. The models' accuracy and practical utility could then be validated by comparing them against real-world grid performance results.

Collectively, the group discussions confirmed that modernizing the IT systems of distribution networks is an urgent and unavoidable task. However, participants emphasized that success is not solely dependent on technological vision. Scalable architectures, a well-trained workforce, and system-wide interoperability were identified as critical enablers for long-term progress.

Strategic Recommendations

According to the consensus of participants in the IT session, incremental modifications to the current IT systems are no longer sufficient to meet the demands arising from the transformation of the power system. Establishing a future-proof distribution network requires comprehensive, interdependent strategic actions. Based on the presentations and group discussions, several key directions have been identified to guide this transformation.

The modernization of outdated, monolithic platforms must be prioritized, with a shift toward flexible, modular, and interoperable architectures. This includes the adoption of cloud-based solutions, which enhance scalability

while reducing integration complexity. Furthermore, designing systems with an API-centric and event-driven approach is essential to ensure real-time operational capabilities.

Cybersecurity must become an integral part of system architecture from the earliest design stages. Moving beyond compliance-based checklists, proactive and risk-based security models are needed. By applying the "secure by design" principle, security functions can be embedded into the system during development, making them a native component of the infrastructure. Additionally, DSO-specific protocols and incident response playbooks should be developed to improve resilience against cyber threats.

Real-time data acquisition and analytics capabilities must also be significantly enhanced. New infrastructure is needed to support continuous monitoring, forecasting, and control of network conditions. Digital twin methodologies can serve both simulation and operational decision-making purposes. Simultaneously, investments in artificial intelligence and machine learning are crucial, particularly to build predictive capabilities that improve the quality and timeliness of decisions.

A critical strategic need is the alignment of business, IT, and regulatory strategies. Rather than isolated, department-level initiatives, integrated, cross-functional collaboration must be encouraged. IT systems must be designed with built-in adaptability to regulatory changes, ensuring that compliance efforts are not hindered by technological limitations. Moreover, engaging in proactive dialogue with regulatory authorities can help establish a more innovation-friendly regulatory environment.

Finally, distribution IT systems must be equipped to accommodate the growing number of prosumers. This includes enabling the seamless integration of DERs, as well as investing in customer-facing digital tools and data access capabilities. The systems must support bidirectional, real-time energy flows and incorporate customer-side forecasting and participation in system operations.

These strategic directions are not isolated measures, but rather interconnected and synergistic components of a resilient digital foundation. Distribution system operators must not simply adapt to the ongoing changes; they must become active, system-level agents of transformation, ensuring that every IT-related decision contributes to the development of a smarter and more sustainable energy network.

Workshop Results and Future Directions

The transformation of the energy system is already underway, and distribution networks can no longer postpone development. At the intersection of digitalization, decentralization, and decarbonization, DSOs have reached a turning point where the challenge is not only maintaining competitiveness, but ensuring basic operational viability.

Insights shared during the IT session of the RSD3 Conference clearly highlight that the current operational model is unsustainable. Legacy systems, fragmented data structures, outdated cybersecurity approaches, and a shortage of skilled professionals collectively hinder the realization of an adaptive and intelligent grid.

In contrast, a clear strategic direction is emerging that can ensure the future functionality of the energy system. The implementation of modern, modular IT architectures, the integration of cybersecurity into system design, the prioritization of real-time data utilization, and targeted investments in human resources are not optional, these are essential prerequisites.

The grid of the future must provide more than just electricity, it must also deliver intelligence, flexibility, and reliability. Achieving this is not solely a technological matter; it is a structural task that requires cross-sector collaboration.

This summary should be interpreted as a call to action for DSOs, technology providers, regulators, and innovation actors alike. Instead of isolated, piecemeal solutions, a unified, future-oriented digital transition is required, one that not only makes the energy system smarter, but also structurally more robust.

Executive summary

The RSD3 (Regional Session on Data Driven Distribution) conference, held in January 2025, focused on the digitalization and data-driven development of electricity distribution networks. Organized by the Hungarian Electrotechnical Association, the three-day event (28–30 January, Inárcs, Hungary) brought together around 100 experts from Hungary and across Europe, including key stakeholders of the energy sector. The conference's goal was to unite distribution system operators (DSOs), IT specialists, and regulatory decision-makers to discuss current challenges and innovations in low-voltage networks. The rise of renewable energy sources, the spread of e-mobility, and the increasing engagement of active consumers (prosumers) all demand new strategies from DSOs – strategies that require close industry cooperation and knowledge sharing. Reflecting this need, the conference format emphasized interactive workshops over traditional lectures. The program was structured into four parallel thematic sections – International Projects, Business Models, Regulatory Issues, and IT Solutions – each opened by a keynote talk to frame the key challenges and trends, followed by group workshop sessions. Moderators concluded each section by summarizing the key findings and open questions, fostering a shared understanding. A notable aspect of RSD3 was the strong international presence and best-practice case studies presented, which reinforced a global perspective.

International Projects

This section examined how global best practices and European R&D project re-

sults can be leveraged in local and regional grid development. Participants, led by an EU project expert, reviewed the EU's Horizon Europe program priorities in energy innovation – aimed at fighting climate change, achieving the UN Sustainable Development Goals, and boosting EU competitiveness. Two international case studies were highlighted: one detailed a successful large-scale smart metering rollout in Lower Austria (Netz Niederösterreich) and the benefits of near-complete smart meter coverage, while another introduced the concept of a European Energy Data Space for sharing and utilizing consumer and network data. It became clear that data-driven distribution development is of broad interest across Europe: numerous funding programs support smart grid innovation, and many EU projects have already delivered significant results in recent years. The takeaway was that Hungarian and regional DSOs can greatly benefit from adopting the insights of international projects and from continuous European knowledge exchange – there is no need for each operator to “reinvent the wheel” when proven solutions and experiences from others are available.

Business Models

The business section focused on what new business models and strategies DSOs need amid a radically changing electricity market and technological landscape. Industry leaders emphasized that the DSO's role is fundamentally shifting: formerly passive “wires companies” are becoming active system managers, instrumental in achieving renewable energy targets. This shift entails not just additional tasks but a

complete transformation of the DSO business model. Digital transformation for DSOs centers on automation, smart metering, real-time systems, and big data analytics; a modern DSO deploys smart meters capable of measuring two-way energy flows and providing near real-time data, enabling faster automated fault response and even digital customer services. As distribution grids become more decentralized and dynamic, new service models and revenue structures are needed. DSOs must connect an ever-growing number of renewable generators, prosumers, EV chargers, and other devices – forecasts for 2030 project over 30 million EVs and 60 million heat pumps in Europe, with roughly 70% of new renewables connecting at the distribution level. This trend presents substantial challenges but also opportunities for DSOs to create new value, by enabling flexibility and integrating these resources. New business opportunities discussed included the Energy-as-a-Service (EaaS) model, where consumers purchase energy services (such as storage, energy management or flexibility) instead of assets. Additionally, the rise of e-mobility and Vehicle-to-Grid (V2G) systems opens possibilities for EV batteries to feed energy back into the grid, helping balance peak loads. The section featured two business case studies: one was a pilot project on integrating electric vehicle charging into the grid, which found that controlled charging can technically mitigate peak loads, although implementing time- and location-differentiated tariffs raises business and social dilemmas (particularly around fairness among consumers). The second case focused on low-voltage grid monitoring and how data from various sources – smart meters, solar inverters, sensors – can be aggregated to support operations. A central issue was the business

and legal utilization of data assets: who can access consumer data and under what conditions, and how such data can be used to run the grid more efficiently. A key outcome of the workshops was the consensus that the current regulatory environment remains one of the biggest barriers to scaling up innovative, flexible network services. Participants agreed that renewing DSO business models must be driven by proactive regulatory reforms – for example, introducing tariff structures that reward network flexibility and consumer cooperation. The need for a unified sector-wide data governance framework was also raised, to define data quality and access rules and to break down siloed data practices, thereby opening the door for new data-driven business opportunities. Overall, it was highlighted that adopting international best practices and continuous DSO-to-DSO knowledge sharing are crucial for a successful digital transition in the business domain.

Regulatory Issues

This section explored how to reconcile market innovations with growing regulatory expectations. The accelerating energy transition – with vast numbers of new renewables, EVs, and active consumers coming online – is straining traditional regulatory frameworks, while DSOs still operate under price regulation and strict reliability standards. Participants reviewed recent European regulatory developments that significantly impact current and future DSO operations and investment strategies. Key topics included the regulation of flexibility services and the use of a regulatory sandbox approach to encourage innovation. A sandbox provides a controlled regulatory environment where companies can test new technologies and business models under temporarily relaxed rules. A concrete exam-

ple discussed was the UK's RIIO model and Ofgem's framework, where network operators' revenues are linked not only to supply security but also to their R&D and innovation efforts – a notable shift away from traditional cost-of-service regulation. At the EU level, there is a push for performance-based incentives in network regulation: for instance, new EU rules mandate that tariff systems should incentivize reducing grid intervention and development costs, and introduce performance targets for network companies (e.g. reliability, innovation). The European Commission is also working towards a harmonized regulatory framework for energy data sharing and usage, as seen in the revitalization of the Smart Grids Task Force and related data initiatives. The section concluded that the rigidity of current regulation is a primary obstacle to implementing innovative grid solutions at scale. Evolving the regulatory framework is essential to give DSOs greater flexibility and incentives to develop new, flexibility-based services and business models. This may involve the performance-based and sandbox mechanisms noted above, as well as rethinking tariff design to better reflect actual network usage and reward desired outcomes. Participants stressed that without removing regulatory constraints, DSOs cannot keep pace with technological progress. In summary, the need for international cooperation and knowledge-sharing on regulation was emphasized – much like in other areas, regulators and DSOs can learn from each other's experiments and avoid starting from scratch when good solutions already exist.

IT Solutions

The IT section addressed the practical challenges and solutions for digital network operations, with focus areas

including digital twin technology, artificial intelligence (AI) applications, and cybersecurity. It was evident that incremental tweaks to existing IT systems are no longer sufficient to meet the demands of the rapidly transforming power system. After a keynote outlining state-of-the-art trends, participants worked in groups to map current IT challenges, concentrating on three domains: (1) network communication technologies and demand-side management, notably improving smart meter communication (PLC, LoRa, RF, cellular) and replacing obsolete control systems; (2) data management and system architecture, including data classification, evaluating centralized vs. microservices architectures, and balancing system resilience with operational efficiency; and (3) enhanced network monitoring and predictive analytics, especially for medium- and low-voltage levels. In the latter, a concrete recommendation was that each Hungarian DSO should pilot detailed monitoring of selected transformer districts to gather real data for developing predictive models to foresee congestion and voltage issues. The group findings underscored that rising IT complexity in grid management demands deeper expertise, yet the industry's skilled workforce shortage is a bottleneck slowing down development and troubleshooting. There was unanimous agreement that modernizing DSO IT systems is urgent and that success depends not only on technology but also on having scalable, interoperable architectures, well-trained personnel, and robust data sharing across systems. The current operational model was deemed unsustainable given the pace of change, and participants noted that legacy systems, fragmented data silos, outdated security approaches, and workforce gaps together hinder the realization of an adaptive, intelligent grid. Building on presentations

and discussions, the section proposed several strategic measures to enhance DSOs' IT readiness. First, prioritize modernization of core network IT platforms: replace outdated monolithic systems with flexible, modular, cloud-based architectures to improve scalability and integration. Second, embed cybersecurity by design: adopt proactive, risk-based security practices and build protection into system architecture from the start, including DSO-specific protocols and incident response plans. Third, develop real-time data collection and analytics: deploy infrastructure and skills (digital twins, AI/ML tools) for continuous network monitoring, forecasting, and automated control. Fourth, ensure alignment of business, IT, and regulatory strategies: foster integrated, cross-functional collaboration instead of siloed initiatives, and design IT systems to adapt to regulatory changes rather than hinder them. Fifth, prepare for prosumers and DER integration: IT systems must accommodate seamless integration of distributed energy resources and active customers, handling two-way, real-time energy and data flows, and supporting customer-facing digital solutions. These strategic pillars together outline a blueprint for a future-proof, resilient digital infrastructure. The overarching message was that DSOs must not just react to changes but proactively lead the digital transformation, ensuring every IT decision contributes to a smarter and more sustainable grid.

Recommendations and Next Steps

Based on the conference insights, the following key actions are recommended for consideration by decision-makers and industry stakeholders to advance the data-driven distribution agenda:

Introduce regulatory incentives and sandbox environments: Develop new

regulatory frameworks that provide incentives and flexibility for innovation. This includes implementing performance-based regulation models (taking inspiration from the UK's RIIO approach) and establishing pilot regulatory sandbox programs that temporarily relax certain rules to allow testing of new technologies and business models. Such incentives would support grid investments, foster flexibility services, and encourage DSOs to innovate without being penalized, ultimately accelerating smart grid development.

Evolve the DSO role and business model: Enable and encourage DSOs to expand beyond the traditional wires-only role into active network management and service provision. This means supporting new business models and services – for example, facilitating local flexibility markets, offering Energy-as-a-Service solutions, and engaging consumers as partners in network management. Clearly defining and broadening DSO responsibilities will empower them to actively contribute to energy transition goals and create new value for customers.

Accelerate technology integration: Prioritize the integration of modern digital technologies into distribution networks. Key steps include upgrading network IT systems (to cloud-based, modular platforms with open interfaces and real-time data capabilities) and embedding robust cybersecurity measures by design. Adopting technologies such as AI, Internet of Things (IoT) devices, and digital twin simulations will enhance grid visibility, automation, flexibility, and reliability. Investing in these areas – along with workforce training to support them – will build a smarter, more adaptive grid prepared for future demands.

Strengthen European collaboration:

The conference underscored the importance of deepening international cooperation and knowledge sharing among DSOs and other stakeholders. It is recommended to actively participate in European R&D projects and align national initiatives with EU-level efforts (e.g. common data platforms, harmonized regulations). Embracing best practices from across Europe and contributing to a coordinated European framework will help avoid duplicate efforts and ensure that all operators benefit from collective learnings, thereby speeding up the digital transition.

Implementing the above steps in a cohesive, integrated manner will ensure the distribution sector can proactively lead the digital transformation. The RSD3 conference's overarching message is that instead of isolated, piecemeal solutions, a unified and future-oriented strategy is needed – one that synchronizes technological innovation, business model evolution, and regulatory reform. Only through such a holistic approach can we achieve a smarter, more flexible, and more resilient energy system that remains sustainable and reliable, while actively engaging consumers in the value chain.



Acknowledgement



COMTECH



Vokony István acknowledges the support of the János Bolyai Research Scholarship (BO/50/24) of the Hungarian Academy of Sciences.