

# Išmanojo elektros tinklo plėtra

---

**Virginijus Radziukynas,**

**Arturas Klementavičius**

*Lietuvos energetikos institutas,  
Sistemų valdymo ir  
automatizavimo laboratorija,  
Breslaujos g. 3,  
LT-44403 Kaunas  
El. paštas Virginijus.Radziukynas@lei.lt*

Straipsnyje apžvelgiami išmaniųjų tinklų plėtros ypatumai. Aptariama išmanojo tinklo kaip šiuolaikinio pažangaus elektros tinklo samprata ir ateities vizija, apžvelgiami jo diegimo teisinio reglamentavimo aspektai, parodoma, kad dabartiniame raidos etape vyrauja bandomieji išmaniųjų tinklų projektai. Pažymima, kad išmaniųjų tinklų kūrimas šiuo metu Europoje vyksta kaip natūralus techninės pažangos procesas, o ne kaip privalomos politikos vykdymas. Pateikiama bendra išmaniųjų tinklų plėtros schema, susidedanti iš bandomųjų ir infrastruktūros projektų, ir jos finansavimo šaltiniai. Apžvelgtos išmaniųjų technologijų taikymo Lietuvos perdavimo ir skirstymo tinkluose perspektyvos. Išnagrinėta, kokią naudą elektros vartotojams, tinklų operatoriams, verslui ir visuomenei gali atnešti išmaniųjų tinklų plėtra. Teigiama, kad Lietuvoje diegiama Sumanios specializacijos programa yra perspektyvi ir gali veiksmingai prisidėti prie Lietuvos mokslo ir verslo pastangų derinimo ir abipusiškumo stiprinimo diegiant išmaniuosius tinklus Lietuvoje. Daroma išvada, kad Lietuvoje atsiras daugiau įmonių (aukštųjų technologijų srityje), kurios kurs ir gamins „lietuviškus“ išmaniųjų tinklų / technologijų sprendimus ir prisidės prie Europos Komisijos rekomendacijos kurti daugiau aukštesnės pridėtinės vertės produktų.

**Raktažodžiai:** išmanieji tinklai, perdavimo tinklas, skirstomasis tinklas, bandomieji projektai, išmaniosios technologijos, elektros vartotojas, teisinis reglamentavimas

---

## ĮVADAS

Išmanusis tinklas – nauja elektros tinklo raidos pakopa. Nors šios sąvokos turinys įvairuoja ir dar nėra nusistovėjęs, bet bendra prasme jis visuotinai suprantamas kaip modernus elektros tinklas. Modernumas žymi, kad tinkle naudojama daug išmaniųjų technologijų, pirmiausia skaitmeninių. Tai informacijos ir ryšių technologijos (IRT), atliekančios automatinio valdymo, stebėsenos ir savikontrolės funkcijas.

Išmanumo esmė – naudojama daug kompiuterinės logikos: valdiklių, analizatorių, stebiklių, jutiklių, kurie tarpusavyje komunikuoja ir koor-

dinuoja savo sprendimus bei veiksmus. Išmanusis tinklas tampa panašus į dvilypį tinklą, apimančią fizinį (elektros, dujų) ir informacinį tinklus. Pirmuoju teka energijos srautai, antruoju persiunčiami signalai ir duomenų srautai.

Šiandien į išmaniuosius pertvarkomi elektros ir dujų perdavimo bei skirstymo tinklai, kuriuose diegiamos išmaniosios apskaitos, stebėjimo ir valdymo sistemos, gebančios užtikrinti patikimą ir efektyvų energetikos sistemos darbą. Tikėtina, kad ateityje išmanesnėmis taps ir kitos tinklinės sistemos (šildymo ir vandentiekio tinklai), vis didesnę įtaką įgis telekomunikacijų technologijos. Tik išmaniųjų elektros tinklų infrastruktūroje efektyviai

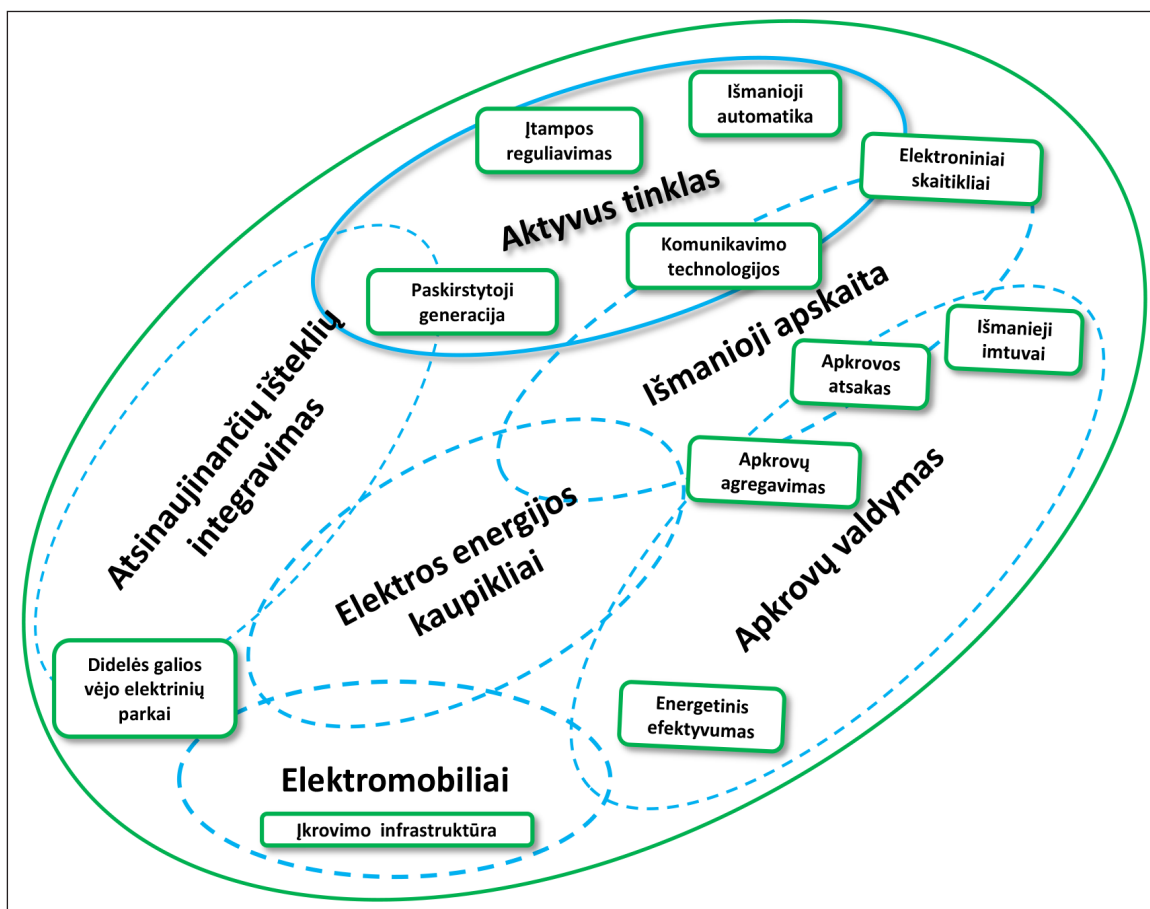
veiks bendra Europos elektros rinka. Į ją įsilies daug smulkiųjų generacijos šaltinių (pirmiausia saulės ir vėjo elektrinių), tada tradicinis pasyvus skirstomasis tinklas (prijungtiems prie jo vartotojams persiunčiantis iš perdavimo tinklo gaunamą energiją) taps aktyvus – persiūs smulkiųjų šaltinių pagamintą energiją į perdavimo tinklą. Rinkoje atsiras daug aktyvių vartotojų, kurie lanksčiai keis savo vartojimą / apkrovą ir turės savo mini- ar mikrogeneracijos šaltinius (pastarieji vartotojai, vadinamieji „prosumeriai“ (angl. *prosumers*) arba gaminantys vartotojai (angl. *self-consuming producers*)). Tinkle atsiras smulkių energijos kaupiklių, pirmiausia elektros energijos kaupimo baterijų. Dėl to išmaniajam tinklui prireiks naujų paslaugų, kurias teiks nauji verslai ir naujos darbo vietos.

Išmaniųjų tinklų sudėtis suprantama įvairiai. 1 pav. pateikiamas pavyzdys, kuriame elektros sistema sąlyginai dalijama į 6 struktūrines dalis – posistemius (Italijos energetikos reguliavimo komisija) [1].

Kuriant išmanųjį tinklą, tinklų operatoriams iškyla techninių, ekonominių ir organizacinių iššūkių:

- kaip subalansuoti apkrovas ir generacijas, suvaldyti tinklo režimus realiu laiku, kai režimus destabilizuos „svyruojančios“ generacijos ir „šokinėjančios“ apkrovos;
- kaip padėti reguliuotojams plėtoti didmeninę ir mažmeninę elektros rinkas, kad reikiama prieiga prie tinklų gautų visi suinteresuoti naudotojai (gamintojai, tiekėjai, vartotojai, galbūt nauji rinkos dalyviai, kursiantys naujus verslus);
- kaip padidinti energijos gamybos, persiuntimo ir naudojimo efektyvumą;
- kaip sumažinti investicijų į tinklo infrastruktūrą poreikį išmanesniu valdymu;
- kaip užtikrinti tinklo kibernetinį saugumą ir vartotojų duomenų apsaugą padidėjus komunikavimo apimčiai tinkle?

Pažymėtina, kad šiuo metu nė vienoje šalyje nėra „pilna apimtimi“ įdiegto išmaniojo tinklo, o



1 pav. Išmaniųjų tinklų struktūrinės dalys

tik atskiri, daliniai sprendimai kai kuriems tinklo posistemiams.

Šiame straipsnyje nagrinėjama išmaniųjų tinklų samprata ir vizija, šiuolaikiniai požiūriai į išmaniųjų tinklą ir diegimo perspektyvos Lietuvoje.

## IŠMANIŪJŲ TINKLŲ SAMPRATA IR TEISINIS REGLAMENTAVIMAS

Išmaniųjų tinklų (angl. *smart grids*) sąvoka į teisės aktą pirmąkart pateko 2007 m. JAV. Ją randame „Energetinės nepriklausomybės ir saugumo akte“ [2], kuriame išmanusis tinklas nusakytas dešimčia būdingų požymių. Iki to laiko buvo naudota intelektinių tinklų (angl. *intelligent grids*) sąvoka.

Europos Sąjungos teisės sistemoje praktiškai nėra programinių / direktyvinių dokumentų išmaniesiems tinklams kurti. Istorinis Trečiasis energetikos paketas (2009) vienoje iš direktyvų *Dėl elektros energijos vidaus rinkos bendrųjų taisyklių* (2009/72/EB) vos porą kartų užsimena apie išmaniųjų tinklą (*smart grid*), nepateikdamas jo apibrėžimo. Direktyva nustato tik vieną privalomą gairę išmaniesiems tinklams diegti – valstybės narės turėjo atlikti išmaniosios apskaitos diegimo sąnaudų ir naudos rinkai bei vartotojams ekonominę vertinimą (iki 2012 09 03). Pažymėtina, kad dokumente apskaita dar tebevadinta intelektine (*intelligent*), o ne išmaniąja (*smart*) [3].

Šios direktyvos lietuviškame vertime dar nenaudojami terminai „išmanieji tinklai“ ar „išmanioji apskaita“, kurie atsirado keleriais metais vėliau. Tenkintasi terminais „pažangieji tinklai“ ir „pažangioji apskaita“, kurie retkarčiais ir dabar patenka į europinių dokumentų vertimus.

ES teisėje išmanieji tinklai minimi dažniausiai tik atskirais aspektais neprivalomuose teisės aktuose ir pagalbiniuose dokumentuose (analitiniuose, apžvalginiuose). Išmanusis tinklas apibrėžtas Europos Komisijos (EK) darbo dokumente SEC(2011) 463 galutinis „Išmaniojo tinklo apibrėžimas, tikėtinos paslaugos, funkcijos ir teikiama nauda“, o platesnė išmaniųjų tinklų vizija – EK komunikate COM/2011/0202 galutinis „Pažangieji tinklai. Nuo inovacijų iki diegimo“. Išmanusis tinklas juose apibrėžtas kaip elektros tinklas, galintis efektyviai integruoti visų prie jo prijungtų naudotojų (gamintojų, tiekėjų, vartotojų ir „prosumerių“) veiklas, siekiant ekonomiškai efektyvios ir tvarios

energetikos sistemos, dirbančios su mažais technologiniais nuostoliais, tiekiančios aukštos kokybės energiją ir veikiančios saugiai ir patikimai [4, 5].

JAV naudojamas EPRI instituto (angl. *Electric Power Research Institute*) pasiūlytas apibrėžimas: tai tinklas, kuriame IRT integruotos į visus elektros generavimo, persiuntimo ir naudojimo segmentus, siekiant sumažinti poveikį aplinkai, išplėsti rinką, pagerinti patikimumą ir elektros tiekimo kokybę bei padidinti energinį efektyvumą [6]. JAV Energetikos departamentas teikia išmaniojo tinklo sampratą (tik neaišku, siauresnę ar platesnę) – tai išmaniųjų technologijų rinkinys, kurį įdiegus sukuriamas 21 amžiaus elektros tinklas, grindžiamas kompiuterizuotu nuotoliniu valdymu ir automatika [7].

Rusijoje išmanusis tinklas suprantamas kaip visuma programinių-aparatinių priemonių bei informacinių-analitinių ir valdymo sistemų, prijungtų prie generavimo šaltinių ir vartotojų elektros imtuvų bei užtikrinančių patikimą ir kokybišką elektros energijos persiuntimą iš šaltinio į imtuvą reikiamu laiku ir reikiamais kiekiais [8].

Lietuvoje išmanusis tinklas apibrėžtas dviejuose teisės aktuose:

1. Lietuvoje išmanusis tinklas apibūdintas Elektros tinklų naudojimo taisyklėse (2012) kaip „elektros tinklas, gebantis visų elektros energetikos sistemos (EES) dalyvių (gaminančių ir naudojančių) veiklą valdyti taip, kad užtikrintų ekonominį efektyvumą, EES ilgalaikį funkcionalumą su minimaliais nuostoliais bei aukštą elektros kokybę, jos tiekimo patikimumą ir saugą“ [9]. Jo diegimas, priešingai nei ES teisiniuose dokumentuose, numatytas privalomai:

- 18 punktas. „Operatoriai ilgalaikės plėtos planuose numato išmaniųjų elektros tinklų technologijų diegimą, įskaitant išmaniąsias relines apsaugas, išmaniuosius valdiklius, išmaniąsias elektros apskaitas ir paskirstytąjį generavimą.“

- 60.3 punktas. „Perkrovoms valdyti operatoriai diegia technines priemones, kartu ir išmaniųjų elektros tinklų technologijas“.

2. Alternatyvus apibrėžimas pateikiamas Sumnios specializacijos prioriteto „Išmaniosios energijos generatorių, tinklų ir vartotojų energetinio efektyvumo, diagnostikos, stebėsenos, apskaitos ir valdymo sistemos“ veiksmų plane (2015) – kaip „optimalaus režimo valdymo ir patikimumo užtikrinimo sistemų, tinklo elementų būklės ir

įrenginio darbingumo sąnaudų kontrolės, vartotojų ryšio, generuojančių šaltinių ir tinklo operatorių palaikymo sistemų visuma“ [29].

Lietuvos energetikos institutas siūlo naudoti šį išmaniųjų tinklų apibrėžimą:

*Išmanieji tinklai – modernizuoti elektros / dujų perdavimo ir (ar) skirstymo tinklai, kuriuose yra įdiegtos išmaniosios apskaitos, stebėsenos ir valdymo sistemos, leidžiančios užtikrinti patikimą ir efektyvų energetikos sistemos darbą.*

Svarbus išmaniųjų tinklų aspektas yra vartotojų apkrovos lankstumas. Tai elektros vartotojo organizacinė ir techninė savybė, vadintina apkrovos atsaku (angl. *demand response/demand side response*) ir leidžianti tinklo operatoriui ar jam pačiam keisti apkrovą realiu laiku. EK apkrovos atsako perspektyvas išnagrinėjo darbo dokumente SWD(2013) 442 galutinis „Vartotojų apkrovų lankstumo, ir ypač vartotojų atsako, paslaugų įtraukimas į elektros rinkas“ [10]. Jame konstatuojama, kad apkrovos atsakas Europoje diegiamas lėtai. Nurodoma, kokiomis priemonėmis plėtoti apkrovos atsako paslaugą. Pirma, reikėtų skaidrios ir konkurencingos skatinimo sistemos potencialiems šios paslaugos teikėjams. Antra, „atidaryti“ apkrovos atsako paslaugų rinką: ji būtų rezervų rinkos dalimi. Vartotojai, teikiantys šią paslaugą, lygiavertiškai varžysis su tradiciniais rezervų teikėjais – elektrinėmis. Trečia, įdiegti paslaugos tiekėjams išmaniąją apskaitą. Ketvirta, apkrovos atsako technologijas grįsti išmaniais elektros naudojimo prietaisais (imtuvais) ir namo (pastato) energijos valdymo sistemomis, t. y. lokalia automatika.

Ateityje – iki 2030 m. – EK numato išmaniųjų tinklų plėtrą komunikatu COM/2014/015 galutinis „2020–2030 m. klimato ir energetikos politikos strategija“, adresuotu Europos Parlamentui, Tarybai, Europos ekonomikos ir socialinių reikalų komitetui ir Regionų komitetui [11]. Tai parengiamasis, taigi neprivalomas dokumentas. Strategijoje numatyta, kad iki 2020 m. valstybės narės parengs ir pradės vykdyti konkurencingos, saugios ir tvarios energetikos nacionalinius planus. Planai bus rengiami pagal EK pateiktas gaires, viena iš daugelio jų bus skirta išmaniųjų tinklų kūrimui. EK vertins nacionalinius planus ir valstybių narių išpareigojimus. Prireiks ir vertinimo rodiklių: EK pasiūlys ir vieną ar kelis rodiklius išmaniojo tinklo plėtrai įvertinti.

Pažymėtina, kad išmaniojo tinklo technologijos visai neminimos ENTSO-E tinklų kodeksuose, kuriuos parengti Europos perdavimo sistemos operatorių (PSO) organizaciją ENTSO-E (angl. *European Network of Transmission System Operators for Electricity*) įpareigojo minėtoji direktyva 2009/72/EB, teigdama, kad reikia skatinti glaudesnę PSO bendradarbiavimą ir parengti atitinkamus tinklų kodeksus, o jų projektus turės peržiūrėti agentūra ACER (Europos energetikos reguliuotojų bendradarbiavimo agentūra) ir rekomenduoti EK juos priimti.

Visi 10 ENTSO-E kodeksų yra privalomi ir tvirtinami EK reglamentais. Jie reikalauja, kad operatoriai valdytų ir plėtotų tinklus aukštesniu integracijos, patikimumo ir saugumo lygiu. Akiivaizdu, kad tokiam tikslui pasiekti reikės išmanesnių nei dabar elektros tinklų, tačiau atsitiktinai ar „taktiniais sumetimais“ nenurodoma, kad ateities tinklai turės būti išmanūs.

## **BANDOMIEJI PROJEKTAI EUROPOS SAJUNGOJE**

Technologijų brandumą ir diegimo mastą patogus nusakyti projekto tipu. Projektus galima skirstyti į: 1) mokslinius-tiriamuosius ir eksperimentines plėtros (sukuriama nauja technologija / prototipas), 2) demonstracinius (nauja technologija išbandoma realiomis sąlygomis vienoje ar keliose vietose) ir 3) sklaidos (išbandyta technologija diegiama platesniu mastu). Pirmas ir antras tipai priskiriami bandomiesiems projektams. Tokie projektų tipologijoje inovaciniai projektai atsidurtų sklaidos projektų grupėje ir apimtų naujas, dar nepaplitusias technologijas, taigi tas, kurių dar negalima laikyti brandžiomis. Sklaidos projektų tipas apimtų ir brandžias, taigi neinovatyvias technologijas. Dar dažnai naudojamas ir infrastruktūros projektų tipas, jam priskirtini demonstraciniai ir sklaidos projektai.

Europos Komisijos Jungtinis tyrimų centras (JRC) registravo visus ES vykdomus išmaniųjų tinklų projektus atskiru sąrašu (katalogu). Iki 2014 m. pabaigos į jį pateko 1 285 projektai [12].

JRC tyrė ir išmaniųjų tinklų perspektyvas. ES planuojamos investicijos iki 2020 m. sudarys apie 56 mlrd. €, iki 2030 m. gali siekti iki 390 mlrd. Iki šiol Europoje daugiausia investuota į išmaniosios apskaitos masinio diegimo projektus.

Prognozuojama, kad Kinijoje iki 2020 m. bus investuota 71 mlrd., JAV – 238–334 mlrd., o Pietų Korėjoje iki 2030 m. – 16,8 mlrd. € [13]. Vėlesni šaltiniai teigia, kad Kinijoje 2016–2030 m. investicijos į išmaniuosius tinklus sieks 128 mlrd. USD [14]. Rytų Azijos regionas, įskaitant Japoniją, Pietų Korėją, Taivaną ir Hong-Kongą, 2015–2025 m. investuos 54,5 mlrd. USD [15]. Europos Sąjungoje į išmaniuosius tinklus 2014–2035 m. tikimasi investuoti apie 200 mlrd. USD [16]. JAV išlaidos išmaniesiems skirstomiejiems tinklams 2008–2017 m. (istoriniai ir prognozuojami duomenys) pavaizduotos 2 pav. Iš jo matyti, kad JAV kelio į išmaniuosius tinklus pradžioje daugiausia investicijų tenka išmaniosios apskaitos projektams.

Europoje didžiausias pagal sąmatą ilgą laiką buvo sklaidos projektas „Išmaniosios apskaitos diegimas Italijoje“ (2,1 mlrd. €), kuriuo visi vartotojai šalyje aprūpinti išmaniaisiais skaitikliais [18]. 2003–2014 m. Europoje išmaniųjų tinklų demonstravimo ir sklaidos projektams teko 74 % investicijų (2,32 mlrd. €), o moksliniams-tiriamiesiems ir eksperimentinės plėtros (MTEP) projektams – 26 % (0,83 mlrd. €). Lėšos skiriamos iš viešojo ir privataus finansavimo šaltinių (3 pav.). 2012 m. didžiausias investicijų finansavimo šaltinis Europoje buvo privatus kapitalas (tinklų operatorių) lėšos – 49 % visų investicijų, antroje vietoje EK finansavimas – 22 % ir nacionaliniai šaltiniai – 18 % [12].

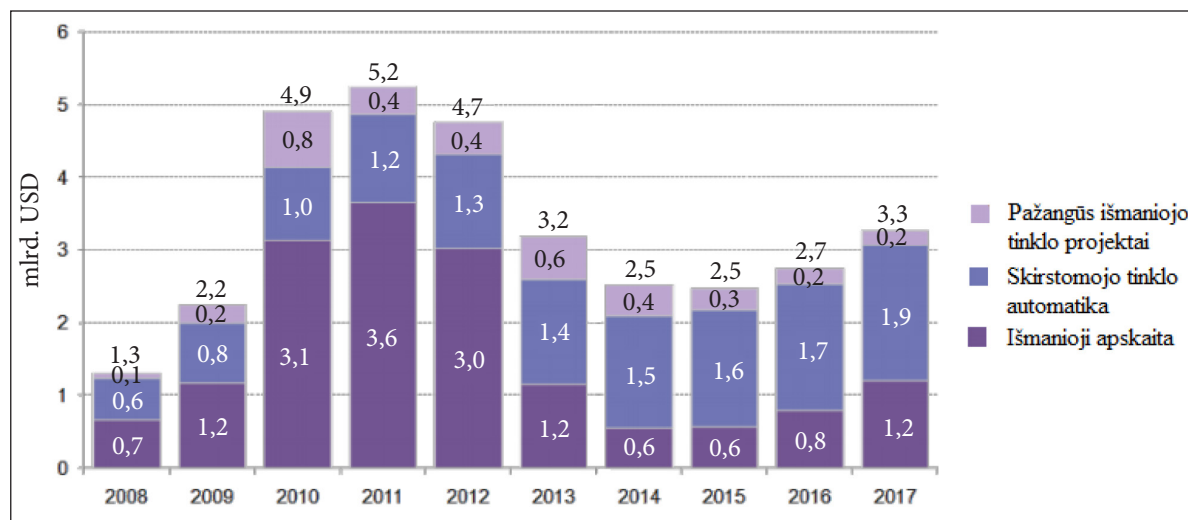
Lyginant perdavimo ir skirstomuosius tinklus pagal pasiektą išmanumo lygį, akivaizdu, kad perdavimo tinklas yra „natūraliai“ išmanesnis. Jis su-

dėtingesnės konfigūracijos (žiedinis), svarbesnis strategiškai, jam valdyti reikia daugiau „nuotolinės“ automatizacijos – telematavimų, telesignalizacijos ir televaldymo, t. y. visos šios sritys remiasi telekomunikacijomis. Manome, kad ateityje daugiausia investicijų teks skirstomojo tinklo išmanumui. Tai matyti iš JAV pavyzdžio 2 pav., kuriame investicijų dinamika rodo, kad perdavimo tinklui (viršutinės stulpelių dalys) tenka dažniausiai mažiau nei 10 % investicijų.

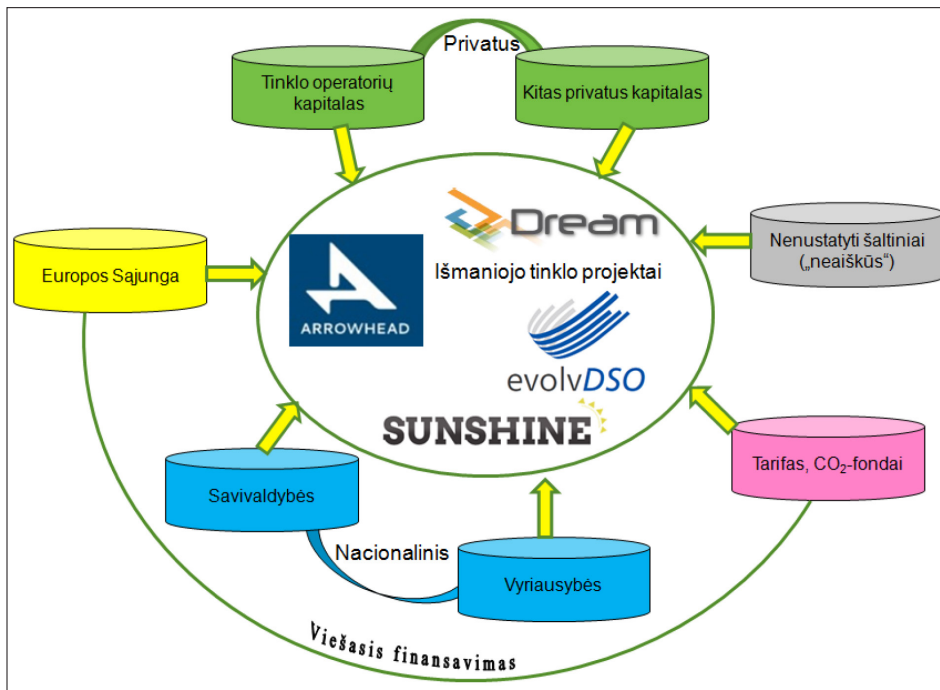
Pagal projektų skaičių Europos didžioji dalis teko bandomiesiems projektams.

Bandomuosius projektus galima iliustruoti ke-turiais įdomiais žemiau pateikiamais projektais: evolVDSO, INCREASE, PlanGridEV (visi – 2013–2016 m.) [12] ir RealValue (2015–2018 m.) [19].

Projektas evolVDSO numato naują skirstomojo tinklo operatoriaus (STO) vaidmenį integruojant į tinklą atsinaujinančios energijos išteklių elektrines. Projekto sąmata 7,9 mln. € (5,3 mln. € iš ES), dalyvauja 17 partnerių, koordinatorius – Enel Distribuzione (Italija). Projekto tikslas – sukurti ir išbandyti metodikas ir analitines priemones, kurias STO taikys režimams planuoti, apkrovų darbo grafikams sudaryti, tinklams valdyti realiu laiku ir techninei priežiūrai. Laukiami rezultatai – aiškesnė STO vaidmens vizija, naujos metodikos, kompiuterinės programos, analitinės priemonės, rekomendacijos teisiniam reguliavimui pagerinti ir elektros rinkai „pagyvinti“, taip pat – gairės, kaip įtraukti į elektros sektorių apkrovų agreguotojus ir balansuotojus. Bus teikiamas projekto rezultatų viešinimo ir sklaidos



2 pav. Išlaidos išmaniesiems skirstomiejiems tinklams JAV 2008–2017 m. [17]



3 pav. Bandomųjų projektų finansavimo šaltiniai

planas, padėsiantis sudominti Europos tinklų operatorius gautais rezultatais ir jais pasinaudoti.

Projekte INCREASE numatoma sukurti naujas valdymo strategijas ir pirkti papildomas paslaugas iš elektros rinkos dalyvių, reaguojant į stiprėjančią atsinaujinančių energijos išteklių skverbtį į skirstomąjį tinklą. Projekto sąmata 4,3 mln. € (iš ES), dalyvauja 13 partnerių, kurio vykdymo metu bus sukurti nauji trifaziai inverteriai atsinaujinančių išteklių elektrinių generatoriams, optimizacinis skirstomojo tinklo decentralizuoto valdymo su daugeliu pasiskirsčiusių valdiklių modelis ir imitacinio modeliavimo programos valdymo strategijoms analizuoti. Strategijos bus išbandytos realiuose Austrijos, Slovėnijos ir Nyderlandų tinkluose.

Projektas PlanGridEV skirtas skirstomojo tinklo su elektromobilių įkrovos įrenginiais plėtrai ir valdymui. Projekto sąmata 7,5 mln. € (4,8 mln. iš ES), vykdo 12 partnerių ir 4 elektromobilių gamintojai. Projekto tikslas – sudaryti naujas planavimo ir valdymo gaires skirstomajam tinklui su optimaliai integruota elektromobilių įkrovos infrastruktūra. Kuriamos metodikos ir kompiuterinės modeliavimo programos tinklo plėtrai planuoti ir režimams valdyti. Jos taip pat tikrinamos bandymais realiomis sąlygomis.

Projektas RealValue skirtas lankstaus elektros tinklo valdymo galimybėms tirti. Tokias galimybes

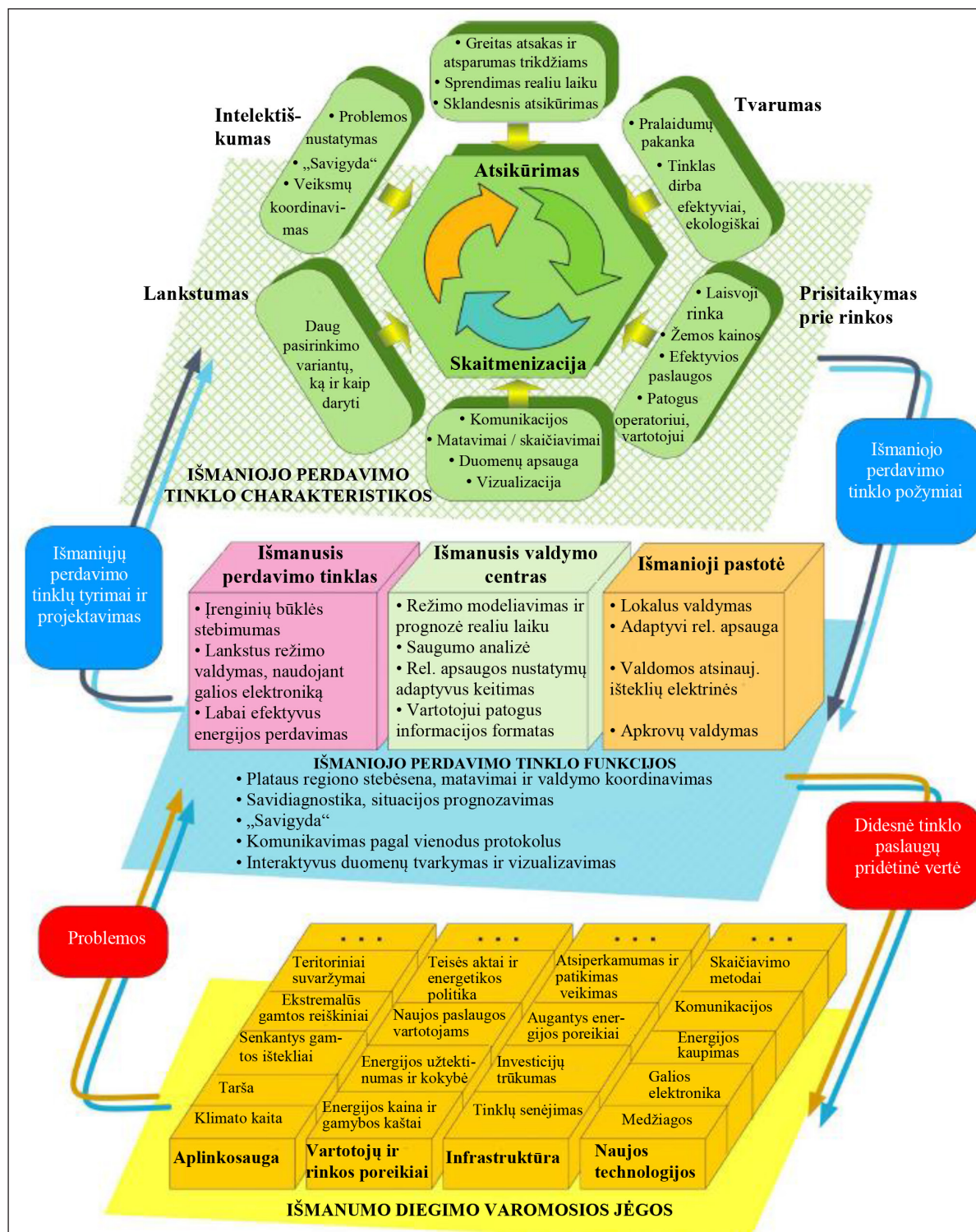
teikia prie tinklų prijungti elektriniai šildytuvai ir šilumos kaupikliai, galintys teikti apkrovos atsako paslaugą. Projekto sąmata 15,5 mln. € (12 mln. iš ES), dalyvauja 13 partnerių. Projektas numato patikrinti siūlomus sprendimus praktikoje ir įtraukti į eksperimentą 1 250 buitinių ir komercinių vartotojų Vokietijoje, Airijoje ir Latvijoje. Kaimynams latviams projekte atstovauja Rygos technikos universitetas.

### KAIP PEREITI Į IŠMANŪJĮ ELEKTROS TINKLĄ

Pradedant kurti išmanųjį tinklą Lietuvoje, pirmiausia reikėtų išanalizuoti įvairių šalių patirtį, neapsiribojant viena ar keliomis šalimis, ieškant mūsų tinklui tinkamiausių pavyzdžių ir patirčių. Aktualu stebėti, kas vyksta pas artimiausius kaimynus latvius, estus ir lenkus, reikėtų reguliariai peržiūrėti kitose, pirmiausia ES, šalyse (Vokietijoje, Prancūzijoje, Italijoje, Švedijoje, Suomijoje, Jungtinėje Karalystėje) vykdomus darbus ir projektus. Praversti gali ypač JAV (veikia stipriausi pasaulio tyrimų centrai ir įrangos gamintojų ir tinklų operatorių įmonės / kompanijos), galbūt ir Japonijos, Kinijos bei Pietų Korėjos pavyzdžiai, o ateityje gali tekti atkreipti dėmesį ir į Rusiją, kurioje žadama vykdyti svarbius išmaniųjų tinklų projektus, o diegimo potencialas

didelis – apie 80 % tinklų infrastruktūros pasėnusi, todėl tikėtini įvairūs ir įdomūs techniniai sprendimai. Šiuo regionu domisi didžiosios pasaulio technologijų gamintojos, tačiau pastarai-

siais metais susiklosčiusi sudėtinga politinė situacija daugelį verčia atsargiai žvelgti į šį regioną. Iš tradicinio į išmanųjų tinklą galimi įvairūs kečiai, nelygu, kokios dabartinio tinklo problemos ir



4 pav. Išmaniojo elektros tinklo vizija

kokie išmanumo poreikiai pasirenkami kaip prioritetiniai. Tokių poreikių visumą atspindi 4 pav. pateikta išmaniojo tinklo vizija [20]. Ji struktūrizuota pagal išmaniojo tinklo kūrimo varomąsias jėgas, funkcijas, charakteristikas ir išmanumo rodiklius.

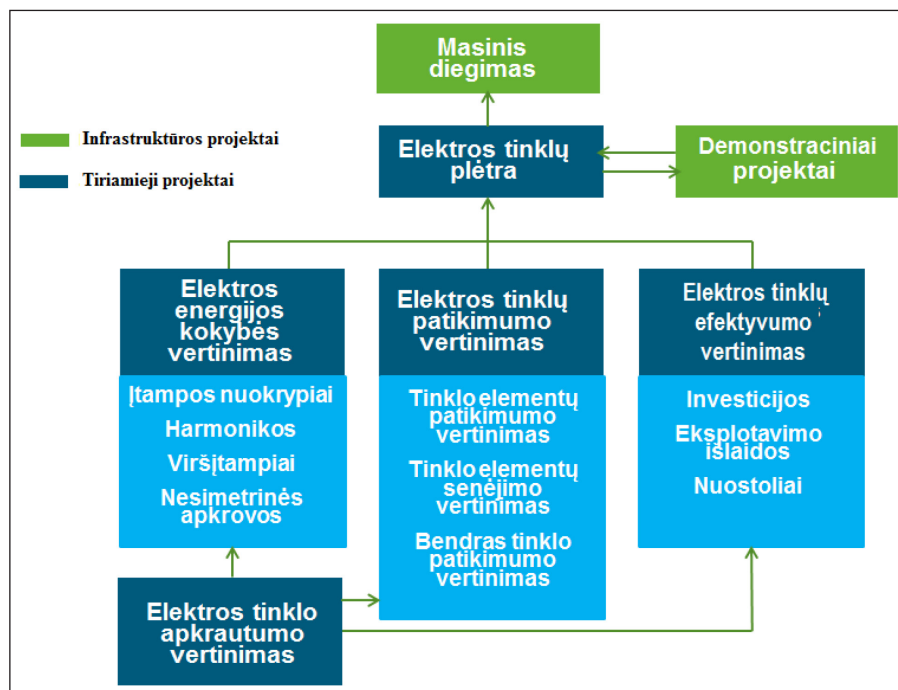
Svarbiausi išmanumo poreikiai siejami su šiais tinklo gebėjimais:

- stebi savo būklę ir pagal ją automatiškai koreguoja sunkius darbo režimus, aptinka gedimus ir juos šalina, pats ieško sprendimų, kaip sumažinti gedimų pasekmes ir grįžti į normalų režimą;
- „priima“ ir valdo prie jo prijungtus nepastovios generacijos šaltinius. Saulės ir vėjo elektrinių gamybos neribos mažesnės vartotojų apkrovos – perteklinė energija bus persiunčiama į aukštesnės įtampos tinklus arba į kaupiklius;
- skirstomojo tinklo netrikdo „dvikrypčiai“ energijos srautai, t. y. iš tinklo – vartotojams ir iš smulkiųjų generatorių ir kaupiklių – į tinklą;
- perka papildomas paslaugas iš vartotojų (apkrovos atsaką);
- realizuoja tarifų įvairovę ir atsiskaitymus realiu laiku už sunaudojamą elektros energiją;
- optimaliai valdomos tinklo infrastruktūros sąnaudos, lengvai ir skaidriai nustatomi technologiniai ir komerciniai nuostoliai.

Perėjimas prie išmaniojo tinklo apims šiuos parengiamuosius darbus (5 pav.):

- dabartinio tinklo analizė ir jo problemų nustatymas (pvz., kaip tinklas apkrautas, ar nepersikrauna, koks jo patikimumo lygis, ar priimtina elektros energijos kokybė);
- prognozuojamos vartotojų apkrovos ir elektros energijos sunaudojimas;
- numatoma generuojančių šaltinių plėtra pagal galias ir struktūrą (vėjo, saulės, biokuro, biudujų elektrinės ir kt.);
- nustatomas reikiamas / siektinas tinklo patikimumo lygis, atsižvelgiant į vartotojų ir energijos gamintojų poreikius, vertinant esamą situaciją ir ilgalaikę perspektyvą;
- nustatomas išmanumo poreikis ir parenkamos atitinkamos išmaniosios technologijos.

Technologijos parenkamos peržiūrint gerąją ir blogąją jų taikymo praktiką, ypač atkreipiant dėmesį į panašios struktūros elektros tinklus. Po to tirama rinkos pasiūla – peržiūrima technologijų gamintojų, ypač pasaulinių lyderių (pvz., Siemens, ABB, Schneider Electric, General Electric, Hitachi), jau parduodami arba planuojami sukurti įrenginiai ir technologijos. Sudaromas technologijų „portfelis“ ir jam atliekama naudos ir kaštų analizė, t. y. sprendžiamas optimizavimo uždavinys.



5 pav. Elektros tinklo plėtros schema plečiant išmanųjį tinklą



Taip randami tinkamiausių technologijų deriniai ir nustatomi jų diegimo etapai bei terminai. Kadangi nuspėti, kaip naujos technologijos „dirbs“, yra sudėtinga, dažnai pirmiau vykdomi demonstraciniai ar inovaciniai projektai, ir pagal juos tikslinama naudos ir kaštų analizė bei investicijų skaičiavimai sklaidos (masinio diegimo) projektams (5 pav.).

Pažymėtina, kad „aklas“ išmaniųjų technologijų diegimas kopijuojant konkrečios šalies patirtį būtų rizikingas (jei ne ydingas) pasirinkimas. Pirmiausia reikia įvertinti savų elektros tinklų ypatumus ir poreikius atsižvelgiant į šalies ekonominę potencialą ir vartotojų galimybes. Visada svarbiausia yra kompleksinis, platus požiūris į išmaniųjų tinklų plėtrą.

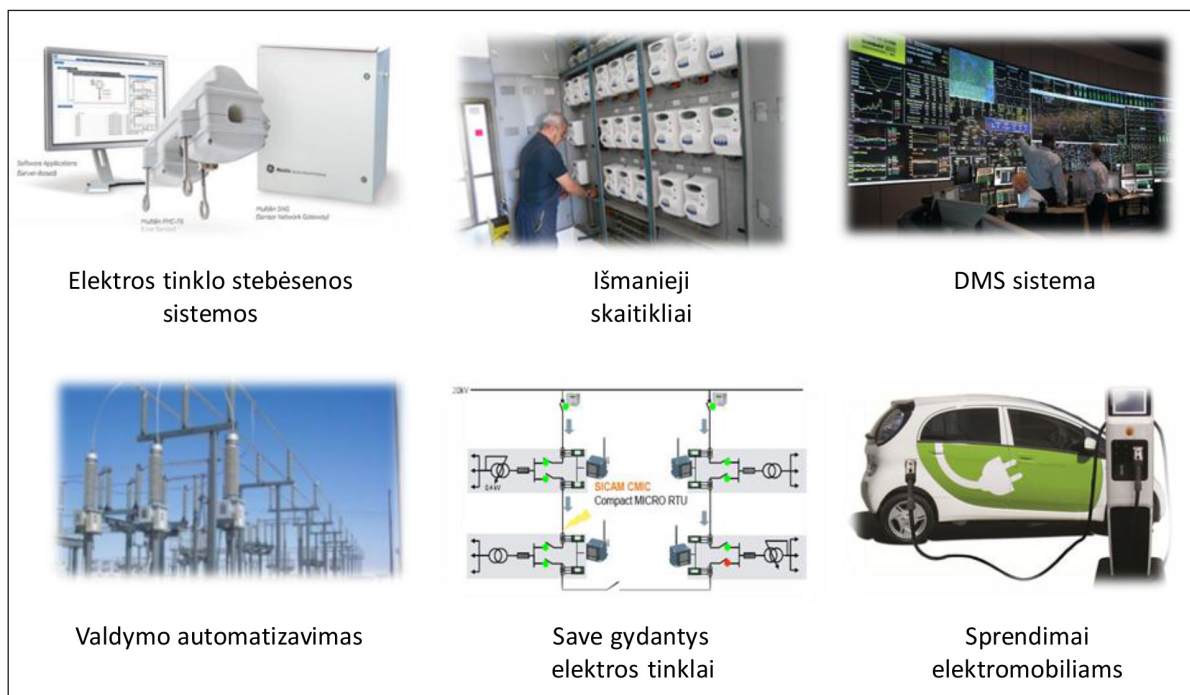
### IŠMANIOSIOS TECHNOLOGIJOS LIETUVOS PERDAVIMO IR SKIRSTOMUOSIUOSE TINKLUOSE

Perspektyviausios šiame straipsnyje siūlomos išmaniosios technologijos Lietuvos skirstomiejiems tinklams pateikiamos 6 pav. Viena iš jų – „DMS sistema“ (angl. *Distribution Management System*) – yra santykinai naujas technologinis produktas, įrangos gamintojų nuolatos

tobulinamas ir teikiamas rinkai. Tai būtų visos Lietuvos skirstomųjų tinklų vieningo (centralizuoto) valdymo ir stebėsenos sistema. Ji perims dalį funkcijų, kurias dabar atlieka decentralizuotai veikiantys skirstomųjų tinklų dispečerinio valdymo centrai. Įdiegus DMS sistemą, skirstomieji tinklai valdymo požiūriu priartės prie perdavimo tinklo, kurio didžioji dalis Lietuvoje iš vieno dispečerinio centro kontroliuojama jau ilgiau nei penkis dešimtmečius. Kita technologija – „valdymo automatizavimas“ – apims ne vien tinklo įrenginius (linijas, pastotes, skirstyklas), bet ir smulkiuosius generatorius, vartotojų apkrovas, o vėliau ir energijos kaupiklius. Technologija „elektromobiliai“ išmania laikoma dėl poreikio koordinuotai valdyti įkrovos įrenginių apkrovas, kurios bus labai dinamiškos ir, tikėtina, galės destabilizuoti elektros tinklo darbą atskiruose segmentuose.

AB ESO (anksčiau LESTO) planuoja diegti išmaniąsias technologijas pagal 3 įmonės dokumentus: AB LESTO Technologinės tinklo plėtros strategiją [21], AB LESTO ilgalaikę strategiją [22] ir AB LESTO investicijų dešimtmečio planą [23].

Įmonė ketina į išmanųjį elektros tinklą per dešimt metų (2016–2025) investuoti apie 34 mln. €, tačiau labai tikėtina, kad suma bus



Elektros tinklo stebėsenos sistemos

Išmanieji skaitikliai

DMS sistema

Valdymo automatizavimas

Save gydantys elektros tinklai

Sprendimai elektromobiliams

6 pav. Perspektyvios išmaniosios technologijos Lietuvos skirstomiejiems elektros tinklams

didesnė. Už šias lėšas numatoma diegti centralizuotą tinklų valdymą (DMS pagrindu), linijų stebėsenos sistemas, save gydančių tinklų segmentus, galbūt ir išmaniąją apskaitą, „pilna apimtimi“ prijungiant ir buitinius vartotojus, integruoti į tinklą smulkias atsinaujinančių energijos išteklių elektrines.

Šiuo metu įmonė jau pradėjo vykdyti demonstracinę išmaniosios apskaitos projektą, kurio tikslas – įvertinti, kokią naudą išmanieji skaitikliai teiks vartotojams, tinklo operatoriui ir visuomenei. Projektą vykdantys skaitiklių tiekėjai įrengs savo skaitiklius trim tūkstančiams buitinių vartotojų. Vartotojai bus instruktuojami, kaip pasinaudoti skaitiklių rodmenimis realiu laiku, kad galėtų pakoreguoti savo vartojimo įpročius ir mažinti išlaidas elektros energijai. Tam geras prielaidas teiks projekto dalyviams parengtas 4 laiko zonų tarifų planas „Išmanus“. Jeigu projekto rezultatai bus teigiami, tikėtina, kad atsivers kelias išmaniosios apskaitos masinio diegimo planui, o jį įvykdžius bus išspręsta elektros energijos sunaudojimo nedetalios apskaitos problema.

Pažymėtina, kad išmanieji skaitikliai jau suprantami aukštesniu lygmeniu – kaip išmaniosios apskaitos infrastruktūra (angl. *advanced metering infrastructure*). Ją sudaro ne vien apskaitos prietaisai, bet ir nuotolinio ryšio kanalai matavimo duomenims persiųsti, duomenų koncentratoriai, duomenų bazės ir skaitiklių nuotolinio valdymo centrai. Ši infrastruktūra turės sąsają su elektros tinklų valdymo sistemomis ir leis joms sekti sunaudojimą realiu laiku. Per sąsają šios sistemos galės siųsti valdymo signalus į skaitiklius, kad priverstinai arba vartotojui teikiant apkrovos atsako paslaugą būtų išjungta visa ar dalis apkrovos (skaitikliai turi kontaktorius vartotojo vidaus tinklui išjungti / įjungti).

AB ESO planuoja daug dėmesio skirti vidutinės įtampos (10–35 kV) skirstomųjų tinklų automatizavimui. Atskiruose tinklo segmentuose bus diegiamas SCADA (angl. *Supervisory Control and Data Acquisition*) nuotolinis valdymas rekonstruojamose ir naujose 10/0,4 kV transformatorinėse bei 10 kV skirstomuosiuose punktuose. Linijose bus įrengiami automatiniai kartotinio įjungimo jungtuvai (angl. *reclosers*). Aptikti gedimus (trumpuosius jungimus) padės trumpojo jungimo indikatoriai su nuotoliniu ryšiu. Naujai prijungiamoms atsinaujinančios energijos ištek-

lių elektrinėms, tikėtina, kad bus diegiama galios ir įtampos reguliavimo automatika.

Tinklas turės būti ne tik išmanus, bet ekonomiškai efektyvus. Todėl pagrindinės rizikos plečiant AB ESO išmanųjį tinklą būtų šios: 1) ar tinkami techniniai sprendimai bus diegiami reikiama apimtimi; 2) ar techninių sprendimų parinkimas ir jų apimties nustatymas grindžiamas naujomis, pažangiomis parinkimo ir vertinimo metodikomis.

2015–2016 m. Lietuvos perdavimo tinklo išmanumas išaugo įvairius sudėtingas aukštos įtampos srovės keitiklių valdymo technologijas NordBalt (Klaipėdoje) ir LitPol Link (Alytuje) jungtyse. Tolimesni operatoriaus AB Litgrid planai išmaniųjų technologijų srityje susiję su perdavimo tinklo plėtra, kuri reikalinga siekiant dviejų strateginių tikslų – naujai atominėi elektrinei prijungti (jei būtų priimtas sprendimas statyti) ir Baltijos šalių (Lietuva, Latvija ir Estija) sinchroniniam sujungimui su Kontinentinės Europos tinklu (apie 2025) [24]. Reikiamą išmanumą tikimasi sukurti naujomis IRT. Joms per dešimt metų planuojama skirti 25 mln. €. Didelė lėšų dalis bus panaudota elektrinių valdymo ir stebėsenos sistemoms atnaujinti. Tai leis operatyviau balansuoti sistemą realiu laiku, sutvarkyti nestabilius režimus ir patikimiau palaikyti 50 Hz dažnį „sudėtingose“ situacijose, kai dėl avarijos atsijungs sinchroniškai veikiančios LitPol Link jungtys ir Baltijos EES teks dirbti atsiskyrus nuo Europos.

Tobulindama elektros rinką veikiausiai Lietuva seks Nord Pool sistemos šalių pavyzdžiu ir pereis nuo dabartinio 1 h prekybos intervalo prie artimesnio realiam laikui (0,5 h, o ateityje – gal ir 15 min). Tiek AB Litgrid, tiek ir AB ESO vienodai aktualu bus įtraukti smulkiuosius tinklo naudotojus (vartotojus ir generatorius / gamintojus) į elektros balansavimo rinką. Operatoriai ieškos būdų, kaip paskatinti vartotojus teikti išmaniajam tinklui savo apkrovos / generacijos ribojimo arba didinimo paslaugą ir taip mažinti rezervų pirkimo apimtį iš didelių elektrinių bei užsienio operatorių.

Pažymėtina, kad planuojamos investicijos į išmaniojo tinklo sprendimus Lietuvoje turėtų būti didesnės nei čia minėtosios. Reikėtų tikslesnių vertinimų ir pagrindimų. Įvertinant esamą situaciją svarbu būtų papildyti teisinę bazę aktais ir nuostatomis, kurios paspartintų išmanaus tinklo plėtrą ir skatintų gerinti jo funkcionavimą.

## IŠMANIŲJŲ TINKLŲ TECHNOLOGINIAI IR SOCIALINIAI-EKONOMINIAI NAUDOS EFEKTAI

Darniai plečiami išmanieji tinklai teiks energijos vartotojams ir tinklo naudotojams visapusišką naudą, kuri labai priklausys nuo pasirinkto išmanumo laipsnio.

Nauda vartotojams apims šiuos pagrindinius efektus:

1) išmanioji apskaita supaprastins atsiskaitymus už energiją, padės sekti savo energijos naudojimą, gauti elektros kainos signalus iš rinkos realiu laiku ir taip skatins naudoti racionaliau, mokėti pigiau.

Tikėtina, kad ateityje vartotojas supras lankčiosios kainodaros pranašumus ir įgis paskatų orientuotis kainodaroje ir gauti iš jos naudos. Tačiau reikės nemažai pastangų šviesti vartotoją ir padėti pasirinkti tinkamas elektros energijos naudojimo strategijas;

2) pastatų (namų) automatizavimas leis efektyviau naudoti elektros energiją užprogramuojant elektros imtuvų darbo trukmę, laiką paros metu ir eiliškumą;

3) elektros tinklų automatizavimas padidins tiekimo patikimumą ir sumažins vartotojų patiriamą žalą dėl energijos tiekimo nutraukimų;

4) išmaniosios technologijos pagerins iš tinklo tiekiamos energijos kokybę (pagal srovės dažnį ir aukštesniąsias harmonikas, pagal įtampos svyravimus, sinusoidiškumą ir simetriškumą, sumažins vartotojų patiriamus nuostolius dėl nekokybiškos (neatitinkančios standartų reikalavimų) elektros energijos. Pažymėtina, kad šiuo metu daugelyje išsivysčiusių šalių elektros energijos kokybę neigiamai veikia kylantis srovės harmonikų elektros tinkluose lygis dėl vis plačiau naudojamos galios elektronikos (pramonėje, saulės ir vėjo elektrinėse ir kt.);

5) vartotojai galės įsirengti daugiau mini- ir mikrogeneratorių (įskaitant ir atsinaujinančių energijos išteklių technologijas), o ateityje – ir energijos kaupiklių. Jie galės pasigaminti energijos savo poreikiams ir tapti smulkiais verslininkais – ją pardavinėti: a) tinklo operatoriui, kuris įpareigotas supirkti smulkiųjų šaltinių energiją; b) elektros biržoje (aukcione); c) pasirinktam rinkos dalyviui pagal dvišalę sutartį;

6) vartotojai prekiaus apkrovos / generacijos lankstumo paslaugomis, kurias pirs tinklų

operatorius tiesiogiai arba per tarpininkus (pvz., agreguotojus);

7) išmaniosios technologijos perdavimo tinkle užtikrins tolimus energijos persiuntimus bendroje Europos elektros rinkoje. Tai atpigins energijos kainas Europos vartotojams.

Nauda tinklų operatoriams apims šiuos efektus:

1) sumažės išlaidos tinklų technologiniams nuostoliams padengti. Tai lems išmaniojo tinklo automatizacija ir mažesnės vartotojų apkrovos (dėl sutaupymų, žr. anksčiau paminėtus 1, 2 efektus, ir pasigamintos savo poreikiams energijos, žr. 5 efektą). Mažesnės operatoriaus sąnaudos mažins elektros persiuntimo tarifą vartotojams;

2) lankstumo paslaugų pirkimas padės šalinti tinklo perkrovas, lėtins jo apkrovos piko augimą. Tai mažins poreikį kurti papildomus tinklo pralaidumus, operatorius mažiau investuos į plėtrą, nekils elektros persiuntimo tarifas tinklo naudotojams;

3) apkrovos pikų mažinimas ir lankstumo paslaugų pirkimas iš tinklo naudotojų mažins ir aktyviosios galios rezervų poreikį EES balansavimui. Tai atpigins balansavimą ir mažins energijos persiuntimo tarifą;

4) padidės tinklo stebimumas realiu laiku, taigi pagerės tinklo avarijų prevencija. Bus įdiegtos naujos relinės apsaugos ir lokalaus valdymo funkcijos, kurias teiks išmanieji valdikliai, gebantys patys priimti valdymo sprendimus ir juos koordinuoti tarpusavyje per komunikacijų tinklus. Padaugės tinklo įrenginių ir antrinių grandinių įtaisų saviagnostikos ir savikontrolės funkcijų. Palengvės operatyvinis-dispečerinis tinklo valdymas dėl platesnių nuotolinio valdymo galimybių;

5) padidės elektros tiekimo patikimumas dėl save gydančio tinklo technologijų. Skirstomasis tinklas be operatoriaus įsikišimo atskirs pažeistą elektros linijos sekciją, o nepažeistas sekcijas perjungs prie kitų maitinančių šynų ir linijų. Tai atliks automatiniai jungtuvai. Toks tinklo konfigūracijos keitimas, kaip atsakas į gedimą, sutrumpins tinklo „prastovas“, sumažins operatoriaus nuostolius dėl nepersiųstos energijos (negautas pajamas) ir kompensacines išmokas tinklo naudotojams;

6) pagerės EES stabilumas;

7) sumažės tinklo operatoriaus darbo sąnaudos abonentų sunaudojimo apskaitai ir sąskaitoms. Tai

užtikrins išmaniosios apskaitos sistemos, kurios nuotoliniu būdu automatiškai nuskaitys ir apdoros skaitiklių rodmenis. Labai sumažės komercinių nuostolių dėl energijos vagysčių. Apskaitą ir sąskaitybą taip pat atpigins nuotolinis abonentų skolininkų skaitiklių išjungimas ir įjungimas;

8) efektyvesne taps tinklo operatoriaus turto (infrastruktūros) priežiūra ir valdymas. Bus remiamasi gausiais įrenginių stebėsenos ir darbo režimų duomenimis, kurie bus kaupiami ir apdorojami kaip didieji duomenys (angl. *Big Data*). Jie padės geriau kontroliuoti įrenginių nusidėvėjimo būklę, juos remontuoti ir keisti „užbėgant už akių“ gedimams, laiku planuoti pirkimus.

Išmaniųjų tinklų plėtra bus naudinga verslui. Elektros energetikos ir IRT sektoriuose atsiras naujos verslo rūšys ir paslaugos. Operatoriai pirs iš verslo išmaniąsias technologijas, jų diegimo ir eksploatavimo paslaugas, o tinklo naudotojai – tarpininkavimo ir paramos paslaugas:

1) plėsis atsinaujinančiųjų energijos išteklių (saulės ir vėjo) elektrinių statybos ir priežiūros paslaugų sektorius, nes tinklas pajėgs išmaniai suvaldyti vis didesnes nepastovios generacijos apimtis;

2) tinklų operatoriai galės deleguoti išmaniosios apskaitos tvarkymą atskiram verslo vienetui – išmaniosios apskaitos operatoriumi;

3) tinklo operatoriai patikės duomenų tvarkymo ir apdoravimo darbus duomenų operatoriams;

4) išmaniojo tinklo valdikliams ir valdymo sistemoms, režimų analizatoriams, techninėms sąsajoms su vartotojais ir smulkiaisiais generatoriais ir kitai išmaniajai įrangai bus užsakomi, perkami nauji algoritmai bei kompiuterinės programos;

5) tinklo operatoriai plės savo telekomunikacijų tinklus ir pirs jų plėtros paslaugas, taip pat daugiau naudosis kitų operatorių ryšių tinklais;

6) vartotojai ir generatoriai pardavinės savo apkrovų ir generacijos lankstumo paslaugas agreguotojams – įmonėms, kurios turės apkrovų stebėsenai ir televaldymui reikalingą įrangą. Agreguotojai sujungs smulkias apkrovas ir generacijas į kelių megavatų eilės „portfelius“ / paketus ir tokio jungtinio lankstumo paslaugą pardavinės tinklų operatoriams;

7) konsultacinės ir energetinių paslaugų firmos padės vartotojams efektyviau naudoti energiją pasitelkus išmaniuosius skaitiklius, namų

automatizaciją ir sunaudojimo vizualizavimo realiu laiku priemones. Galės padėti pasinaudoti ir dinaminiais tarifais, t. y. rinkos signalais apie artėjančias paros valandas, kai energija bus pigesnė arba, priešingai, brangesnė.

Išmanieji tinklai peržengs tinklo naudotojo, verslo įmonės ir tinklo operatoriaus ribas, darys strateginės reikšmės poveikių visam elektros sektoriui:

1) integruodami į išmaniuosius tinklus saulės ir vėjo elektrines, turėsime daugiau ekologiškos elektros energijos bei švaresnę aplinką: sumažės išmetamų teršalų, kurie susidaro veikiant tradicinėms iškastinio kuro elektrinėms;

2) atsinaujinančių energijos išteklių elektrinių plėtra padidins energetinį saugumą kuro išteklių požiūriu, kas yra labai aktualu tokių išteklių neturinčioms valstybėms;

3) išmanieji tinklai užtikrins didesnę tarp sisteminių jungčių panaudojimą tolimiems energijos srautų perdavimams ir tvirtins bendros Europos energijos rinkos pamatus;

4) išmaniosios tinklų valdymo technologijos padidins energetinį saugumą elektros tinklo stabilumo požiūriu: sumažės masinio vartotojų išjungimo, EES „užgesimų“ ir tarp sisteminių avarių pavojus.

Šiandien dar nėra patikimų vertinimų, kokie būtų tiesioginiai energijos ir finansinių išteklių sutaupymai nacionaliniu mastu dėl išmaniojo tinklo plėtros Lietuvoje. Todėl jau laikas atlikti tyrimus, kurie leistų sutaupymus ir kitą ekonominę naudą išreikšti konkrečiais skaičiais. Naudos dydis labai priklausys nuo pasirinkto tinklo išmanumo lygio, kuris turės būti ekonomiškai, galbūt atskirais atvejais ir politiškai (energetinis saugumas) pagrįstas.

## IŠMANIŪJŲ TINKLŲ MAKROEKONOMINIAI IR IDEOLOGINIAI NAUDOS EFEKTAI

Išmanieji tinklai savo reikšmingumu peržengia elektros sektoriaus ribas ir darys nemažą įtaką kitiems ekonomikos sektoriams.

Elektros kainos mažėjimas ar bent augimo sulėtinimas taupo įmonių sąnaudas energijai įvairiose ūkio šakose. Mažesnės gamybinės sąnaudos didina įmonių efektyvumą ir konkurencingumą įvairiose pramonės šakose ir paslaugų

ar kt. sferose. Plečiama gamyba, sukuriama daugiau pridėtinės vertės ir darbo vietų. Sukurti nauji produktai ir technologijos „migruoja“ iš vienos šakos į kitą ir didina jų efektyvumą, sparčiau auga BVP, plečiasi importas ir gerėja šalies eksporto-importo balansas, kyla jos tarptautinis skolinimosi reitingas.

Šiuos kokybinius makroekonominis efektus tyrė Lietuvos energetikos institutas nacionalinėje tyrimų programoje „Energetikos sektoriaus plėtros ekonominė ir darnumo analizė“ (2014–2016). Sukurti modeliai makroekonominiams efektams skaičiuoti / vertinti pagal 7 pav. pateiktą schemą.

Pabrėžtina, kad nacionaliniu mastu tikėtina ne tik ekonominė nauda. Išmanieji tinklai prisidės prie pažangios šalies įvaizdžio kūrimo, padidins vartotojų komfortą, skatins išmaniųjų technologijų ir, žiūrint plačiau, išmaniųjų sprendimų principų taikymą kitose sistemose bei veiklose.

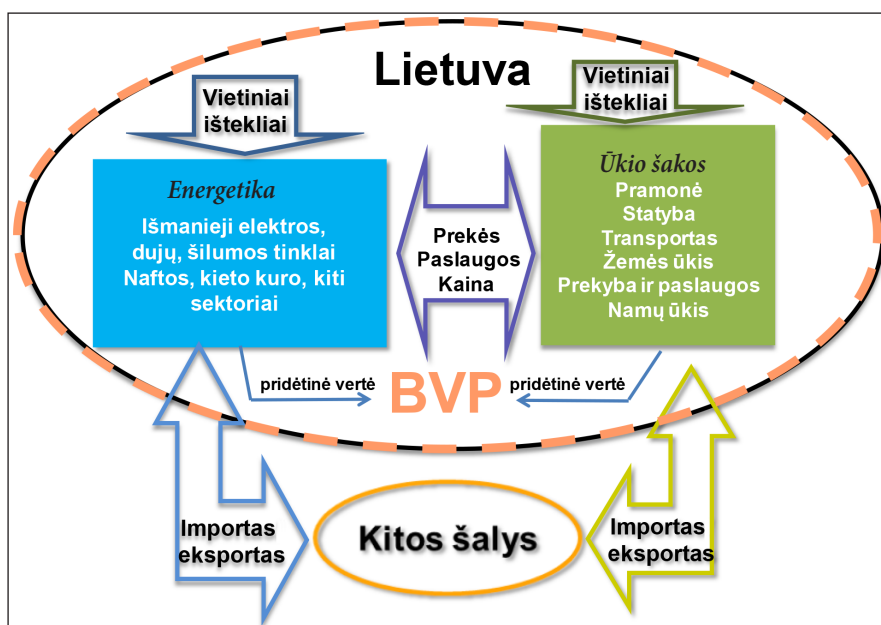
Viena iš tokių sistemų yra miestai, t. y. miesto ūkis, sektoriai, valdymo struktūra. Čia formuojasi dvi išmaniojo miesto (angl. *smart city*) sampratos: siauresnė ir platesnė.

Siauresnė samprata išmaniųjų miestą traktuoja tik energinio efektyvumo požiūriu. Tokios sampratos pavyzdys – neseniai baigtas ES 7 Bendrosios tyrimų programos projektas PLEEC (*Planning for Energy Efficient Cities*) – „Energiškai efektyvių miestų planavimas“ (2013–2016) [25]. Jame Lietuvos energetikos institutas kartu su

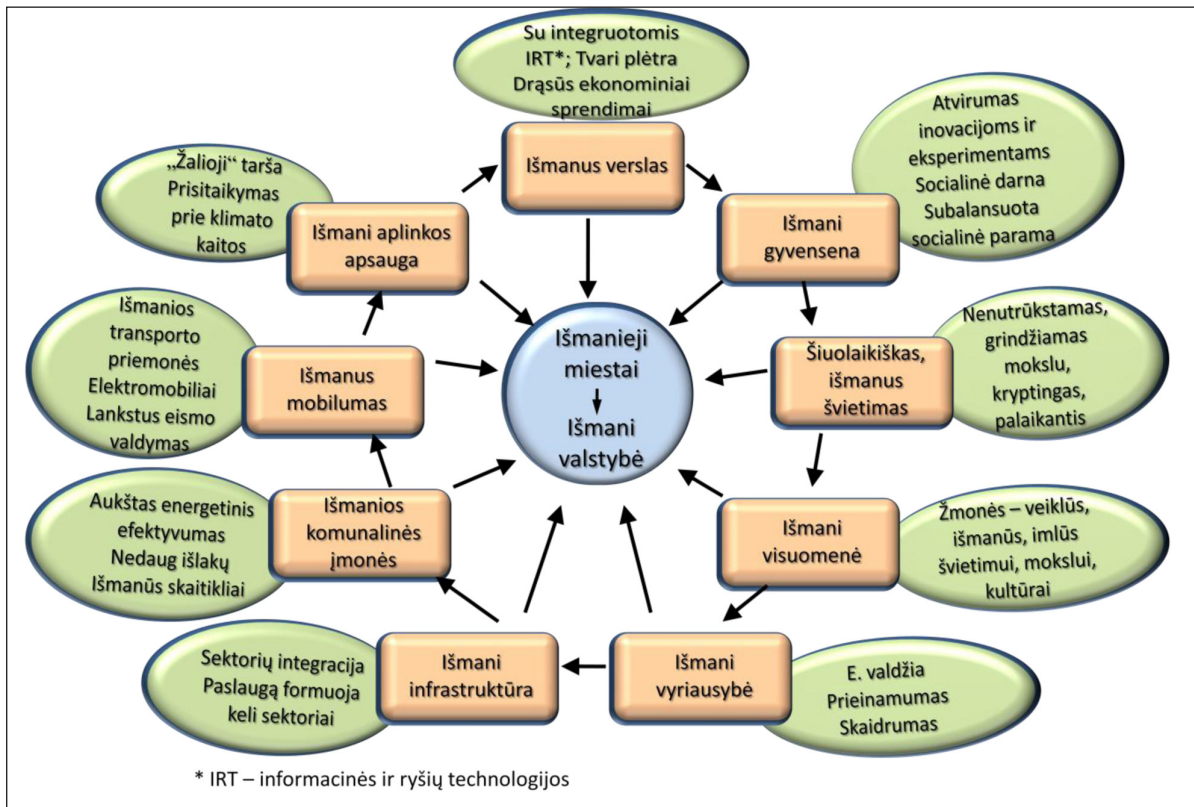
tarptautiniais partneriais rengė integruoto planavimo modelį, pagal kurį galima būtų „perplanuoti“ vidutinio dydžio miestus Europoje taip, kad jie energiją naudotų taupiau, efektyviau ir ekologiškiau. Analizė apėmė 5 ūkio sektorius: 1) „žaliuosius“ pastatus ir žemės naudojimą; 2) gamybines veiklas ir individualius namus; 3) techninę infrastruktūrą; 4) mobilumą ir transportą; 5) energijos tiekimą.

Projekto partneriai sudarė pažangių energetinių technologijų sąrašus (su 173 technologijomis) ir parinko energinio efektyvumo rodiklius miestų planavimo modeliui. Projekto partneriai-savivaldybės – Tartu (Estija), Santjago de Kompostela (Ispanija), Turku (Suomija), Stokeon-Trent (Jungtinė Karalystė), Ekskilstuna (Švedija) ir Jyvaskylä (Suomija) – ištyrė savo miestų energinio efektyvumo būklę. Po to iš sąrašo parinko savo miestams tinkamas technologijas ir jų diegimo spartinimo priemones. Savivaldybės žada jomis pasinaudoti ir parengti parodomuosius energinio efektyvumo veiksmų planus savo miestams.

Platesnė samprata į išmaniųjų miestą žvelgia išmaniųjų sprendimų požiūriu. Pagal ją, energinis efektyvumas nėra svarbiausias. Išmanumą apibūdina tokie požymiai ir lozungai kaip: „tvari plėtra“, „išmanus valdymas“, „išmani visuomenė“, „lankstus eismo valdymas“, „sektorių integracija“, „išmanus švietimas“ ir panašūs, ši išmaniojo miesto samprata pateikta 8 pav.



7 pav. Išmaniųjų tinklų įtakos makroekonomikai modeliavimo schema



8 pav. Išmaniojo miesto platesnė samprata

## IŠMANIOJO TINKLO PLĖTROS KLIŪTYS IR RIZIKOS

Jei nebus iš esmės modernizuoti esami tinklai, bus stabdoma generavimo technologijų iš atsinaujančių išteklių plėtra, gali kilti pavojus tinklų saugumui, bus prarastos papildomos galimybės taupyti energiją, padidinti jos naudojimo efektyvumą ir elektros rinkos (Europos vieningos rinkos) plėtra vyks daug lėčiau.

Šiuo metu net ir sunku išvardyti visas kliūtis ir rizikas, kurios lydės išmaniojo tinklo plėtrą Europoje (ir Lietuvoje), kai nėra suformuota aiškių plėtros vizijų ir strategijų.

Tačiau jau ir šiandien galima išskirti keletą struktūrizuotų problemų.

### 1. Praktinio įgyvendinimo sunkumai:

- ✓ naujų įrenginių, technologijų ir metodų standartizavimas ir sertifikavimas;
- ✓ išmaniųjų tinklų valdymas ir testavimas;
- ✓ išmanaus vartotojo formavimas – kad vartotojai keistų savo apkrovą tinklo režimui naudinga linkme ir šitaip taptų išmaniojo tinklo dalimi;

✓ sudėtinga naudos ir sąnaudų analizė siekiant įvertinti išmaniojo tinklo teikiamą naudą ir reikiamas investicijas;

✓ gerai nežinomi naujų technologijų trūkumai ir galimos problemos jų eksploatavimo metu;

✓ gerai neišnagrinėta mūsų teisinė sistema ir nenustatyti „spąstai“, galintys stabdyti išmaniųjų tinklų plėtrą, neparengti atitinkami pasiūlymai teisės aktams, sudarysiantys prielaidas tvariai ir darniai tinklų plėtrai.

### 2. Finansavimo problemos:

✓ išmaniojo tinklo plėtrai reikalingos didelės finansinės lėšos (investicijos);

✓ reikia naujų pažangių investavimo schemų; investuotojai neranda optimalaus būdo, kaip pasidalyti sąnaudas ir naudą suinteresuotosioms šalims (visuomenė / valstybė, savivaldybės, tinklų operatoriai, generavimo šaltinių savininkai / gamintojai, vartotojai).

Dažnai ekspertų pabrėžiama, kad:

✓ išmanusis tinklas – ne vien elektros sektoriaus rūpestis;

✓ operatoriai patys nesukurs išmaniųjų tinklų, todėl būtina, kad jie glaudžiai bendradarbiautų su

pramonės sektoriumi (ypač IT įmonėmis) ir politikais;

✓ būtina šviesti visuomenę apie išmaniojo tinklo teikiamą naudą ir perspektyvumą.

Plečiant išmaniuosius tinklus derėtų nepamiršti, kad tai labai sudėtinga infrastruktūra, todėl galimos ir įvairios rizikos:

✓ netinkamas sprendimų ir technologinių įrenginių parinkimas, netinkamas įrenginių instaliavimas, perinvestavimas, nemaža „nerentabilių“ technologijų rizika;

✓ neaišku, kokie standartai bus taikomi išmaniesiems tinklams ateityje, ar jie nevaržys tinklų plėtos;

✓ neaišku, kaip vartotojai priims šias naujas technologijas;

✓ kibernetinio saugumo pažeidimai.

Didėjant komunikavimo apimtims išmaniuose tinkluose, labai išauga kibernetinio nesaugumo dėl įsilaužimų rizika. Visiškai ir patikimai apsaugoti tinklo IRT infrastruktūrą nuo kibernetinių atakų bus sunku, nes neaišku, kokius naujus virusus (destrukcines kompiuterines programas) sukurs kibernetiniai įsilaužėliai ir kiek veiksmingos čia bus antivirusinės programos nuo senų (žinomų) virusų. Vienas iš kibernetinio saugumo būdų – komunikacijų tinkle leisti (kur įmanoma dėl technologinių procesų) tik vienkryptį duomenų perdavimą, pavyzdžiui, iš serverio į valdiklį, kad įsilaužėlis negalėtų pasiųsti viruso „aukštyn“ į serverį. Daugiausia įsilaužimų elektros tinkluose padaroma per SCADA sistemas. Tai duomenų surinkimo ir apdorojimo sistemos, kurios jungia dispečerinio valdymo serverius su nutolusiais terminalais – teleinformacijos surinkimo ir perdavimo įrenginiais, įrengtais tinklo pastotėse, ir yra dvikryptės. Pažymėtinas dar vienas saugumo būdas – labai „išbranginti“ įsilaužimą į IRT infrastruktūrą: padaryti taip, kad įsibrovėliui reikėtų pernelyg daug resursų ir neapsimokėtų laužtis (potencialaus įsilaužėlio dėmesys gali būti nukreipiamas į lengviau įsilaužiamas sistemas).

Minėtoms problemoms išspręsti EK siūlo visų pirma:

✓ parengti bendrus Europos išmaniųjų tinklų standartus;

✓ užtikrinti vartotojų duomenų apsaugą;

✓ sukurti reguliavimo sistemą, skatinančią diegti išmaniuosius tinklus (jų diegimą visų pirma turėtų skatinti rinka);

✓ garantuoti atvirą ir konkurencingą mažmeninę rinką, kad būtų užtikrinti vartotojų interesai;

✓ teikti nuolatinę paramą inovacijoms ir sparčiam jų įdiegimui.

Norint įveikti išvardytas kliūtis ir išvengti minėtų rizikų, būtina tiksliais / detaliais skaičiavimais grįsti darnią tinklų ir generuojančių šaltinių plėtrą, o tam reikia aukštesnio lygmens tyrimų bei vertinimų. Didelis dėmesys turės būti skiriamas tinklų įmonių bendradarbiavimui su mokslo ir tyrimų institucijomis, nes sudėtinges sprendimų priėmimo, naudos ir kaštų vertinimo metodikos, valdymo algoritmai, reikės ieškoti kompleksinių požiūrių. Vienas iš instrumentų tokiai plėtrai pasiekti Lietuvoje ir kitose ES šalyse – sumanios specializacijos institucinė programa.

## SUMANI SPECIALIZACIJA LIETUVOJE

Skatindama mokslo ir verslo bendradarbiavimą tose srityse, kuriose šalys turi nacionalinį mokslo potencialą, EK 2011 m. įkūrė vadinamąją Sumanios specializacijos platformą (S3P) 2014–2020 m. Europos Sąjungos struktūrinės paramos laikotarpiui [26]. Viena iš strateginių kryptų platformoje yra energetika. Šalys buvo įpareigtos parengti nacionalines sumanios specializacijos strategijas ir jas įgyvendinti. Strategijomis siekiama paspartinti mokslui imlių nacionalinio ūkio sektorių plėtrą ir stiprinti ilgalaikius ūkio konkurencingumo pagrindus. Lietuvoje tokią strategiją Švietimo ir Ūkio ministerijų užsakymu parengė Mokslo ir studijų stebėsenos ir analizės centras (MOSTA). Strategiją sudaro šešios prioritetinės MTEP ir inovacijų kryptys, kurių pirmoji yra energetika ir tvari aplinka. LR Vyriausybė ją patvirtino 2013 m. spalio 14 d. [27].

Paskesnis LR Vyriausybės žingsnis buvo Sumanios specializacijos programos patvirtinimas 2014 m. balandžio 30 d. [28]. Energetikos ir tvarios aplinkos kryptyje nustatyti 4 prioritetai, iš kurių 3 susiję su išmaniaisiais tinklais:

a) išmaniosios energijos generatorių, tinklų ir vartotojų energetinio efektyvumo, diagnostikos, stebėsenos, apskaitos ir valdymo sistemos;

b) saulės energijos įrenginiai ir jų naudojimo elektros, šilumos ir vėsos gamybai technologijos;

c) išmaniųjų mažaenergių pastatų kūrimo ir naudojimo technologija (skaitmeninė statyba).

Šiems prioritetams realizuoti 2015 m. ko-vo 31 d. patvirtinti veiksmų planai su iškeltais uždaviniais ir jiems spręsti preliminariai numatomomis lėšomis (europinėmis, valstybės biudžeto ir privačiomis) [29]. Kiekvienam prioritetui numatyti 5 uždaviniai, o jiems – 36 priemonės. Prioritetui (a) MOSTA numatė 7 temines sritis [30]:

1. Išmaniojo tinklo ir elementų patikimumo rodiklių vertinimas, sistemos valdymo algoritmai ir įranga.

2. Paskirstytų generatorių integravimo į bendrą tinklo ir statinio energetinio efektyvumo ir patikimumo valdymo sistemą modeliai ir sprendiniai.

3. Su komunikacinių tinklų, debesų kompiuterijos ir duomenų centrų sprendimais deranti saugaus duomenų surinkimo, apdorojimo, paskirstymo ir valdymo sistema.

4. Statinio energetinių paslaugų būsenos diagnostavimas prieš įdiegiant išmanųjį valdymą procedūras.

5. Energetiškai efektyvių statinio inžinerinių sistemų ir jų komponentų kūrimas.

6. Išmanūs matavimo, apskaitos ir stebėsenos prietaisai, jų komponentai bei sistemos.

7. Nuolat veikianti energinio efektyvumo, ekonominio racionalumo ir mikroklimato sąlygų ekspertinė sistema pastato (objekto) ar jais užimtos teritorijos valdytojui.

Veiksmų planų vykdymo eigai prižiūrėti 2014 m. gruodžio 15 d. patvirtinta stebėsenos, poveikio vertinimo ir bendradarbiavimo skatinimo tvarka [31]. Joje nustatytos MOSTA ir Mokslo, inovacijų ir technologijų agentūros (MITA) funkcijos sumanios specializacijos kontekste bei šio proceso stebėsenos ir vertinimo principai.

2015 m. gegužę Lietuvos sumanios specializacijos strategiją oficialiai patvirtino EK.

Sumani specializacija teikia gerą progą efektyviau panaudoti žmoniškųjų išteklių potencialą Lietuvoje. Energetikos ir tvarios aplinkos strateginėje kryptyje sprendimus ir technologijas pateiks lyderiaujančios šioje srityje tyrimų institucijos Lietuvoje – Lietuvos energetikos institutas, Kauno technologijos universitetas, tikėtinas indėlis ir iš kitų institucijų – Vilniaus Gedimino technikos universiteto, Vilniaus universiteto ir t. t., kuriuose įrengti šiuolaikiški technologijų mokslo centrai, mokslo ir technologijų parkai bei slėniai.

## IŠVADOS

1. Skirtingai nuo aplinkos apsaugos, dekarbonizacijos, vieningos elektros rinkos kūrimo ar energetinio saugumo politikos kryptių, išmanieji tinklai Europos Sąjungoje nėra plėtojami pagal įpareigojančius teisės aktus, tai tarsi ir nėra politikos kryptis. Tačiau iš politikų, mokslo ir verslo specialistų / ekspertų pasisakymų, pasirodančių dokumentų, kuriuose pabrėžiama išmaniųjų tinklų svarba, galima daryti išvadą, kad palaipsniui formuojamos išmaniųjų tinklų plėtros / politikos kryptys.

2. Išmaniųjų tinklų kūrimas Europoje vyksta pirmiausia kaip natūralus techninės pažangos procesas, kuris jau nekelia abejonių dėl tikslingumo. Tai lemia pirmiausia informacinių ir ryšių technologijų plėtros kontekstas, elektros rinkos santykių plėtra ir ekologijos svarba mūsų gyvenime. Tačiau aiškių išmaniojo tinklo kūrimo vizijų ir strategijų nėra pateikiama.

3. Šiuo metu išmaniojo tinklo technologijų „portfelyje“ / pakete brandžių technologijų yra mažuma. Dauguma reikalingų technologijų yra naujos: tobulinamos, kuriamos ar planuojamos sukurti. Iki 2020 m. vyraus bandomieji (MTEP ir demonstraciniai) ir inovaciniai išmaniųjų tinklų projektai.

4. Daugelio ekspertų nuomone, į skirstomąjį tinklą reikės diegti daugiau išmaniųjų technologijų nei į perdavimo tinklą, kuris yra labiau automatizuotas, kompiuterizuotas ir skaitmenizuotas.

5. Lietuvoje išmaniųjų tinklų plėtra yra teisiškai įtvirtinta kaip privaloma tinklų operatoriui.

6. Lietuva nėra Baltijos regiono lyderis išmaniųjų tinklų diegimo srityje, bet turi prielaidų tokia tapti, praplėsdama šalies, turinčios vieną greičiausių internetą Europoje, įvaizdį.

7. Atsirast daugiau įmonių (aukštųjų technologijų srityje), kurios kurs ir gamins „lietuviškus“ išmaniųjų tinklų / technologijų sprendimus ir prisidės prie Europos Komisijos rekomendacijos gaminti daugiau aukštesnės pridėtinės vertės produktų.



## Literatūra

1. Lo Schiavo L. Promoting innovation and investments in smart grid: the Italian regulatory experience. *JRC Workshop – Electricity Session, October 7, 2011, Dubrovnik*.
2. Energy Independence and Security Act of 2007. Public Law 110–140, December 19, 2007. <https://www.epa.gov/laws-regulations/summary-energy-independence-and-security-act> [žiūrėta 2016 08 28].
3. Europos Parlamento ir Tarybos direktyva 2009/72/EB dėl elektros energijos vidaus rinkos bendrųjų taisyklių. ES oficialusis leidinys, serija L 211. T. 52. P. 55–93.
4. European Commission (2011). Definition, expected services, functionalities and benefits of smart grids. SEC(2011) 463 final.
5. European Commission (2011). Smart grids: from innovation to deployment. COM(2011) 202 final.
6. EPRI, Smart Grid Resource Center. <http://smart-grid.epri.com/Index.aspx> [žiūrėta 2016 08 28].
7. U.S. Department of Energy, Office of Electricity Delivery and Energy Reliability. Smart grid. <http://energy.gov/oe/services/technology-development/smart-grid> [žiūrėta 2016 08 28].
8. Ледин С. С. Интеллектуальные сети Smart Grid – будущее Российской энергетики. *Автоматизация в энергетике*. 2010. № 11. <http://www.sicon.ru/about/articles/?base=&news=16> [žiūrėta 2016 08 28].
9. *Elektros tinklų naudojimo taisyklės*. Patvirtinta Lietuvos Respublikos energetikos ministro 2012 m. birželio 18 d. įsakymu Nr. 1-116.
10. European Commission (2013). Incorporating demand side flexibility, in particular demand response, in electricity markets. SWD(2013) 442 final.
11. Europos Komisija (2014). 2020–2030 m. klimato ir energetikos politikos strategija. COM (2014) 15 final.
12. European Commission, JRC (2014). Smart Grid Projects Outlook 2014.
13. European Commission, JRC (2011). Smart Grid Projects in Europe: lessons learned and current developments.
14. Metering & Smart Energy International (2015). China to invest US\$ 31bn in provincial smart grid by 2020. 26 November 2015. <https://www.metering.com/china-to-invest-us31bn-in-provincial-smart-grid-by-2020/> [žiūrėta 2016 08 28].
15. U.S. Commercial Service Smart Grids Affinity Group (2015). Smart Grids in Europe: A Quick Guide for U.S. Exporters. [https://build.export.gov/build/groups/public/@eg\\_main/@byind/@energy/documents/webcontent/eg\\_main\\_092091.pdf](https://build.export.gov/build/groups/public/@eg_main/@byind/@energy/documents/webcontent/eg_main_092091.pdf) [žiūrėta 2016 08 28].
16. U.S. Department of Energy (2014). 2014 Smart Grid System Report. Report to Congress. <http://www.energy.gov/sites/prod/files/2014/08/f18/SmartGrid-SystemReport2014.pdf> [žiūrėta 2016 08 28].
17. Borghese F. (2010). *Automated Meter Management Roll-out: Enel's Experience*, 2010. [http://www.fstrf.ru/eng/international\\_activity/meropr/4/4/1/04\\_-\\_Automated\\_Meter\\_Management\\_roll-out\\_borghese\\_fabio.pdf](http://www.fstrf.ru/eng/international_activity/meropr/4/4/1/04_-_Automated_Meter_Management_roll-out_borghese_fabio.pdf) [žiūrėta 2016 09 19].
18. Horizon 2020. Project RealValue – Realising Value from Electricity Markets with Local Smart Electric Thermal Storage Technology, 2015–2018. <http://www.realvalueproject.com>
19. Li F., Qiao W., Sun H., Wan H., Wang J., Xia Y., Xu Zh., Zhang P. Smart transmission grid: vision and framework. *IEEE Transactions on Smart Grid*. 2010. Vol. 1. No. 2. P. 168–177.
20. LESTO (2014). *Technologinės tinklo plėtros strategija*. <http://www.eso.lt/stream/1594/strategija.%202015.pdf> [žiūrėta 2016 09 19].
21. LESTO (2014). *AB LESTO ilgalaikė strategija 2014–2020 m.* [http://www.nasdaqbaltic.com/upload/reports/les/2014\\_yb\\_lt\\_ltl\\_00\\_00.pdf](http://www.nasdaqbaltic.com/upload/reports/les/2014_yb_lt_ltl_00_00.pdf) [žiūrėta 2016 09 19].
22. LESTO (2015). *AB LESTO investicijų planas 2015–2025 m.* <http://www.eso.lt/stream/7560/elektros%20energetikos%20sektorius%20investicij%C5%B3%20planas%202015-2025%20metais.pdf> [žiūrėta 2016 09 19].
23. Litgrid (2016). *Lietuvos elektros energetikos sistemos ir perdavimo tinklų plėtra 2016–2025 m.* <http://www.litgrid.eu/index.php/tinklo-pletra/lietuvos-elektros-perdavimo-tinklo-10-metu-pletros-planas/113> [žiūrėta 2016 09 29].

25. FP7. Project PLEEC – Planning for Energy Efficient Cities, 2013–2016. <http://www.pleecproject.eu> [žiūrėta 2016 09 19].
26. European Commission (2010). Regional policy contributing to smart growth in Europe 2020. COM(2010) 553 final [žiūrėta 2016 09 19].
27. *Prioritetinių mokslinių tyrimų ir eksperimentinės (socialinės, kultūrinės) plėtros ir inovacijų raidos (sumanios specializacijos) kryptys*. Patvirtinta LR Vyriausybės 2013 m. spalio 14 d. nutarimu Nr. 951. [http://www3.lrs.lt/pls/inter3/dokpaieska.showdoc\\_l?p\\_id=458262&p\\_tr2=2](http://www3.lrs.lt/pls/inter3/dokpaieska.showdoc_l?p_id=458262&p_tr2=2) [žiūrėta 2016 08 28].
28. *Prioritetinių mokslinių tyrimų ir eksperimentinės (socialinės, kultūrinės) plėtros ir inovacijų raidos (sumanios specializacijos) kryptių ir jų prioritetų įgyvendinimo programa*. Patvirtinta LR Vyriausybės 2014 m. balandžio 30 d. nutarimu Nr. 411.
29. *Plėtros ir inovacijų raidos (sumanios specializacijos) krypties „Energetika ir tvari aplinka“ prioriteto „Išmaniosios energijos generatorių, tinklų ir vartotojų energetinio efektyvumo, diagnostikos, stebėsenos, apskaitos ir valdymo sistemas“ veiksmų planas*. Patvirtinta LR Švietimo ir mokslo ministro ir Ūkio ministro 2015 m. kovo 31 d. įsakymu Nr. V-291/4-176.
30. MOSTA. *Apie sumanią specializaciją. Prioritetai. Energetika ir tvari aplinka*. <http://www.mosta.lt/sumani-specializacija/prioritetai> [žiūrėta 2016 09 19].
31. *Mokslinių tyrimų ir eksperimentinės (socialinės, kultūrinės) plėtros ir inovacijų raidos (sumanios specializacijos) kryptių plėtros ir jų prioritetų įgyvendinimo stebėsenos ir poveikio vertinimo bei verslo subjektų ir mokslo ir studijų institucijų bendradarbiavimo skatinimo tvarkos aprašas*. Patvirtinta LR Švietimo ir mokslo ministro ir Ūkio ministro 2014 m. gruodžio 15 d. įsakymu Nr. V-1218/4-911. <https://www.e-tar.lt/portal/lt/legalAct/03bf9460853711e481c9c95e73113964> [žiūrėta 2016 08 28].

**Virginijus Radziukynas, Arturas Klementavičius**

## DEVELOPMENT OF THE SMART GRID

### Summary

The article reviews the aspects of smart grid development. The concept and visions of a smart grid are outlined regarding it as an up-to-date and modern power network. The matters of legal regulation are discussed. It is shown that the major form of smart grid development at the current stage is pilot projects. It is highlighted that the smart grid development in Europe takes place as a natural technological advancement rather than a pursuit of a mandatory EU policy. The general framework of smart grid development composed of R & D and infrastructure projects is presented together with the chart of funding sources. The prospects of integrating the smart technologies into transmission and distribution networks in Lithuania are presented. The benefits expected from the smart grid development for customers, operators, business entities, and society are discussed. It is noted that the Smart Specialization Programme launched in Lithuania is a promising instrument and can significantly foster the consolidation of Lithuanian science and business efforts on a way to smart grids. In this new and broad perspective, a number of high technology companies engaged in the development of smart grid solutions are to grow, and it will contribute to the extended supply of Lithuanian products with a higher added value, as the European Commission specifically recommends.

**Keywords:** smart grid, transmission network, distribution network, pilot projects, smart technologies, electricity customer, legal regulation