

Elektroenerģijas ražošanas attīstības perspektīvas Eiropā*



Avots: Dreamstime

Dukovany AES (Čehija) dzesēšanas torņi

**Stefans Ulreihhs
Hanss Vilhelms Šifers**

 **Latvenergo**

**VGB
POWERTECH**

Paredzams, ka laika posmā no 2025. līdz 2030. gadam Eiropas elektroenerģētikas nozare piederzēs paradigma maiņu saistībā ar konvencionālo staciju tehniskās ekspluatācijas ilgumu. Šīs izmaiņas stiprinās pēdējos gados augošie centieni slēgt kodolelektrostacijas un ogļu elektrostacijas pirms to tehniskā mūža vai saimnieciskās darbības plānotā termiņa beigām. Konvencionālo elektrostaciju ģenerācijas samazinājumu var kompensēt no atjaunīgajiem energoresursiem ražotā elektroenerģija. Tomēr, lai uzturētu tīkla stabilitāti, ir jābūt pārliecibai, ka nepieciešamā jauda būs pieejama jebkurā brīdī. Konvencionālās elektrostacijas, kas līdz šim sniegušas lielāko ieguldījumu nodrošinātās jaudas bilancē, nākotnē būs pieejamas ievērojami mazākā apjomā. Tāpēc, sākot no minētā laika posma, ģenerācijai no atjaunīgajiem energoresursiem un tādiem elastīguma risinājumiem kā uzkrāšana un patēriņa vadība būs strauji jāpalielina sava devums jaudas nodrošinājumā un ierastā energoapgādes drošuma līmena uzturēšanā. Lai atspoguļotu risināmos jautājumus, šajā rakstā apskatītas prognozes saistībā ar Eiropas Savienības dalībvalstu konvencionālo elektrostaciju darbības pārtraukšanu. Protams, prognozes ir tikai aptuvenas, jo nepieciešami precīzāki ekonomiskie aprēķini par elektroenerģijas pieejamību un pārvadi. Eiropas risinājumos izmantotie portfeļa efekti var samazināt nepieciešamo elastīguma pieaugumu.

* Stefan Ulreich and Hans-Wilhelm Schiffer. Prospects for Development of Power Generation in Europe, VGB PowerTech Journal Vol. 64 (2019) | Issue 8/9, August/September.

Elektroapgādes struktūra Eiropā un Eiropas Savienībā

Elektronergējas patēriņu Eiropā un Eiropas Savienībā (ES-28) joprojām lielā mērā nodrošina fosilo resursu izmantošana. 2018. gadā šķidrais kurināmais, dabasgāze un ogles veidoja 75% no ES primārās energijas patēriņa. Atjaunīgo energoresursu ģenerācijas un kodolenerģētikas devums bija attiecīgi 14% un 11%. Līdzīga aina redzama Eiropā,¹ kur 74% no primārās energijas patēriņa nodrošina fosilais kurināmais, 15% – atjaunīgie energoresursi un 10% – kodolenerģija. ES-28 veido 82% no Eiropas primāro energoresursu patēriņa (1. att.).

Nafta, no kuras iegūst šķidro kurināmo, galvenokārt tiek izmantota transporta nozarē un ķīmijas rūpniecībā. Dabasgāzi primāri izmanto siltumapgādē un arī elektroenerģijas ražošanā, bet tās īpatsvars ES dalībvalstīs ir ļoti atšķirīgs. Atjaunīgie energoresursi tiek izmantoti gan siltumapgādē, gan elektroenerģijas ražošanā, gan arī, mazākā mērā, transporta nozarē. Turpretim ogļu ģenerācija visplašāk tiek izmantota elektroenerģētikā. Vēl vairāk tas attiecināms uz kodolenerģiju.

Pastāv lielas atšķirības primārās energijas patēriņa struktūrā un elektroenerģijas ražošanā pēc energoresursa veida (1. un 2. att.). 2018. gadā ES-28 (Eiropā) ogļu ģenerācija veidoja 20% (21%), dabasgāzes – 19% (18%), šķidrā kurināmā – 2% (1%), kodolenerģijas – 25% (23%), atjaunīgo energoresursu – 32% (35%) un cita veida energoresursu – 2% (1%) no saražotās elektroenerģijas apjoma. Tādējādi elektroenerģētikā fosilās energijas īpatsvars ir ievērojami zemāks, bet kodolenerģijas un atjaunīgo energoresursu ieguldījums – ievērojami augstāks nekā primārās energijas patēriņā. Patēriņš ES valstīs ir 89% no Eiropas elektroenerģijas patēriņa.

Energoresursu struktūru noteicošie faktori

ES institūcijas realizē noteiktu koordinācijas funkciju dalībvalstu enerģētikas politikas jomā. Tikmēr energoresursu struktūrā ES dalībvalstīs ir vērojama atšķirīga aina. To nosaka divi būtiski faktori:

- konkrētās valsts situācija resursu jomā;
- valsts enerģētikas politikas virziens.

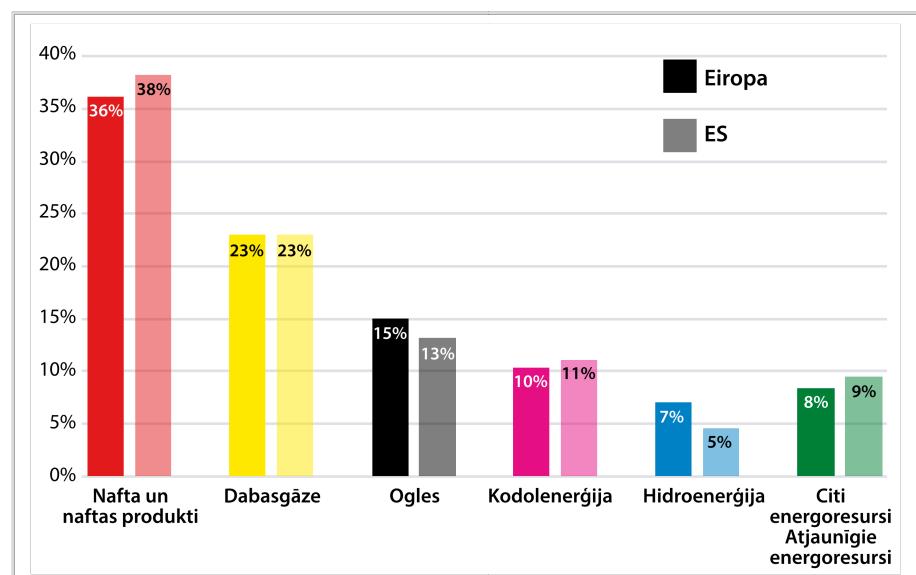
¹Līdztekus ES-28, BP Eiropas apskatā iekļauta (1.att.) arī Bosnija-Hercegovina, Ilande, Ziemeļmaķedonija, Melnkalne, Norvēģija, Šveice, Serbija, Turcija un Ukraina.

Līguma par Eiropas Savienības darbību 194. pants nosaka pamatlēku, kas saistīti ar enerģētikas politiku, un šo mērķu sasniegšanas metodi. Šie mērķi ir:

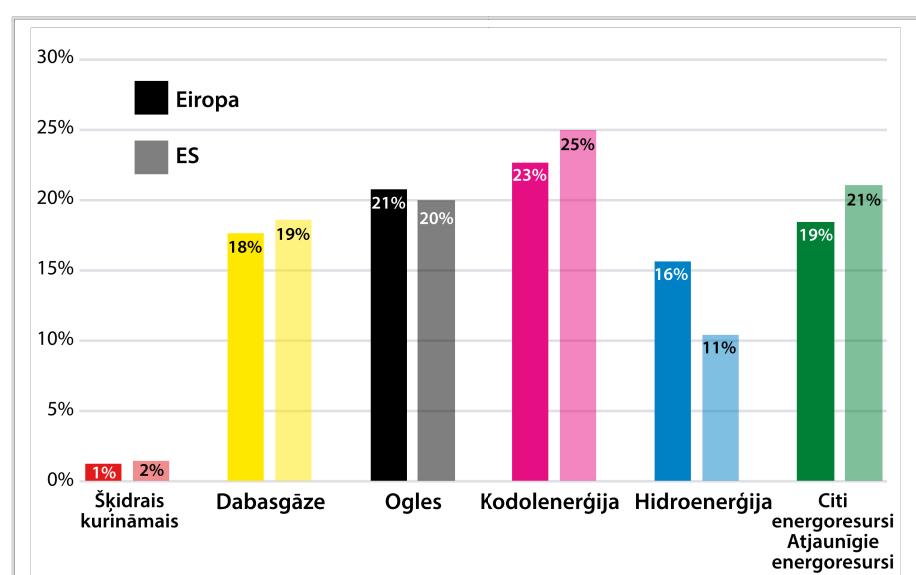
- nodrošināt energijas tirgus darbību;
- nodrošināt energoapgādes drošību Savienībā;
- veicināt energoefektivitāti un taupību, kā arī jaunu un neizsikstošu energijas veidu attīstību;
- uzlabot energijas infrastruktūru, piemēram, veicinot energijas tīklu savstarpēju savienojamību.

Šis pants arī paredz, ka Eiropas Parlamentam un Padomei jānosaka pasākumi minēto mērķu sasniegšanai. Tomēr tie neietekmē dalībvalstu tiesības noteikt energoresursu izmantošanas nosacījumus, izvēli starp dažādiem energoresursiem un energoapgādes vispārejo struktūru.

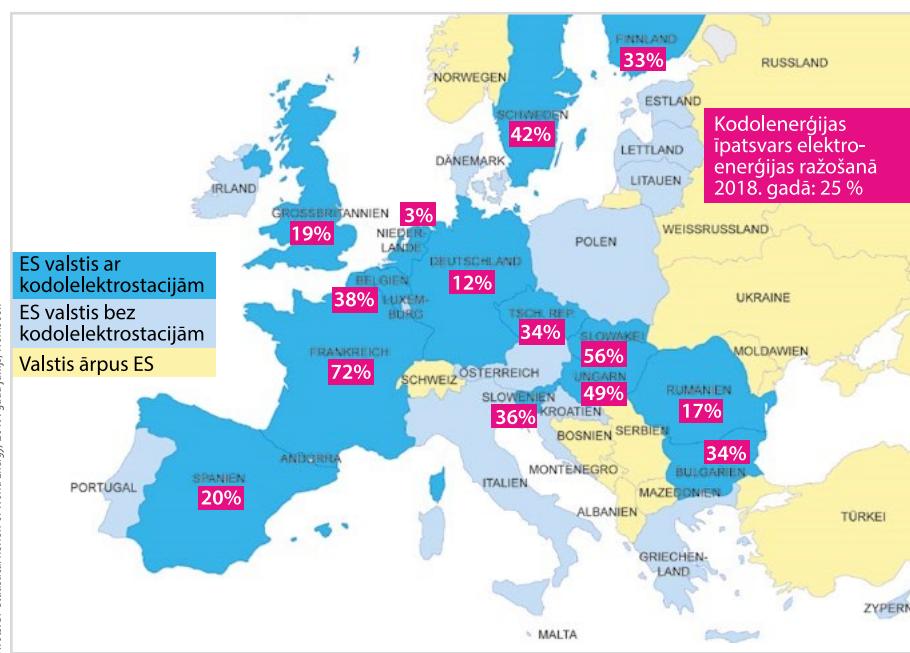
Tādējādi četrpadsmit no divdesmit astoņām ES dalībvalstīm lēmušas izmantot kodolenerģiju. Tas īpaši attiecas uz tādām valstīm kā Francija, Belģija, Čehija, Slovākija, Ungārija,



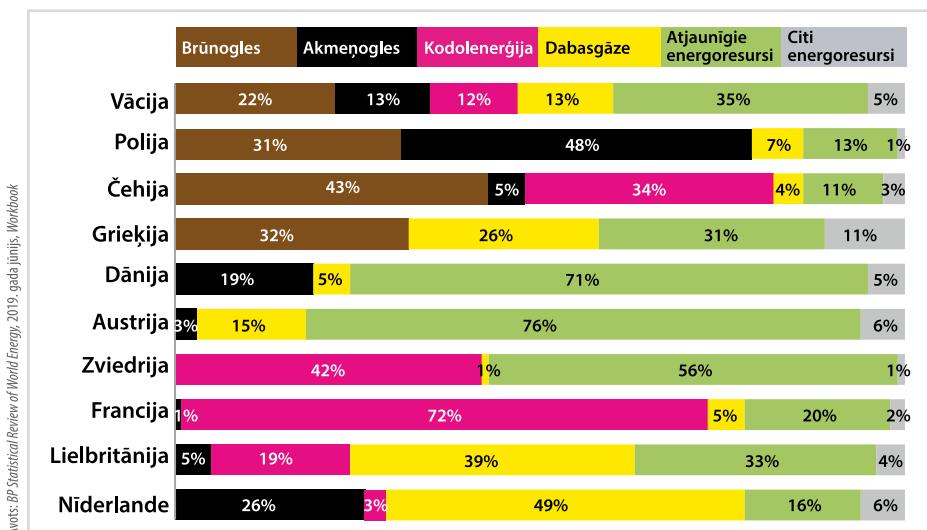
1.attēls. Primārās energijas patēriņš 2018. gadā Eiropā un ES-28



2.attēls. Eiropas un ES-28 elektroenerģijas ģenerācijas struktūra pēc izmantotā energoresursa veida



3. attēls. ES valstis, kurās elektroenerģijas ražošanā izmanto kodolenerģiju



4. attēls. Elektroenerģijas ražošanas struktūra desmit ES valstīs 2018. gadā, %

1. tabula. Elektroenerģijas ražošanas jauda ES-28, GW

Energoresurss	2010*	2014*	2017*	2030	2040
Ogļi	202	177	170	84	43
Šķidrais kurināmais	65	58	50	20	12
Dabasgāze	216	212	217	272	284
Kodolenerģija	138	129	125	90	89
Atjaunīgie energoresursi, tostarp	290	410	478	794	877
• Hidroenerģija	145	151	155	165	171
• Bioenerģija	28	40	44	60	64
• Vēja enerģija	85	129	169	329	367
• Ģeotermālā enerģija	1	1	1	1	2
• Saules fotoelementi	30	87	107	232	252
• Koncentrētā saules enerģija	1	2	2	4	7
• Jūras enerģija	0	0	0	2	13
Kopā	910	985	1040	1266	1320

* katra gada beigās

Slovēnija, Rumānija, Bulgārija, Zviedrija, Somija, Spānija un Apvienotā Karalistē. 2011. gadā Vācija lēma līdz 2022. gadam pilnībā pārtraukt kodolenerģijas izmantošanu civiliem mērķiem. Nīderlandē kodolenerģijas īpatsvars ir tikai 3% (3. att.).

Politiskiem lēmumiem ir bijusi izšķiroša loma, lai izmantotu kodolenerģiju vai atteiktos no šī energoresursa. Turpretī ogļu un dabasgāzes izmantošanu pārsvārā nosaka to pieejamība konkrētajā valstī. Ogļu gadījumā tas jo īpaši attiecas uz Vāciju, vairākām Austrumeiropas valstīm un Grieķiju. Dabasgāzei elektroenerģijas ražošanā ir liela nozīme, īpaši Apvienotajā Karalistē un Nīderlandē, jo abām valstīm ir savas dabasgāzes rezerves. Zviedrijai, Austrijai, Itālijai un Francijai elektroenerģijas ražošanā ir pieejami bagātīgi ūdens resursi. Dānijā ir īpaši labvēlīgi klimatiskie apstākļi vēja energijas izmantošanai, kas, līdztekus valsts atbalstam, izskaidro šī energoresursa augsto īpatsvaru elektroenerģijas ražošanā šajā valstī. Vācijā kopš 2000. gada *Atjaunīgo energoresursu likuma* sniegtais atbalsts veicinājis seškārtīgu atjaunīgo energoresursu, īpaši vēja un saules enerģijas, devuma pieaugumu elektroapgādē (4. att.).

Tomēr atjaunīgo energoresursu ģenerācijas attīstība norisinās ne tikai Vācijā. Visās ES valstīs ir ievērojami paplašinājusies elektroenerģijas ražošana no atjaunīgajiem energoresursiem. To veicinājuši gan atbilstoši politiski lēmumi, gan, kopš šīs desmitgades sākuma, straujais izmaksu kritums, īpaši fotoelementu sistēmām un, mazākā mērā, arī vēja turbīnām. Atjaunīgo energoresursu ģenerācijas īpatsvars elektroenerģijas ražošanā ES-28 palielinājies no 13,8% 2005. gadā līdz 32,0% 2018. gadā.

ES-28 elektrostaciju jauda, kas balstīta atjaunīgajos energoresursos, palielinājusies par 65% – no 290 gigavatiem (GW) 2010. gadā līdz 478 GW 2017. gada beigās. Turpretī konvencionālās fosilās jaudas samazinājušas par 59 GW – no 621 GW līdz 562 GW laika posmā no 2010. gada līdz 2017. gadam.² Tā rezultātā atjaunīgo energoresursu ģenerācijas ieguldījums kopejā elektroenerģijas ražošanas jaudas nodrošinājumā ir palielinājies no 32% 2010. gadā līdz 46% 2017. gada beigās. Lielākā daļa no

² Starptautiskā Enerģētikas aģentūra, *World Energy Outlook*

(2012 un 2018), Parīze, attiecīgi 2012. un 2018. gada novembris.



Avots: Dreamstime

Hanasāri ogļu elektrostaciju Helsinkos, Somijā, paredzēts slēgt 2024. gada beigās

konvencionālās jaudas krituma saistīta ar ogļu elektrostacijsām. Turklat samazinājies kodolelektrostaciju un šķidrā kurināmā elektrostaciju saražotais elektroenerģijas apjoms. Gāzes elektrostaciju jauda ir saglabājusies gandrīz stabila (1. tabula).

Līdz šim konvencionālās jaudas kritums nav radījis problēmas elektroapgādes stabilitātē. Dalibvalstu sistēmu saplūšana ir samazinājusi prasības attiecībā uz rezerves jaudas līmeni. Turklat iepriekš izveidots jaudas pārpalikums, ko staciju slēšana nav krasī mazinājusi.

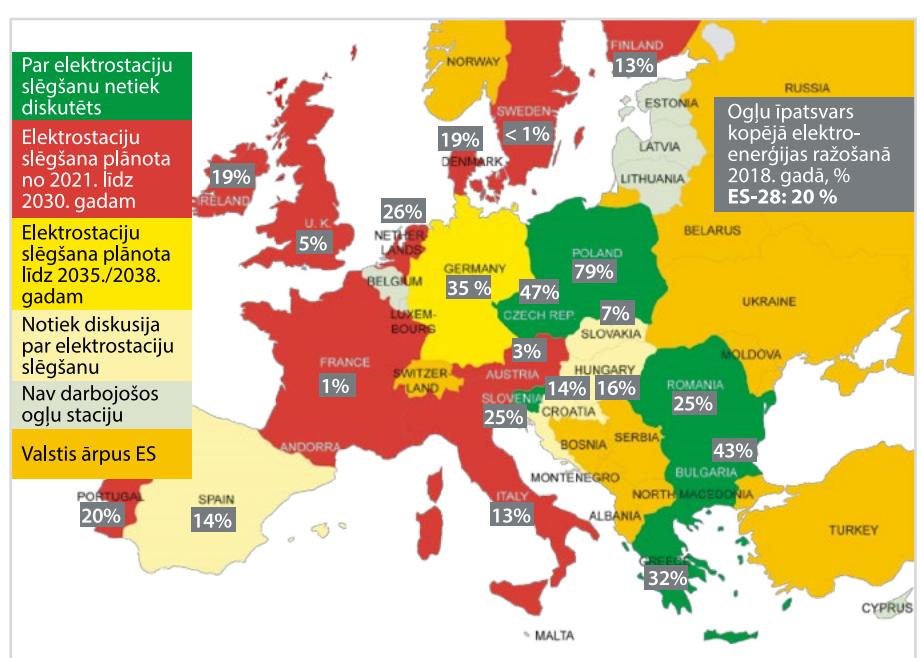
Elektroenerģijas ražošanas vispārējā stāvokļa perspektīvas

Trīs faktori ir īpaši svarīgi: turpmāka ģenerācijas no atjaunīgajiem energoresursiem veicināšana, ogļu ģenerācijas pārejas plāna īstenošana vairākās dalibvalstīs (5. att.) un kodolenerģijas nākotne ES.

2018. gadā no kopējām 57 mljrd. \$ investīcijām elektrostacijās ES vismaz 80% (46 mljrd. \$) investēti atjaunīgo energoresursu elektrostacijās. Pārējie 11 mljrd. \$ sadalīti starp kodolenerģiju (5 mljrd. \$) un oglēm/gāzi/šķidro kurināmo (6 mljrd. \$).³ Līdzīga situācija

ir gaidāma arī turpmākajos gados, kā rezultātā laika posmā līdz 2030. gadam ES-28 atjaunīgo energoresursu staciju jaudai vajadzētu palielināties par aptuveni divām trešdaļām salīdzinājumā ar 2017. gadu, sasniedzot gandrīz 800 GW. Saskaņā ar Starptautiskās Enerģētikas aģentūras (IEA) *Jaunās politikas scenāriju* (2018. gada pasaules enerģētikas apskata galveno scenāriju) līdz 2040. gadam ir gaidāms turpmāks pieaugums līdz 877 GW.⁴

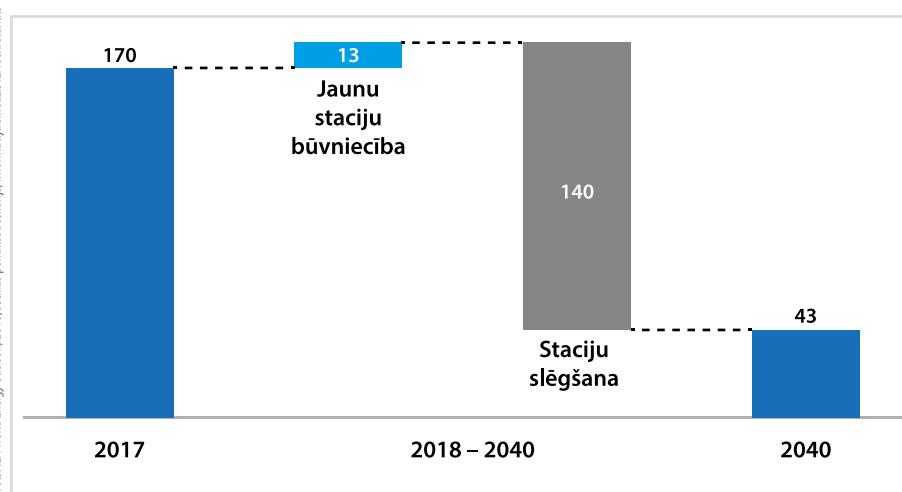
Turpretī fosilā kurināmā elektrostaciju jomā gaidāms, ka to jauda samazināsies par aptuveni 100 GW – no 437 GW 2017. gada beigās līdz 339 GW 2040. gadā. Īpaši liels kritums



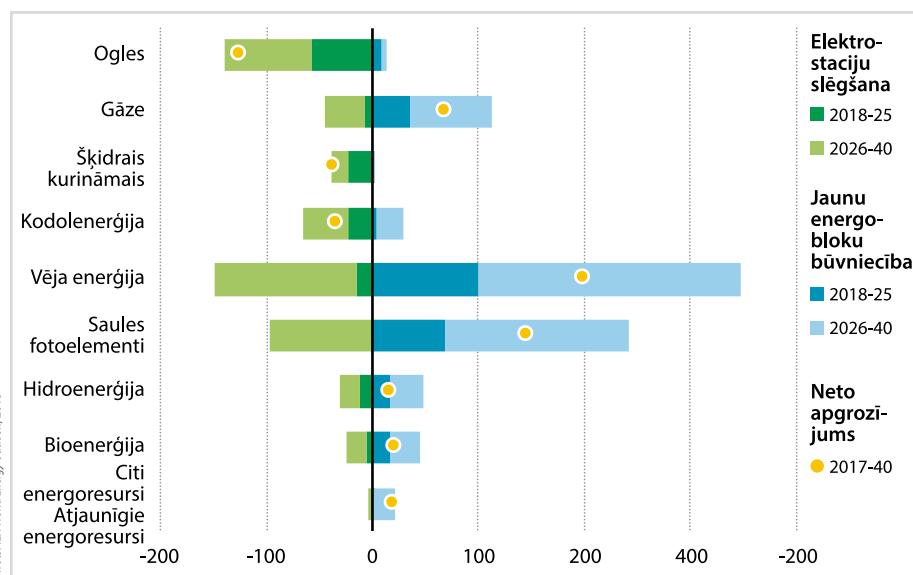
5. attēls. Oglu elektrostaciju slēgšanas plāni ES

³ Starptautiskā Enerģētikas aģentūra, *World Energy Investment* (2019), Parīze, 2019. gada maijs.

⁴ Starptautiskā Enerģētikas aģentūra, *World Energy Outlook* (2018), Parīze, 2018. gada novembris.



6.attēls. ES-28 ogļu elektrostaciju jaudas attīstība laikposmā no 2017. gada līdz 2040. gadam



7.attēls. ES-28 elektrostaciju slēgšana un ražošanas paplašināšana laikposmā no 2018. līdz 2040. gadam

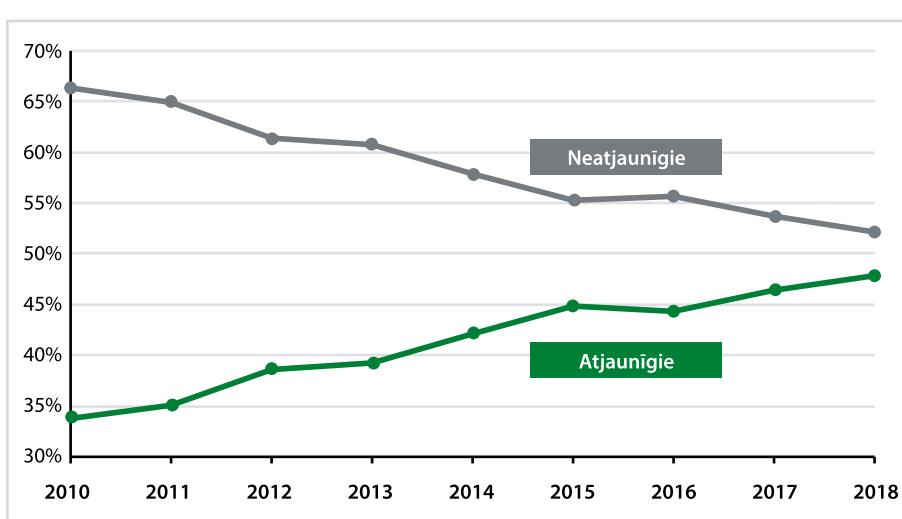
tieki prognozēts ogļu ģenerācijai: saskaņā ar IEA aplēsēm laikposmā līdz 2040. gadam to saražotais apjoms kritīsies par 127 GW – no 170 GW uz 43 GW (6. att.).

Līdzīgu attīstību paredz arī Eiropas Komisijas *Apvienotā pētniecības centra* analīze, kas prezentēta 2018. gada septembrī. Šajā pētījumā konstatēts, ka vairums ogļu elektrostaciju Eiropā ir nodotas ekspluatācijā pirms vairāk nekā 30 gadiem. Patlaban šo staciju vidējais vecums ir 35 gadi. Pirmais ogļu staciju slēgšanas vilnis gaidāms laikposmā no 2020. līdz 2025. gadam – lielākoties Apvienotajā Karalistē, Vācijā, Polijā, Čehijā un Spānijā, kā rezultātā ES kopumā ogļu ģenerācijas apjoms līdz 2025. gadam nokritīsies līdz 105 GW. Otrais vilnis (no 2025. gada līdz 2030. gadam) ietekmēs ogļu elektrostacijas galvenokārt Vācijā, Polijā, Lielbritānijā, Bulgārijā un Rumānijā. Attiecīgi prognozējams, ka ES ogļu elektrostaciju jauda 2030. gadā būs samazinājusies līdz 55 GW.⁵

IEA arī aplēsusī, ka jaudas kritums 38 GW apmērā attieksies uz šķidrā kurināmā elektrostacijām. Pieņēumi par dabasgāzi atšķiras. Jaudas mehānismi, par kuriem vienojusies ES, atbalsta jaunu dabasgāzes staciju celtniecību (7. att.). Iespējams, pārāk optimistiski, tomēr IEA paredz līdz 2040. gadam dabasgāzes elektrostaciju ģenerācijas apjoma pieaugumu par aptuveni vienu trešdaļu (līdz 284 GW), salīdzinot ar 2017. gada beigām. Kodolenerģētikas jomā gaidāms, ka novecojušo slēgto staciju jauda pārsniegs jaunuzbūvēto staciju jaudu (7. att.). Attiecīgi sagaidāms, ka ES kodolelektrostaciju kopējā jauda līdz 2040. gadam samazināsies par gandrīz 30% (līdz 89 GW), salīdzinot ar 2017. gada beigām.

Elektrostaciju "darbības pārtraukšanas līkne"

Pēdējos gados Eiropā investīcijām atjaunīgo energoresursu ģenerācijā ir tikusi dota priekšroka salīdzinājumā ar konvencionālajām tehnoloģijām. Tas īpaši skaidri redzams, aplūkojot datus par uzstādīto jaudu ENTSO-E dalīb-



8.attēls. Atjaunīgo un neatjaunīgo energoresursu ģenerācijas jaudas īpatsvars ENTSO-E dalībvalstu teritorijā 2018. gadā

⁵ EK Apvienotās pētniecības centrs, EU Coal Regions 2018: Opportunities and Challenges Ahead, Brisele, 2018. gada septembris.

valstu teritorijā (8. att.). Atjaunīgo energoresursu ģenerācijas īpatsvars uzstādītās jaudas bilancē (ieskaitot hidroenerģiju) palielinājies no 34% (2010. gads) līdz 48% (2018. gads). 2018. gadā ENTSO-E⁶ reģionā atjaunīgo energoresursu īpatsvars elektīribas ražošanā, pateicoties to pieejamībai, bija 36%.

Patlaban reti kurš apšauba, ka šī tendence turpināsies un konvencionālās ražošanas īpatsvars samazināsies neatkarīgi no tā, vai tās pamatā būs fosilais kurināmais vai kodolenerģija. Šādu perspektīvu stiprina Eiropas valstu lēmumi un plāni atteikties no pastāvošajām konvencionālajām tehnoloģijām, lai gan ar ļoti dažādiem attīstības scenārijiem.

Konvencionālo ģenerāciju ir viegli plānot un dispečerizēt, tāpēc tai ir liela nozīme sistēmas stabilitātes nodrošināšanā. Turpretī vēja un saules ģenerācija ir ļoti atkarīga no laika apstākļiem. Tāpēc, lai uzturētu nodrošināto jaudu, nepieciešami turpmāki tehnoloģiskie risinājumi, piemēram, elektrotīkla paplašināšana, elektroenerģijas uzkrāšana vai slodzes pārvaldība (9. att.).

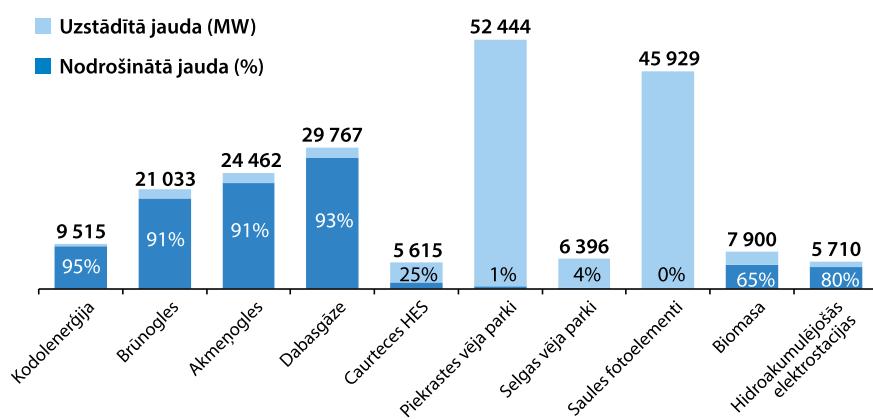
Elektrostaciju tehniskās ekspluatācijas ilgumu var novērtēt empīriski. Šajā ziņā gan ir iespējamas variācijas. Liela nozīme ir tehniskā darba mūža pagarināšanas pasākumiem (proti, modernizācijai), lai atsevišķos gadījumos elektrostacijas varētu darboties arī pēc sākotnēji noteiktā ekspluatācijas termiņa beigām. Paredzamo stacijas mūžu var saīsināt tehniskas problēmas. Tomēr elektrostaciju vispārējam novērtējumam ir pamatooti izmantot metodi ar fiksētu tehniskā darba mūža ilgumu. 2. tabulā iekļautie dati par elektrostaciju tehniskās ekspluatācijas ilgumu ir izmantoti vispārējā prognozē par elektrostaciju darbības pārtraukšanu.

Analīze iekļauto elektrostaciju sarakstu veido aptuveni 14 500 energobloki (hidroenerģija, dabsgāze, akmenēgļi, brūnogļi, šķidrais kurināmais, kodolenerģija, biomasa, citi resursi) 28 ES dalībvalstīs. Līdztekus tehniskā mūža ilgumam, kas redzams 2. tabulā, 10. attēlā ir ilustrēta arī ietekme, ko rada staciju pāragra slēgšana ekonomiku apsvērumu vai regulatīvu lēmumu dēļ. Šeit nēmta vērā tikai kontrolējamā ģenerācija (ogles, gāze, šķidrais kurināmais, biomasa, kodolenerģija, hidroenerģija). Minimālā un maksimālā

⁶ ENTSO-E ir Eiropas Pārvades sistēmu operatoru asociācija, kurā apvienojušies elektroenerģijas pārvades sistēmas operatori no 36 Eiropas valstīm (ES-28, izņemot Maltu, kā arī Albāniju, Bosniju un Hercegovinu, Ilande, Melnkalnu, Norvēģiju, Ziemeļmaķedoniju, Serbiju, Šveiciju un Turciju, kurai ir novērotājs statuss; <https://www.entsoe.eu>).

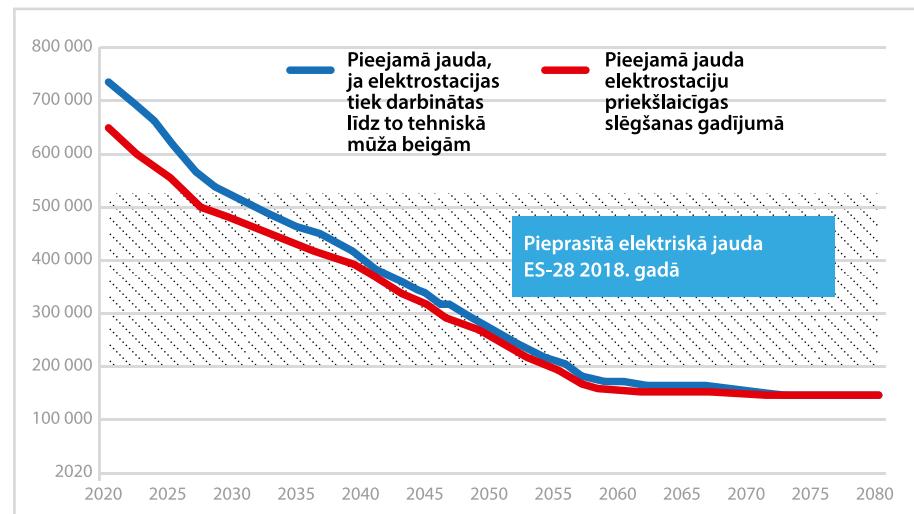
slodze ES dalībvalstīs var tikt aprēķināta, pamatojoties uz ENTSO-E stundas slodzes datiem. Pelēkā josla diagrammā parāda šo diapazonu, t.i., patērētāju pieprasīto slodzi. Līdz 2030. gadam maksimumslodzi var nodrošināt ar konvencionālajām elektrostacijām. Ja stacijas tiek slēgtas pirms to tehniskās ekspluatācijas termiņa beigām, to var nodrošināt līdz 2026. gadam. Sagaidāms, ka savu artavu nodrošinātās jaudas bilancē sniegs arī atjaunīgo energoresursu ģenerācija, lai gan ierobežotā apjomā.

Elektrostacijas nominālās jaudas procentuālo daļu, kas statistiski ir droši pieejama līkgadējā maksimumslodzes periodā, sauc par nodrošināto jaudu vai jaudas rezervi



Avots: BEEN un ENTSO-E (2019)

9.attēls. Uzstādītā un nodrošinātā jauda Vācijā 2018. gadā



Avots: Kēlles Universitātes Enerģētikas ekonomikas institūts (EWI), Europe Beyond Coal

10.attēls. ES-28 elektrostaciju darbības pārtraukšanas līkne (fosilais kurināmais, kodolenerģija, hidroenerģija) ENTSO-E dalībvalstu teritorijā 2018. gadā

2.tabula. Pētījumā izmantotie pieņēmumi par elektrostaciju tehniskā darba mūža ilgumu

Energoressurs	Tehniskā mūža ilgums, gadi
Brūnogļi	55
Akmenēgļi	55
Dabasgāze	45
Šķidrais kurināmais	50
Hidroenerģija	Neierobežots
Kodolenerģija	40
Biomasa	40
Cits	40

Elektrostaciju darbības pārtraukšanas līkne, pamatojoties uz datiem par tehniskās ekspluatācijas ilgumu, iezīmē šādus trīs posmus:

- 1) 2020. – 2030. gads: salīdzinoši straujš jaudas samazinājums (ap 20 GW gadā);
- 2) 2030. – 2060. gads: salīdzinoši lēns jaudas samazinājums (ap 10 GW gadā);
- 3) no 2060. gada: bez izmaiņām.

Elektrostaciju vienmērīgi darbības pārtraukšanai pirms to tehniskās ekspluatācijas termiņa beigām neatkarīgi no tā, vai tas notiek ekonomisku iemeslu vai tehnoloģiskas pārejas dēļ, būtībā ir tādi paši etapi ar nedaudz straujāku samazinājumu.

Šajā gadījumā elektrostaciju darbības pārtraukšanas līkne atbilst ražošanas jaudas paplašinājuma posmiem Eiropā (11. att.). Dažādās desmitgadēs priekšroka tika dota atšķirīgiem elektrostaciju veidiem. 20. gadsimtā no 60. līdz 70. gadiem ekspluatācijā visvairāk nodotas oglu elektrostacijas. 60. gadu otrajā pusē un 70. gadu pirmajā pusē nozīmīgi pieauga arī šķidrā kuriņāmā un gāzes jaudas. 80. gados prioritāra bija kodolektrostaciju nodošana ekspluatācijā, kam sekoja strauja elektrostaciju, lielākoties dabasgāzes stacijs, attīstība un pašreizējais posms ar atjaunīgo energoresursu ģenerācijas spēcīgu izaugsmi.

Augstāk minētais 20 vai 10 GW lineārais samazinājums iet līdztekus nodrošinātās jaudas samazinājumam. Ar dažādiem līdzekļiem iespējams šo tendenci neutralizēt un sasniegt ie-rasto energoapgādes drošuma līmeni.

Tādi atjaunīgie energoresursi kā vējš un saule sniegs ieguldījumu nodrošinātās jaudas bilancē, kaut arī daudz mazāk

apmērā, salīdzinot ar uzstādīto jaudu. Līdz ar tādām jaunām tehnoloģijām kā uzkrāšanas sistēmas un viedie tīkli būs iespējams ievērojami palielināt vēja un fotoelementu nodrošināto jaudu. Turklat ES dalibvalstu nodrošināto jaudu garantē valstis ārpus ES, piemēram, Šveice un Norvēģija, kā arī jaunuzbūvētās spēkstacijas. Kopumā var teikt, ka sistēma piedzīvo nemierīgu laikposmu, kurā mainīgajiem enerģijas avotiem, vējam un fotoelementiem, jāsniedz arvien lielāks ieguldījums sistēmas stabilitātē, lai garantētu drošu energoapgādi visu diennakti. Un šis uzdevums kļūs arvien nozīmīgāks līdz ar dispečerizējamo elektrostaciju skaita samazināšanos.

Jaunas spēkstacijas

Elektrostaciju kopums ES-28 teritorijā arī turpmāk atjaunojas, jo tiks būvēti jauni energobloki, galvenokārt uz atjaunošā energoresursu bāzes. Sagaidāms, ka konvencionālo fosilo resursu jomā vissvarīgākās būs dabasgāzes elektrostacijas (7. att.). Tas palielinās nodrošināto jaudu, bet ne vienmēr jaudas palielinājums būs tikpat ātrs kā tās samazinājums. Tādējādi jaunas elektrostacijas būs tikai dalējs risinājums citām tehnoloģijām jaudas rezerves uzturēšanā būs jāsniedz lielāks ieguldījums nekā iepriekš.

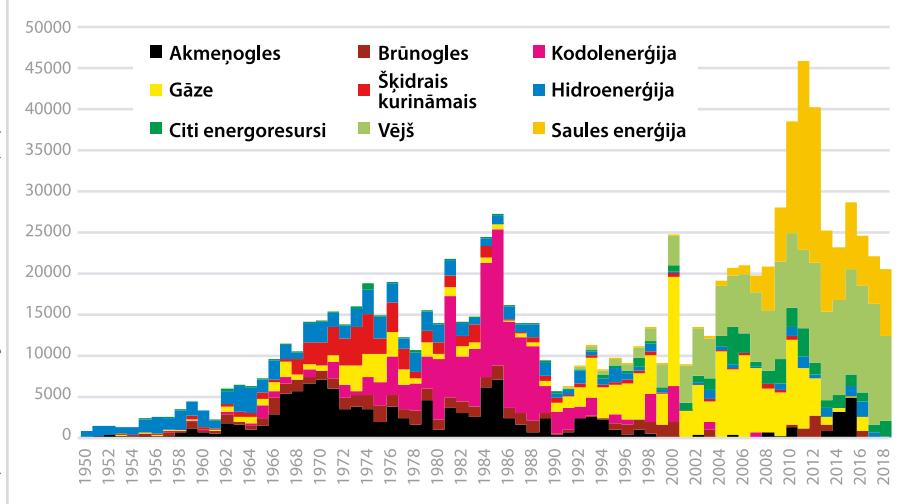
Projektu īstenošana ir atkarīga no to paredzamās rentabilitātes, politiskajiem pamatnosacījumiem un, protams, vietējās sabiedrības akcepta. Valsts plāni saistībā ar atteikšanos no kādas noteiktas tehnoloģijas nodrošina labvēlīgāku ekonomisko vidi citām enerģijas ražošanas tehnoloģijām, kā arī uzlabo tās izredzes kaimiņvalstīs. Tādēļ noteiktos apstākļos pakāpeniska elektrostaciju slēgšana vienā valstī var izraisīt jaunu elektrostaciju būvniecību kaimiņvalstīs.

Jaunu tehnoloģiju pielietojums ir atkarīgs no iespējām, kādas nodrošina līdzsīnējās elektrostacijas. Ja atmaksas modernizācijas pasākumi, tad vecākās elektrostacijas tiks modernizētas un vajadzēs būvēt mazāk jaunu elektrostaciju. Esošo elektrostaciju ekspluatāciju var pārtraukt uz noteiktu laiku, ja operators uzskata, ka pēc dažiem gadiem atkal parādisies pieprasījums pēc to ražotās elektroenerģijas. Tomēr šādam risinājumam būs nepieciešamas papildu izmaksas, jo elektrostaciju nevar vienkārši "iekonservēt", tā ir jāsaglabā ekspluatācijas gatavībā, jāveic tās tehniskā apkope un jāsaglabā personāls.

Visiem šiem scenārijiem ir kopīga iezīme: tiem vajadzīgs ilgs sagatavošanās laiks, un tāpēc tie ir jāaplāno vairākus gados iepriekš.

Tīkla paplašināšana

Elektroenerģiju tirgo pāri valstu robežām jau gadu desmitiem. Tas iespējams, pateicoties vienotai Eiropas elektrotelpāvades sistēmai. Eiropas valstu



11.attēls. ES-28 elektrostaciju jaudas papildinājums (fosilais kurināmāis, kodolenerģija, hidroenerģija)

3.tabula. Maksimālās un minimālās slodzes līmenis un ilgums atsevišķās ES dalibvalstīs 2018. gadā

Valsts	Maksimālā slodze	Laiks	Minimālā slodze	Laiks
Belgija	13 453 MW	19.11., 18:00-19:00	6067 MW	20.05., 14:00-15:00
Vācija	79 074 MW	28.02., 19:00-20:00	35 718 MW	20.05., 05:00-06:00
Francija	96 328 MW	28.02., 12:00-13:00	30 448 MW	12.08., 06:00-07:00
Grieķija	9062 MW	01.08., 15:00-16:00	3437 MW	09.04., 04:00-05:00
Itālija	57 572 MW	13.12., 16:00-17:00	19 511 MW	26.12., 03:00-04:00
Austrija	12 073 MW	19.11., 18:00-19:00	4844 MW	01.07., 04:00-05:00
Ungārija	6572 MW	02.03., 11:00-12:00	2914 MW	21.05., 05:00-06:00
ENTSO-E	589 716 MW	28.02., 18:00-19:00	264 157 MW	17.06., 05:00-06:00



Avots: Dreamstime

Vēja parks Lariohas reģionā, Spānijā

elektrotīkli ir savienoti, izmantojot tā sauktos "pārrobežu starpsavienojumus". Šādas pārrobežu elektroenerģijas piegādes iespējamībai ir pozitīva ieteikme uz atsevišķu valstu elektroenerģijas tirgiem. "Par energoapgādes drošumu mēs varam runāt tikai Eiropas kontekstā... Diezin vai Vācija varētu pakāpeniski atteikties no kodolenerģijas un oglu ģenerācijas, ja tā nebūtu integrēta Eiropas sistēmā."⁷

Eiropas valstu elektroenerģijas ražošanas un patēriņa atšķirību izlīdzināšanu ir iespējams pilnveidot. Tas īpaši attiecas uz lielu daļu atjaunīgo energoresursu – hidroenerģiju, vēja un saules enerģiju. Piemēram, vēja un saules apstākļi dažādās Eiropas daļās ir atšķirīgi un arī hidroenerģijas pieejamība dažādos reģionos atšķiras. Turklat pieprasījuma maksimumi Eiropā bieži vien nav vienlaicīgi (3. tabula). Tādējādi, pateicoties pārreģionālās jaudas izlīdzināšanas iespējai, noteiktas valsts iekšējā tirgū ir jānodrošina mazāka jauda nekā tad, ja tās energosistēma darbotos izolēti.

Energoapgādes drošumu var uzlabot, attīstot un paplašinot pārrobežu starpsavienojumus. Turklat piegādes izmaksām ir tendence samazināties un vairumtirdzniecības biržu cenas saistītos tirgos izlīdzinās. Reģionālo cenu sasaistes sistēma patlaban aptver 19 Eiropas valstis. To skaitā ir Belģija, Francija, Niderlande, Vācija, Luksemburga, Austrija, Skandināvijas valstis, Baltijas valstis, Lielbritānija, Polija, Slovēnija, Itālija, Portugāle un Spānija.

Pārrobežu tirdzniecībai pieejamās pārvades jaudas ir iero bežotas. Šī iemesla dēļ pārvades jaudu izmantošanas tiesības

tieki izsolitas uz robežām vai iekļauto valstu elektrības tirgi tiek automātiski savienoti, izmantojot tirgu sasaisti. Šī procedūra, ko kontrolē caur elektroenerģijas apmaiņu, ļauj saskaņot elektroenerģijas vairumtirdzniecības cenas Eiropas valstīs.

Patlaban Vācija ir savienota ar kaimiņvalstīm, izmantojot starpsavienojumus līdz aptuveni 30 GW apjomam. Līdz 2030. gadam šis skaitlis pieauga līdz 35 GW.⁸ Tomēr tīklu nepietiekamā caurlaides spēja ir regulāri novērojama ne tikai uz valstu robežām, bet arī valstu iekšienē un tādā gadījumā nepieļauj kaimiņvalstīm pilnu pieeju nodrošinātajai jaudai. Turklat pīķa slodzes rodas vienlaicīgi vairākās valstīs, tādēļ savstarpēja palīdzība var nebūt iespējama.

Arvien nozīmīgāks ir kļuvis trešais Eiropas tirgu konvergences virzītājspēks – mainīgo atjaunīgo energoresursu augošā īpatsvara integrācija, ko veicina elektroapgādes sistēmu ģeogrāfiskā izplatība.

Integrētās apgādes teritorijas paplašināšanas rezultātā energoapgādes drošums vairs nav atkarīgs tikai no apstākļiem vienā valstī. Gluži pretēji, veidojas atkarība no sistēmām ārpus valsts robežām. Turklat ciešā pārrobežu sasaiste palieina nopietna energoapgādes pārtraukuma risku. Piemēram, apgādes traucējumi, kas radušies vienā valstī, var izraisīt apgādes pārtraukumus kaimiņvalstīs, kas ar to savienotas pārvades tīklā. Un, visbeidzot, sinhronizētām sistēmām ir jātiekt galā ar negaidītām pārrobežu elektroenerģijas plūsmām, tā saucamajām *loka plūsmām*. Šis faktors kļūst aizvien nozīmīgāks, palielinoties elektroenerģijas mainīgajai ģenerācijai no atjaunīgajiem energoresursiem. Piemēram, Poliju un Čehiju ieteikmē elektroenerģijas ieplūšana to elektroapgādes teritorijā, jo Vācijā ir spēcīga vēja un saules elektroenerģijas ražošanas izaugsme. Poljas un Čehijas tīkla operatori uz robežām uzstādījuši fāžu regulatorus, lai neutralizētu elektroapgādes traucējumus savās sistēmās.⁹

Lai koordinētu uzdevumus konverģējošajā Eiropas iekšējā

⁷ Leonhard Birnbaum, *Der Tagesspiegel*, 2019. gada 24. jūnijs, The energy transition has brought about a massive redistribution.

⁸ Vācijas Federālā ekonomikas un enerģētikas ministrija, "Uzraudzības ziņojums par elektroapgādes drošību ar kabeļu līnijām apriņķotā elektroapgādes teritorijā", Berline, 2019. gada jūnijs.

⁹ Starptautiskā Enerģētikas aģentūra, *Integrating Power Systems across Borders*, Parize, 2019. gada jūnijs.

tīrgū, elektroenerģijas pārvades sistēmu operatoru Eiropas tīkla (ENTSO-E) pienākums ir regulāri (ik pēc diviem gadiem) izstrādāt Eiropas mēroga tīkla attīstības desmitgades plānu.¹⁰ Šī infrastruktūras plāna pamatā ir ENTSO-E reģionā (Rietumeiropa un Centrāleiropa) pastāvošā ražošanas jauda un maksimumslodze. Saskaņā ar pēdējo desmitgades plānu neto ražošanas jauda 2017. gada beigās bija 1060 GW. Fosilā kurināmā elektrostacijas nodrošināja 418 GW, AES – 122 GW, hidroelektrostacijas – 208 GW un cita atjaunīgo energoresursu ģenerācija, īpaši mainīgā, – 312 GW. Atjaunīgo energoresursu staciju saražotais apjoms pēdējos gados ir strauji pieaudzis, turpretī fosilā kurināmā staciju jauda kopš 2013. gada ir samazinājusies par 43 GW. No elektroapgādes drošuma skata punkta ir svarīgi, lai papildus uzstādītās vēja un saules elektrostacijas sniegtu samērīgu ieguldījumu nodrošinātās jaudas bilancē un arī hidroelektrostacijas vienmēr piedāvātu tikai garantēto saražoto apjomu (9. att.).

No elektroapgādes drošuma skata punkta arī jāpatur prātā, ka iespējama neparedzēta konvencionālo elektrostaciju apturēšana un tās var būt nepieejamas, tajā skaitā, pārbaužu dēļ. Šie aspekti jāņem vērā, salīdzinot esošo ražošanas jaudu un maksimumslodzi. Maksimumslodze ENTSO-E reģionā 2017. gadā bija 542 GW (norādīta 2017. gada 18. janvārī) un 2018. gadā – 590 GW (norādīta 2018. gada 28. februārī).

Lai gan pieprasījumā ir izveidojies zināms lidzsvars, tādēļ ka maksimumslodze nerodas vienlaicīgi visās valstīs, kas integrētas Eiropas tīrgū, tomēr Centrāleiropas un Rietumeiropas valstis maksimumslodzes situācijas ir paralēlas. Saskaņā ar minēto IEA pētījumu *Elektroenerģijas sistēmu pārrobežu integrācija* kopējā maksimumslodze 17 Rietumeiropas valstis 2011. gadā (t.i., šo valstu kopējā maksimumslodze) veidoja 465 GW, tākā vienlaicīgā slodze noteiktā stundā ar augstāko pieprasījumu šajās Eiropas valstīs bija 440 GW. Tā ir variācija 5% apmērā. Tas liecina, ka pāri robežām savienotā elektroapgādes sistēmā ražošanas apjoms var būt zemāks nekā izolētās valstu sistēmās. Tomēr vienlaikus kļūst skaidrs, ka šo efektu nedrīkst pārvērtēt. "Tādēļ savstarpējā nodrošinātās jaudas pieejamība no ārvalstīm ir relatīvi neliela."¹¹

Uzkrāšana

Patlaban nozīmīgai elektroenerģijas uzkrāšanai ir pieejamas tikai hidroakumulācijas elektrostacijas. Vācijā ir 5,5 GW hidroakumulācijas uzstādītā jauda. Pieskaitot stacijas ārpus Vācijas teritorijas (hidroakumulācijas elektrostacijas Luksemburgā, Austrijā un Šveicē), kuras ietekmē Vācijas kontroles teritoriju un tādējādi pieskaitāmas Vācijas elektrotīklam, šis skaitlis ir 9,8 GW. 2018. gada beigās Eiropas mērogā tie bija 25,2 GW.¹² Lokalizācijas ierobežojumu dēļ šīs stabili attīstītās tehnoloģijas paplašināšanas iespējas ir līmitētas. Modernizējot esošās stacijas, pastāv iespējas palielināt jaudu. Tomēr hidroakumulācijas elektrostacijas var uzskatīt tikai par īstermiņa uzkrāšanas risinājumu. Tās nevar kompensēt vairākas dienas ilgus vēja un saules elektroenerģijas ražošanas ierobežojumus, t.i., garāku liela mākoņu daudzuma un bezvēja periodu. Tas attiecas arī uz akumulatoriem.

Saspista gaisa energoakumulācijas stacijas piedāvā vēl vienu mehāniskas uzkrāšanas iespēju. Tās ir tikpat elastīgas kā hidroakumulācijas elektrostacijas un var tikt izmantotas

rezervei. Brīžos, kad ir elektroenerģijas pārpalkums, tās iešūknē gaisu, izmantojot kompresorū. Tādējādi tās uzkrāj elektroenerģiju potenciālās enerģijas formā saspiestā gāzē. Tomēr līdz šim brīdim pasaulē darbojas tikai divas šādas stacijas – viena Handorfā, Lejassaksijā, un otra Alabamā, ASV. Tuvākajos gados nav paredzama šīs tehnoloģijas izmantošana nozīmīgā līmenī.

Ilgtermiņā sintētisku kurināmo ražošanu, izmantojot atjaunīgo energoresursu elektroenerģiju, piedāvā vēl vienu enerģijas ilgākas uzkrāšanas iespēju – *power-to-X* (PtX) tehnoloģiju.¹³ PtX tehnoloģija pārveido no atjaunīgajiem energoresursiem iegūtu elektroenerģiju tādās gāzveida vielās kā ūdeņradis vai metāns (*power-to-gas*), šķidrās vielās, piemēram, degvielā transportam (*power-to-liquids*), vai ķīmiskās izejvielas rūpniecībai (*power-to-chemicals*). *Power-to-gas* iekārtās elektroenerģija tiek izmantota, lai pārveidotu ūdeni ūdeņradi un vēlāk, ja nepieciešams, metānā. Priekšrocība ir tāda, ka ūdeņradi (noteiktā robežās) un metānu (bez ierobežojumiem) var ievadīt esošajā dabasgāzes tīklā un tur uzkrāt. Šādi ievadītās gāzes var atgriezt elektroenerģijas sistēmā vai izmantot citur (piemēram, siltumapgādē, ar gāzi darbināmos transportlīdzekļos utt.). Šobrīd šī tehnoloģija vēl ir dārga un tās efektivitāte ir zema, tomēr to uzskata par daudzsološu nozaru sasaistes īstenošanai.

Pieprasījumreakcija

Līdztekus uzkrāšanai, kā vēl vienu buferi var izmantot enerģijas patēriņa kontroles sistēmu. Izmantojot slodzes pārvaldību, elektroenerģija tiek patērēta mērķtiecīgi, proti, brīžos, kad notiek palielināta elektroenerģijas ražošana, piemēram, specīga vēja laikā. Mainīgi tarifi šādu "slodzes novirzīšanu" var padarīt finansiāli izdevīgu galapatērtējam. Kontrolējot patēriņu, var tikt samazināta maksimālā slodze un tādējādi arī nepieciešamība pēc nodrošinātās jaudas. Tādas jaunas tehnoloģijas kā viedie skaitītāji, kā arī digitalizācijas piedāvāto iespēju izmantošana var palīdzēt uzlabot apstākļus, kas ļauj līdzsvarot energijas ražošanu un patēriņu. Šāda līdzvarošana, kas garantē 50 Hz nominālo frekvenci, ir neaizstājams instruments sistēmas drošības uzturēšanai.

E-mobilitātes paplašināšana palīdz līdzsvarot mainīgo vēja un saules ģenerāciju ar elektroenerģijas pieprasījumu. Akumulatora uzlādes procesa viedā kontrole ļauj uzlādēt transportlīdzekļus ar elektroenerģiju no atjaunīgo energoresursu stacijām zemas slodzes laikposmos, kad elektroenerģija ir brīvi pieejama. Tādējādi elektroenerģijas transportlīdzekļi dod iespēju enerģētikas nozarei sniegt būtisku ieguldījumu atjaunīgo energoresursu ģenerācijas integrēšanā energosistēmā. Tomēr tā pilnvērtīgai izmantošanai ir nepieciešamība pēc elektroenerģijas transportlīdzekļu kritiskās masas un labi attīstītās uzlādes infrastruktūras, lai elektroenerģijas zema pieprasījuma brižos

¹⁰ ENTSO-E, *Ten Year Network Development Plan*, Brisele, 2018. gada novembris.

¹¹ Vācijas Enerģētikas un ūdens industriju asociācija (BDEW), "Zīojums par ārvalstu elektrostaciju jaudas pieejamību elektroapgādei Vācijā", Berline, 2018. gada augusts.

¹² Starptautiskā Atjaunojamo energoresursu aģentūra (IRENA), *Renewable Capacity Statistics*, Abū Dabi, 2019. gada marts.

¹³ Pasaules Enerģijas padome, Vācijas nacionālā komiteja, ziņojums "Power-t-X ceļveža starptautiskie aspekti", Berline, 2018. gada oktobris.



Avots: Dreamstime

Amager Bakke/Copenhill elektrostacija Kopenhāgenā (2017). Šorūden uz stacijas ēkas jumta tika atklāta slēpošanas trase

varētu kontrolēti uzlādēt pēc iespējas vairāk transportlīdzekļu.

Lai novērtētu šo potenciālu, kā piemēru izmantosim automāšinu *Tesla S: Supercharger V3* uzlādes jauda ir 250 kW; akumulators var absorbēt līdz 100 kWh enerģijas. Vienam miljonam automāšinu un uzlādes iekārtu maksimālā nepieciešamā jauda ir 250 GW, kas ir samērojams lielums ar uzstādīto jaudu ES. 100 GWh atbilst stundas ceturksnī patēriņajam enerģijas daudzumam ES-28. Tādējādi te paveras interesantas iespējas īstermiņa optimizācijai.

Ražošanas elastīgums

Lai nodrošinātu energoapgādi laikposmos, kad vējš nepūs un saule nespīd, par uzkrāšanu rentablāks risinājums ir uzturēt konvencionālo elektrostaciju jaudu, ko tad var elastīgi izmantot slodzes nosegšanai. Vācijā kontroles tehnoloģiju modernizācijas rezultātā šim uzdevumam tehniski vienlīdz piemērotas ir gāzes, akmeņogļu un brūnogļu elektrostacijas. Patlaban ar vairāk nekā 90% īpatsvaru tas ir pats svarīgākais elements, lai nodrošinātu elastīgumu lielākajā daļā elektroapgādes sistēmu. Tam seko iespējas, ko sniedz pārrobežu līniju caurlaides spējas paplašināšana, slodzes vadība un uzkrāšanas sistēmas.¹⁴

Ari vēja un saules ģenerācija tiek izmantota aizvien elastīgāk. Pāreja no fiksētas atlīdzības sistēmām uz sistēmām, kas ir cieši saistītas ar tirgu, vai zaļo sertifikātu emisijas ļauj atjaunīgo energoresursu staciju operatoriem atklāt iespējas īstermiņa optimizācijai. Tādējādi vēja un saules staciju ražotā elektroenerģija var tikt efektīvāk ievadīta energosistēmā.

¹⁴ Starptautiskā Enerģētikas aģentūra, *Status of Power System Transformation – Advanced Power Plant Flexibility*, Parīze, 2018. gads.

¹⁵ Vācijas federālās valdības oglu ģenerācijas pārējas komisijas gala ziņojums

"Izaugsme, strukturālās pārmaiņas un nodarbinātība", Berline, 2019. gada janvāris.

Secinājumi

Eiropas Savienības klimata aizsardzības un atjaunīgo energoresursu ģenerācijas paplašināšanas mērķi laika posmā līdz 2030. gadam ir jāsaskaņo ar mērķiem energoapgādes drošuma un saimnieciskās efektivitātes nodrošinājuma jomās. Ar pašreizējām tehnoloģijām ir iespējams palielināt nodrošināto jaudu, balstoties uz atjaunīgo energoresursu – vēja un saules – ģenerāciju līdztekus paplašinātai infrastruktūrai (tīkliem) un jaunām tehnoloģijām (viedie tīkli, uzkrāšana, pieprasījumreakcija). Lai nodrošinātu pēc iespējas lielāku elektroapgādes drošumu, vienlaikus stingri ievērojot aktuālas klimata politikas pamatnostādnes, ir nepieciešams izstrādāt un izmantot jaunas tehnoloģijas. Tomēr nav paredzams, kad tās būs pieejamas pietiekamā apjomā. Tādēļ ir būtiski uzturēt pietiekamu konvencionālo staciju rezerves jaudu. Oglu elektrostaciju pāragra slēgšana Vācijā – ja to īsteno pat agrāk nekā rekomendējusi federālās valdības komisija¹⁵ – var apdraudēt elektroapgādes drošumu valstī.

Eiropas kontekstā, tirgiem arvien tuvinoties, būs jāpienem aizvien vairāk politisku lēmumu. Vācija elektroapgādes drošuma jomā nevar paļauties uz ārvalstīm, jo arī tur nodrošinātā jauda, kuras pamatā ir konvencionālā ģenerācija, ievērojami samazinās un maksimumslodzes Eiropā bieži rodas samērā pienaicīgi. Tāpēc ir svarīgi, lai pietiekami elastīgi risinājumi būtu īstenojami valsts mērogā.

Jāatzīmē, ka nākotnē atjaunīgajiem energoresursiem kā aizvien dominējošākam elektroenerģijas avotam būs jāsniedz būtisks ieguldījums elektrotīkla sistēmas stabilitātes nodrošinājumā. Lai to īstenotu, neaizstājami līdzekļi ir tīkla paplašināšana, elektroenerģijas uzkrāšana un slodzes pārvaldība patēriņāju pusē. Papildu iespējas nodrošinās elektroenerģijas nozares sasaiste ar siltumenerģētiku un transporta nozari. **E&P**