

# Elektroenerģijas akumulācijas tehnoloģijas Baltijas valstu kontekstā



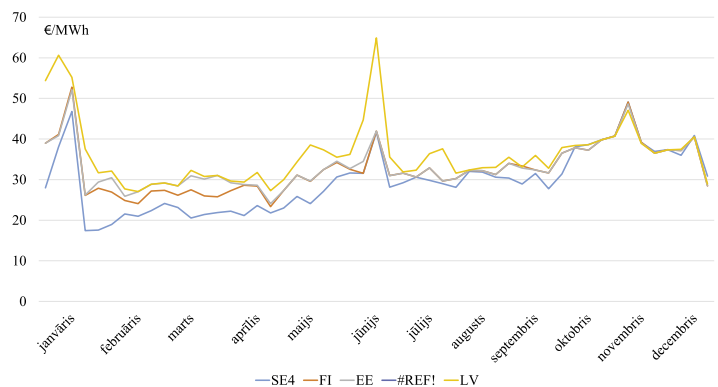
Kārlis Baltputnis, RTU Enerģētikas institūta pētnieks

Baltijas reģionā veiksmīgi darbojas Kroņu hidroakumulācijas stacija, kas savulaik tika uzbūvēta Ignalinas AES vajadzībām. Pieaugot atjaunīgo elektrostaciju jaudām, var rasties nepieciešamība paplašināt elektroenerģijas akumulācijas iespējas. Brīva elektroenerģijas tirgus apstākļos rūpes par jaunu akumulācijas staciju būvi jāuzņemas atjaunīgo elektrostaciju īpašniekiem vai tiem uzņēmumiem, kas vēlas nodrošināt balansēšanas vai citus sistēmas pakalpojumus. Izšķir liela mēroga akumulācijas stacijas, kas ietekmē visu energosistēmu, un maza mēroga akumulācijas iekārtas, kas nodrošina pakalpojumus atsevišķiem tās komponentiem, piemēram, konkrētiem patērētājiem vai ģenerācijas avotiem.

Lielākā daļa Latvijā, Lietuvā un Igaunijā saražotās elektroenerģijas patlaban tiek tirgotā *Nord Pool* biržā, kas, apvienojot Ziemeļvalstu un Baltijas valstu ražotājus, tirgotājus un lietotājus, ir viens no lielākajiem elektroenerģijas tirgiem Eiropā.

Lai ņemtu vērā sastrēgumus pārvades tīklos, *Nord Pool* ir sadalīts vairākos tirdzniecības apgabalos. Katrai Baltijas valstij ir iedalīts savs apgabals. Vairākuma biržas dalībvalstu energosistēmas ir kopumā ļoti savienotas, un nepietiekamu starpsavienojumu caurlaides spēju izraisītas lielas cenu atšķirības ir drīzāk izņēmums, nevis norma. Taču situācija Latvijā un Lietuvas energosistēmās šajā ziņā ir ilgstoši bijusi atšķirīga. Piemēram, 2015. gadā Elspot jeb nākamās dienas ikstundas cenas Latvijā un tās ziemeļu kaimiņā Igaunijas apgabalos sakrīta tikai apmēram 34% stundu, norādot uz ievērojami nepietiekamu caurlaides spēju starp abām valstīm. Turpretī Latvijā un Lietuvas apgabali bija pietiekami savienoti – to ikstundas Elspot cenas sakrīta 99% gadījumu [1].

Ierobežotā pieeja Skandināvijas hidroelektrostacijās saražotajai elektroenerģijai un nepietiekami lēti vietējie ģenerācijas avoti izraisa pastāvīgi augstāku elektrības tirgus cenu Latvijā un Lietuvā, salīdzinot ar pārējiem tirdzniecības apgabaliem. Abas valstis ir elektroenerģijas deficītas, it īpaši pēc Ignalinas AES slēgšanas 2009. gadā. Latvija gan īslaicīgi kļūst par eksportētāju – palu



1. attēls. Nedēļas vidējās Elspot cenas atsevišķos tirdzniecības apgabalos 2016. gadā

sezonā vai brīžos, kad Rīgas TEC ir noslogotas uz pilnu jaudu liela siltumenerģijas pieprasījuma un pietiekami augstu elektroenerģijas tirgus cenu apstākļos.

Situācija ir sākusi mainīties pēc Zviedrijas–Lietuvas *NordBalt* kabeļa nodošanas ekspluatācijā 2015. gada beigās. 2016. gadā, kad Latvijā saražoja salīdzinoši vairāk elektroenerģijas, ikstundas cenas Latvijā un Igaunijā bija vienādas jau 71% stundu. Kopumā elektroenerģijas cenām visos tirdzniecības apgabalos gada griezumā bijusi tendence izlīdzināties (1. att.).



astoņas reizes. Mainīgas jaudas ergoavotu ierobežotā vadāmība un prognozējamība var novest pie nepilnvērtīgas šo resursu izmantošanas, kad nākas samazināt vai pat apturēt izstrādi, ja enerģosistēma nav gatava konkrētajā brīdī uzņemt ar tiem saražoto elektroenerģiju. Tas nebūtu jādara, ja sistēmā pietiekamā apmērā būtu uzstādītas elektroenerģijas akumulācijas ierīces.

## Enerģijas akumulācijas tehnoloģijas un to pielietojums

### Hidroakumulācija

Hidroakumulācijas elektrostacijas (HAES) īsteno senāko un visplašāk izmantoto elektroenerģijas uzkrāšanas metodi. Vairāk nekā 99% no pasaulē uzstādītās elektroenerģijas akumulācijas jaudas realizēta tieši HAES

[5]. To lielo popularitāti var skaidrot ar tehnoloģijas briedumu un nosacīto vienkāršību – akumulācijas režīmā ūdens tiek sūknēts no zemākā uz augstāko rezervuāru, bet ģenerācijas režīmā ūdenim ļauj gravitācijas ietekmē iedarboties uz turbīnu, tādējādi ražojot elektroenerģiju. Hidroakumulācijas shēmas veiksmīgai īstenošanai svarīgs nosacījums ir piemērota atrašanās vieta, lai varētu panākt gana lielu augstuma starpību starp rezervuāriem. HAES var tikt īstenotas gan atsevišķi (bez dabiskās pieplūdes augšējā rezervuārā), gan ar sūkņu stacijas pievienošanu tradicionālajām HES.

Lai gan pieņemts uzskatīt hidroakumulāciju par nobriedušu tehnoloģiju, kur strauja attīstība nav gaidāma, dažkārt joprojām parādās tās jauni, inovatīvi risinājumi. Piemēram, uzņēmums GE paziņojis par jauna vēja parka būvniecību Gaildorfā, Vācijā, kur turbīnu mastos paredzētas ūdens akumulācijas iespējas. Lejas rezervuārs un 16 MW hidroelektrostacija atrodas netālu ielejā, bet mastu izmantošana ļauj palielināt

2. attēls. Vēja turbīna ar hidroakumulācijas augšējo rezervuāru tās mastā.

Avots: GE Reports

## Atjaunīgo ergoavotu integrācija enerģosistēmās

Iepriekš minētais norāda, ka elektroenerģijas akumulācijas iespēju pilnveide reģionā varētu būt potenciāli izdevīga. Ierobežoto starpsavienojumu problēma ar laiku, iespējams, tiks vismaz daļēji risināta, īstenojot turpmāku Baltijas valstu enerģosistēmu iekļaušanu Eiropas vienotajā tīklā. Šāda notikumu gaita tikai palielinātu enerģijas uzglabāšanas sistēmu vērtību.

Daudzām atjaunīgo ergoresursu elektrostacijām – tostarp vēja, saules, viļņu enerģijas un, mazāk, arī caurteces hidroelektrostacijām – ir mainīgs raksturs. Baltijas enerģosistēmās jautājums par viļņu enerģiju šobrīd vēl nav aktuāls, bet statistiski vērā ņemama elektroenerģijas izstrāde ar fotoelektriskajām šūnām notiek tikai Lietuvā (73,3 GWh jeb 1,4% no kopējās ģenerācijas 2015. gadā).

Savukārt par spīti tam, ka vēja enerģijas loma Baltijas reģionā nav liela (apmēram 2,8% no 2015. gadā saražotās elektroenerģijas Latvijā [2], 16% Lietuvā [3] un 6,9% Igaunijā [4]), VES uzstādītā jauda pieaug. Bija vajadzīgi tikai desmit gadi, lai vēja turbīnu kopējā jauda reģionā pieaugtu no nulles līdz 800 MW, un vēl aizvien ir daudz neizmantota potenciāla. Eiropas Komisija savā ziņojumā *EU Energy, Transport and GHG Emissions Trends to 2050* (2013) prognozē arī turpmāku uzstādītās VES jaudas pieaugumu Baltijas valstīs, sasniedzot 1988 MW līdz 2030. gadam. Tikmēr Igaunija jau izvirzījusi priekšplānā ar trim plānotiem selgas vēja parkiem Baltijas jūrā, kuru kopējā jauda sasniegtu 1500 MW.

Vēja mainīgajam raksturam ir īpaši liela ietekme uz VES darbību, jo, piemēram, tā stiprumam izmainoties divas reizes, vēja elektrostaciju elektriskā jauda izmainās



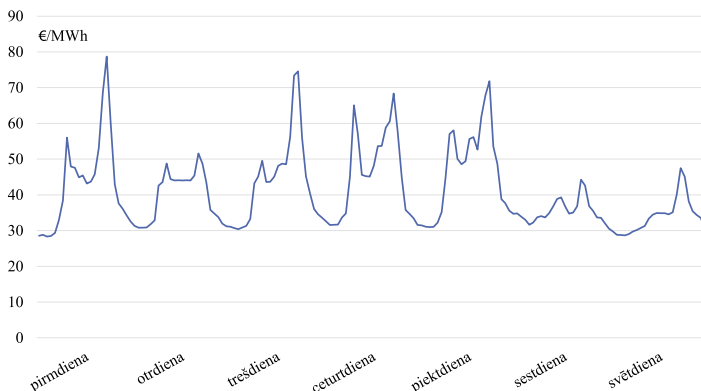
3. attēls. Kroņu HAES

Avots: Wikimedia Commons

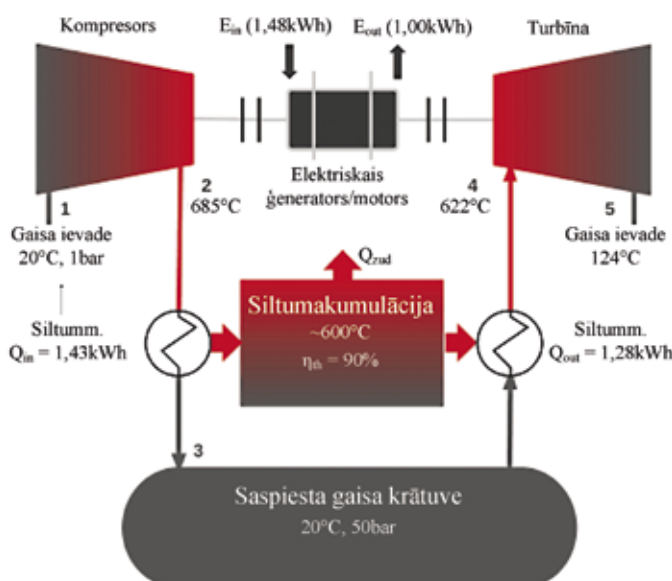
spiedienaugstumu par papildu 40 metriem, tādējādi palielinot gan hidroagregātu efektivitāti, gan uzkrājamās enerģijas apjomu [6].

Patlaban vienīgā hidroakumulācijas stacija Baltijas reģionā atrodas Lietuvā – Kroņu HAES. Tai ir četras reversīvas turbīnas/sūkņi ar kopējo jaudu 900 MW gan akumulācijas, gan ģenerācijas režīmā; tiek plānots arī piektais hidroagregāts. Pēc augšējā rezervuāra piepildīšanas Kroņu HAES spēj ražot elektroenerģiju ar pilnu jaudu 12 stundas. Stacijas galvenie uzdevumi ir elektriskās sistēmas režīmu balansēšana, sprieguma un frekvences regulēšana un energosistēmas darbības atjaunošana pēc tās sabrukuma. Cenu svārstības Lietuvas tirdzniecības apgabalā ir pietiekamas, lai Kroņu HAES darbība nestu peļņu, taču, vismaz šobrīd, tās ir pārāk mazas, lai jaunu hidroakumulācijas staciju būvniecība būtu ekonomiski pamatota, ja netiek saņemts ievērojams papildu finansiālais atbalsts. Tipisks Elspot cenu grafika piemērs Lietuvas un Latvijas apgabalos nedēļas griezumā dots 4. attēlā.

Tikmēr Igaunijā ir interese par tādas hidroakumulācijas stacijas būvniecību, kuras augšējā rezervuārā būtu jūras ūdens. Paldisku pašvaldībā plānotās 500 MW HAES lejas rezervuārs atrastos dziļi pazemē. Projekta attīstītāji pievērta uzmanību Paldiskiem pēc astoņus



4. attēls. Elektroenerģijas tirgus cena Lietuvā, 12.12.–18.12.2016



5. attēls. Adiabātiskas saspiesta gaisa enerģijas akumulācijas stacijas darbības shēma

gadus ilgiem neveiksmīgiem mēģinājumiem saskaņot būvniecību citā ostas pilsētā – Mūgu.

Latvijā ievērojama loma ir tradicionālajām hidroelektrostacijām. Daugavas kaskādē izvietoto elektrostaciju kopējā uzstādītā jauda pārsniedz 1500 MW, un tajās tiek izstrādāti 30–50% no visas valstī saražotās elektroenerģijas (atkarībā no ūdens apjoma Daugavā noteiktā gadā).

Aizspustu HES nav elektroenerģijas uzkrāšanas sistēma burtiskā izpratnē, tomēr šādi HES bez sūkņu stacijām spēj zināmā mērā sniegt līdzīgus pakalpojumus kā akumulācijas stacijas, variējot ar izstrādes apjomu, jo, hidroelektrostacijai nedarbojoties, tās rezervuārs pildās ar ūdeni no pieteces. Protams, ir vairāki faktori, kas ierobežo šādu HES darbības elastīgumu, proti, rezervuāru pārplūšanas risks pie lielas pieteces un, attiecīgi, mazas ražošanas iespējas pie zemas pieteces. Papildus arī jāievēro dažādi nostrādes ierobežojumi, kuru mērķis ir novērst negatīvu ietekmi uz vidi.

### Saspiesta gaisa akumulācija

HAES ir vienīgā pašlaik Baltijas valstīs izmantotā liela apjoma elektroenerģijas akumulācijas sistēma. Tikmēr pasaulē daudz uzmanības tiek veltīts alternatīviem risinājumiem. Nākotnē, kad tie būs sasnieguši pietiekamu tehnoloģisko briedumu un pieprasījums pēc enerģijas uzkrāšanas būs audzis, to izmantošana var kļūt izdevīga arī Baltijas energosistēmās.

Viena potenciāli daudzsološa metode ir saspiesta gaisa enerģijas akumulācija (SGEA). SGEA stacijas darbības princips ir līdzīgs tradicionālajām gāzturbīnu elektrostacijām. Atšķirība izpaužas tajā, ka kompresijas un izplešanās cikli ir atdalīti laikā nesaisītos procesos [7]. Lētāka elektrība tiek izmantota, lai saspiestu no apkārtējās vides ņemtu gaisu. Tālāk tas tiek atdzesēts starpdzesētājos un noglabāts vai nu cisternās, vai arī pazemes dobumos. Savukārt elektroenerģijas ražošanas fāzē iepriekš saspiests gaiss tiek vispirms priekšsildīts un tad sajaukts ar dabasgāzi. Pēc tam šis maisījums tiek sadedzināts degkamerā, izplešoties caur vairākpakāpju turbīnu. Šobrīd pasaulē ir tikai divas liela mēroga SGEA stacijas – Huntorvā (290 MW), Vācijā, un Makintošā (110 MW), ASV [7].

Kurināmā dedzināšana elektrības ražošanas procesā ir acīmredzamākā līdzšinējās SGEA tehnoloģijas nepilnība, lai gan tas bieži ir vistīrākais fosilais kurināmais – dabasgāze. Jaunākajos pētījumos šo trūkumu cenšas novērst, istenojot adiabatisku procesu, kas ļauj atteikties no degkameras. To panāk, uzglabājot kompresijas procesā izdalīto siltumu un pēc tam to izmantojot izplešanās procesā. 4. attēlā parādīta vispārīga šī paņēmiena shēma. Lielākais izaicinājums adiabatisku SGEA attīstībā ir rentablas termālās enerģijas akumulācijas sistēmas un augstspiediena kompresoru, kas spētu izturēt palielinātās kompresijas temperatūras, izveide [7]. Taču, ja vairs nav nepieciešama kurināmā padeve, tad adiabatisku SGEA pielietojums kļūst līdzvērtīgs citām tehnoloģijām, it īpaši hidroakumulācijai. A-SGEA princips parādīts 5. attēlā [8]. Uzskatāmībai pieņemts, ka ģenerators izstrādājis 1 kWh elektroenerģijas.





6. attēls. Vēja parks Igaunijā netālu no Paldiskiem.

Avots: Wikimedia Commons

## Ūdeņraža ražošana

Pēdējā laikā, atjaunīgo energoresursu efektīvas izmantošanas kontekstā, lielu uzmanību saista ideja izmantot ūdeņradi kā enerģijas uzglabāšanas vidi. Proti, to var viegli iegūt elektrolīzes procesā, izmantojot vai nu lētāku elektroenerģiju maza pieprasījuma periodā, vai arī mainīgo elektroenerģijas avotu pārprodukciju.

Iegūto ūdeņradi var pēc tam uzglabāt dažādās formās, t. i., gāzveidā, šķidrū vai metālu hidrīdos. Ūdeņradi nelielā daudzumā (dažus procentus) var piejaukt dabasgāzei cauruļvados, to var arī uzglabāt tvertnēs (maza un vidēja mēroga akumulācijai) vai pazemē (liela mēroga akumulācijai). Šīs iespējas ir interesantas Latvijas kontekstā, ņemot vērā labi attīstīto dabasgāzes infrastruktūru, tostarp Inčukalna pazemes gāzes krātuvi, un īpašos ģeoloģiskos veidojumus ar poraina smilšakmens slāņiem, kur nākotnē varētu tikt izveidotas gāzes krātuves.

Ūdeņradi vēlāk var izmantot kā rūpniecībā, tā transportā un arī metanācijā, iegūstot sintētisko gāzi. Tāpat to iespējams pārvērst elektroenerģijā, izmantojot degvielas šūnas vai gāzturbinas. Pašlaik divi

lielākie šķēršļi ūdeņraža uzglabāšanas sistēmu izveidei un izmantošanai ir zemā enerģijas pārveidošanas efektivitāte un lieli nepieciešamie kapitālieguldījumi.

## Maza mēroga enerģijas akumulācija

Atsevišķa uzmanība jāvelta mazāka mēroga elektroenerģijas akumulācijas iespējām. Baltijas energosistēmās šīs tehnoloģijas pagaidām netiek plaši izmantotas, bet, samazinoties to izmaksām un augot tehnoloģiskajai gatavībai, var sagaidīt pielietojuma kāpumu.

Elektriskie spararati uzglabā enerģiju savā griešanās momentā, t. i., uzlādējoties tos iegriež motors, bet izlādējoties šis motors tiek izmantots elektroenerģijas ģenerācijai. Salīdzinot ar iepriekš aprakstītajām tehnoloģijām, spararatiem ir liela jauda, bet ievērojami īsāks izlādēšanās laiks (mazāk par minūti un pat līdz 30 minūtēm). Elektriskos spararatus pārsvarā lieto elektroenerģijas kvalitātes nodrošināšanā, bet tikpat labi tos var izmantot arī reaktīvās jaudas kompensēšanā, rotējošās rezerves jaudas uzturēšanā un sprieguma regulēšanā.

1. tabula. Elektroenerģijas akumulācijas sistēmu tehniskie parametri

Tehnoloģija	Jauda (MW)	Izlādes ilgums	Pilna cikla lietderības koeficients	Uzkrāšanas ilgums	Pašizlāde (dienā)	Darba mūžs (gados)	Darba mūžs (ciklos)
HAES	10–5000	1–24 h	0.70–0.82	h–mēneši	niecīga	50–60	20 000–50 000
SGEA (pazemē)	5–400	1–24 h	0.42–0.54	h–mēneši	maza	20–40	>13 000
SGEA (balonos)	3–15	2–4 h	0.50–0.70	h–dienas	maza	20–40	>13 000
Ūdeņradis (reelektrofikācija ar degvielas šūnām)	0.3–50	s–24 h	0.33–0.42	h–mēneši	niecīga	15–20	20

2. tabula. Maza mēroga elektroenerģijas akumulācijas ierīces

Tehnoloģija	Jauda (kW)	Izlādes ilgums	Pilna cikla lietderības koeficients	Jaudas blīvums (W/kg)	Enerģijas blīvums (Wh/kg)	Uzkrāšanas ilgums	Pašizlāde (dienā)	Darba mūžs (gados)	Darba mūžs (ciklos)
Spararati	līdz 250	ms–15 min	0.93–0.95	1000	5–100	s–min	100%	15–20	20 000–100 000
Kondensatori	līdz 50	ms–60 min	0.60–0.65	100	0.05–5	s–h	40%	5–8	50
SMLEA	100–10 000	ms–8 s	0.95–0.98	500–2000	0.5–5	min–h	10–15%	15–20	>100 000
Svinskābes akumulatori	līdz 20 000	s–h	0.70–0.90	75–300	30–50	min–dienas	0.1–0.3%	5–15	2000–4500
NaS akumulatori	50–8000	s–h	0.75–0.90	150–230	150–250	s–h	20%	10–15	2500–4500
Litija jonu akumulatori	līdz 10	min–h	0.85–0.95	50–2000	150–350	min–dienas	0.1–0.3%	5–15	1500–4500

Kondensatori ir, iespējams, vienkāršākais elektroenerģijas uzglabāšanas veids, jo pašā būtībā tie sastāv no divām metāla plāksnēm, kas atdalītas ar dielektrisku slāni. Kondensatorus var ļoti ātri uzlādēt un veikt ar tiem lielu skaitu darba operāciju. Līdzīgi spararatiem, tie ir piemēroti elektroenerģijas kvalitātes nodrošināšanai, bet lieljaudas kondensatori var noderēt arī piķa slodžu apgādei. Gan spararatiem, gan kondensatoriem ir liels lietderības koeficients, bet mazs enerģijas blīvums un vērā ņemama pašizlāde, kas ierobežo to izmantošanu. Tie pārsvarā noder enerģijas īstermiņa uzglabāšanai.

Turpretī supravadītāju magnētiskā lauka enerģijas akumulācija (SMLEA) ļauj uzglabāt elektroenerģiju bez tās pārveidošanas citos enerģijas veidos, t. i., līdzstrāvas radītājā magnētiskajā laukā. Galvenā sastāvdaļa ir no supravadoša materiāla (parasti niobijtitāna sakausējuma) izgatavota noslēgta spole, kurā strāva var ilgstoši cirkulēt teju bez zudumiem. Supravadītspējas nodrošināšanai spole tiek iegremdēta dzesētājā, piemēram, šķidrā hēlijā. SMLEA sistēmas ir piemērotas ilgstošai darbībai, piemēram, gādājot par elektroenerģijas kvalitāti vai sprieguma stabilitāti. Taču tehnoloģijas lielās izmaksas un spēcīgā magnētiskā lauka radītie traucējumi attur no plašas šādas akumulācijas sistēmas izmantošanas [9,10].

Siltumenerģijas akumulācija ir vēl viena efektīva metode maksimumslodžu ierobežošanai energosistēmās, kur plaši tiek izmantoti elektriskie gaisa un ūdens sildītāji. Vairāk informācijas par maza mēroga siltumakumulācijas sistēmām var atrast avotos [11] un [12].

Visbeidzot, viena no daudzsolāšākajām maza apjoma enerģijas uzkrāšanas ierīcēm ir elektroķīmiskie akumulatori. Pieejams liels to klāsts, piemēram, vanādija redoks, cinka-broma, plūsmas akumulatori, litija jonu, nātrija niķeļa hlorīda, nātrija-sēra, svinskābes u.c. Vairumam ir augsts lietderības koeficients, kam pretnostatīts salīdzinoši īss darba mūžs un ierobežotas izlādes iespējas. Lielākā daļa elektroķīmisko akumulatoru satur toksiskas vielas, tamdēļ, lai novērstu kaitējumu videi, nepieciešama to pareiza utilizācija.

Iepriekš aprakstīto enerģijas akumulācijas paņēmieni raksturīgi tehniskie parametri apkopoti tabulā [10].

## Nobeigums

Pagaidām vienīgais Baltijas valstīs plaši izmantotais elektroenerģijas akumulācijas veids ir hidroakumulācija, taču citu tehnoloģiju straujā attīstība sola to lietderības koeficienta pieaugumu un izmaksu samazinājumu nākotnē. Kaut gan pašreizējā situācijā pieprasījums pēc enerģijas uzkrāšanas nav liels, turpmāka Baltijas energosistēmu integrācija ar Skandināviju un papildu investīcijas vietējā vēja enerģijas potenciāla apgūšanā var radīt bažas par efektīvu mainīga rakstura energoresursu izmantošanu. Enerģijas akumulācija ir pašsaprotams risinājums mainīgas jaudas enerģijas avotu problēmas risināšanā, kas ļauj atturēties no vērtīgās un dabai draudzīgās ģenerācijas ierobežošanas. Līdz ar to ilgtermiņā tālāka izpēte un investīcijas enerģijas akumulācijas tehnoloģijās sagaidāmas ne tikai pasaulē kopumā, bet arī Baltijas valstīs. **ERP**

Raksts sagatavots sadarbībā ar AS "Latvenergo"

### Avoti

<http://nordpoolspot.com>

<http://csb.gov.lv>

<http://osp.stat.gov.lt>

<http://pub.stat.ee>

V. W. Loose, "Quantifying the Value of Hydropower in the Electric Grid: Role of Hydropower in Existing Markets.", Sandia National Laboratories, Jan., 2011.

<http://www.genewsroom.com/press-releases/ge-and-max-b%C3%B6gl-in-stall-world%E2%80%99s-tallest-wind-turbine-integrated-pumped-storage-hydro%E2%80%9494>

H. Ibrahim, K. Belmokhtar, and M. Ghandour, "Investigation of Usage of Compressed Air Energy Storage for Power Generation System Improving - Application in a Micro-grid Integrating Wind Energy," Energy Procedia, vol. 73, pp. 305–316, Jun. 2015.

A. Rogers, A. Henderson, X. Wang, M. Negnevitsky, "Compressed Air Energy Storage: Thermodynamic and Economic Review," PES General Meeting, 27-31 July, 2014  
Haisheng Chen, Thang Ngoc Cong, Wei Yang, Chunqing Tan, Yongliang Li, Yulong Ding, "Progress in electrical energy storage system: A critical review," Progress in Natural Science, vol. 19, issue 3, pp. 291-312, Mar. 2009.

Zakeri, B., Syri, S., "Electrical energy storage systems: A comparative life cycle cost analysis," Renewable and Sustainable Energy Reviews, 42, pp. 569-596, Feb. 2015.

Sauhats, A., Žalostība, D., Broka, Z., Baltputnis, K., Linkevičs, O., Kunickis, M., Balodis, M., Vesperis, E., "Viedā elektriskā termoakumulācija Latvijā," Enerģija un Pasaule, Nr.1, 54.-59. lpp., Feb., 2016.

Broka, Z., Baltputnis, K., "Viedās termoakumulācijas loma elektroenerģētikā [tiešsaistē]," 2016, pieejams: [http://www.rea.riga.lv/files/rea\\_vestnesis/REA\\_vestnesis\\_Nr\\_31.pdf](http://www.rea.riga.lv/files/rea_vestnesis/REA_vestnesis_Nr_31.pdf).