

# TAL TECH



KLIIMAMINISTEERIUM

# ELEKTRISALVESTUSE MÕJU ANALÜÜS EESTI ELEKTRISÜSTEEMIS: 2030 STSENAARIUMANALÜÜS

Aprill 12, 2024

Taltech elektroenergeetika ja mehhatroonika instituut

TALLINN UNIVERSITY  
OF TECHNOLOGY

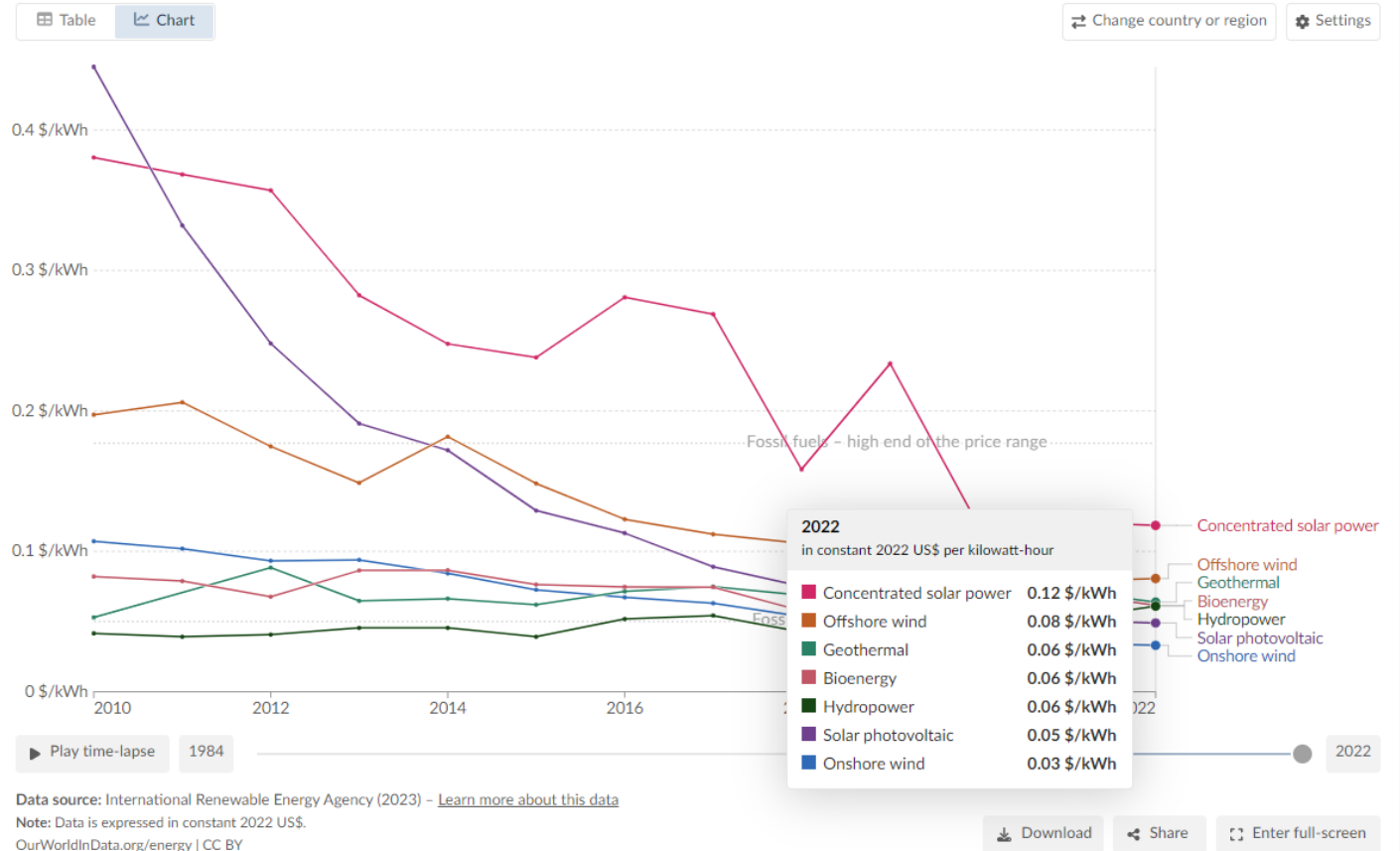
# TAUSTSÜSTEEM: EUROOPA JA ÜHENDKUNINGRIIKIDE NÄIDE

# ROHETEHNOLOOGIAD SAAVUTANUD MADALAIMAD TOOTMISKULUD FOSSIILKÜTUSTEGA VÕRRELDES

- Rohetehnoloogiad jätkavad võidukäiku kuluefektiivseimate elektrienergia tootmistehnoloogiate poole fossiilkütustega võrreldes
- **Lühi- ja pikaajaline paindlikkus (sealhulgas salvestus) vajalik tootmise ja tarbimise tasakaalustamiseks**

## Levelized cost of energy by technology, World

The average cost per unit of energy generated across the lifetime of a new power plant. This data is expressed in US dollars per kilowatt-hour. It is adjusted for inflation but does not account for differences in the cost of living between countries.

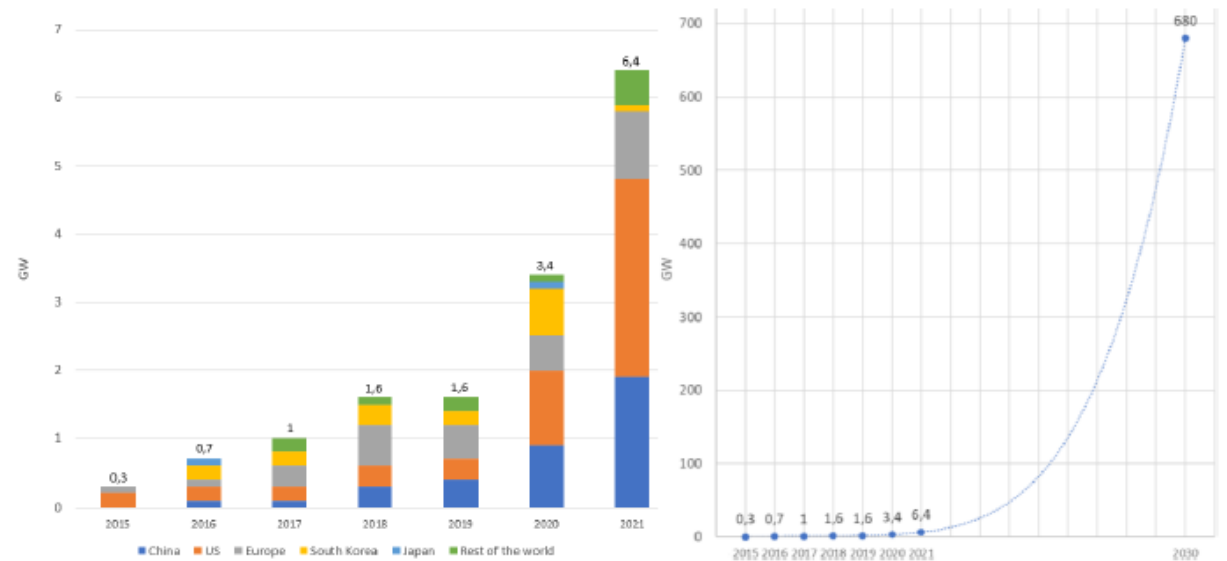


Allikas: IRENA - International Renewable Energy Agency. Our World in Data.

# EUROOPA KOMISJONI VAADE 2030+ ENERGIASALVESTITE VAJADUSELE

- Euroopa Komisjon hindab, et aastaks 2030 vajab EU 200+GW paindlikkust ning 2050-ks aastaks 600GW
- Proportsionaalselt vajaks Eesti ~0,5-1,0GW aastaks 2030 ja 2,0GW aastaks 2050
- **Euroopa Komisjoni soovitusel liikmesriikidele:**
  - Eemaldada turutõrked (nt tariifid), pidades silmas energiasalvestuse topeltrolli (tootja, tarbija);
  - Hinnata, kas energiasalvestus võib olla kulutõhusam alternatiiv võrguinvesteeringutele;
  - Määrata kindlaks võimalikud rahastuslüngad, kaaluda erinevaid rahastusmeetmeid;
  - Määrata kindlaks konkreetsed regulatiivsed ja muud meetmed, et kõrvaldada takistused salvestamise kasutuselevõtu teelt;
  - Uurida, kas energiasalvestusteenused, eelkõige paindlikkuse kasutamine jaotusvõrkudes ja mittesageduslike tugiteenuste osutamine, on võimalik.

## Prognoositud globaalne energiasalvestite paigaldusmaht 2021-2050



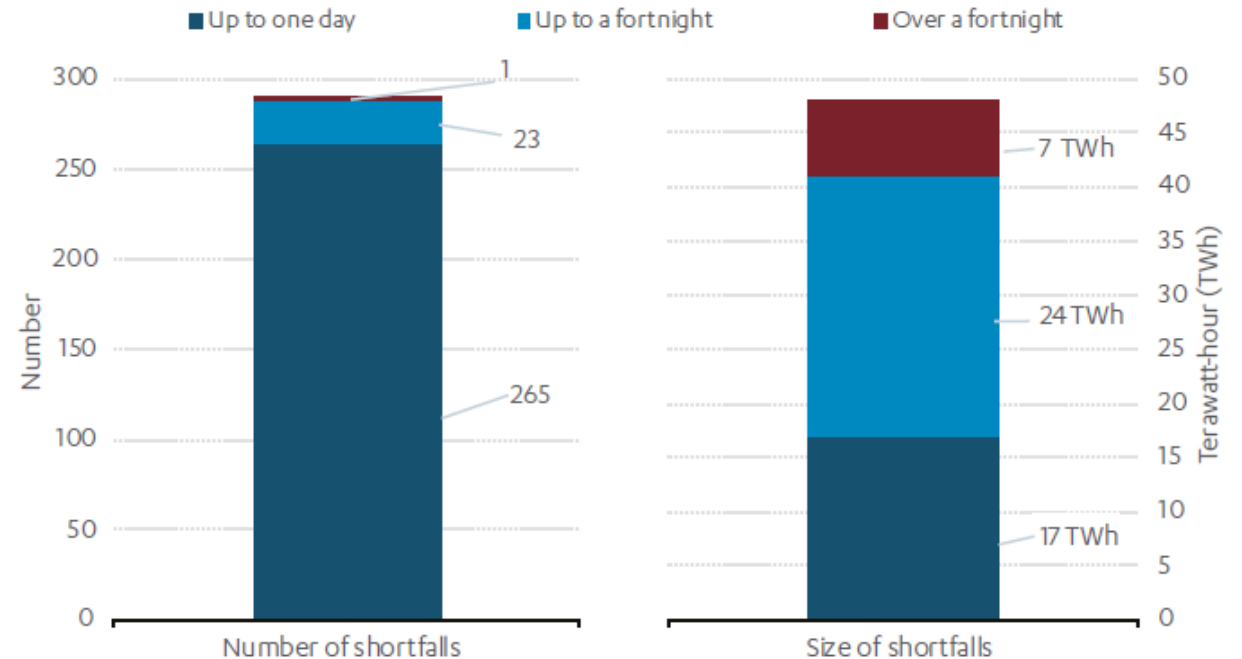
(1) European Commission, [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ET/TXT/HTML/?uri=CELEX:32023H0320\(01\)](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ET/TXT/HTML/?uri=CELEX:32023H0320(01)).

# ÜHENDKUNINGRIIKIDE NÄIDE: 2035 STSENAARIUM

- **2035 aasta elektrienergiasüsteemi modelleerimine näitab, et pikemad elektrienergia puudujäägid juhtuvad harvemini, aga vajavad oluliselt rohkem energiat**
  - UK vajab vähemalt 60GW lühiajalist paindlikkust võimaldamaks madalate kuludega elektrienergiat
  - Lühiajaline paindlikkus peab olema mitmekülgne ja omama erinevaid karakteristikuid, mis eeldab erinevate tehnoloogiate portfelli rakendamist, mis omakorda vähendab kasutuselevõtu riske
  - Kaks kolmandikku 2035 aasta eesmärgist võib olla vajalik saavutada juba aastaks 2030

Figure 2.1: Longer shortfalls occur less frequently but require much more energy

Number and size of shortfalls in an illustrative 2035 scenario



(1) UK National Infrastructure Commission.

# ÜHENDKUNINGRIIKIDE NÄIDE: 2035 STSENAARIUM

## ■ Komisjoni soovitused:

- Tagada vähemalt 60GW ulatuses lühiajalise paindlikkuse olemasolu süsteemis sõltumata tehnoloogiast.
- Välja töötada ärimudel mis toetaks vesiniku baasil töötavate tootmisjaamade turuletulemiseks.
- Madala süsiniksisaldusega tootmisjaamade kasutamine vähemalt 30TWh ulatuses aastaks 2035.
- Rajada vähemalt 8TWh ulatuses vesiniku hoiustamist aastaks 2035.

Recommendation 1: Government should target a total of 60GW of short duration flexibility by 2035. Government should introduce policy in 2024 to enable this, ensuring all viable technologies have a route to market.

Recommendation 2: Government should by 2024 have in place a business model to support hydrogen fired generation and ensure that by 2030 multiple large scale power stations are deployed for both gas generation with carbon capture and storage and hydrogen fired generation. By 2035, deployment of low carbon gas generation should be sufficiently scaled to provide 30TWh of persistent flexible generation to manage the potential for prolonged shortfalls during winter.

Recommendation 3: Government should target establishing a minimum of eight TWh of large scale hydrogen storage to be in operation by 2035.

**2030 EESTI  
SALVESTUSMUDEL:  
ELEKTRIENERGIA HINNA  
BAASMUDEL**

# ÜLDISED EELDUSED JA PROTSESS

- Elektrienergia hinna baasmudeli loomisel lähtuti 2020-2023 Eleringi ja Nord Pool tunnipõhistest andmetest Eesti elektrienergia tootmise, tarbimise ja hinnastatistika osas
- Mudeli parima kirjeldustaseme saavutamiseks testiti erinevaid sisendeid erinevates 1-3 aastastes perioodides ning lõplik regressioonimudel sisaldab parima statistilise tulemuse andnud sisendite kooslust
- 2023 aasta regressioonimudeli ning 2030 plaanitava turumudeli baasil moodustati 2030 aasta baasandmestik salvestuse stsenaariumanalüüsi tarbeks

1

Regressioonimudeli loomine ning parima mudeli valik 2020-2023 andmete põhjal

2

2030 aasta tootmis- ja tarbimismudeli loomine Kliimaministeeriumi sisendandmete baasil

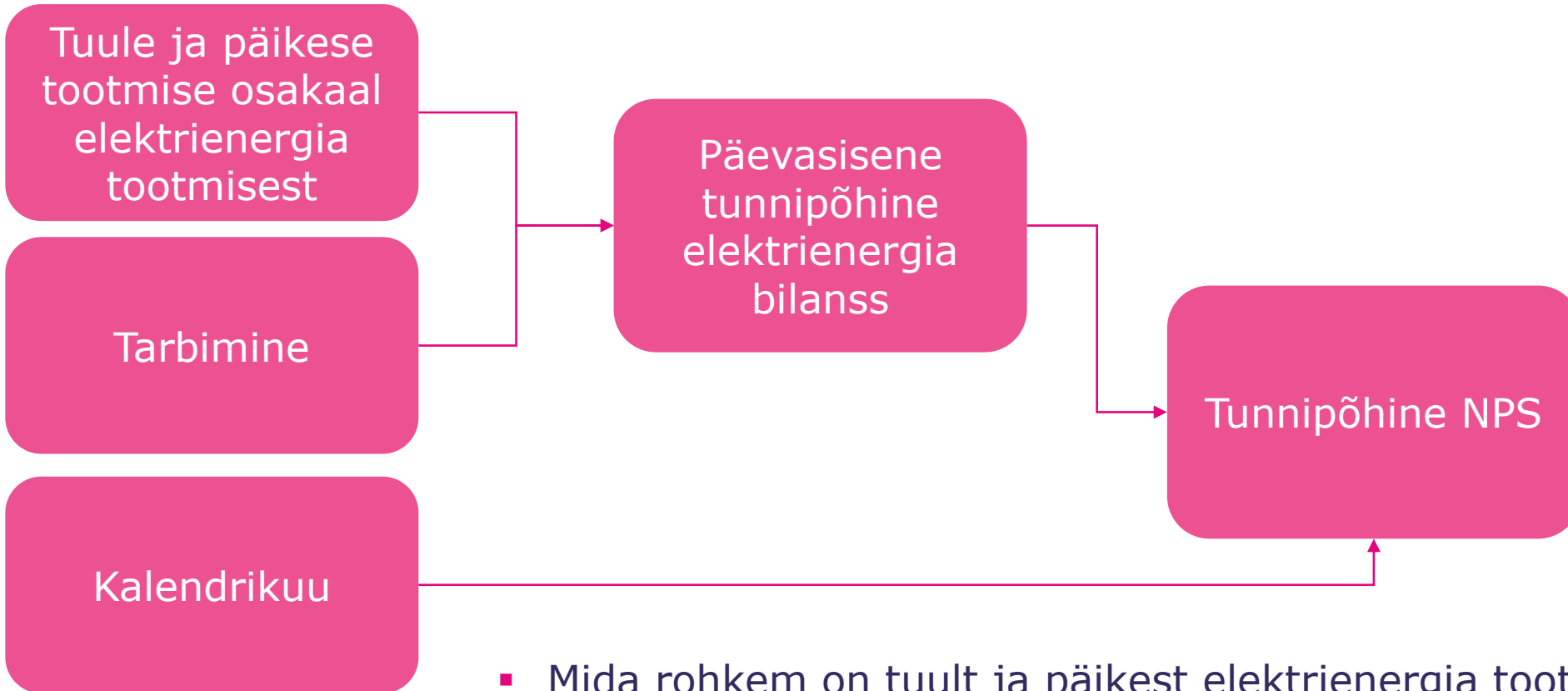
3

2030 prognoositava elektrienergia baasandmestiku moodustamine regressioonimudeli ning 2030 tootmis- ja tarbimismudeli baasil



# ELEKTRIHINNA KUJUNEMINE EESTIS: ELEMENDID

1

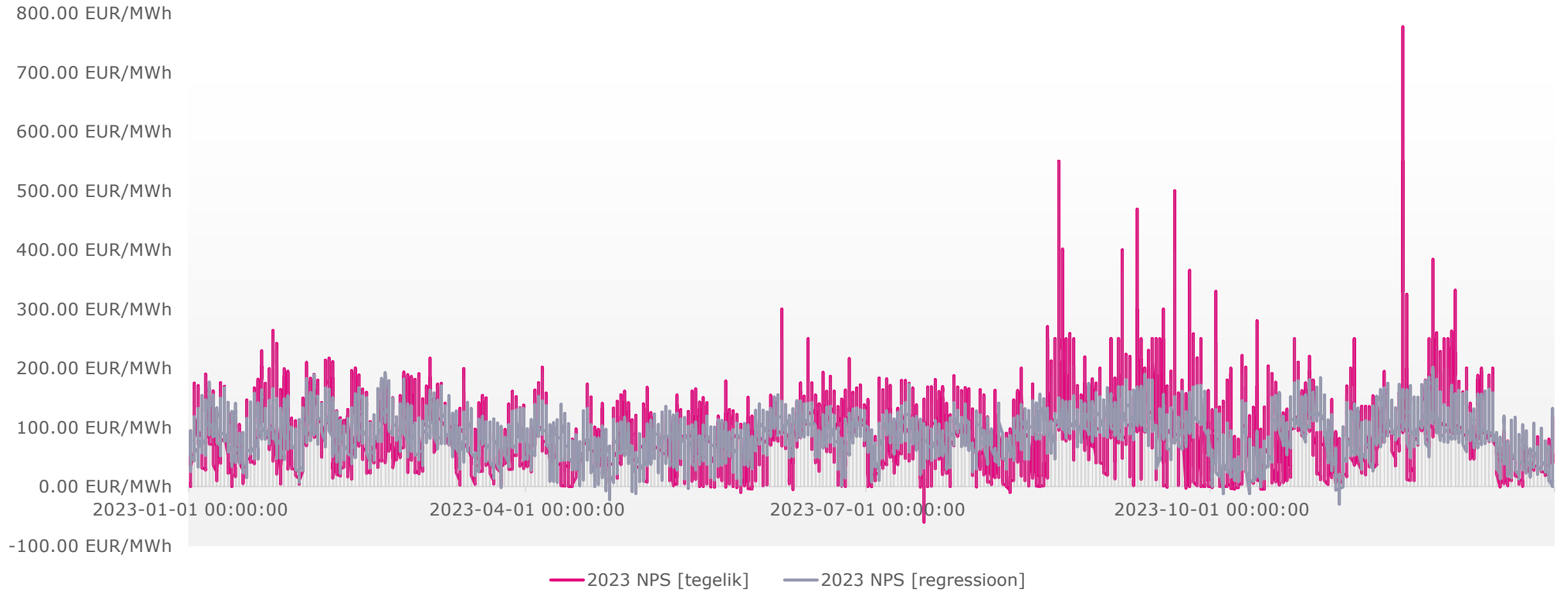


- Mida rohkem on tuult ja päikest elektrienergia tootmises, seda volatilisem on tunnipõhine elektrienergia bilanss ja seeläbi ka NPS
- Mida rohkem on tuult ja päikest elektrienergia tootmises, seda madalam on elektrienergia hinnatase

# ETAPP 1: NPS REGRESSIOONIMUDEL 2023 AASTA ANDMETEL

1

Nord Pool 2023 Eesti elektrienergia hinnad vs. regressioonimudel



# REGRESSIOONMUDELI KOKKUVÕTE

1

- Regressioonimudel kirjeldab 2023 tegelikku elektrienergia hinnadünaamikat piisavalt hästi, kuid lähtuvalt lineaarsest iseloomust on väiksema standardhälbega (hinnavolatiilsus)
- Tuuleparkide ja päikeseparkide saavutatud tulu- ja hinnadünaamika on väga hästi mudeli poolt kirjeldatud minimaalsete erinevustega
- Nii tegelikud andmed kui ka regressioonimudeli tulemused näitavad arvestatavad keskmise müügihinna vahet taastuenergia ja muu energia vahel kus tuuleenergia saavutas turu keskmise hinna

Päev-ette tunnihinnad (NPS)		
[EUR/MWh]	2023 tegelik	2023 mudel
Mediaan	90.3	90.0
Keskmine	90.8	90.8
Standardhälve	55.8	37.8
Minimaalne väärtus	-60.0	-29.8
Maksimaalne väärtus	777.2	201.7
Tunde hind alla 0 EUR/MWh	129.0	42.0

Kogukulu tarbijale		
[EUR/MWh]	2023 tegelik	2023 mudel
Tarbimine kokku (MWh)	8,120,432	8,120,432
Kogukulu (milj EUR)	769.4	769.4

	Tuulepargid		Päikesepargid	
	2023 tegelik	2023 mudel	2023 tegelik	2023 mudel
Installeeritud võimsus	350	350	599	599
Müügitulu, kokku (milj. EUR)	50.2	50.4	53.1	53.8
Arv. Müügihind, EUR/MWh	79	79	73	74
Müügitulu install. MW kohta	143,510	143,962	88,671	89,801

# 2030 AASTA STSENAARIUMMUDELI SISEND

2

- Eelnevalt kirjeldatud analüüsi tulemusena saadud regressioonimudeliga koostati 2030 aasta elektri hinna projektsioon järgmises etapis stsenaariumanalüüsi sisendina kasutamiseks
- Hinnaprojektsiooni alusandmed saadi Taltech'i poolt koostatud „Tuule- ja päikeseelektrijaamade tunnipõhise toodangu mudel“-ist, mille täpsemad sisendid olid defineeritud Kliimaministeeriumi poolt
- Antud sisendite baasil koostatud tootmisstsenaariumi puhul on aasta koondina elektri tarbimine täies ulatuses kaetud tuule ja päikeseelektrijaamade toodanguga (summaarne baas)
- Eeldab „muud“ tootmist (paindlikkus, teised tootmisjaamad) lisaks kuni 80% tasemel 2023a võrreldes olukorras kus tegemist on energiatootmise defitsiidiga

## MUDELI SISENDID

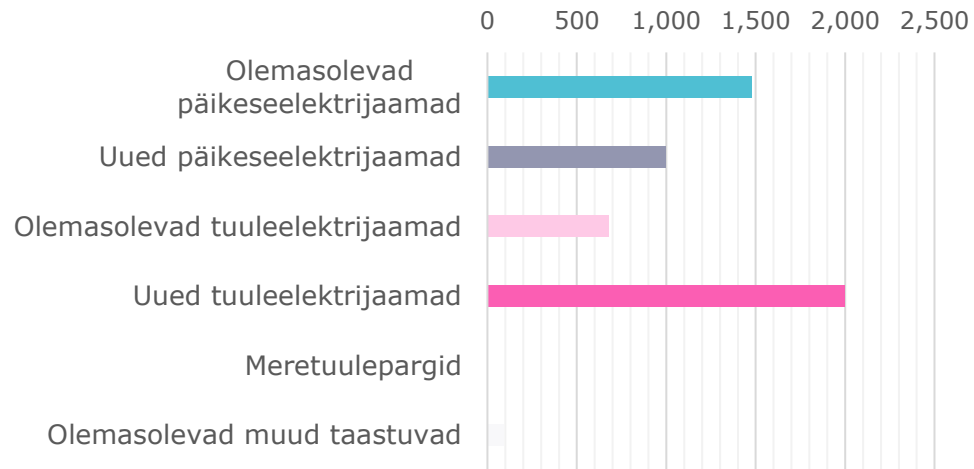
Elektri tarbimine	10,000	GWh
Olemasolevad päikeseelektrijaamad	1,480	MW
Uued päikeseelektrijaamad	1,000	MW
Olemasolevad tuuleelektrijaamad	680	MW
Uued tuuleelektrijaamad	2,000	MW
Meretuulepargid	0	MW
Olemasolevad muud taastuvad	91	MW

## TULEMUSTE KOKKUVÕTE

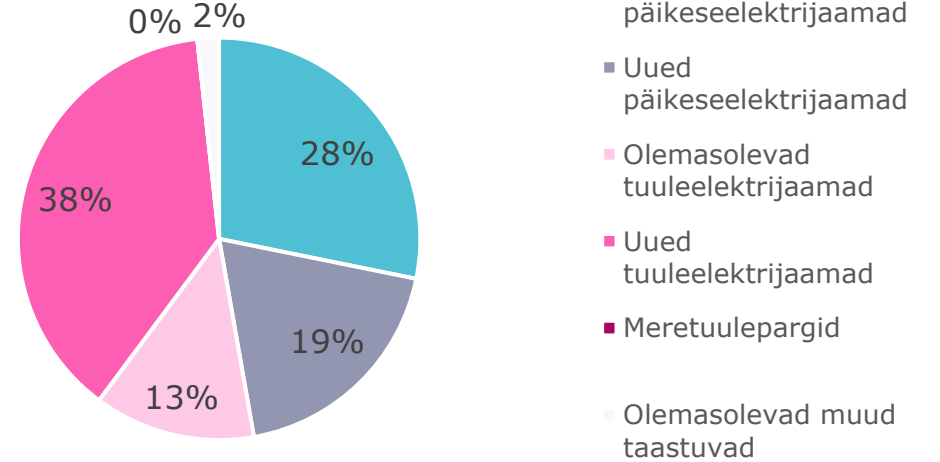
Elektri tarbimine	10,000 GWh
Elektri tootmine	10,749 GWh
Olemasolevad päikeseelektrijaamad	1,622 GWh
Uued päikeseelektrijaamad	1,139 GWh
Olemasolevad tuuleelektrijaamad	1,476 GWh
Uued tuuleelektrijaamad	6,238 GWh
Meretuulepargid	0 GWh
Olemasolevad muud taastuvad	274 GWh

# 2030 AASTA STSENAARIUMMUDELI SISEND

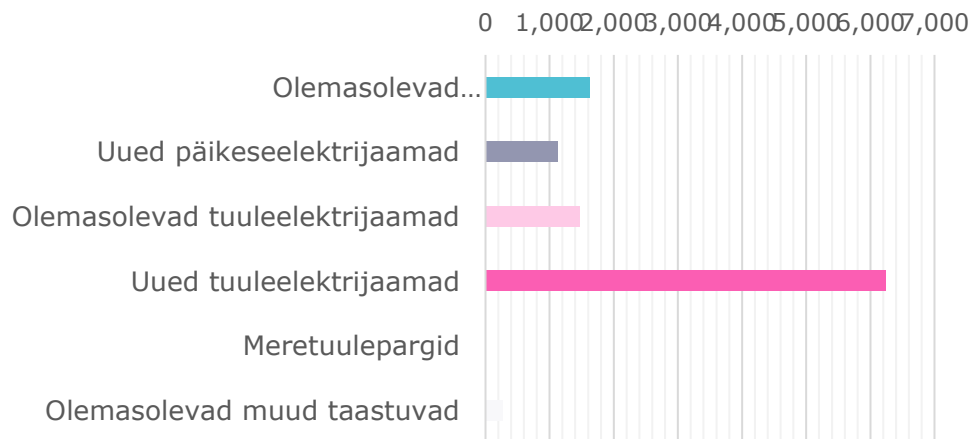
### Tootmisvõimsused (MW)



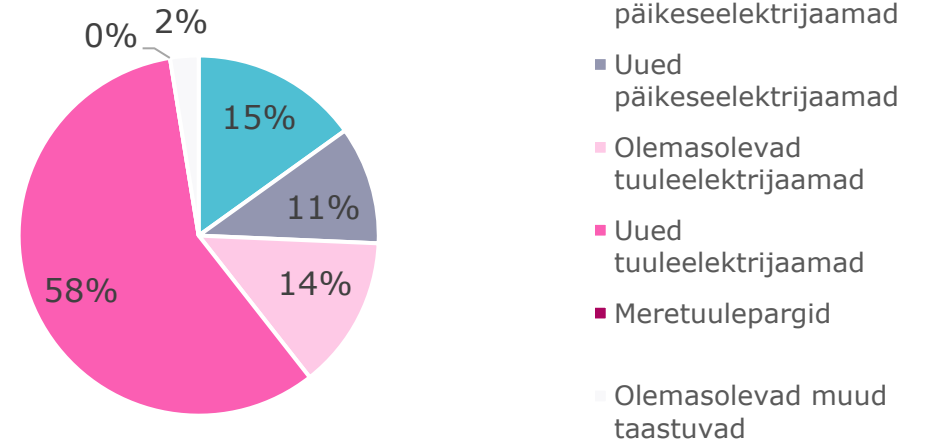
### Tootmisvõimsuste osakaal



### Elektrienergia toodang (GWh)

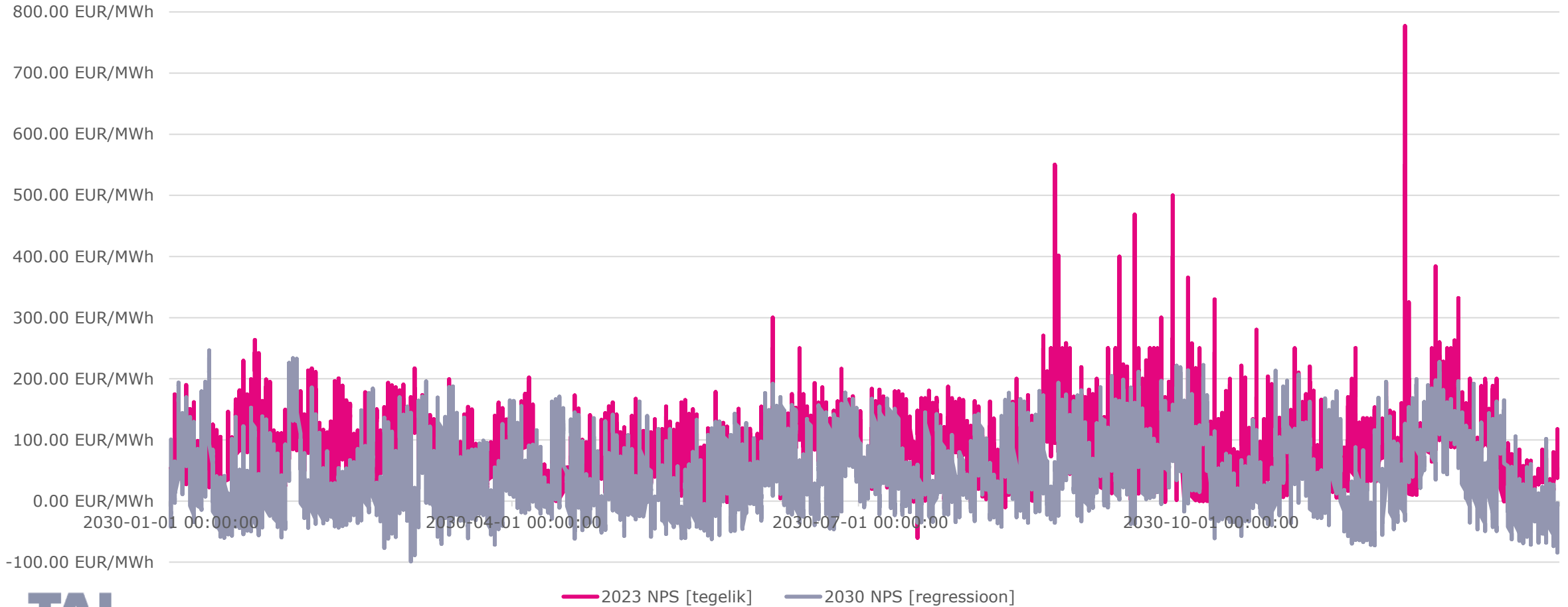


### Toodangu osakaal



# ETAPP 2: NPS HINNAPROGNOOS 2030 AASTAKS

Nord Pool 2023 Eesti elektrienergia hinnad vs. 2030 regressioonimudel



# 2030 AASTA HINNA-JA TULUDÜNAAMIKA MUUDATUSED

3

- Uuendatud tootmis- ja tarbimismahtude kontekstis on oodata nii keskmise kui ka mediaan elektritunnihinna langust ~40-50 EUR/MWh kohta ning oluliselt volatiilsemat hinda
- Probleemiks muutub sellise hinnaootuse puhul aga nii päikese- kui ka tuuleparkide tasuvus tänu oluliselt madalamale oodatavale väljamüügihinnale tootmisperioodidel
- Sellest lähtuvalt ei ole realistlik oodata ilma riigipoolsete tugimeetmeteta investeringute jätkumist taastuvenergeetika tootmisüksustesse soovitud tootmismahu saavutamiseks

Päev-ette tunnihinnad (NPS)			
[EUR/MWh]	2023 tegelik	2023 mudel	2030 mudel
Mediaan	90.3	90.0	39.6
Keskmine	90.8	90.8	47.4
Standarhälve	55.8	37.8	59.6
Minimaalne väärtus	-60.0	-29.8	-98.7
Maksimaalne väärtus	777.2	201.7	246.4
Tunde hind alla 0 EUR/MWh	129.0	42.0	1,986.0

Kogukulu tarbijale			
	2023 tegelik	2023 mudel	2030 mudel
Tarbimine kokku (MWh)	8,120,432	8,120,432	10,000,000
Kogukulu (milj EUR)	769.4	769.4	512.4

	Tuulepargid			Päikesepargid		
	'23 tegelik	'23 mudel	'30 mudel	'23 tegelik	'23 mudel	'30 mudel
Installeeritud võimsus	350	350	2,680	599	599	2,480
Müügitulu, kokku (milj. EUR)	50.2	50.4	146.1	53.1	53.8	54.2
Arv. Müügihind, EUR/MWh	79	79	19	73	74	20
Müügitulu install. MW kohta	143,510	143,962	54,511	88,671	89,801	21,868

**SALVESTUSE MÕJU 2030  
ELEKTRIENERGIA:  
STSENAARIUMANALÜÜS**



# ÜLDISED EELDUSED JA PROTSESS

- Stsenaariumanalüüs tehakse 2030 prognoos- mudelit baasil kasutades salvestust tootmise nihutamiseks hinnasignaalide alusel uue tootmiskõvera saamiseks
- Seejärel teostatakse uue hinnakõvera arvutused vastavalt prognoosmudelile 2030 aasta tarbeks mis on analüüsi väljund

1

Salvestuse modelleerimine defineeritud piirangute kontekstis uue tunnipõhise elektrienergia tootmisgraafiku sisendi saamiseks (järjekord: 1. päike, 2. tuul, 3. muu)

2

Salvestuse lisamine elektrienergia tunnipõhise toodangu 2030a modeleeritud baasmudelisse uue hinnakõvera saamiseks tootmis- ja tarbimise ning finantsefektide tuvastamiseks

# STSENAARIUMITE ÜLEVAADE JA EELDUSED

- Salvestuse lisandumise sammud:
  - 250 MW
  - 500 MW;
  - 1000 MW;
  - 1500 MW.
- Salvestuse kestuse sammud:
  - 2 tundi (liitiumaku);
  - 4 tundi (liitiumaku);
  - 12 tundi (pump-hüdroakumulatsioonijaam).

- Üldised eeldused:

Sisendid		
Üldised andmed		
Üldised elemendid	Ühik	Väärtus
Muu energia tootmine Eestis '30 vs '23	[%]	80.0%
Maksimum muu tootmine tarbimisest	[%]	100.0%
Võrgukaod	[%]	5.4%
Võrgutariifid	[EUR/MWh]	6.00
Keskmine kurss EUR / USD	[EUR/USD]	1.0541

- Mudel ei arvesta elektri ostu ja müügi kuludega (ostja-müüja marginaal)

# 250MW STSENAARIUMI EELDUS: PUMPHÜDRO, 12 TUNDI

- Salvestusseadme võimsus 250MW
- Salvestuse maht 12 tundi
- Salvestusseadmete finants- ja opereerimisandmetel lähtutakse Energiasalve sisenditest

Akusalvestuse andmed - pumphüdro 12h		
Pumphüdro	Ühik	Väärtus
Salvestussüsteemi võimsus	[MW]	250.0
Salvestussüsteemi mahtuvus (nominaalne)	[MWh]	3,000.0
Salvestussüsteemi mahtuvus (kasutatav)	[MWh]	3,000.0
Salvestustundide arv	[hr]	12.0
Süsteemi koguinvesteering	[EUR]	375,000,000
Süsteemi koguinvesteering MWh kohta	[EUR/MWh]	125,000
Süsteemi eluiga	[aastat]	80.0
Eelduslik salvestustsüklite arv päevas	[tsüklit/päev]	1.00
Salvestustsüklite arv eluea jooksul	[tsüklit]	28,800.0
Hooldus- ja halduskulu, % investeeringust	[%]	1.5%
Akutsükli kulu per MWh, nominaalne	[EUR/MWh/tsükkel]	9.55
Salvestuse kasutusulatus (DoD)	[%]	100.0%
Akutsükli kulu per MWh, tegelik	[EUR/MWh/tsükkel]	9.55
Kaod	[%]	21.0%

# 250MW STSENAARIUMI EELDUS: LIITIUM, 4 TUNDI

- Salvestusseadme võimsus 250MW
- Salvestuse maht 4 tundi
- Süsteemi koguinvesteeringu ja eluea andmestikus lähtunud peamiselt NREL (National Renewable Energy Laboratory) 2023 analüüsist ja andmetest

Akusalvestuse andmed - liitium 4h		
Liitiumaku	Ühik	Väärtus
Salvestussüsteemi võimsus	[MW]	250.0
Salvestussüsteemi mahtuvus (nominaalne)	[MWh]	1,000.0
Salvestussüsteemi mahtuvus (kasutatav)	[MWh]	900.0
Salvestustundide arv	[hr]	4.0
Süsteemi koguinvesteering	[EUR]	309,268,570
Süsteemi koguinvesteering MWh kohta	[EUR/MWh]	309,269
Süsteemi eluiga	[aastat]	15.0
Eelduslik salvestustsüklite arv päevas	[tsükli/päev]	1.50
Salvestustsüklite arv eluea jooksul	[tsükli]	8,100.0
Hooldus- ja halduskulu, % investeeringust	[%]	1.0%
Akutsükli kulu per MWh, nominaalne	[EUR/MWh/tsükkel]	43.91
Salvestuse kasutusulatus (DoD)	[%]	90.0%
Akutsükli kulu per MWh, tegelik	[EUR/MWh/tsükkel]	48.79
Kaod	[%]	12.0%

# 250MW STSENAARIUMI EELDUS: LIITIUM, 2 TUNDI

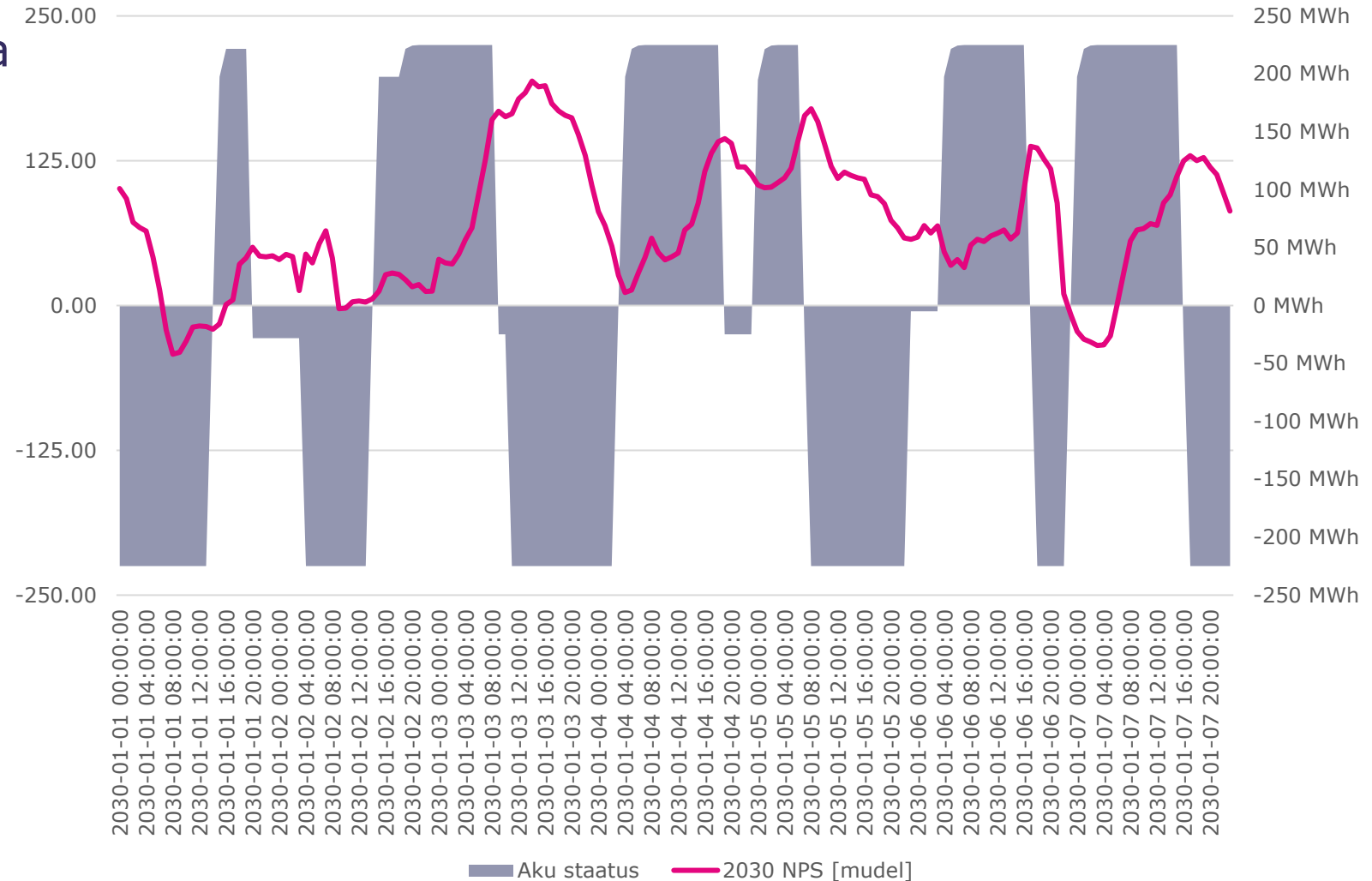
- Salvestusseadme võimsus 250MW
- Salvestuse maht 2 tundi
- Süsteemi koguinvesteeringu ja eluea andmestikus lähtunud NREL (National Renewable Energy Laboratory) 2023 analüüsist ja andmetest

Akusalvestuse andmed - liitium 2h		
Liitiumaku	Ühik	Väärtus
Salvestussüsteemi võimsus	[MW]	250.0
Salvestussüsteemi mahtuvus (nominaalne)	[MWh]	500.0
Salvestussüsteemi mahtuvus (kasutatav)	[MWh]	450.0
Salvestustundide arv	[tundi]	2.0
Süsteemi koguinvesteering	[EUR]	189,735,319
Süsteemi koguinvesteering MWh kohta	[EUR/MWh]	379,471
Süsteemi eluiga	[aastat]	15.0
Eelduslik salvestustsüklite arv päevas	[tsükli/päev]	1.50
Salvestustsüklite arv eluea jooksul	[tsükli]	8,100.0
Hooldus- ja halduskulu, % investeeringust	[%]	1.0%
Akutsükli kulu per MWh, nominaalne	[EUR/MWh/tsükkel]	53.88
DoD	[%]	90.0%
Akutsükli kulu per MWh, tegelik	[EUR/MWh/tsükkel]	59.86
Kaod	[%]	12.0%

# SALVESTUSE MUDEL: NÄIDE 2-TUNNINE 250MW SALVESTUS (NÄIDISNÄDAL)

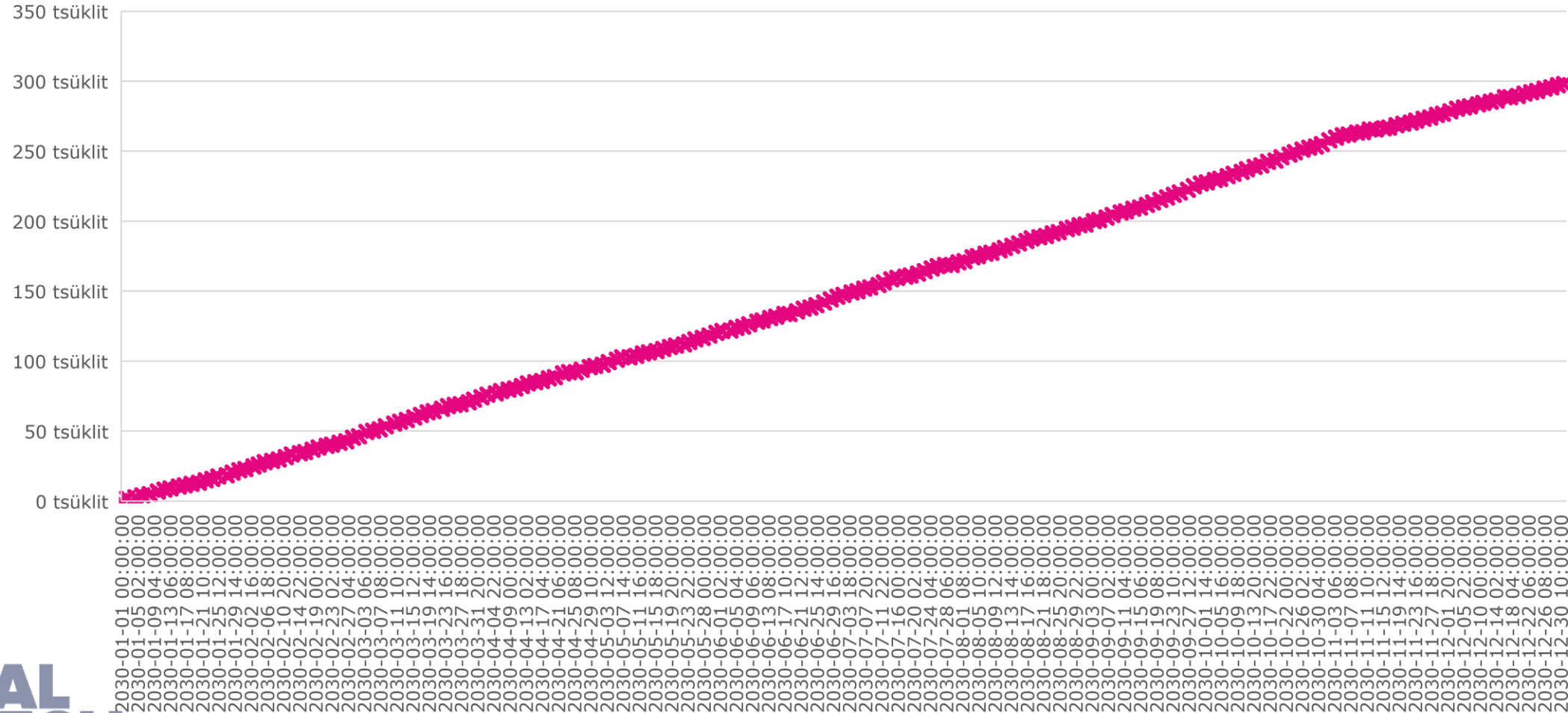
1

- Antud näites on ära toodud salvestuse mudeli näide 1-nädalase salvestusperioodi jooksul



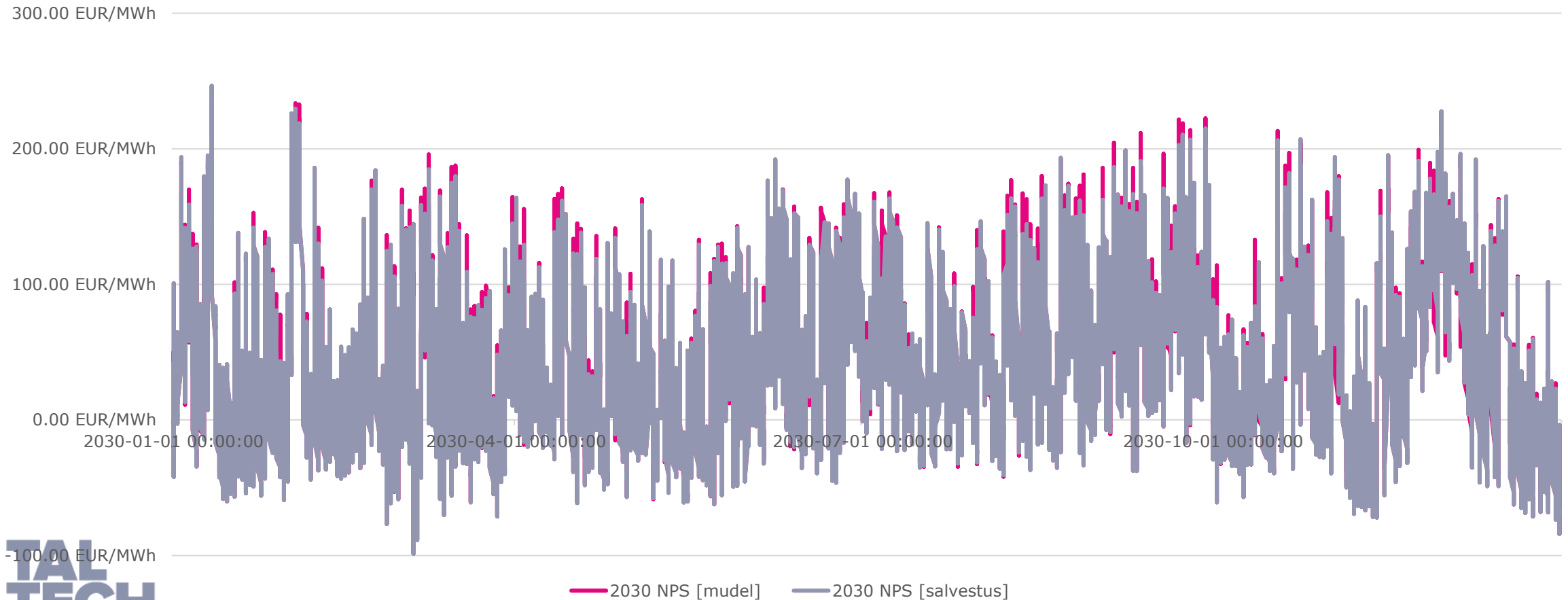
# SALVESTUSE MUDEL: NÄIDE 2-TUNNINE 250MW SALVESTUS

■ Kumulatiivsete tsüklite arv



# SALVESTUSE MUDEL: NÄIDE 2-TUNNINE 250MW SALVESTUS

2030 elektrienergia hind salvestusega ja ilma salvestuseta





# SALVESTUSE MUDEL: NÄIDE 2-TUNNINE 250MW SALVESTUS

2

- Salvestuse lisamise sotsiaalmajanduslikud efektid:
  - Vähendab kogukulu elektrienergia tarbijatele 512M EUR pealt 499M EUR tasemele (13M EUR)
  - Tuuleparkide omanike tulubaas väheneb ca 0,4M EUR võrra (145,7M EUR vs 146,1M EUR)
  - Päikeseparkide omanike tulubaas tõuseb 0,4M EUR (54,2M EUR vs 54,6M EUR)
  - Neto positiivne koguefekt tootjatele ja tarbijatele kokku 13M EUR
- Võimaldab teenida salvestussüsteemi omanikele 250MW installeeritud salvestuselt 3M EUR tulu päev-ette turult 190M EUR koguinvesteeringu juures (ei sisalda sagedusteenuste turu potentsiaali)

Päev-ette tunnihinnad (NPS)		
[EUR/MWh]	2030 alg	2030 salv
Mediaan	39.6	39.6
Keskmine	47.4	46.1
Standarhälve	59.6	57.6
Minimaalne väärtus	-98.7	-98.7
Maksimaalne väärtus	246.4	246.4
Tunde hind alla 0 EUR/MWh	1,986.0	1,962.0

Kogukulu tarbijale		
	2030 alg	2030 salv
Tarbimine kokku (MWh)	10,000,000	10,000,000
Kogukulu (milj EUR)	512.4	498.7

	Tuulepargid		Päikesepargid	
	2030 alg	2030 salv	2030 alg	2030 salv
Installeeritud võimsus	2,680	2,680	2,480	2,480
Müügitulu, kokku (milj. EUR)	146.1	145.7	54.2	54.6
Kesk. Müügihind, EUR/MWh	19	19	20	20
Müügitulu install. MW kohta	54,511	54,376	21,868	22,032

# **SAGEDUSTEENUSTE KULU ANALÜÜS**

# ÜLDISED EELDUSED JA PROTSESS

- mFRR regressioonimudel lähtub samast andmestikust (ajaline vahemik, prognoositud andmestik), mille baasil on loodud NPS regressioonimudel andmete ühetaolisuse tagamiseks
- 2023 aasta regressioonimudeli ning 2030 NPS regressioonimudeli baasil luuakse 2030 aasta baasandmestik mFRR kulude prognoosimiseks erinevates stsenaariumites
- mFRR kogukulude baasil arvutatakse Soome turumahtude võrdlusel saadud koefitsienti kasutades potentsiaalne sagedusturgude kulutase erinevates stsenaariumites

1

mFRR regressioonimudeli loomine ning parima mudeli valik 2023 andmete põhjal

2

Soome turu baasil mFRR ja teiste sagedusturgude mahu analüüs ning sisendi loomine hindamismudeli aluseks

3

2030 prognoositava sagedusturu kulude hindamine stsenaariumaanlүүsis

# SAGEDUSTEENUSTE TULU POTENTIAAL SOOME NÄITEL

2

- Viimase 11 kuu sagedusteenuste tulu Soomes kokku moodustab ca 132m EUR, sellest mFRR on ca 51%
  - Sisaldab aFRR üles/alla, FCR üles/alla, FCRn, FFR, mFRR üles/alla
- MW kohta oli Soome turu viimase 12 kuu tulubaas 692 tuhat EUR (elimineerides samaaegselt erinevatel turgudel osalemise)

Element	12 kuud			11 kuud	Kokku	2023 11k
EUR	2020	2021	2022	2023	Total	2023%
aFRR, up	1,309,499	3,711,692	14,057,667	3,994,779	23,073,637	3%
aFRR, down	2,269,901	5,396,836	29,329,785	5,307,446	42,303,968	4%
FCRd, up	4,667,748	5,897,654	8,456,598	22,954,453	41,976,453	17%
FCRd, down	0	0	6,069,085	9,623,206	15,692,291	7%
FCRn	7,710,287	5,695,009	10,472,471	21,660,338	45,538,105	16%
FFR	1,327,975	1,179,310	911,706	726,640	4,145,631	1%
mFRR, down	0	0	0	28,795,166	28,795,166	22%
mFRR, up	0	0	139,799	38,576,915	38,716,714	29%
<b>Kokku</b>	<b>17,285,411</b>	<b>21,880,501</b>	<b>69,437,111</b>	<b>131,638,942</b>	<b>240,241,964</b>	

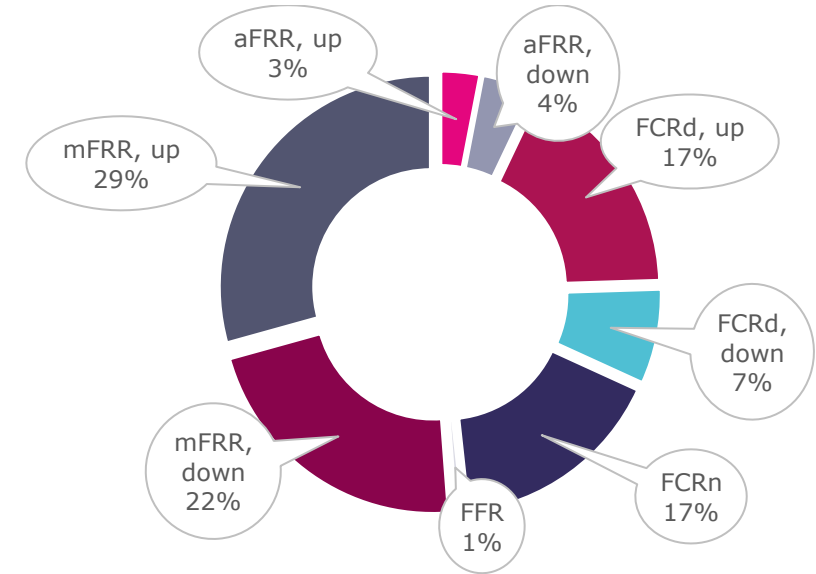
Element	12 kuud			11 kuud	Kokku	2023 11k
EUR per MW	2020	2021	2022	2023	Total	2023%
aFRR, up	89,565	178,625	601,470	193,867	1,063,526	14%
aFRR, down	100,925	191,319	930,411	172,335	1,394,990	12%
FCRd, up	57,799	58,291	113,047	232,646	461,783	16%
FCRd, down	0	0	214,405	125,162	339,567	9%
FCRn	182,004	123,225	309,113	388,011	1,002,353	27%
FFR	75,238	57,212	43,966	39,063	215,479	3%
mFRR, down	0	0	0	139,680	139,680	10%
mFRR, up	0	0	1,027	129,740	130,767	9%
<b>Kokku</b>	<b>505,531</b>	<b>608,671</b>	<b>2,213,438</b>	<b>1,420,505</b>	<b>4,748,145</b>	

<b>Elimineerides</b>	<b>272,337</b>	<b>338,840</b>	<b>1,205,417</b>	<b>592,272</b>	<b>0</b>	
<i>Kokku mFRR</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>1027</i>	<i>269,421</i>		<b>45%</b>

# SAGEDUSTEENUSTE TULU POTENTIAAL SOOME NÄITEL

2

- Arvestades sellega, et Eestis on praegu mFRR turumaht ca 6M EURi (neto, peale bilansienergia portfelli halduritele), siis sagedusteenuste turu kogumaht on 12M+ EUR Eestis kokku peale teiste turgude avanemist
- Turu kogumahtu on keeruline hinnata kuna tänane mFRR ei peegelda turu koguvajadust enne Venemaa võrgust lahtiühendamist
- Konservatiivne hinnang oleks sagedusteenuste osas ca ~20M EURi kogu turumaht



TAL  
TECH



6M EUR

- FFR: avaneb 2025
- FCR: Fingrid piloot 2024 aastal?
- aFRR: avaneb 2025
- mFRR: ~6M EUR



143M EUR

- FFR: ~1M EUR
- FCR: ~59M EUR
- aFRR: ~10M EUR
- mFRR: ~73M EUR

# KOONDVÄLJUND: NÄIDE 2-TUNNINE 250MW SALVESTUS

3

Vastused uurimisküsimustele				
<b>Päev-ette NPS, keskmine</b>	<b>47.44</b>	<b>46.13</b>	<b>-1.31</b>	<b>-2.8%</b>
<b>Tundide arv NPS&lt;0</b>	<b>1,986</b>	<b>1,962</b>	<b>-24.00</b>	<b>-1.2%</b>
Tuuleparkide müügitulu	146,090,055	145,727,675	-362,380	-0.2%
Päikeseparkide müügitulu	54,233,810	54,639,880	406,070	0.7%
<b>Taastuvtoomise tulu</b>	<b>200,323,865</b>	<b>200,367,554</b>	<b>43,690</b>	<b>0.0%</b>
Lõppkliendide kogukulu	512,426,814	498,728,150	-13,698,664	-2.7%
Sagedusteenuste kogukulu	19,429,650	19,293,517	-136,133	-0.7%
<b>Klientide ja süsteemikulud</b>	<b>531,856,464</b>	<b>518,021,667</b>	<b>-13,834,797</b>	<b>-2.6%</b>

- Lisades eelnevalt saadud salvestusmudelisse sagedusteenused, siis suureneb salvestuse positiivne mõju lõpptarbija kogukulule (eeldades kulude 100%-lise üleviimise lõpptarbijale) täiendavalt ca 136 tuhande euro võrra aastas

# **TULEMUSED JA KOKKUVÕTE**

# STSENAARIUMITE TULEMITE VÕRDLUK: KOKKUVÕTE

Element	Ühik	2030 baas	Stsenaarium 1: 250MW		Stsenaarium 1: 500MW		Stsenaarium 1: 1000MW		Stsenaarium 1: 1500MW	
Pumphüdro 12h		Salvestuseta	Salvestusega	Erinevus (EUR, %)	Salvestusega	Erinevus (EUR, %)	Salvestusega	Erinevus (EUR, %)	Salvestusega	Erinevus (EUR, %)
<b>Hinnapõhine vaade</b>										
Päev-ette NPS, keskmine	[EUR/MWh]	47.44	43.04	-4.40 -9.3%	43.51	-3.93 -8.3%	48.66	1.22 2.6%	59.85	12.41 26.2%
Tundide arv NPS<0	[tundi]	1,986	1,945	-41.00 -2.1%	1,955	-31.00 -1.6%	1,872	-114.00 -5.7%	1,597	-389.00 -19.6%
Lõppklientide kogukulu	[EUR]	512,426,814	471,673,245	-40,753,570 -8.0%	474,871,975	-37,554,840 -7.3%	519,078,451	6,651,637 1.3%	623,199,505	110,772,690 21.6%
<b>Sotsiaalmajanduslik vaade</b>										
Tuuleparkide müügitulu	[EUR]	146,090,055	146,224,244	134,189 0.1%	154,817,123	8,727,068 6.0%	188,489,905	42,399,850 29.0%	288,896,441	142,806,386 97.8%
Päikeseparkide müügitulu	[EUR]	54,233,810	56,977,487	2,743,677 5.1%	62,713,376	8,479,566 15.6%	80,587,263	26,353,453 48.6%	97,358,290	43,124,480 79.5%
<b>Taastuvtoomise tulu muutus</b>	[EUR]	<b>200,323,865</b>	<b>203,201,731</b>	<b>2,877,866 1.4%</b>	<b>217,530,499</b>	<b>17,206,634 8.6%</b>	<b>269,077,168</b>	<b>68,753,303 34.3%</b>	<b>386,254,732</b>	<b>185,930,867 92.8%</b>
Lõppklientide kogukulu	[EUR]	512,426,814	471,673,245	-40,753,570 -8.0%	474,871,975	-37,554,840 -7.3%	519,078,451	6,651,637 1.3%	623,199,505	110,772,690 21.6%
Sagedusteenuste kogukulu	[EUR]	19,429,650	18,785,511	-644,139 -3.3%	18,500,229	-929,421 -4.8%	18,239,437	-1,190,213 -6.1%	18,425,196	-1,004,454 -5.2%
<b>Klientide ja süsteemikulud</b>	[EUR]	<b>531,856,464</b>	<b>490,458,755</b>	<b>-41,397,709 -7.8%</b>	<b>493,372,204</b>	<b>-38,484,261 -7.2%</b>	<b>537,317,888</b>	<b>5,461,424 1.0%</b>	<b>641,624,701</b>	<b>109,768,237 20.6%</b>
<b>Liitium 4h</b>										
<b>Hinnapõhine vaade</b>										
Päev-ette NPS, keskmine	[EUR/MWh]	47.44	44.70	-2.74 -5.8%	44.17	-3.27 -6.9%	46.13	-1.31 -2.8%	51.73	4.29 9.0%
Tundide arv NPS<0	[tundi]	1,986	1,958	-28.00 -1.4%	1,931	-55.00 -2.8%	1,872	-114.00 -5.7%	1,714	-272.00 -13.7%
Lõppklientide kogukulu	[EUR]	512,426,814	485,359,724	-27,067,090 -5.3%	478,913,381	-33,513,434 -6.5%	493,000,255	-19,426,560 -3.8%	543,933,115	31,506,301 6.1%
<b>Sotsiaalmajanduslik vaade</b>										
Tuuleparkide müügitulu	[EUR]	146,090,055	144,944,322	-1,145,733 -0.8%	147,020,728	930,673 0.6%	163,373,520	17,283,465 11.8%	200,959,003	54,868,948 37.6%
Päikeseparkide müügitulu	[EUR]	54,233,810	54,693,125	459,315 0.8%	56,059,036	1,825,226 3.4%	62,631,797	8,397,987 15.5%	86,697,334	32,463,524 59.9%
<b>Taastuvtoomise tulu muutus</b>	[EUR]	<b>200,323,865</b>	<b>199,637,447</b>	<b>-686,418 -0.3%</b>	<b>203,079,764</b>	<b>2,755,900 1.4%</b>	<b>226,005,317</b>	<b>25,681,452 12.8%</b>	<b>287,656,336</b>	<b>87,332,471 43.6%</b>
Lõppklientide kogukulu	[EUR]	512,426,814	485,359,724	-27,067,090 -5.3%	478,913,381	-33,513,434 -6.5%	493,000,255	-19,426,560 -3.8%	543,933,115	31,506,301 6.1%
Sagedusteenuste kogukulu	[EUR]	19,429,650	19,164,449	-265,201 -1.4%	19,061,608	-368,042 -1.9%	19,078,697	-350,953 -1.8%	19,363,294	-66,356 -0.3%
<b>Klientide ja süsteemikulud</b>	[EUR]	<b>531,856,464</b>	<b>504,524,174</b>	<b>-27,332,291 -5.1%</b>	<b>497,974,989</b>	<b>-33,881,476 -6.4%</b>	<b>512,078,952</b>	<b>-19,777,513 -3.7%</b>	<b>563,296,410</b>	<b>31,439,945 5.9%</b>
<b>Liitium 2h</b>										
<b>Hinnapõhine vaade</b>										
Päev-ette NPS, keskmine	[EUR/MWh]	47.44	46.13	-1.31 -2.8%	46.07	-1.37 -2.9%	47.47	0.03 0.1%	50.52	3.08 6.5%
Tundide arv NPS<0	[tundi]	1,986	1,962	-24.00 -1.2%	1,945	-41.00 -2.1%	1,889	-97.00 -4.9%	1,815	-171.00 -8.6%
Lõppklientide kogukulu	[EUR]	512,426,814	498,728,150	-13,698,664 -2.7%	497,173,650	-15,253,165 -3.0%	507,680,976	-4,745,838 -0.9%	535,880,430	23,453,615 4.6%
<b>Sotsiaalmajanduslik vaade</b>										
Tuuleparkide müügitulu	[EUR]	146,090,055	145,727,675	-362,380 -0.2%	147,418,691	1,328,637 0.9%	157,477,413	11,387,358 7.8%	177,176,998	31,086,943 21.3%
Päikeseparkide müügitulu	[EUR]	54,233,810	54,639,880	406,070 0.7%	55,842,590	1,608,780 3.0%	60,566,987	6,333,177 11.7%	73,682,662	19,448,852 35.9%
<b>Taastuvtoomise tulu muutus</b>	[EUR]	<b>200,323,865</b>	<b>200,367,554</b>	<b>43,690 0.0%</b>	<b>203,261,282</b>	<b>2,937,417 1.5%</b>	<b>218,044,400</b>	<b>17,720,535 8.8%</b>	<b>250,859,660</b>	<b>50,535,795 25.2%</b>
Lõppklientide kogukulu	[EUR]	512,426,814	498,728,150	-13,698,664 -2.7%	497,173,650	-15,253,165 -3.0%	507,680,976	-4,745,838 -0.9%	535,880,430	23,453,615 4.6%
Sagedusteenuste kogukulu	[EUR]	19,429,650	19,293,517	-136,133 -0.7%	19,249,783	-179,867 -0.9%	19,273,549	-156,101 -0.8%	19,419,853	-9,797 -0.1%
<b>Klientide ja süsteemikulud</b>	[EUR]	<b>531,856,464</b>	<b>518,021,667</b>	<b>-13,834,797 -2.6%</b>	<b>516,423,433</b>	<b>-15,433,031 -2.9%</b>	<b>526,954,525</b>	<b>-4,901,940 -0.9%</b>	<b>555,300,283</b>	<b>23,443,818 4.4%</b>



# STSENAARIUMITE TULEMITE VÕRDLUK: TÄHELEPANEKUD

- Salvestid on ühiskonnale arvestatava positiivse mõjuga, millega on võimalik saavutada nii (1) lõpptarbija kogukulu vähenemine, (2) taastuenergia tootjate tulubaasi suurenemine (seeläbi vajaliku dotatsiooni vajaduse vähenemine avaliku sektori poolt) ehk käesoleva analüüsi tulemusena saab välja tuua järgmised sotsiaalmajanduslikud efektid:
  - Lõpptarbija kulu kokkuhoiu tänu odavamale keskmisele hinnale (kuni -8%)
  - Suurenenud tuule ja päikese tulude mis võimaldavad vähendada dotatsioone (kuni +90%)
  - Sagedusteenuste kogukulu vähenemise tänu NPS hinna ühtlustumise (kuni -6%)
- Optimaalne salvestusvõimsus lõpptarbija kuludest lähtuvalt on vahemikus 250MW (12-tunnine pumphüdro) kuni 500 MW (4 tunnine liitiumaku), sellest suuremate mahtude puhul muutub salvestitest tulenev kokkuhoid lõpptarbijatele lisakuluks kuna väheneks ligipääs odavale taastuenergiale
  - Tulemustest ning ka Euroopa turgude kogemusest lähtuvalt oleks põhjendatud suuremamaahulise (üle 3 tunni) liitiumakude eelistamine väikesemamaahulisele (2 tundi või alla);
  - Samuti peab TalTech tulemustele tuginedes optimaalseks kuni 750MW salvestusmahu saavutamise kombineerituna pumphüdro (ca 250MW) ning 4-tunniste liitiumakude (ca 500MW) baasil [märkus: sellist kombinatsiooni eraldi pole antud töö käigus hinnatud, järeldus põhineb lõpptarbija efektidel eraldiseisvate osade baasil]

*Märkus: analüüs põhineb 12-tunnise pumphüdro puhul suures osas turuosalise enda andmetele ning on seetõttu valideerimata. Selles osas on vajalik täiendavate andmete kogumine ning sarnaste projektide analüüs väljaspool Eestit.*

# TÄIENDAVID ELEMENTID MILLEGA ARVESTADA

## Analüüs ei arvesta / ei sisalda:

- Investeeringukuludel põhinevat salvestuse investeeringu tasuvusanalüüsi (eeldab täiendavat finantsanalüüsi saadud tulemuste põhjal)
- Impordi elektri energia hinna sõltuvusest roheenergia (tuul, päike) hinnast (eeldab täiendavaid riigipõhiseid hinnaanaluüse)
- Ülekandevõimekuste kitsendusi ning sellekohaseid piiranguid (eeldab mudeli täiustamist)
- Salvestiga sagedusreservide turgudel osalemise analüüsi hindamiseks võimaliku tulubaasi mahtu erinevate stsenaariumite korral (vajab täiendavate mudelväljundite väljatöötamist)
- Kasutatavate tehnoloogiate turuvalmiduse taset (vajab täiendavat tehnoloogilist analüüsi)

## Analüüs eeldab / tugineb:

- Ideaaltingimusi elektrienergia kauplemisel ning võimekust saada turult parim hind ilma tehingutasudeta (marginaal)
- Energiasalvelt saadud andmetele pumphüdro kulude ning kasutusstatistika osas (eluiga, investeeringu maht, opereerimise kulukus – eeldab täiendavat kolmandate osapoolte andmete kogumist võrdlusanalüüsiks)
- Turuekspertide hinnangule liitiumil baseeruva salvestussüsteemi eluea ning opereerimiskulude osas (eeldab täiendavat kolmandate osapoolte andmete kogumist võrdlusanalüüsiks)
- Ülekandetasudega vastavalt Kliimaministeeriumi sisendile (tase vajab täiendavat valideerimist)

**TAL  
TECH**

**TÄNUD!**