Low Carbon Ukraine

Policy advice on low-carbon policies for Ukraine

Policy Briefing #1

Supported by:

Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety

based on a decision of the German Bundestag

Балансування відновлюваних джерел енергії в Україні

Д-р. Георг Захманн та д-р. Франк Майснер

Берлін / Київ, жовтень 2018

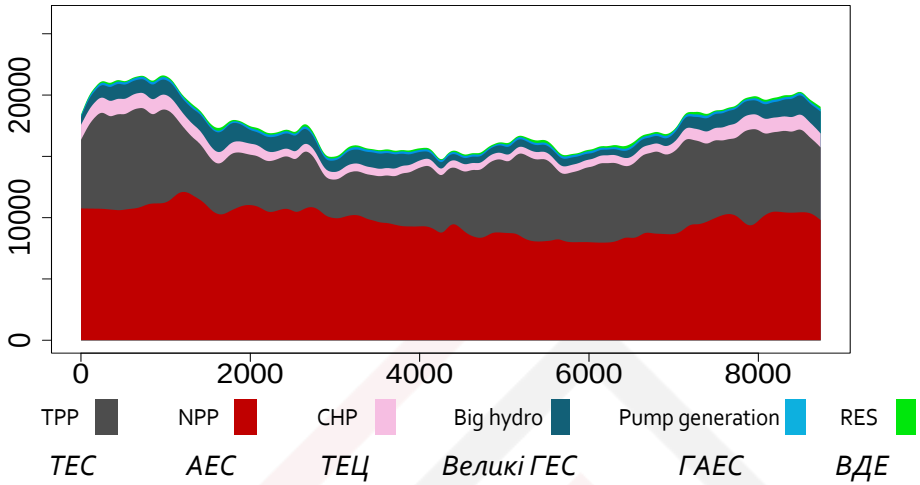
Low Carbon Ukraine

Мотивація

Прогнозоване споживання електроенергії з відновлюваних джерел енергії

Джерело: Міненерго, Держкомстат, НЕК «Укренерго», власні розрахунки

Графік навантаження ОЕС за технологіями (2017)



- Збільшення коливань в генерації з відновлюваних джерел енергії приносить нові виклики:
  - Необхідність регулювання стабільності мережі та частоти потужності шляхом забезпечення балансувальних потужностей
- Аналіз технічних та регуляторних варіантів збалансування частки ВДЕ зі змінним характером генерації електроенергії
  - Оцінка коротко-, середньо- та довгострокових варіантів

Low Carbon Ukraine

Три проблеми на шляху до інтеграції ВДЕ із змінним характером генерації

- Збільшення генерації з ВДЕ може привести до:

1. **Надлишок енергії у випадках низького споживання та високого рівня генерації**

2. **Нестача потужності у випадках високого споживання та низького рівня генерації**

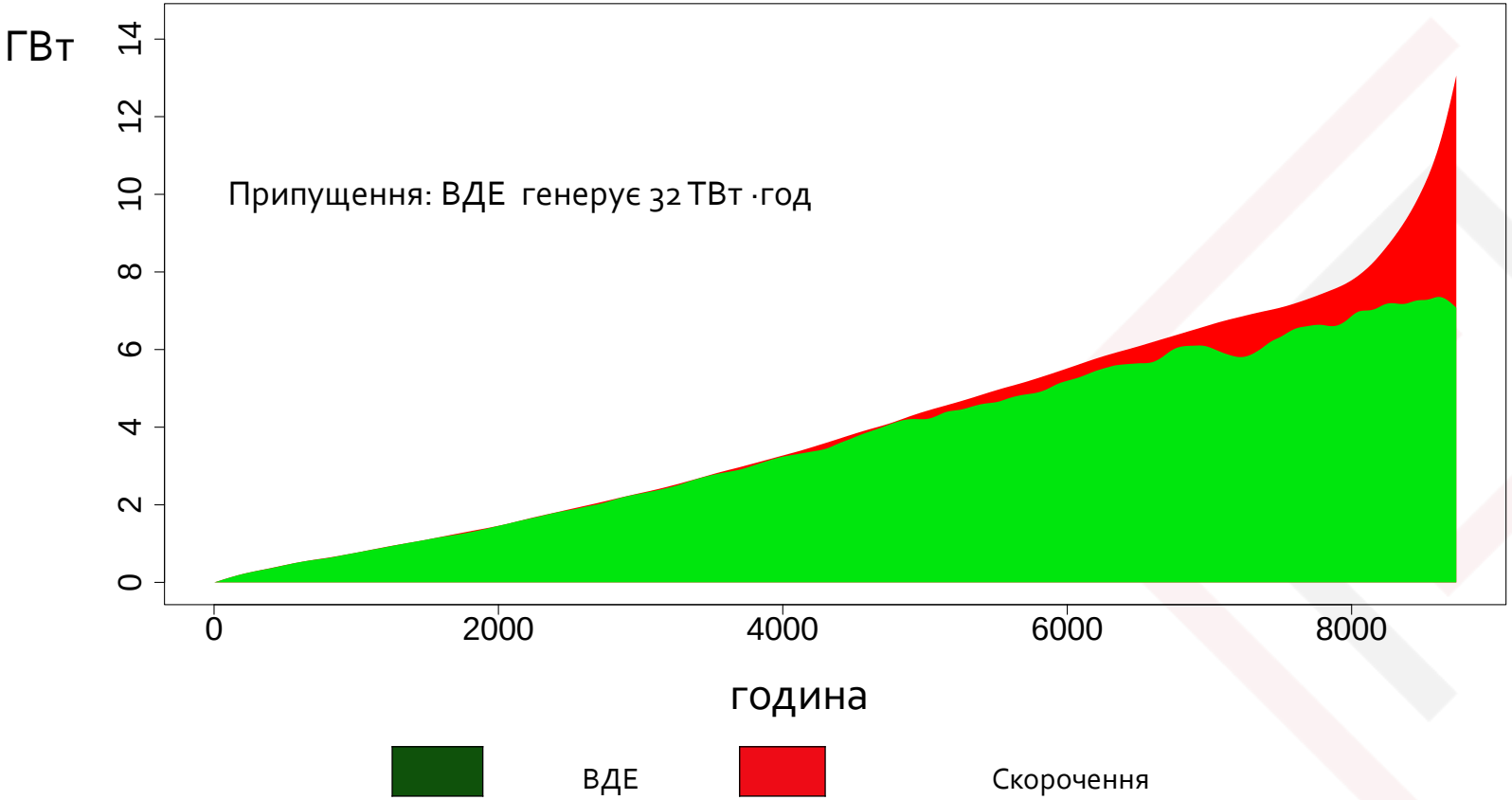
3. **Надмірне коливання, яке складно швидко балансувати**

Low Carbon Ukraine

1. Надлишок енергії у випадках низького споживання і високого рівня генерації

- Немає потреби у корекції траєкторії Енергетичної стратегії (12 ТВт·год)
- ~10% втрат при скороченні закладені у сценарій з 32 ТВт·год ВДЕ

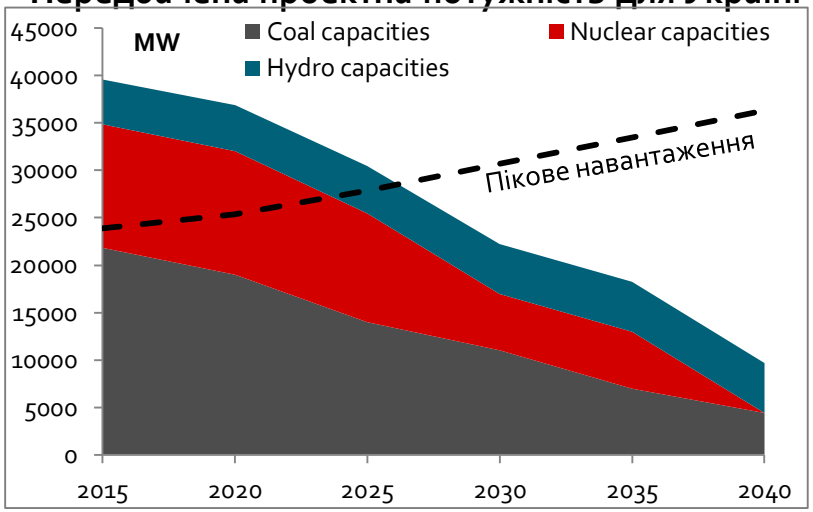
Скорочення ВДЕ (впорядковане за зростанням навантаження за годину)



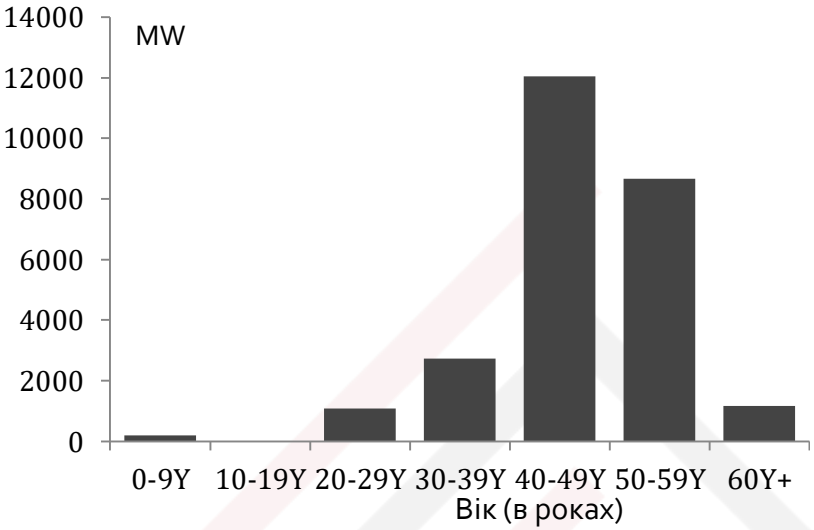
Low Carbon Ukraine

2. **Нестача енергії** у випадках високого споживання і низького рівня генерації

Передбачена проектна потужність для Україні



Потужність ТЕС і ТЕЦ відповідно до їх віку

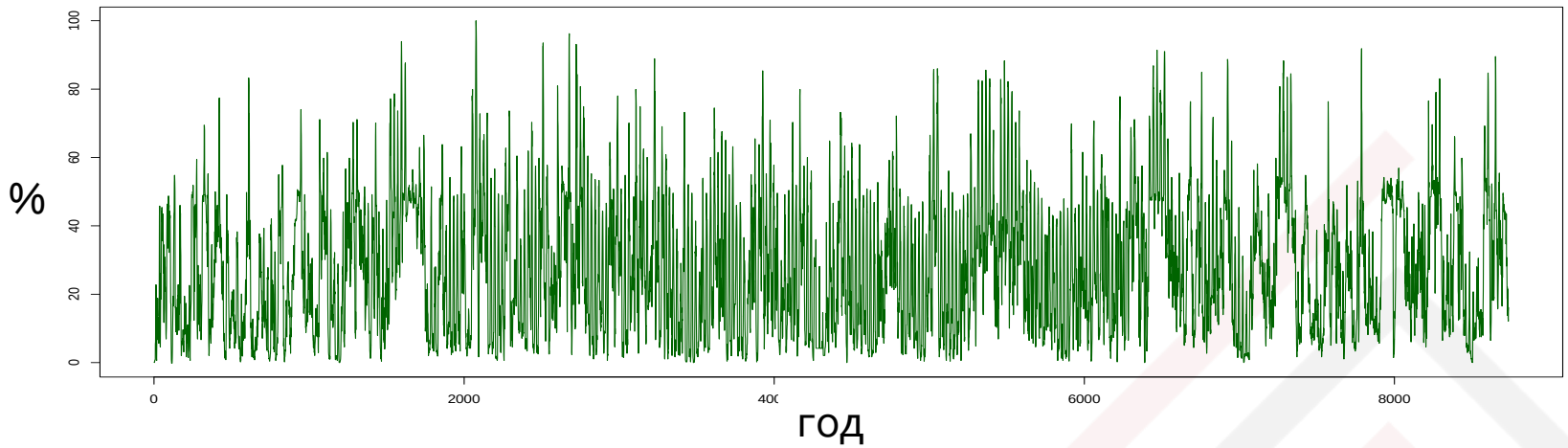


- Нестача енергії не є **короткотерміновою** проблемою: очікується надлишок потужностей до ~2025
- Можливі **середньо- та довготермінові** проблеми:
  - Зростання споживання
  - Спад потужності традиційних електростанцій

Low Carbon Ukraine

3. Надмірне коливання, яке складно швидко балансувати

Погодинне навантаження ВДЕ зі змінним характером генерації **2017 рік, %**

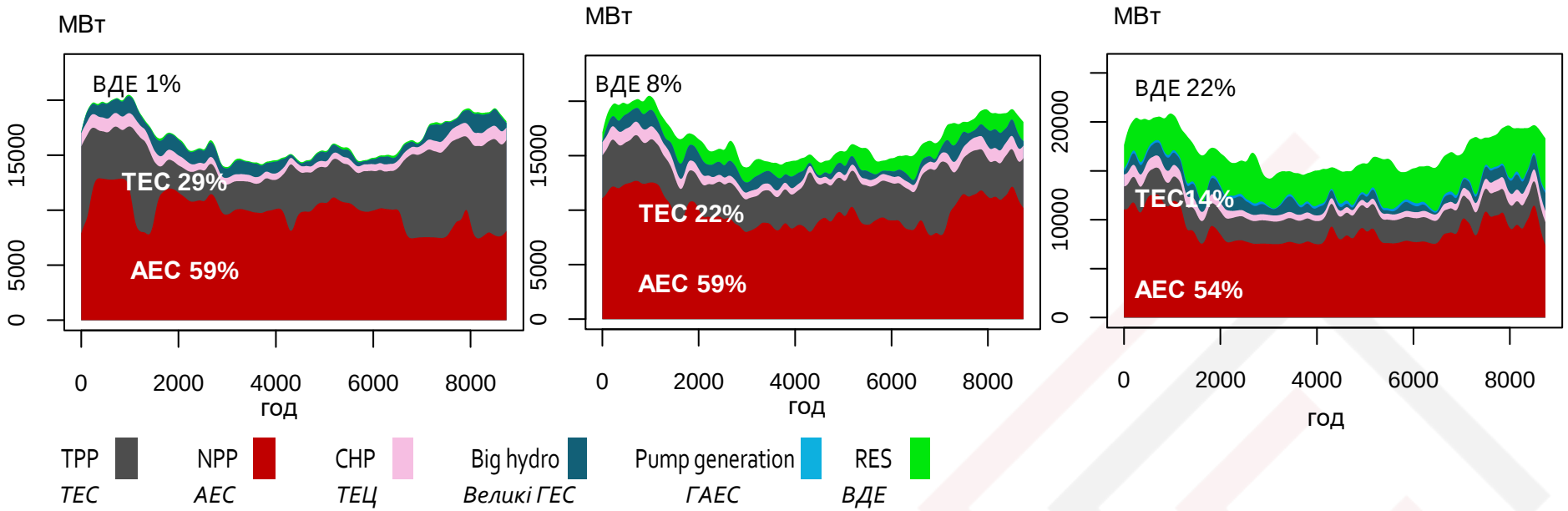


- Генерація з ВДЕ коливається
- Реакція традиційних електростанцій на ці коливання обмежене технологічно і економічно:
  - Погодинні коливання АЕС (1% квантиль): -130 / + 115 МВт
  - Погодинні коливання ТЕС (1% квантиль): -960 / +760 МВт

Low Carbon Ukraine

Моделювання

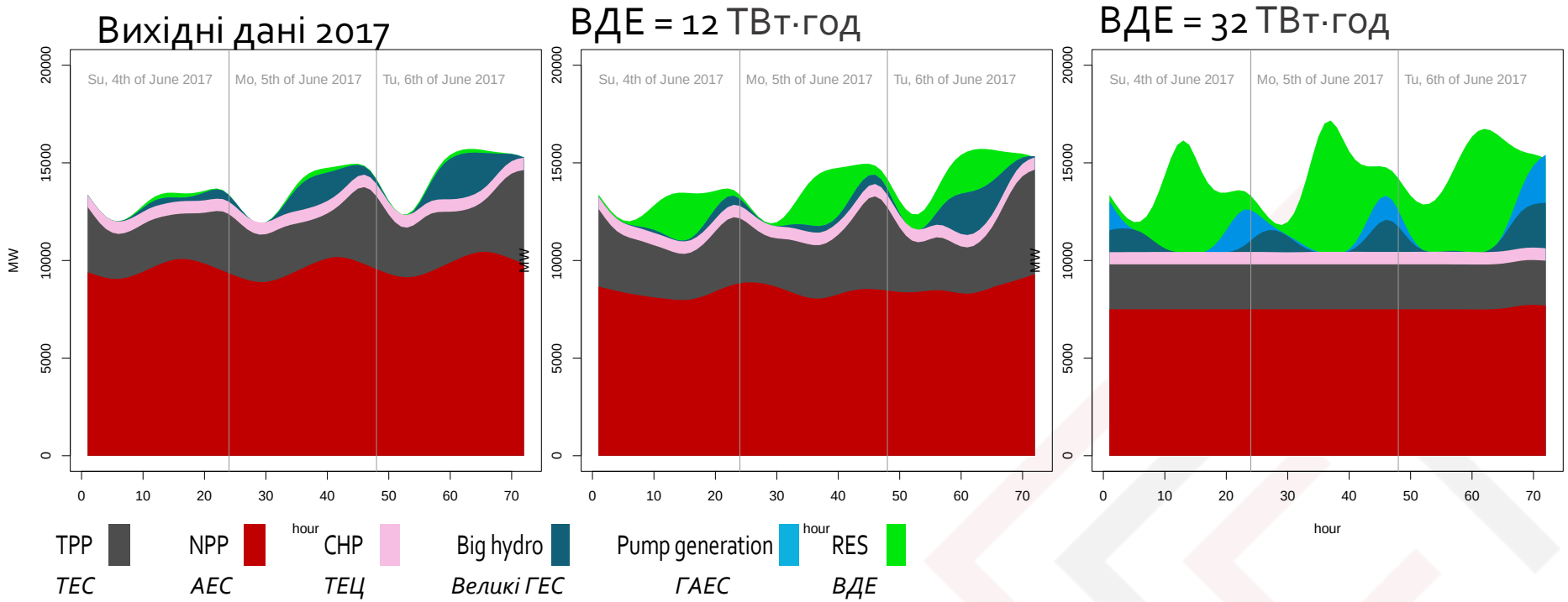
Вихідні дані 2017 | ВДЕ = 12 ТВт·год | ВДЕ = 32 ТВт·год



- Висока частка ВДЕ може бути збалансована існуючими електростанціями
- Спочатку ВДЕ замінять ТЕС
- Тільки при високій частці ВДЕ будуть замінені АЕС
- Значне скорочення інших видів джерел електроенергії розпочинається тільки з частки ВДЕ вище 20%

Low Carbon Ukraine

Триденне моделювання (4-6 червеня 2017)



- Наслідки зростання генерації ВДЕ:
  - Активніше використання ГАЕС
  - Менш мінлива генерація ТЕС і АЕС
  - Зростання мінливості ВДЕ

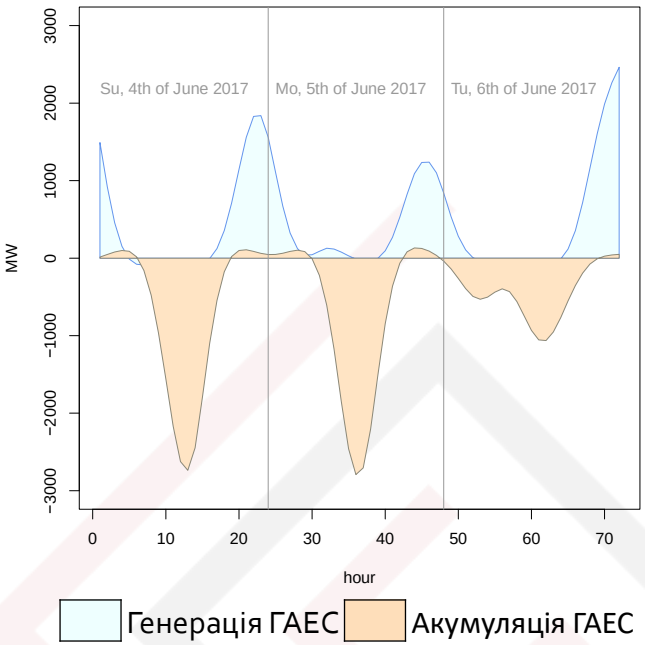
Low Carbon Ukraine

Моделювання – використання ГАЕС (3 дні, 4-6 червня 2017)

Використання акумуляції та генерації насосами в різних сценаріях

		Навантаження 2017	ВДЕ = 12 ТВт ·год	ВДЕ = 24 ТВт ·год	ВДЕ = 32 ТВт ·год
Елекрогенерація з ВДЕ	ТВт ·год	1.2	12	24	32
Електрогенерація з ГАЕС	ТВт ·год	1.5	0.00	0.6	2.8

ВДЕ = 32 ТВт·год

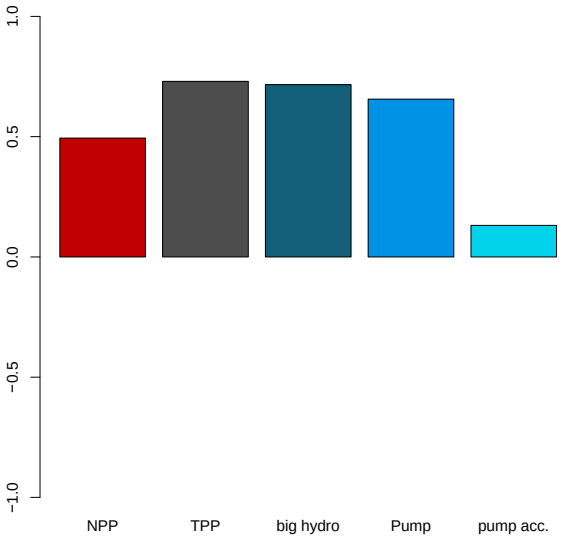


- Акумулятивна потужність ГАЕС в Україні склала приблизно 1,3 ГВт (Mishra 2017), виробництво електроенергії на ГАЕС досягнуло приблизно 1,5 ТВт ·год в 2017 році
- Зі зростанням частки ВДЕ, зростає рівень використання ГАЕС

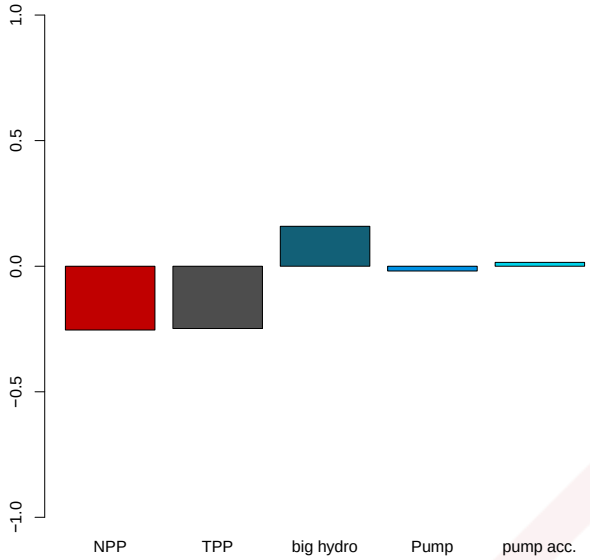
Low Carbon Ukraine

Моделювання – співвідношення різних генерацій ВДЕ

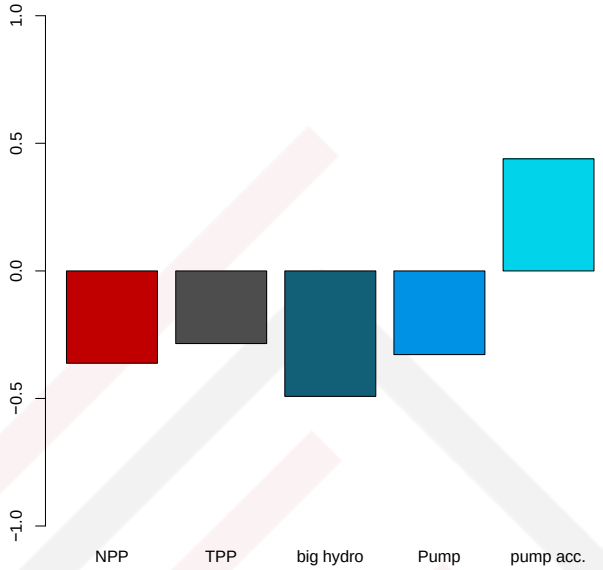
Вихідні дані 2017



ВДЕ = 12 ТВт·год



ВДЕ = 32 ТВт·год



NPP — *АЕС*; TPP — *ТЕС*; big hydro — *Великі ГЕС*; pump gen. — *ГАЕС - генерація*; pump acc. — *ГАЕС - закачування*

- Від'ємне співвідношення позначає балансування ВДЕ
- Вихідне навантаження не вказує на таке балансування
- Зростання частки ВДЕ збільшує від'ємну кореляцію з АЕС, ТЕС, великих ГЕС та ГАЕС, що вказує на економічно ефективне балансування.

Low Carbon Ukraine

Оптимізація

Ціль

$$\min_{L_t^g} \sum_t \sum_g p^g L_t^g$$

- Мінімізація сукупних витрат на генерацію

L_t^g - Навантаження генерації типу g в час t

P^g - Маржинальна вартість генерації типу g

Обмеження 1

$$s.t.\ C_t = \sum_g L_t^g$$

- Сукупна генерація в t дорівнює споживанню

Граничні обмеження для типів генерації

Незалежна змінна	мін. навантаження	макс. навантаження	99% квантиль погодинно	
			зменшення	зростання
АЕС	7,500 МВт	13,000 МВт	130 МВт	120 МВт
ТЕС	2,300 МВт	10,000 МВт	960 МВт	760 МВт
Великі ГЕС	0	380 – 1,000 ГВт кумулятивно за місяць залежно від місяця 1,800 – 3,100 МВт ковзаюче середнє значення за 24 години залежно від місяця	900 МВт	860 МВт
Генерація ГАЕС	0	1,300 МВт	-	-

Low Carbon Ukraine

Policy advice on low-carbon policies for Ukraine

Supported by:

Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety

based on a decision of the German Bundestag

Виконано:

Berlin Economics

Лідер проекту
Д-р. Георг Захманн
zachmann@berlin-economics.com

Консультант
Д-р. Франк Майснер
meissner@berlin-economics.com

Тел.: 030 2064 34 64 – 0