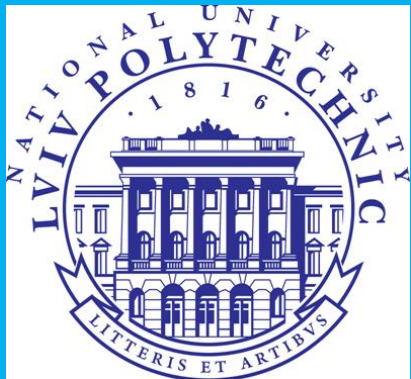




Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

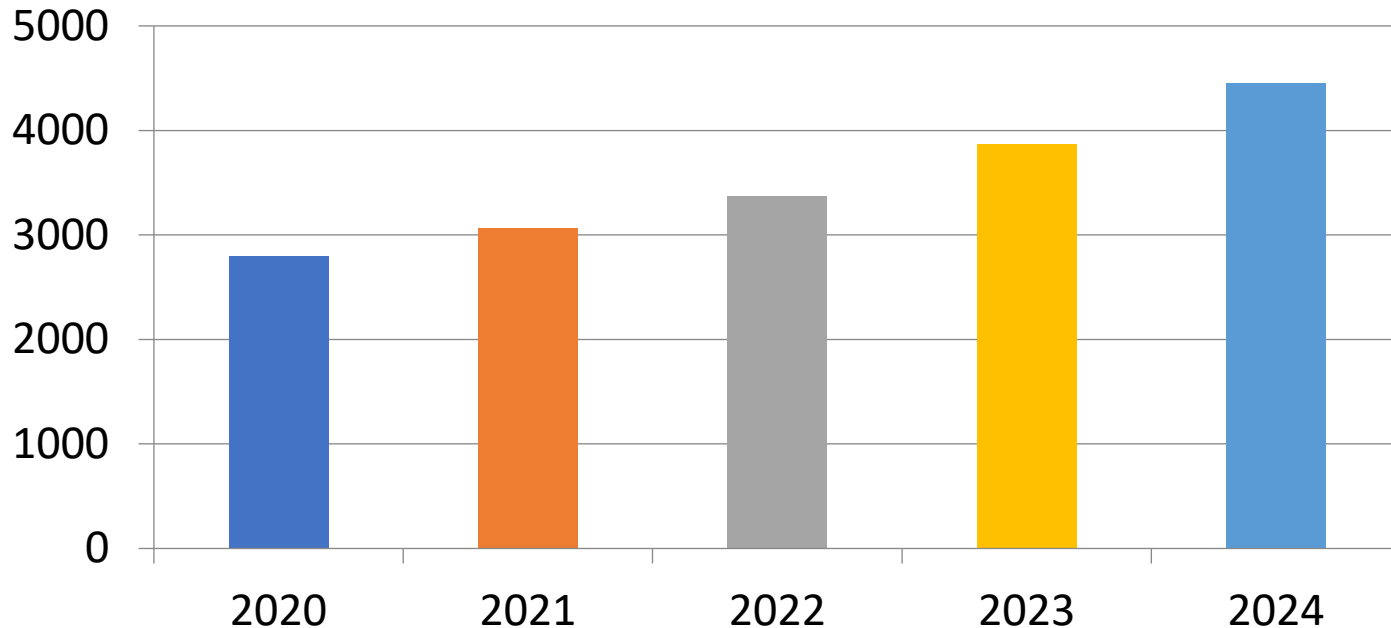


ПЕРСПЕКТИВИ ВПРОВАДЖЕННЯ ВІДНОВЛЮВАЛЬНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ

Мирослав МАЛЬОВАНІЙ

Світ: зростання встановлених потужностей ВДЕ

Світові ВДЕ, ГВт



Глобальні тенденції

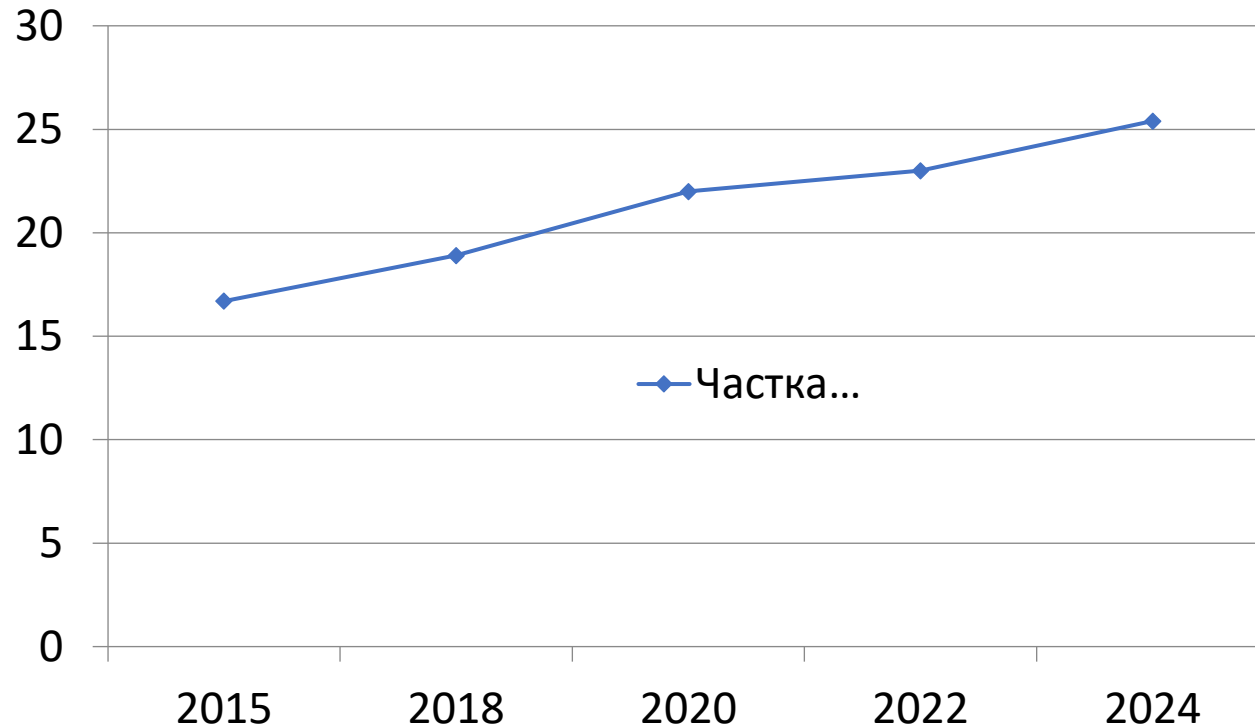
Світова встановлена потужність ВДЕ у 2024 р. перевищила ~4.4 ТВт.

Сонячна енергетика забезпечує понад 60% щорічного приросту.

Вітер і сонце — ключові технології для досягнення кліматичних цілей.

Європа: частка ВДЕ у кінцевому енергоспоживанні

Частка ВДЕ, %

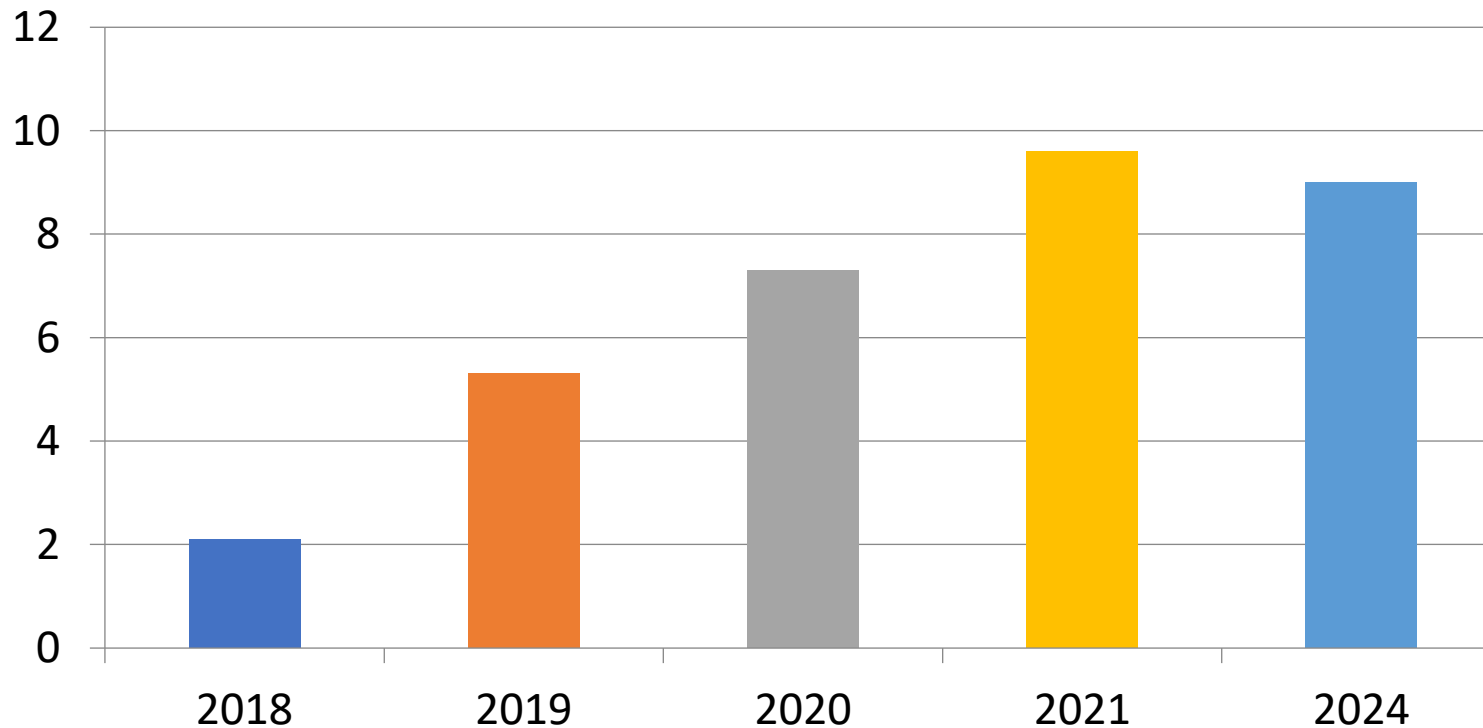


Перспективи розвитку

- Ціль ЄС до 2030 р.: не менше 42.5% енергії з ВДЕ.
- Акцент на сонячну та вітрову енергетику, водень і накопичувачі.
- Основні виклики: мережі, дозволи, доступ до сировини.

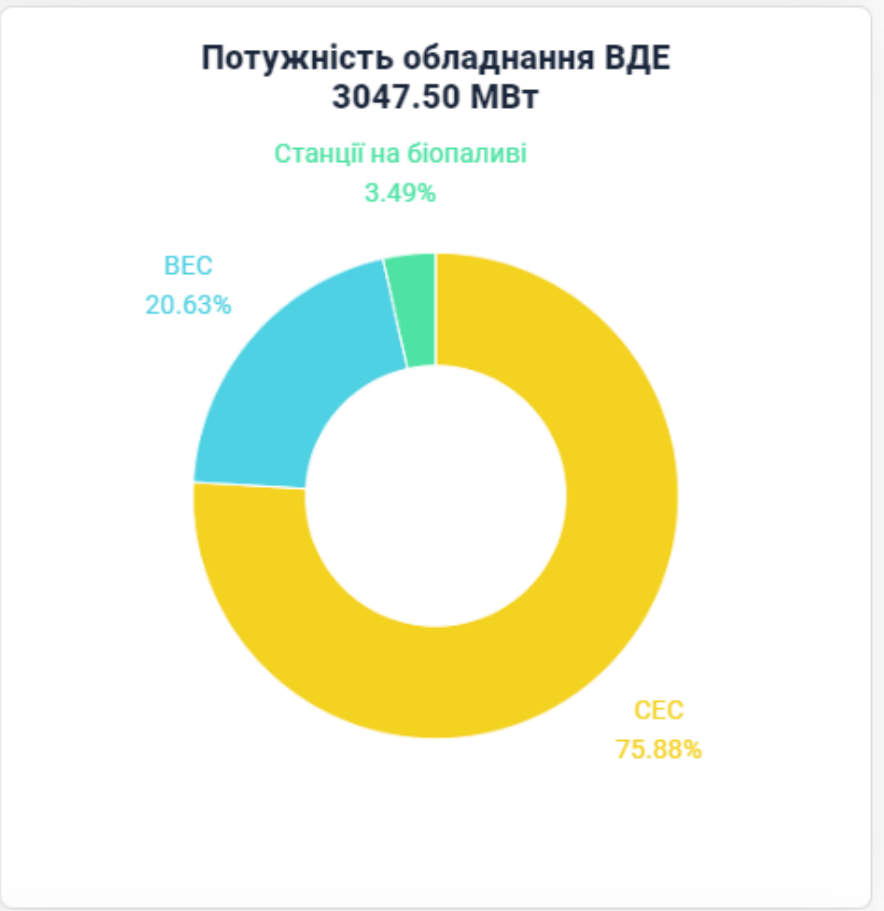
Україна: встановлена потужність ВДЕ

ВДЕ, ГВт

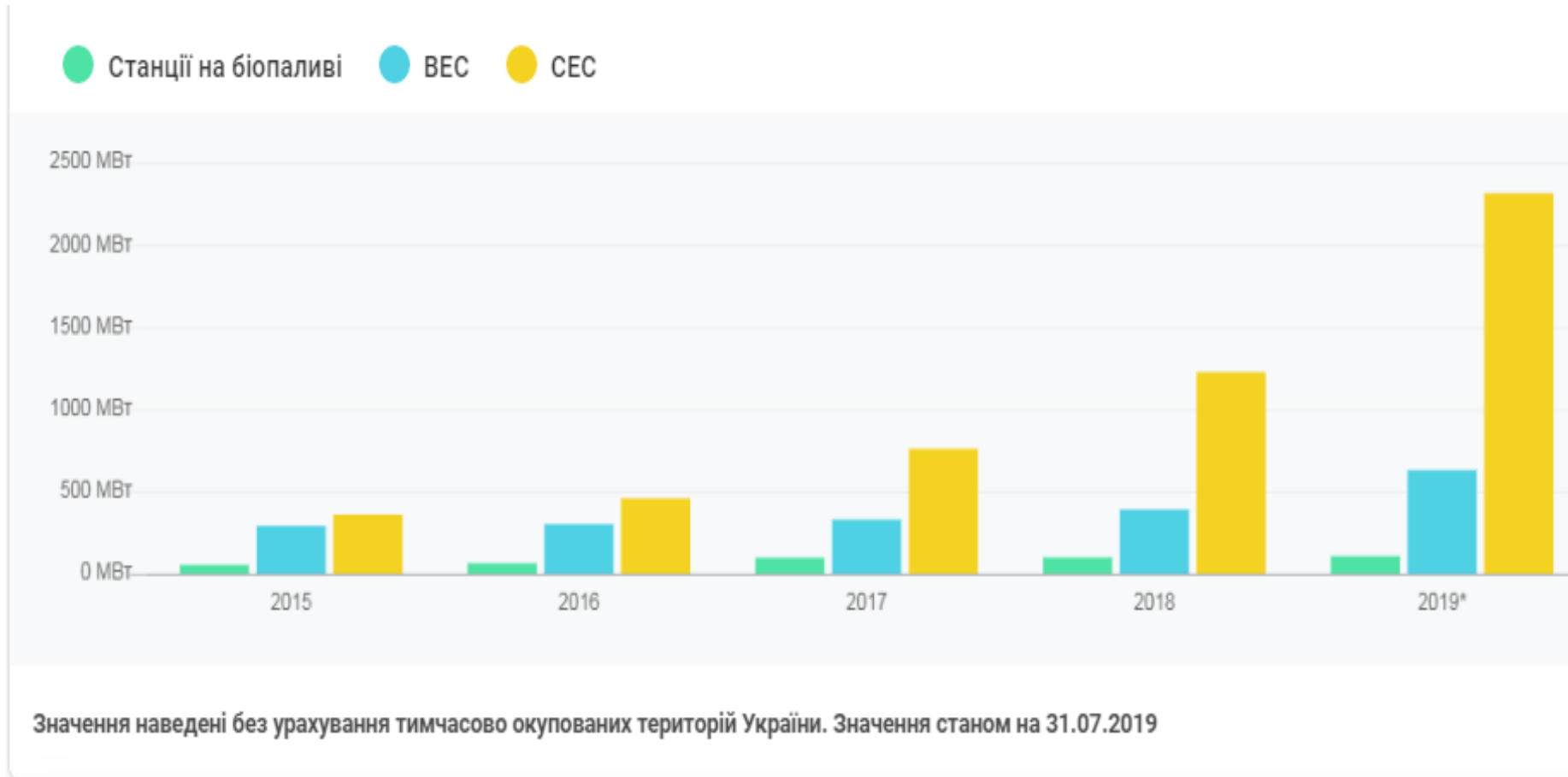


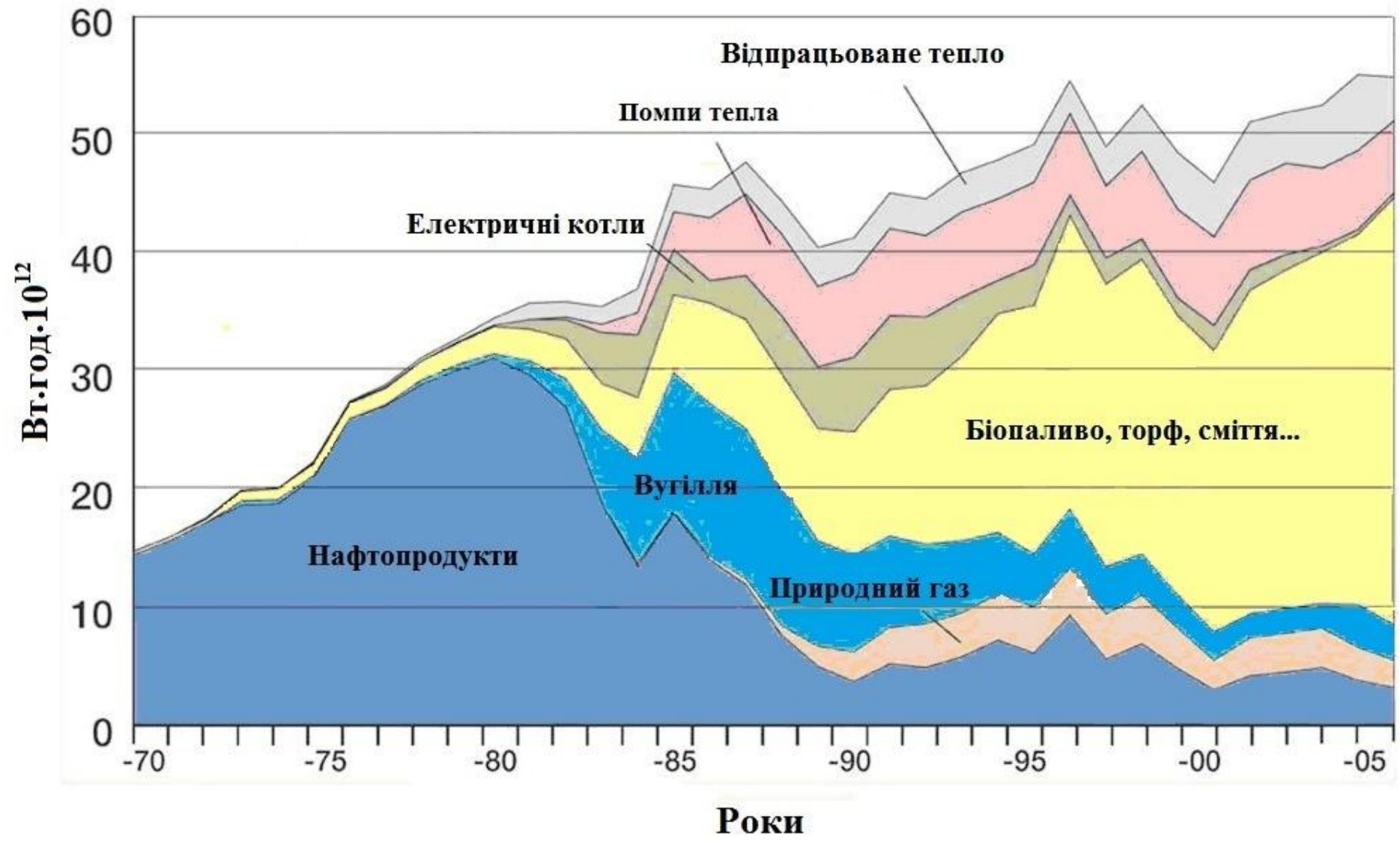
Перспективи розвитку

- Технічний потенціал ВДЕ оцінюється понад 80 ГВт.
- Пріоритети: децентралізовані СЕС, вітроенергетика, біоенергія.
- Ключові умови: відновлення мереж, інвестиції, стабільна політика.



Встановлена потужність відновлювальних джерел енергії за 2015 – 2019 роки

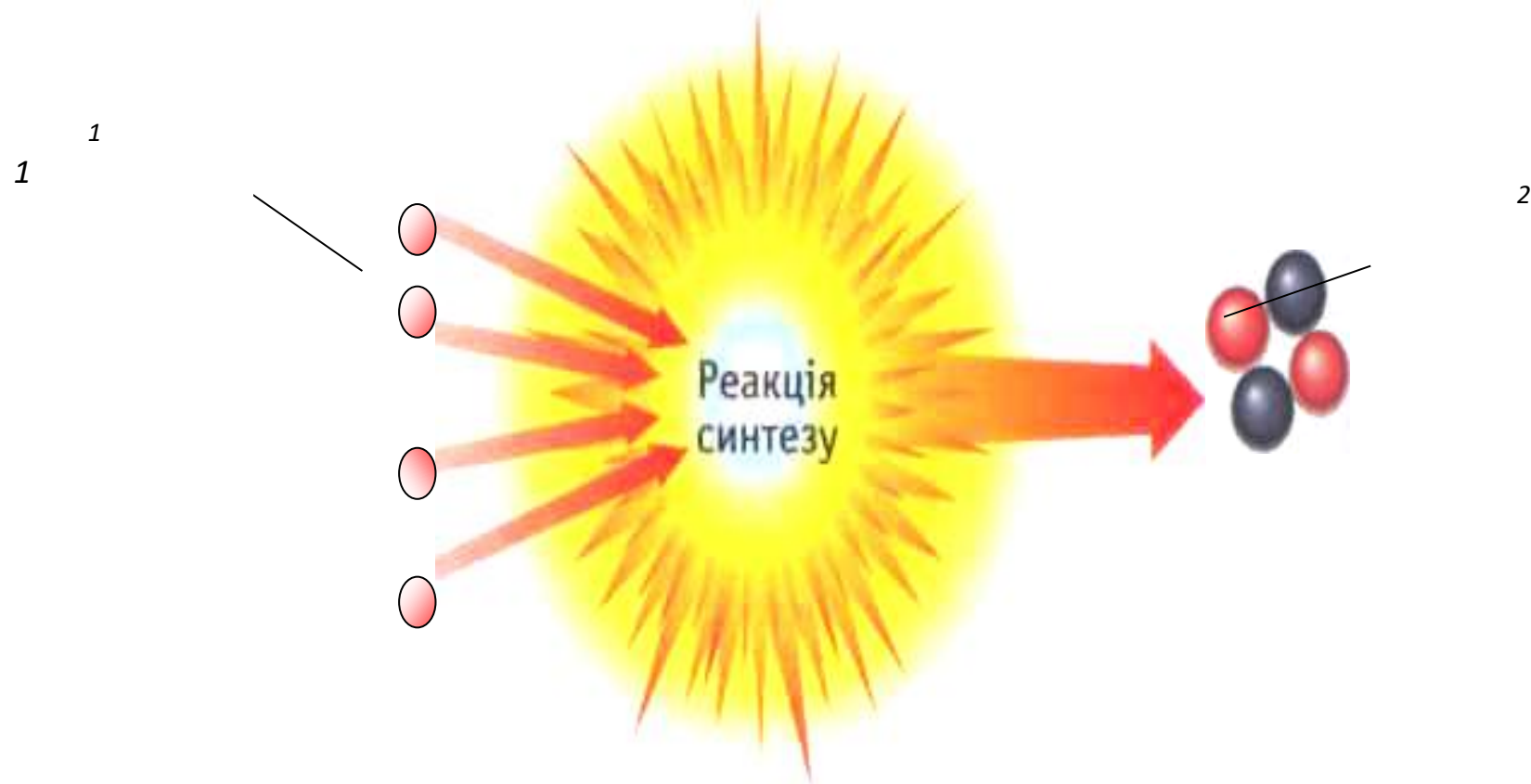




АНАЛІЗОВАНІ ВИДИ ВДЕ

- Із використанням сонячної енергії
- Із використанням енергії вітру
- Із використанням енергії біомаси
- Помпи тепла (теплові насоси)
- Зелений водень

СОНЯЧНА ЕНЕРГЕТИКА



: 1 – ядра водню (протони); 2 – ядро гелію (2 протони + 2 нейтрони).







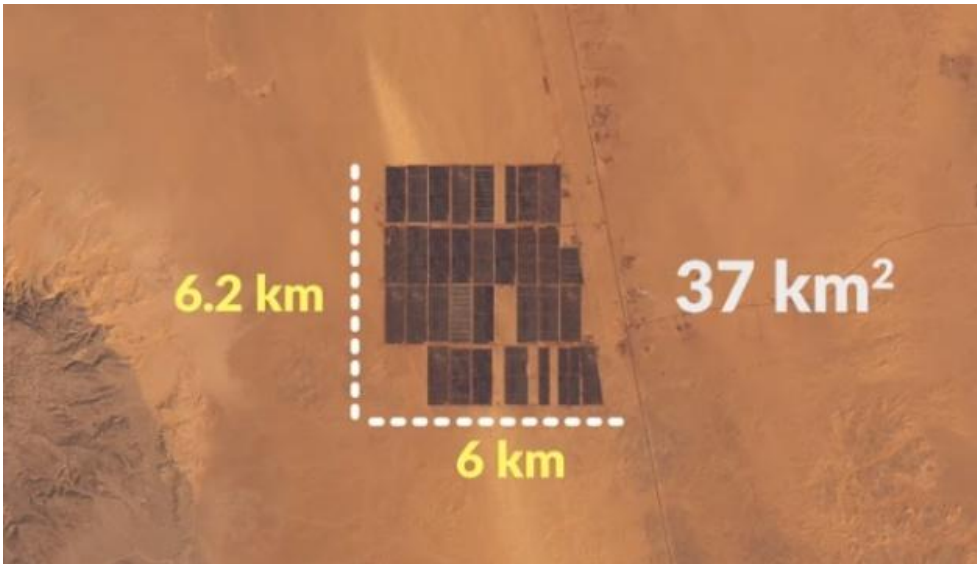
На Дніпропетровщині, неподалік Покровська, запустили другу найбільшу в Європі сонячну електростанцію. Вона вироблятиме енергії достатньо для 200 тисяч будинків та квартир.

Про це повідомляє прес-служба «ДТЕК».

«Покровська СЕС» має проектну потужність 240 мегаватів та щороку вироблятиме 400 мільйонів кіловат-годин електроенергії.



**В Єгипті в пустелі Сахара
запустили в експлуатацію
сонячний парк Benban. Його
потужність складає понад 1,5
ГВт, що робить його
найбільшим в світі. Парк
містить 6 млн
фотоелектричних панелей.**



**Добротвірська ТЕС - проектна
потужність 700 МВт**

**Встановлена потужність
Бурштинської ТЕС – 2,4 ГВт**

Ризики сонячної енергетики

- Відведення площ під панелі – альтернатива агровольтаїка
- Комбінування біоенергетики і сонячної енергетики (КОС і ОСВ)
- Утилізація відпрацьованих сонячних батарей – 100% утилізація (середня тривалість роботи 30 років)



ВІТРОВА ЕНЕРГЕТИКА



СВІТОВИЙ РОЗВИТОК

- Понад 1 ТВт встановленої потужності
- Лідери: Китай, ЄС, США
- Вітер — ключ до декарбонізації

КЛЮЧОВІ РИНКИ

- Китай — масштабні наземні та морські ВЕС
- ЄС — офшорні проєкти
- США та Індія — швидке зростання

Технології та інновації

- Потужніші турбіни
- Плаваючі офшорні ВЕС
- Інтеграція з накопичувачами



У селі Орів Трускавецької громади на Львівщині збудують одну з найпотужніших вітрових електростанцій на Західній Україні - 60 Мегават. Це покриває 5% енергетичних потреб Львівщини.

Вітрова енергетика України

- • Близько 2 ГВт встановленої потужності
- • Основні регіони — південь України
- • Високий потенціал розвитку

Виклики та можливості

ВИКЛИКИ	МОЖЛИВОСТІ
Інвестиційні ризики	Офшорний потенціал
Мережеві обмеження	Інтеграція з ЄС

Розрізняють три типи вітродвигунів:

- до першого типу відносять вітродвигуни, в яких вітрове колесо розміщене у вертикальній площині, тобто перпендикулярно напрямку вітру;
- до другого – вітродвигуни із горизонтальним розміщенням вітрового колеса;
- до третього – барабанні, що працюють за принципом водяного колеса млина, у яких вісь обертання розміщена перпендикулярно напрямку вітру.

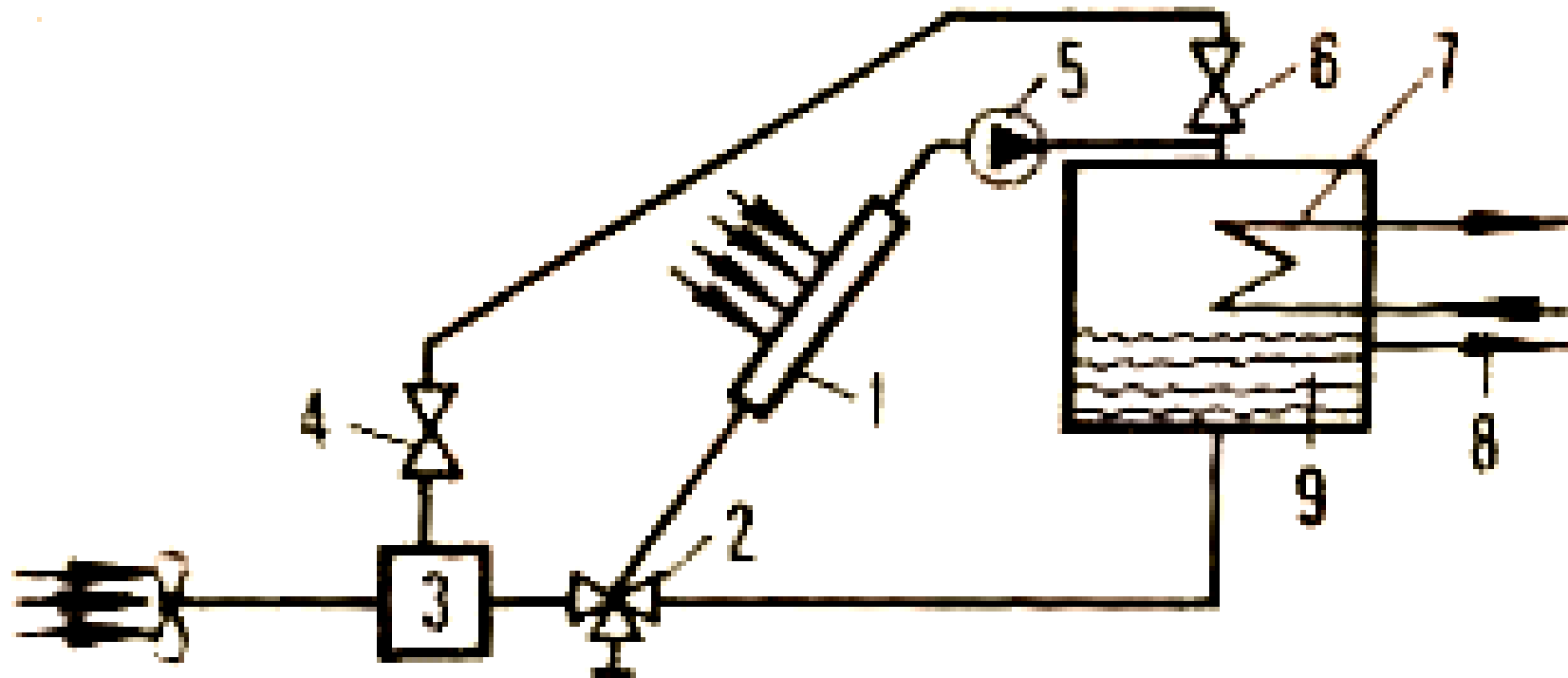
Переваги вітроенергетики

- **екологічна чистота,**
- **ергономічність,**
- **відновлюваність та можливість використання для важкодоступних місць**

Недоліки вітроенергетики

- **нестабільність роботи,**
- **відносно невисокий вихід електроенергії,**
- **висока вартість,**
- **певна небезпека для дикої природи,**
- **шумове забруднення**

Схема геліовітропelloвої установки



БІОЕНЕРГЕТИКА

Рушійна сила розвитку біоенергетики в Україні

1. Непереривний ріст ціни на традиційні енергоносії.
2. Можливість зменшення енергетичної незалежності.
3. Можливість розвитку місцевої економіки (гроші за газ та нафтопродукти ідуть не в експортуючи ці товари країну, а залишаються в регіоні і працюють на її розвиток).
4. Зростаючі можливості для експорту біомаси, передусім в країни ЄС.
5. Реалізація механізму спільного впровадження Кіотського протоколу.
6. Можливість зменшення безробіття, особливо в сільських районах.

Потенціал енергії з біомаси в Україні

Вид біомаси	Енергетичний потенціал , млн. т. у.п./рік
Солома злакових культур	5.6
Стебла і початки кукурудзи на зерно	2.4
Стебла і лушпайки соняшника	2.3
Біогаз із відходів тваринництва	1.6
Біогаз станцій аерації і інших очисних споруд	0.2
Біогаз з полігонів ТПВ	0.3
Деревне паливо, деревні відходи	2.0
ТПВ в якості палива	1.9
Рідке паливо із БМ (біодизель, біоетанол...)	2.2
Енергетичні плантації (іва, тополя...)	5.1
Торф	0.6
ВСЬОГО	24.2



Енергетичний потенціал деревини в Україні

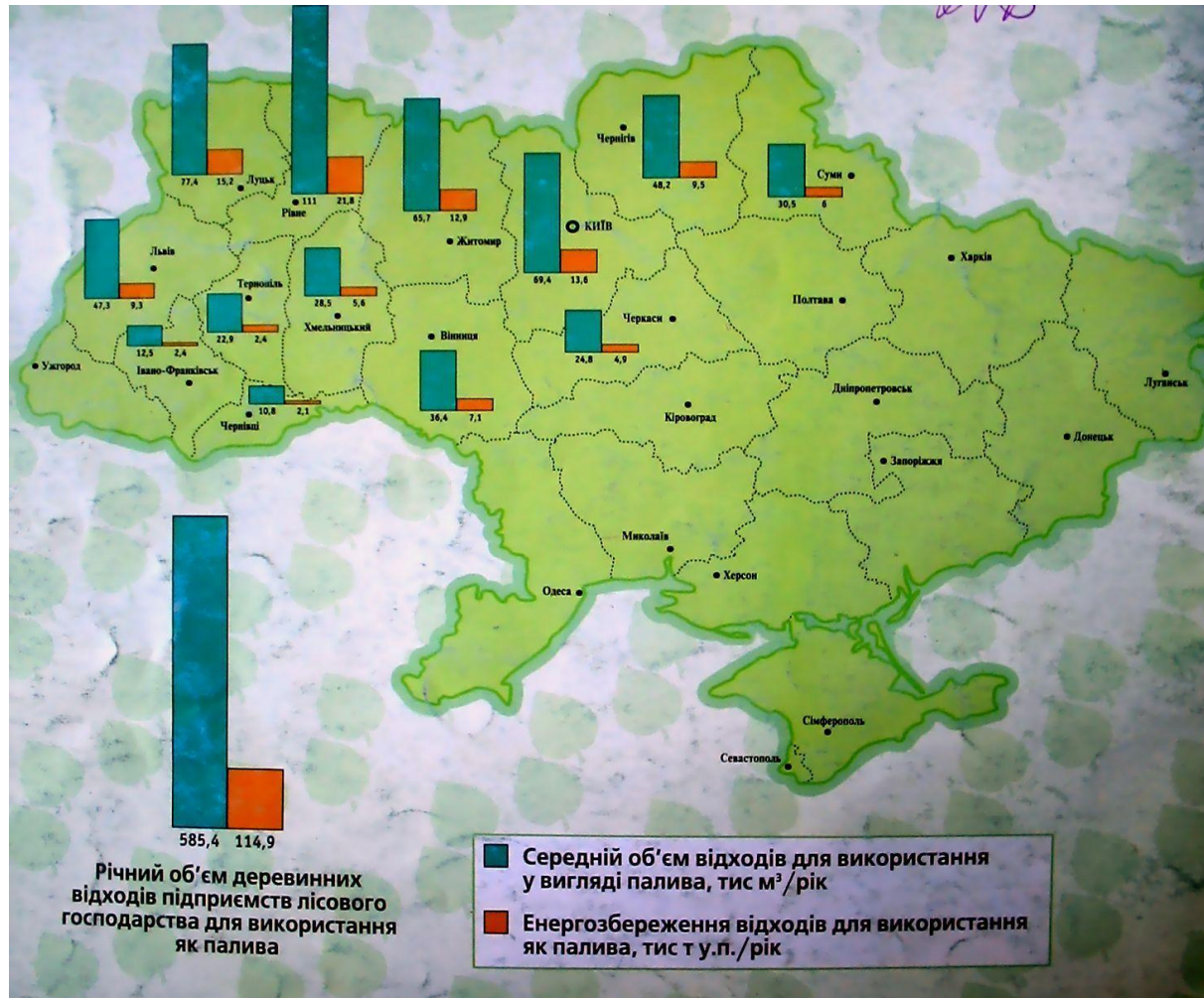


Області	Заготівля деревини, тис. щільних м ³	Загальна кількість деревини, тис. т	Кількість деревини, доступної для отримання енергії, тис. т	Енергетичний потенціал деревини, доступної для отримання енергії, млн т.п.
Крим	45,1	27,1	19,2	0,01
Вінницька	438,3	263,0	186,7	0,06
Волинська	648,5	389,1	276,3	0,08
Дніпропетровська	59,9	35,9	25,5	0,01
Донецька	54,5	32,7	23,2	0,01
Житомирська	1315,7	789,4	560,5	0,17
Закарпатська	638,5	383,1	272,0	0,08
Запорізька	11,5	6,9	4,9	0,001
Івано-Франківська	488,2	292,9	208,0	0,06
Київська	806,4	483,8	343,5	0,10
Кіровоградська	89,3	53,6	38,0	0,01
Луганська	218,7	131,2	93,2	0,03
Львівська	663,6	398,2	282,7	0,08
Миколаївська	28,2	16,9	12,0	0,004
Одеська	59,8	35,9	25,5	0,01
Полтавська	197,6	118,6	84,2	0,02
Рівненська	847,0	508,2	360,8	0,11
Сумська	604,1	362,5	257,3	0,08
Тернопільська	219,5	131,7	93,5	0,03
Харківська	390,6	234,4	166,4	0,05
Херсонська	59,4	35,6	25,3	0,01
Хмельницька	498,9	299,3	212,5	0,06
Черкаська	383,6	230,2	163,4	0,05
Чернівецька	576,0	345,6	245,4	0,07
Чернігівська	898,7	539,2	382,8	0,11

Обсяги деревообробки в Україні



Об'єми деревних відходів придатних для використання як палива.



Потенціал відходів деревини в Україні

Тип відходів деревини	Кількість, млн щільних м³	Енергетичний потенціал, млн т.п.
Порубочні залишки, 55%	2.412	0.40
Відходи у лісгоспах, 45%	0.636	0.16
Відходи на деревообробних комбінатах, 30%	0.519	0.13
Дрова, що вивозяться з лісосіки, 50%	3.85	0.62
ВСЬОГО	7.417	1.31

Основні різновиди деревної сировини для виробництва палива

- Відходи лісозаготівки по рубці
головного проміжного користування;



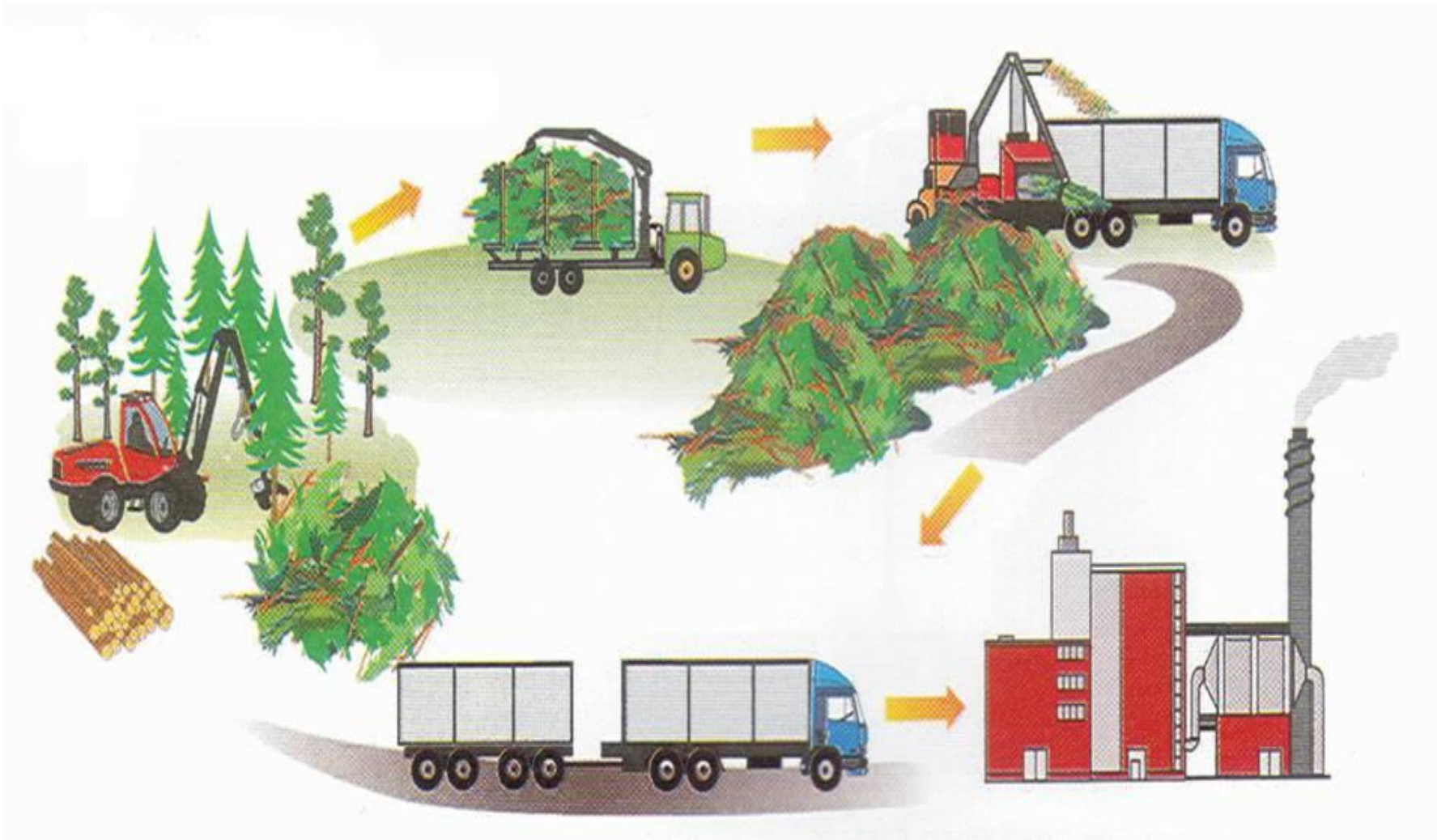
- Низькосортна неділова деревина;



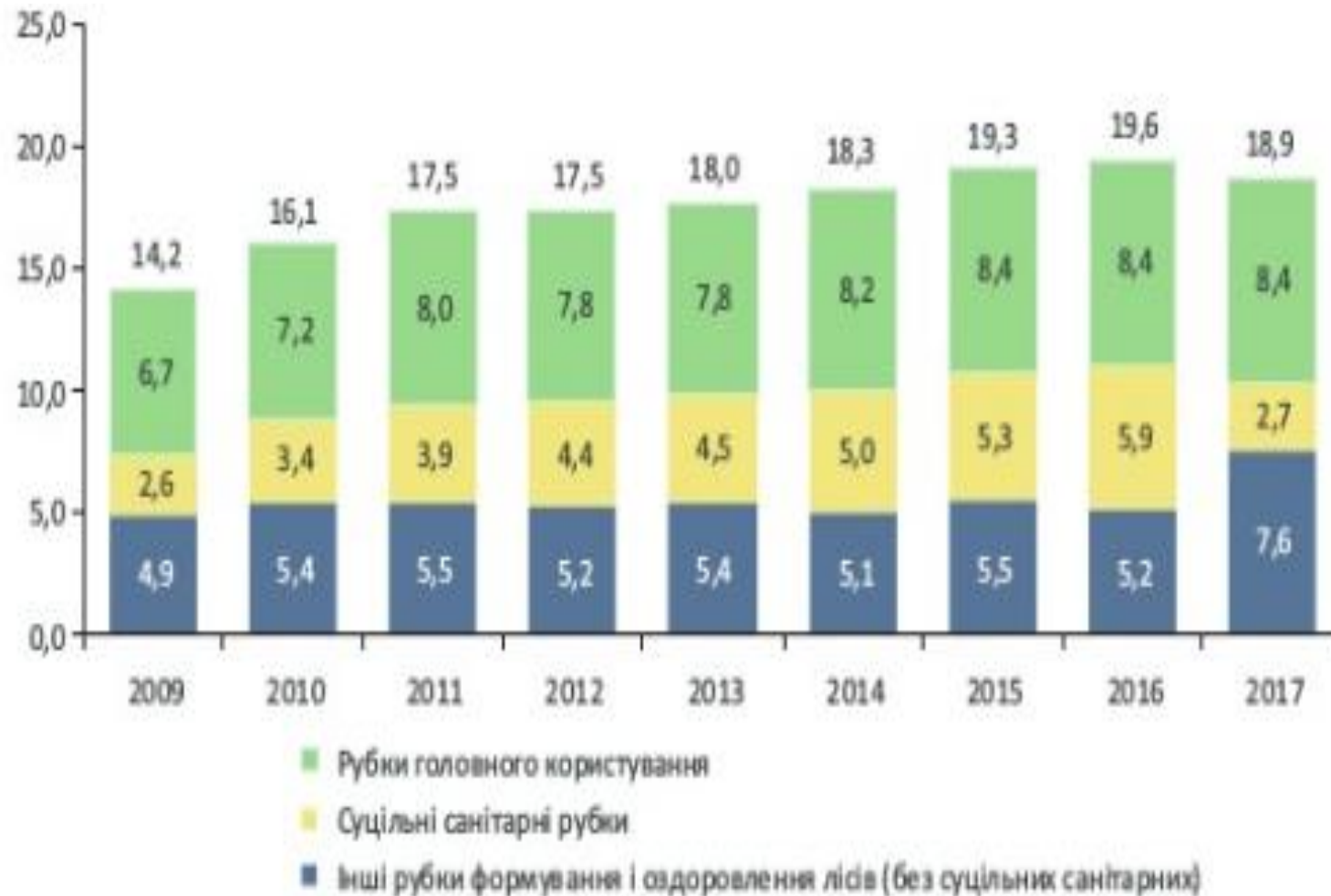
- Відходи цехів лісопилень і
деревообробних цехів.



Заготівля тирси із відходів лісозаготівлі



Заготівля ліквідної деревини за видами та системами рубок млн.м3 в 2010-2017рр.





Способи виробництва гранул

**ГРАНУЛИ, ВИГОТОВЛЕНІ ЗА
ДОПОМОГОЮ ПРЕС-ГРАНУЛЯТОРА**

**ГРАНУЛИ, ВИГОТОВЛЕНІ ЗА
ДОПОМОГОЮ ВЯЖУЧОЇ РЕЧОВИНИ**

ГРАНУЛИ, ВИГОТОВЛЕНІ ЗА ДОПОМОГОЮ ПРЕС-ГРАНУЛЯТОРА

Переваги

Гарантія від внесення в гранули сторонніх матеріалів

Недоліки

Складна конструкція

Великі енергозатрати;

Велика вартість;

Неможливість використання як сировини низькосортних відходів;

ГРАНУЛИ, ВИГОТОВЛЕНІ ЗА ДОПОМОГОЮ ВЯЖУЧОЇ РІДИНИ

Переваги

Простіша конструкція
Невеликі енергозатрати;
Невелика вартість;
Можливість використання як сировини низькосортних відходів;

Недоліки

Можливість внесення в гранули сторонніх матеріалів

ХАРАКТЕРИСТИКА ВЯЖУЧОГО ДЛЯ ГРАНУЛ

Сульфатне мило – побічний продукт при виробництві деревної целюлози за сульфатним методом (виділяється при відстоюванні сульфатного лугу).

- Відносна густина при температурі 20°C - 0,6 – 1;
- Розчинність у воді помірна;
- Температура самозаймання 400°C;
- В'язкість при 20°C - 0,1-1,0 Па·с, при 80°C - 0,09-0,45 Па·с;
- Хімічний склад - складна органічна суміш з вмістом 50-55% Na-солі вищих жирних кислот, переважно алеїнової, ліноленової та смоляних кислот;
- Вихід на 1 т целюлози: 100 – 120 кг з сосни, 40 – 60 з ялини, 20 – 40 кг з листяних порід.

Варіанти застосування вяжучого у виробництві біопалива

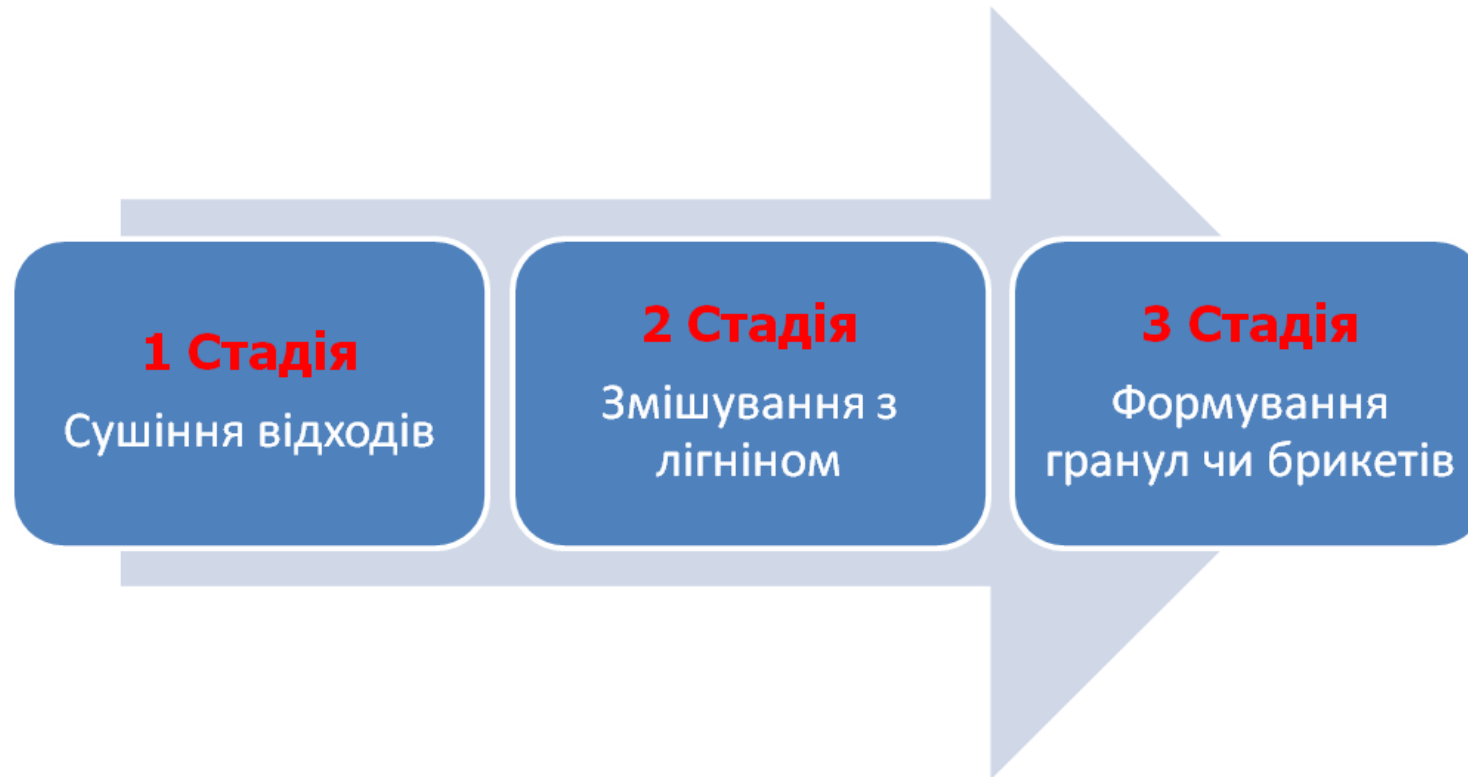
1 ВАРІАНТ

Створення нового виду гранул на основі нового обладнання

2 ВАРІАНТ

Реконструкція існуючого обладнання із додаванням в склад маси зв'язуючого і зменшення робочого тиску

БЛОК-СХЕМА ТЕХНОЛОГІЇ ОТРИМАННЯ ПАЛИВНИХ ГРАНУЛ ЧИ БРИКЕТІВ ІЗ ВІДХОДІВ ПЕРЕРОБЛЕННЯ ДЕРЕВИНИ



Обов'язкові операції 2 варіанту

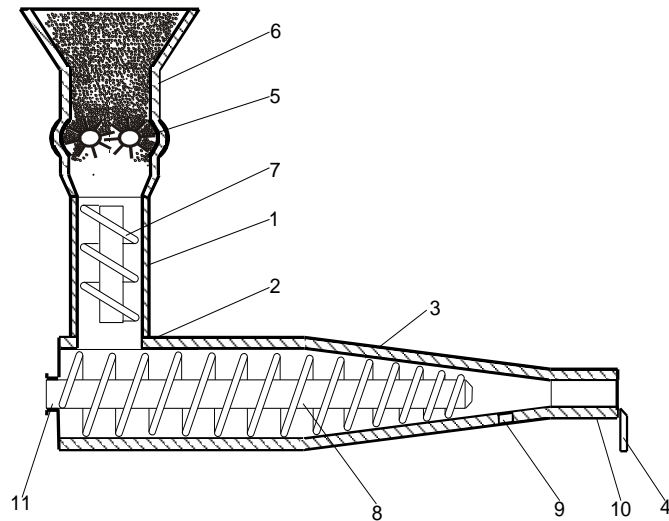
Попереднє підсушування деревних відходів

Пресування гранули чи брекету

Електрогартування брекету

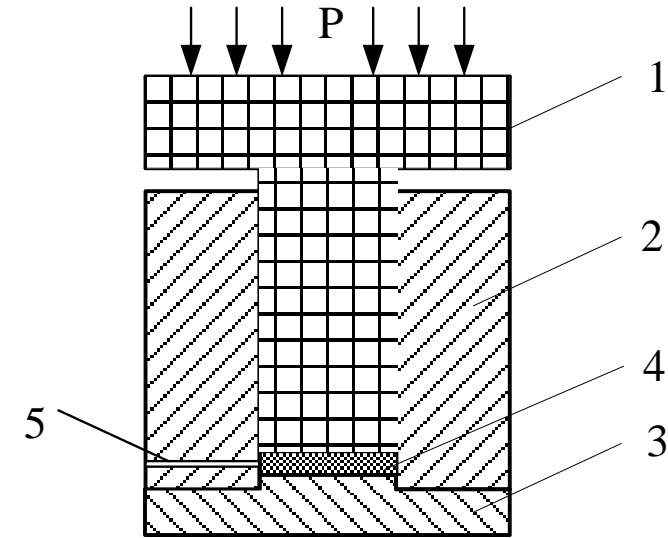
СПОСОБИ ФОРМУВАННЯ ГРАНУЛ І БРИКЕТІВ

Паливні гранули



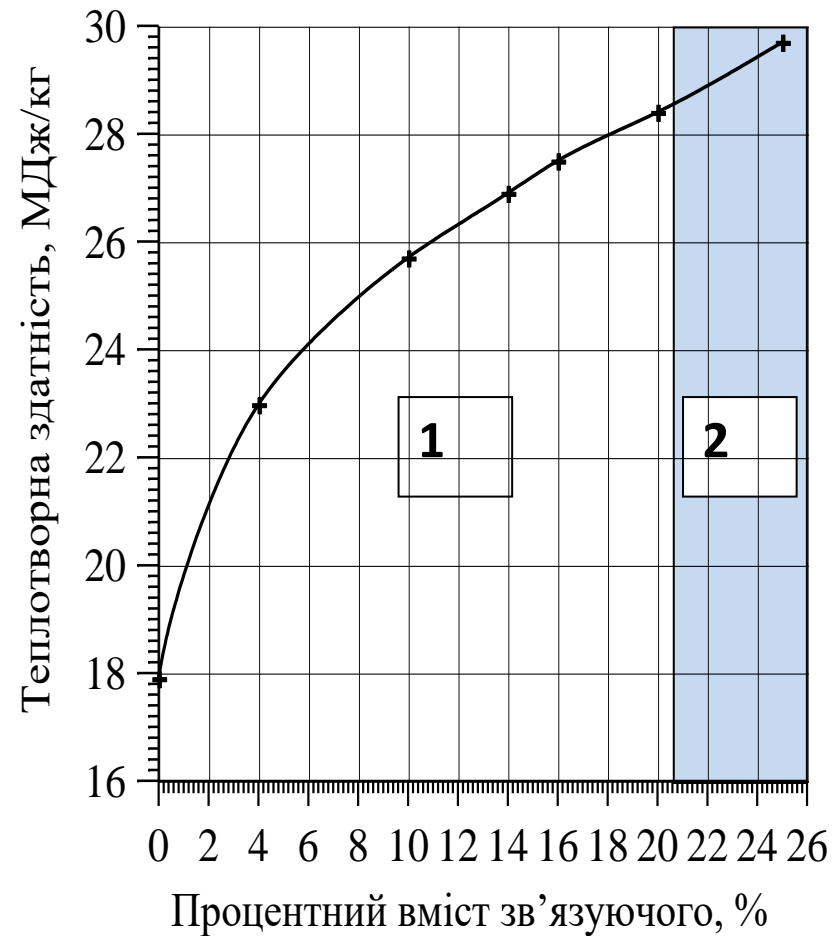
1 – завантажувальний бункер; 2 – циліндрична частина корпусу; 3 – конічна частина корпусу; 4 – ріжучий пристрій; 5 – дозуючий пристрій; 6 – підготовча камера; 7 – дозуючий шнек; 8 – шнек із транспортуючими, ущільнюючими та витискаючими лопатками; 9 – дренажний отвір; 10 – фільтр; 11 – вал редуктора

Паливні брикети



1 – поршень; 2 – матриця; 3 – основа; 4 – композиція; 5 – дренажний отвір

ЗАЛЕЖНІСТЬ ТЕПЛОТВОРНОЇ ЗДАТНОСТІ ГРАНУЛ ВІД ПРОЦЕНТНОГО ВМІСТУ ЗВ'ЯЗУЮЧОЇ РЕЧОВИНИ

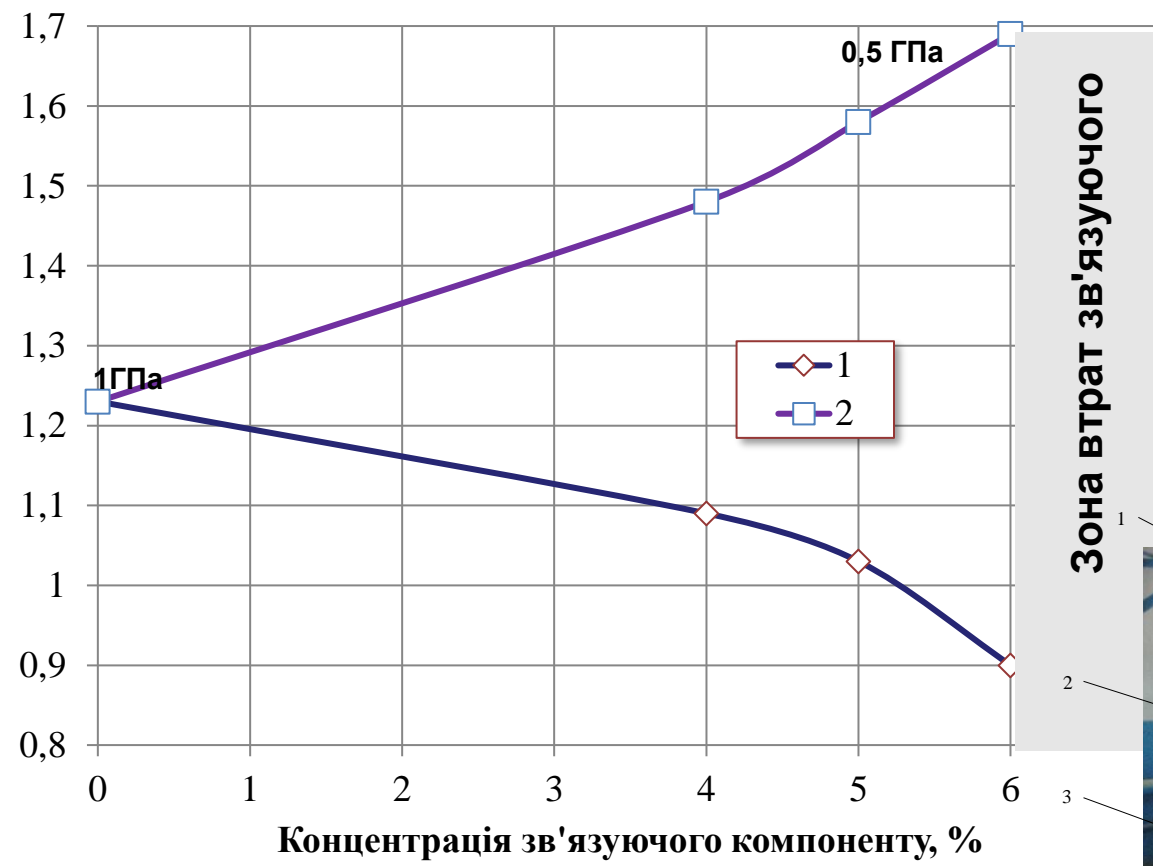


1- зона пластичного формування гранули,
2 – зона технологічного ризику

ЗМІНА СТАТИЧНОЇ МІЦНОСТІ БРИКЕТУ В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД КОНЦЕНТРАЦІЇ ЗВ'ЯЗУЮЧОГО



Статична міцність брикету, МПа



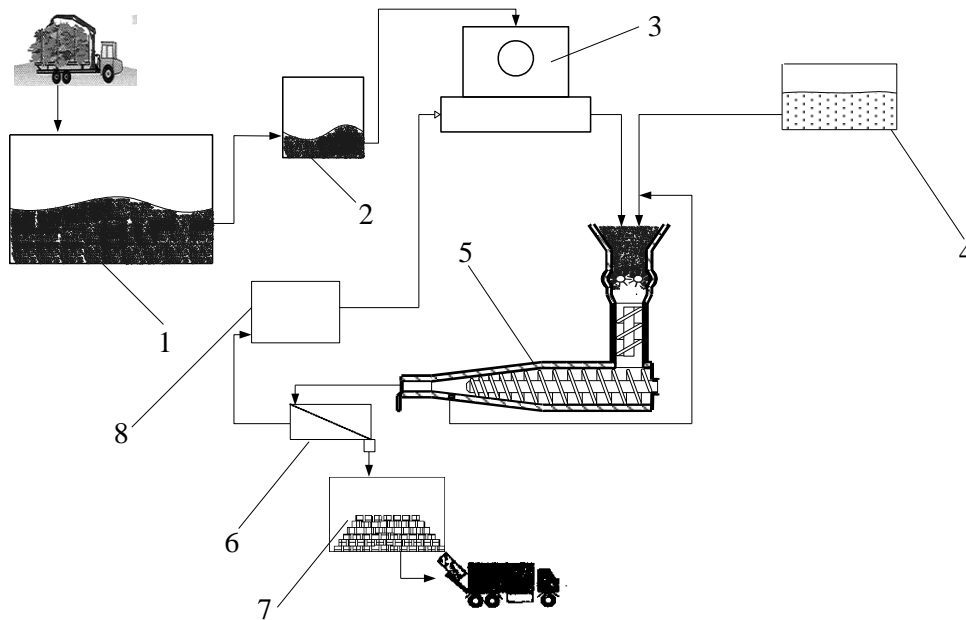
Зона втрат зв'язуючого



- 1 – подача зв'язуючого компонента в центр суміші,
- 2 – перемішування зв'язуючого компонента з деревними відходами

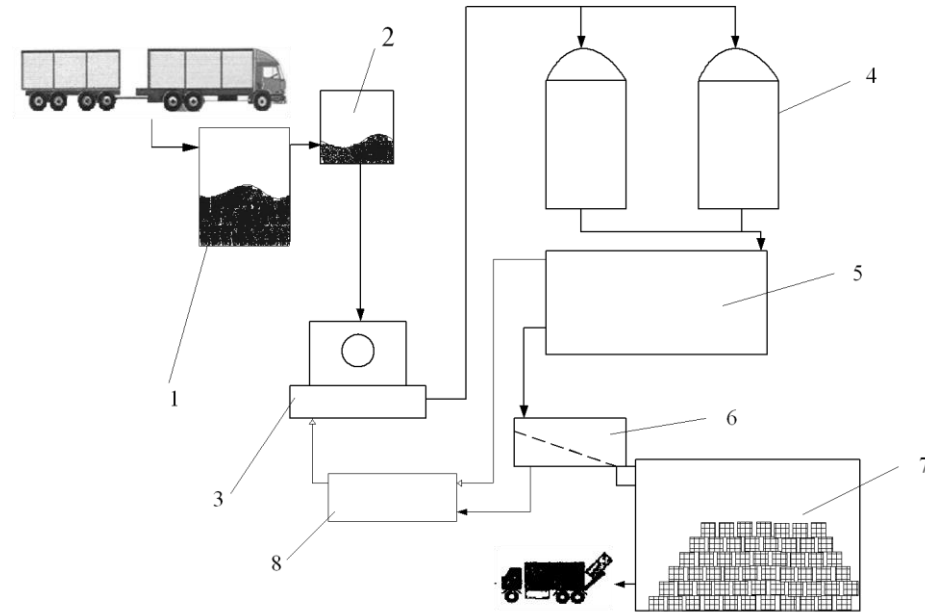
ПРИНЦИПОВІ СХЕМА ВИРОБНИЦТВА

ПАЛИВНИХ ГРАНУЛ



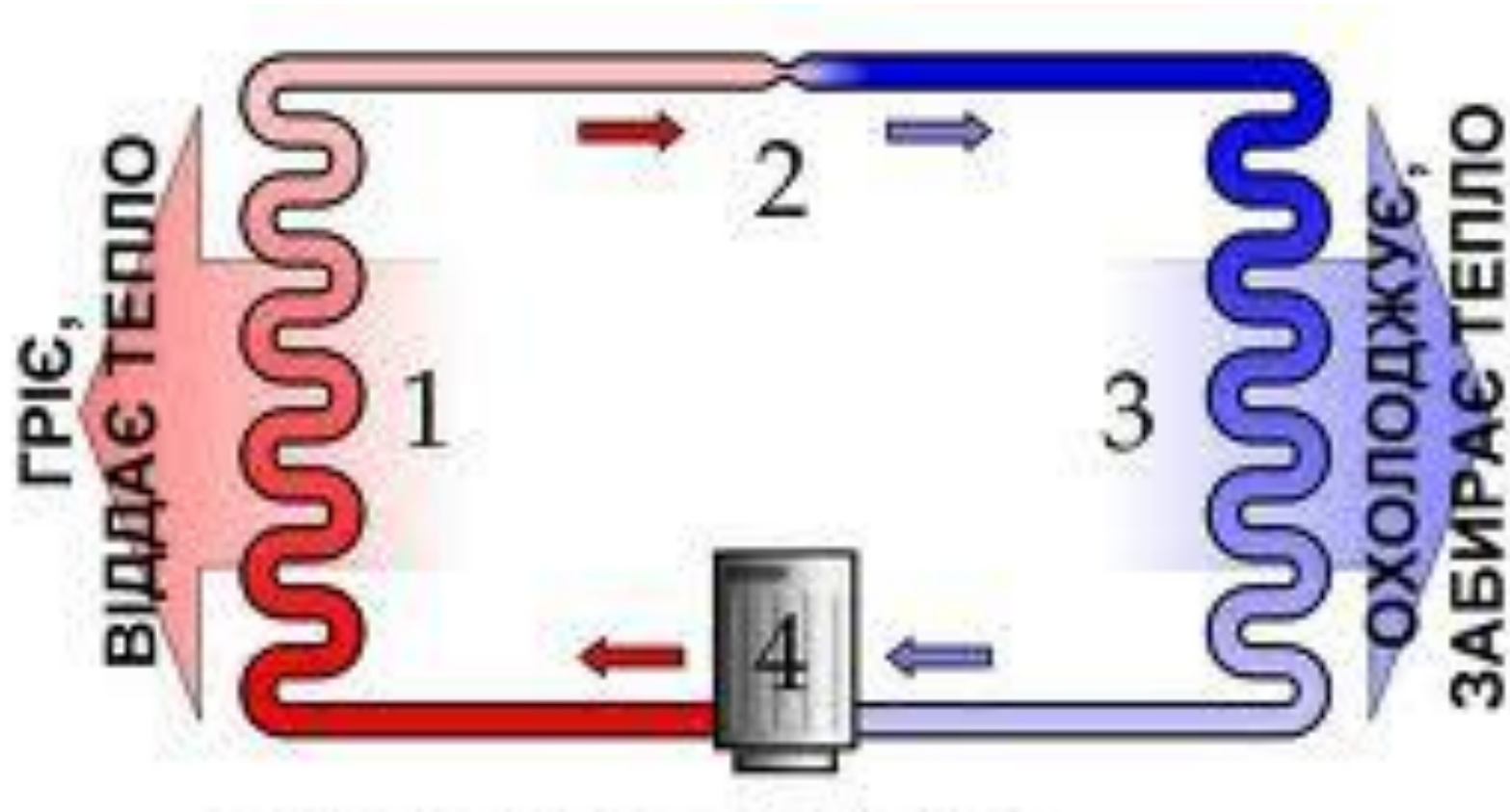
1 – склад деревних відходів; 2 – проміжний склад; 3 – установка для подрібнення та сушіння; 4 – ємкість для зберігання зв'язуючого компонента; 5 – установка для гранулювання; 6 – вібросито; 7 – склад готової продукції; 8 – піч

ПАЛИВНИХ БРИКЕТІВ



1 – склад деревних відходів; 2 – проміжний склад; 3 – установка для подрібнення та сушіння; 4 – прес-гранулятор; 5 – установка для охолодження; 6 – вібросито; 7 – склад готової продукції; 8 – піч

Теплові насоси

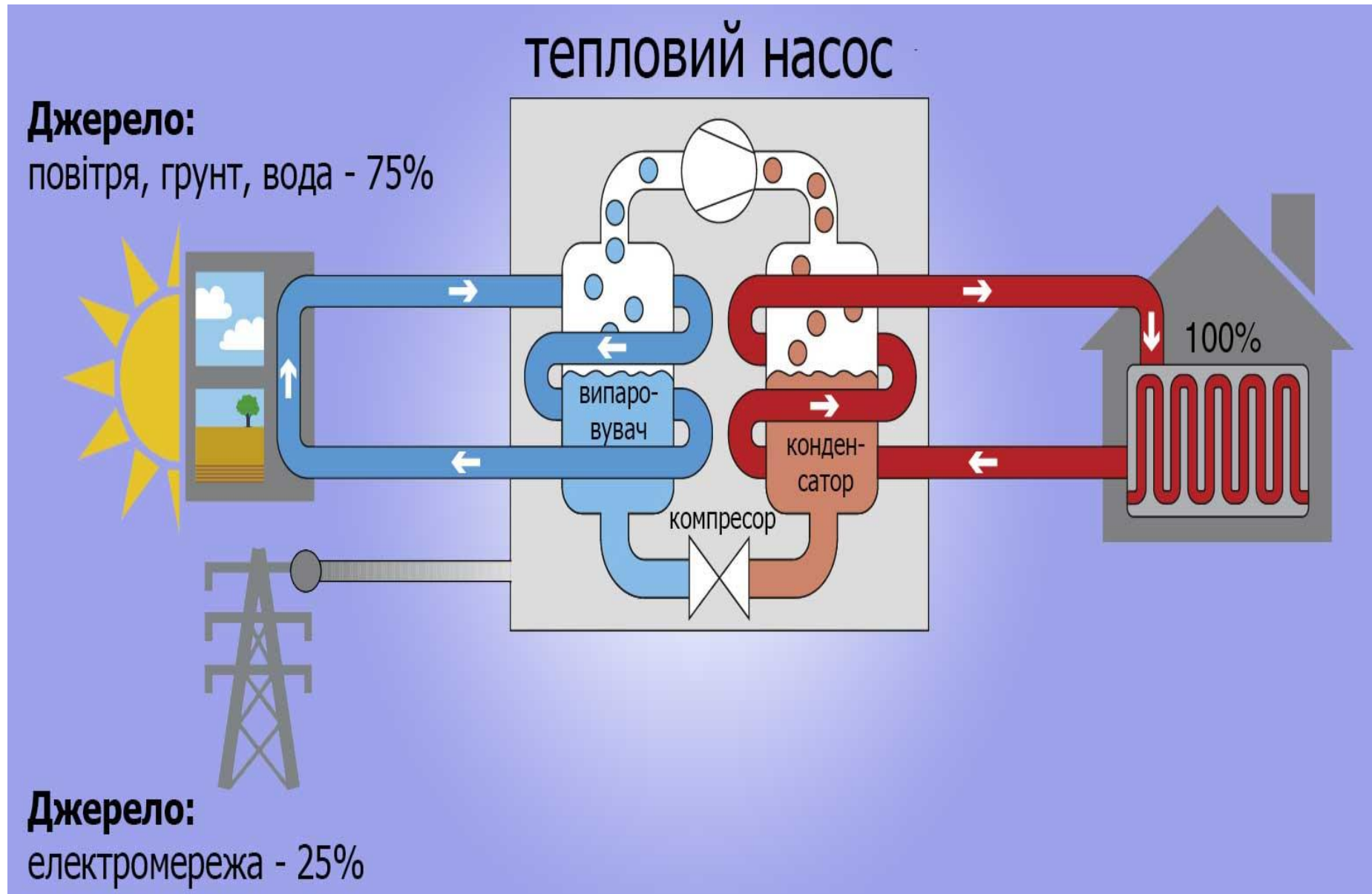


1) конденсатор, 2) дросель, 3) випарник, 4) компресор.









- **Переваги теплового насоса**

Системи опалення, засновані на застосуванні теплового насоса, відрізняються екологічною чистотою, так як працюють без спалювання палива і не виробляють шкідливих викидів в атмосферу. Одними з найважливіших достоїнств теплового насоса є зниження капітальних витрат за рахунок відсутності газових комунікацій, збільшення безпеки житла завдяки відсутності вибухонебезпечного газу, можливість одночасного отримання від однієї установки опалення, гарячого водопостачання та кондиціонування. Теплові насоси здатні працювати не тільки в режимі опалення, але і в режимі охолодження. Для роботи в цьому режимі тепловий насос потребує мінімальних додаткових доопрацювань. При цьому, він продовжує працювати безшумно, а енерговитрати зростають незначно. Взимку джерела тепла (повітря, вода або ґрунт) приносять теплоту, а влітку служать джерелами холоду.

- **Переваги теплового насоса**

Системи опалення, засновані на застосуванні теплового насоса, відрізняються екологічною чистотою, так як працюють без спалювання палива і не виробляють шкідливих викидів в атмосферу. Одними з найважливіших достоїнств теплового насоса є зниження капітальних витрат за рахунок відсутності газових комунікацій, збільшення безпеки житла завдяки відсутності вибухонебезпечного газу, можливість одночасного отримання від однієї установки опалення, гарячого водопостачання та кондиціонування. Теплові насоси здатні працювати не тільки в режимі опалення, але і в режимі охолодження. Для роботи в цьому режимі тепловий насос потребує мінімальних додаткових доопрацювань. При цьому, він продовжує працювати безшумно, а енерговитрати зростають незначно. Взимку джерела тепла (повітря, вода або ґрунт) приносять теплоту, а влітку служать джерелами холоду.

Переваги

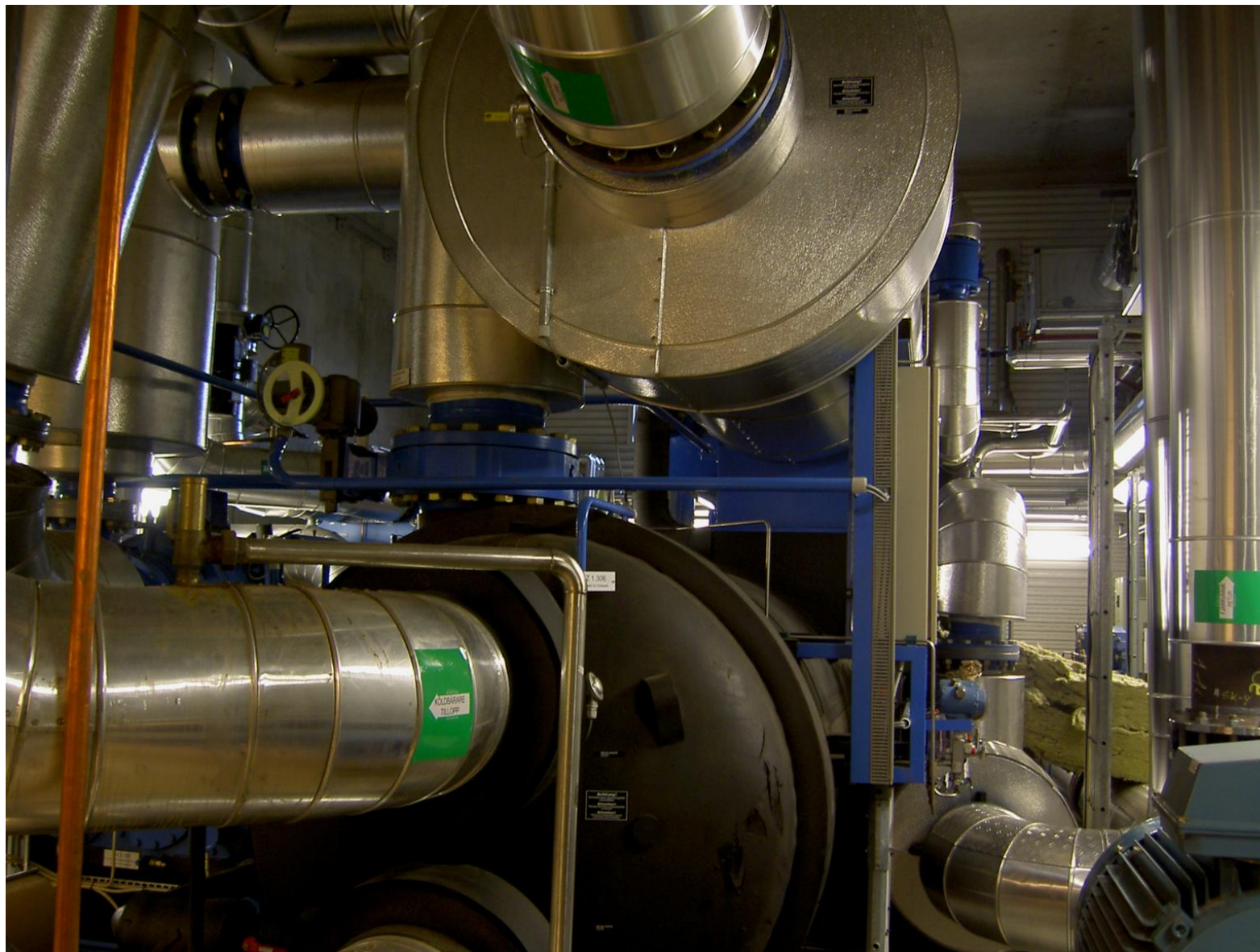
- **Економічність.** Дозволяє отримати на 1 кВт фактично витраченої енергії 3-6 кВт теплової енергії або до 2,5 кВт потужності по охолодженню на виході.
- **Енергозбереження.** Застосування теплових насосів- це заощадження не відновлювальних ресурсів.
- **Екологічність.** Екологічно чистий метод опалення та кондиціювання.
- **Безпека.** Немає відкритого полум'я, немає вихлопу, немає сажі, немає запаху солярки, виключений витік газу, розлив мазуту. Немає пожежонебезпечних сховищ для вугілля, дров, мазуту, або солярки.
- **Надійність.** Мінімум рухомих частин з високим ресурсом роботи. Захист від перебоїв електроенергії. Практично не вимагає обслуговування. Термін служби складає 15-25 років.
- **Комфорт.** Тепловий насос працює безшумно (не найголосніше холодильника), а погодозалежна автоматика і мультизональний контроль створюють бажаний мікроклімат в приміщеннях. Використання в літній період в якості кондиціонера.
- **Універсальність.** Використовує (утилізує) розсіяне тепло природного (теплова енергія води, повітря, ґрунту) або техногенного походження (тепло промислових і стічних вод, вентиляційних труб і димових газів, технологічних процесів і т.д.). Сумісний з будь-якою системою опалення та вентиляції.



Універсальні рішення для дому



26 MW на нагрів і 4,8 MW в режимі охолодження



Шведська статистика

90% нових будинків оснащуються теплонасосами

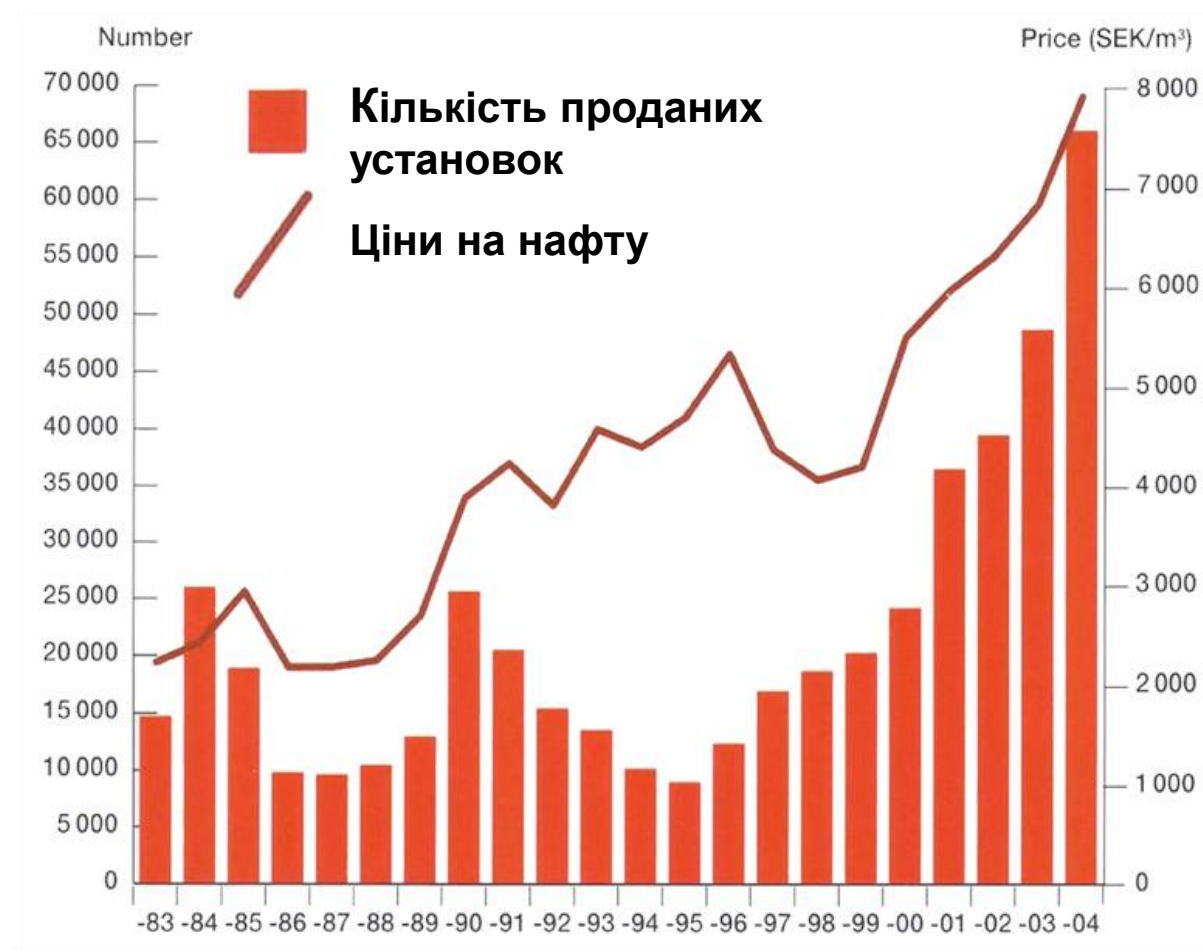
80% відновлювальних джерел тепла - Теплові насоси

100 000 установок продається за рік

Більше 18 Твч надходить від навколишнього середовища



Розвиток шведського ринку теплових насосів



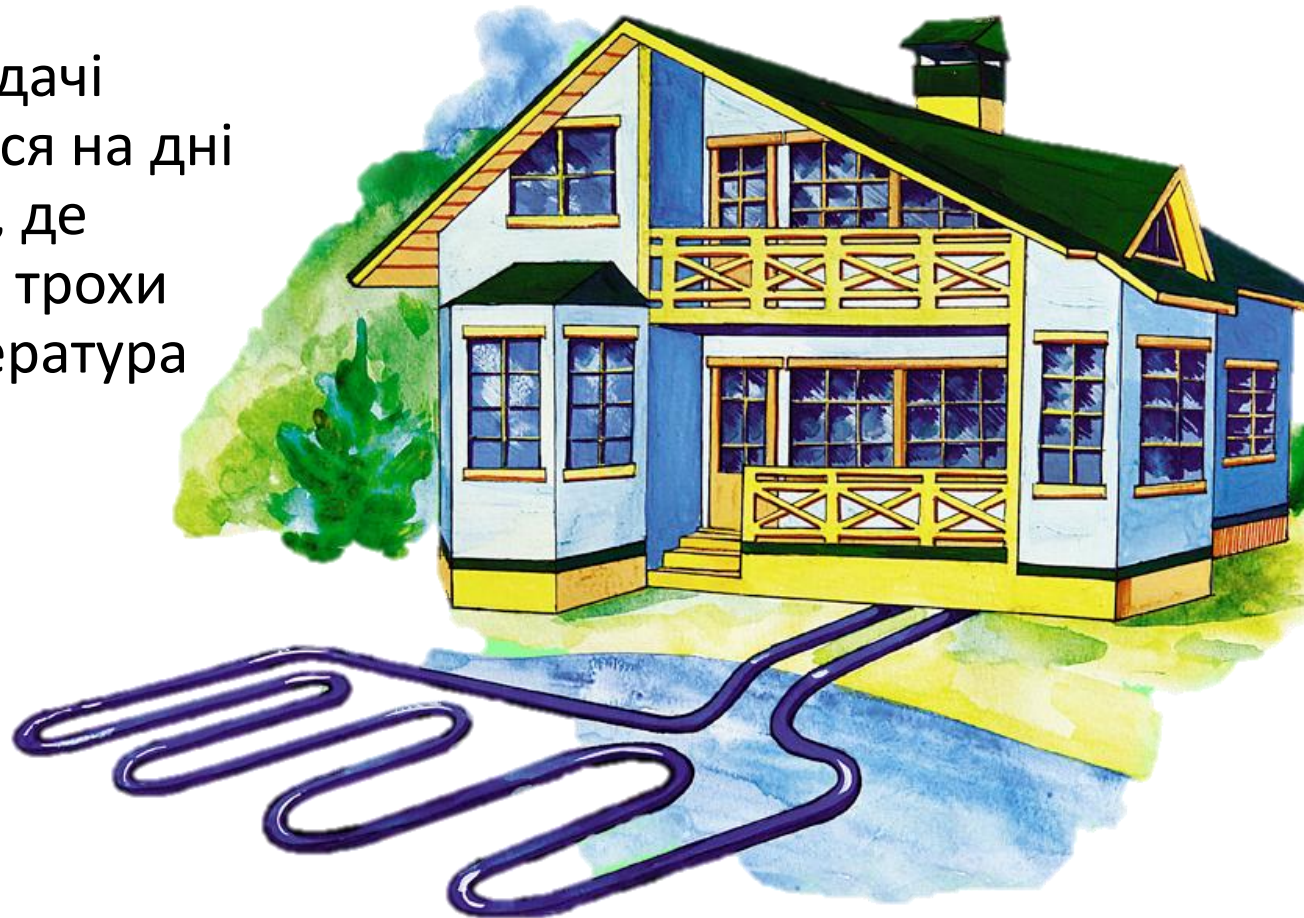
Земні надра як теплоджерело

- Земні надра є безкоштовним теплоджерелом, що підтримує однакову температуру цілий рік. Використання тепла земних надр є екологічно чистою, надійною і безпечною технологією забезпечення теплом і гарячим водопостачанням всіх типів будівель, великих і малих, громадських і приватних.



Теплонасос з водним джерелом тепла

- Шланг для передачі тепла укладається на дні або в ґрунті дна, де температура ще трохи вище, ніж температура води.



Грунтове тепло - близькозалягаюча енергія



- У поверхневому шарі землі накопичується тепло протягом літа.

«Викидне» джерело тепла



- Тепловий насос може використовувати теплові скиди самого житла для опалення і гарячого водопостачання: скидну воду, вентиляційні викиди і димові гази.

Універсальні рішення для дому



13 kW

Зелений водень як перспектива для вуглецево-нейтрального транспортного сектору

Мотивація

- **Зміна клімату – найбільший виклик 21 століття;**
- Середня глобальна температура сьогодні перевищує на 1,20 °C вище, ніж наприкінці 19 століття;
- Вчені вважають підвищення на 2 °C у порівнянні до доіндустріального рівня як порог з небезпечними та катастрофічними наслідками для клімату та навколишнього середовища.

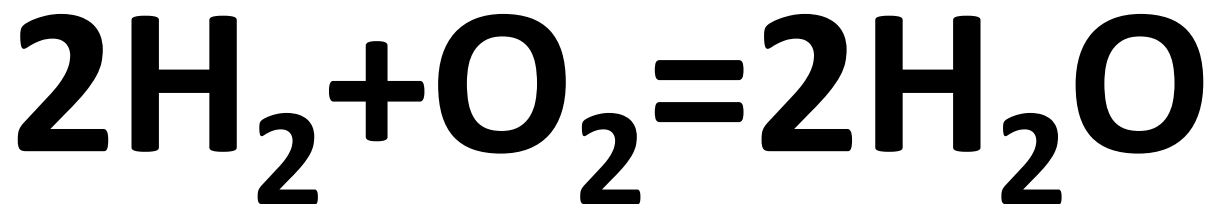
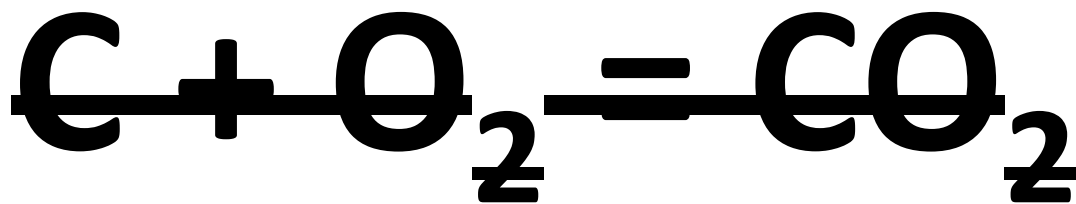


Джерело: Техаський університет в Остіні, Ми всі повинні прийняти виклик зміни клімату



- Вископне паливо – вугілля, нафта та газ – безперечно є найбільшим джерелом глобальної зміни клімату;
- На них припадає понад 75 відсотків глобальних викидів парникових газів і майже 90 відсотків усіх викидів вуглекислого газу.

Джерело: Інститут світової торгівлі, Виклики міжнародному управлінню кліматом – літня академія 2023 року

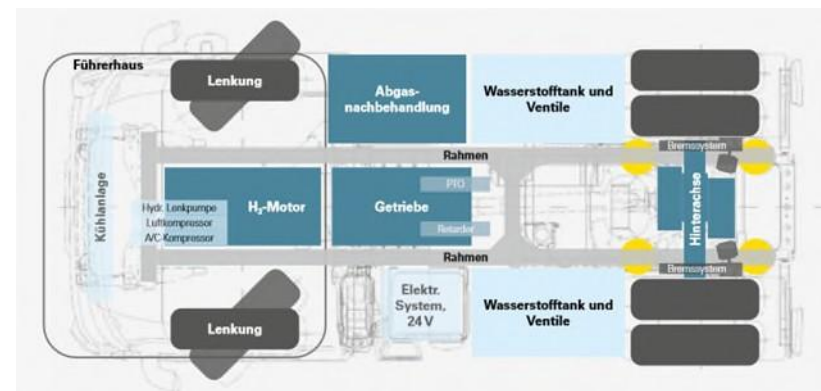
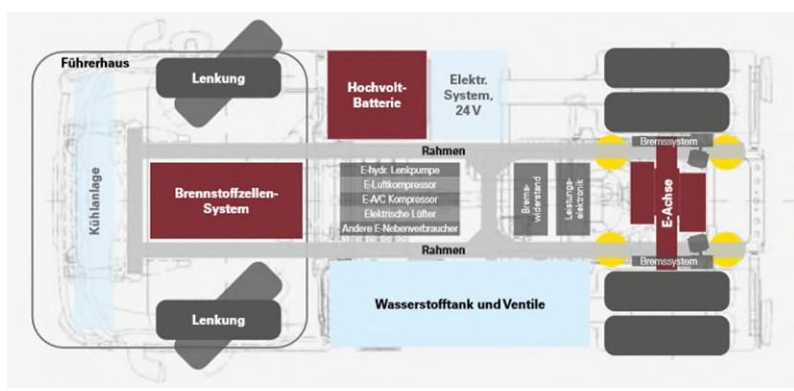


Використання водню в транспортному секторі

Пряме використання водню

FCEV проти водневого двигуна внутрішнього згорання

FCEV H₂ICE



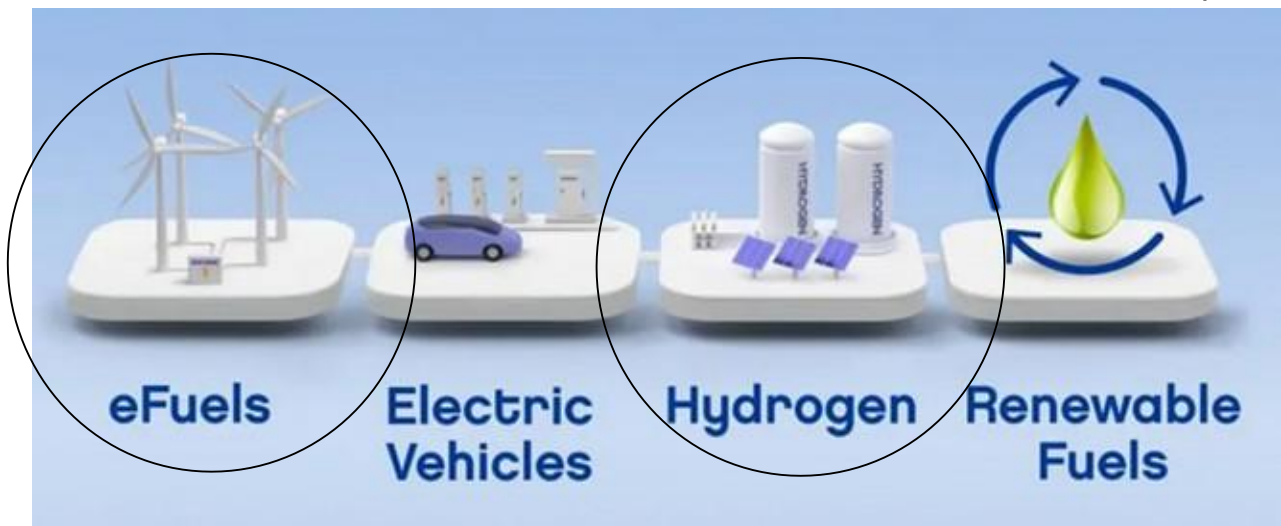
Мотивація

4 можливі шляхи майбутнього транспортного сектору після викопних копалин

Звичайні приводи (двигуни внутрішнього згоряння)	
Рідке/газоподібне біопаливо	Е-паливо (синтетичне паливо)

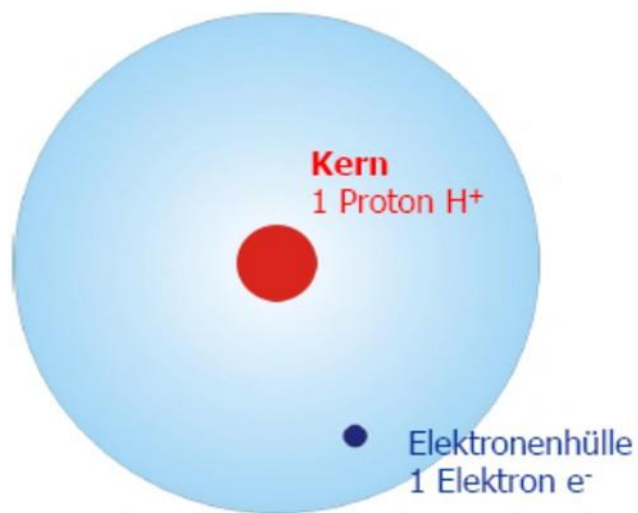


Альтернативні системи приводу (електромобіль)	
Електромобіль на акумуляторі (BEV)	Транспортний засіб на паливних елементах (FCEV)



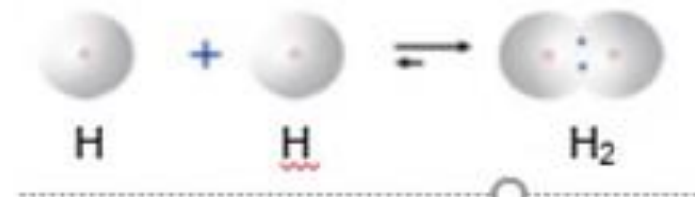
Водень як енергоносій

©Peter Wäch - Experimentalschema.de - Chemie erleben!



Гідроген (від давньогрецького ὑδωρ hydōr «вода» і γίγνομαι gínomai «утворення») — 1-й елемент у періодичній системі

- Водень є найпоширенішим елементом у Всесвіті (>90% усіх атомів ... приблизно 74% від загальної маси).
- Частка на землі значно менша (0,12% від загальної маси ... 2,9% у відношенні до земної кори)
- Водень майже завжди присутній у молекулярній формі
- Водень зустрічається в природі (майже) виключно у зв'язаному стані
- H_2O ,
 - компонент майже всіх органічних сполук (C_xH_y)
 - **Водень з гравіметричною щільністю енергії близько 120 МДж/кг (чиста калорійність) має найвищу гравіметричну густину енергії з усіх хімічних палив.**
 - Найменшу густину має водень ($0,0899 \text{ кг/м}^3$).



Водень як енергоносії

Енергоекономічні властивості водню:

- Водень має найвищу гравіметричну щільність енергії з усіх хімічних палив (120 МДж/кг).
- Це майже:
 - У 3 рази більше, ніж природний газ або бензин
 - прибл. в 150 разів більше, ніж може зберігати сучасна літієва батарея (200 – макс. 300 Вт·год/кг)

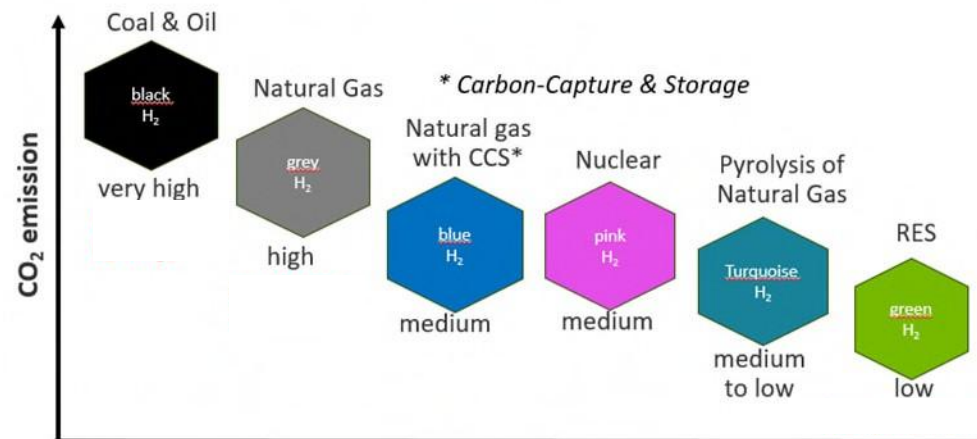
Зразковий енергетичний вміст і щільність вибраного палива

Паливо	Валова калорійність (Мj/kg)	Чиста калорійність (Мj/kg)	Густина (kg/m ³) при 0°C та 1 бар
Водень	141,7	120	0,090
Метан	55,5	50	0,716
Бензин	42,7 – 44,2	40,1 – 41,8	0,720 – 0,775
Кам'яне вугілля	27 – 32	26 – 31	1,3
Деревна біомаса	19 – 21	18 – 20	0,5 – 0,7

Виробництво водню

- Водень є безвуглецевим енергоносієм, що означає, що при спалюванні або перетворенні водню в атмосферу не викидається CO₂.
- Оскільки водень не існує в природі на Землі в чистому молекулярному вигляді, він повинен бути отриманий з водневмісної молекули (води або вуглеводнів) за допомогою технології перетворення.
- Найбільша частка земного водню міститься у складі води (у такому вигляді він покриває більше двох третин земної поверхні)
- Окрім цього, природний газ (по суті метан), нафта, вугілля та біомаса є ще одними важливими сполуками, що містять водень на Землі.
- Кольори визначено, щоб допомогти розрізнити типи водню залежно від процесу виробництва

Carbon Footprint of Hydrogen Production



Виробництво водню

Кольори водню

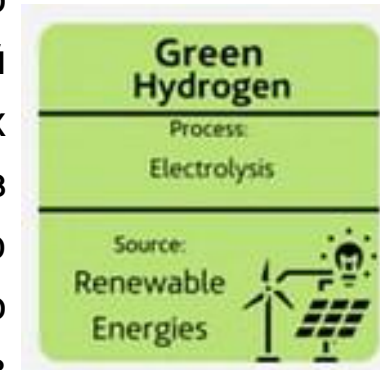
Найвідоміший колір – зелений водень, який вказує на те, що водень виробляється з відновлюваних джерел енергії. Зелений водень визначається як водень, отриманий з відновлюваних джерел енергії, таких як сонце, вітер, гідроенергія, біомаса, біогаз або міські відходи. Зелений водень можна виробляти за допомогою електролізу води з використанням відновлюваної енергії або шляхом розкладання біомаси за допомогою біологічних процесів (біогаз/процеси темного бродіння) або термохімічних процесів, таких як газифікація біомаси.

Сірий, коричневий (або чорний) водень зазвичай отримують із викопних джерел, і в процесі виробництва виділяється величезна кількість CO₂, який є найважливішим парниковим газом.

Сірий водень

видобувається з газу
за допомогою парової
конверсії метану

**Коричневий (або чорний)
водень** видобувається з
вугілля за допомогою
газифікації



Не стійкий!

Виробництво водню

Кольори водню

Додатково використовувані кольори: синій водень, отриманий як сірий водень, але в поєднанні з уловлюванням або використанням вуглецю, фіолетовий або рожевий для водню, отриманого шляхом електролізу з використанням ядерної енергії (теоретично нейтральний CO₂), жовтий водень, отриманий електролізом з використанням електроенергії з мережі з різних джерел, і ті, часто не безвуглецевий, а бірюзовий водень, отриманий шляхом розщеплення метану на водень і твердий вуглець (теоретично CO₂ нейтральний).

Блакитний водень

виробляється з викопного палива (тобто сірого, чорного або коричневого водню), де вуглекислий газ уловлюється та зберігається або переробляється.

Рожевий водень,

отриманий за допомогою електролізу з використанням ядерної енергії

Жовтий водень, отриманий

шляхом електролізу з використанням суміші відновлюваної енергії та викопного палива

Не стійкий!

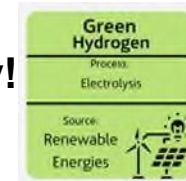
Білий водень — це рідкісний і широко невідомий природний ресурс, який вчені виявили у вигляді вільного газу в шарах континентальної кори, глибоко в океанічній корі, вулканічних газах або гідротермальних системах.

Production of Hydrogen

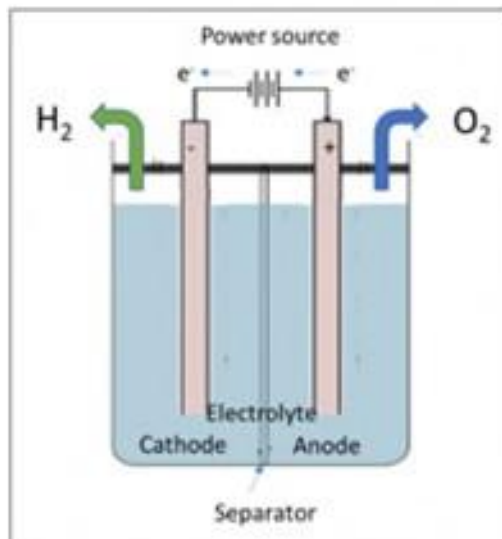
Виробництво водню з викопного палива не є ані кліматичним, ані стійким!

Тільки «зелений» водень може досягти нульових цілей до 2050 року!

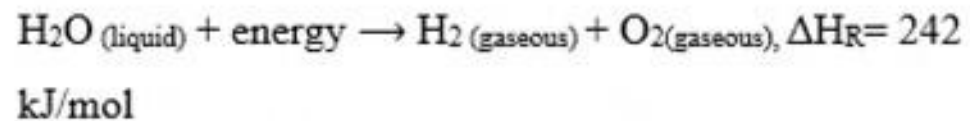
Виробництво зеленого водню за допомогою електролізу



Виробництво водню за допомогою електролізу — це процес, який передбачає розщеплення молекул води на водень і кисень в об'ємному співвідношенні 2:1 за допомогою електричного струму.



Reaction Formula:



Потреба енергії для розкладання води визначається стандартною ентальпією утворення води ($\Delta H_{\text{R}} = -242$ кДж/моль) і ефективністю електролізера. Типовий ККД системи комерційних електролізерів становить 75%

Виробництво водню

Виробництво зеленого водню за допомогою електролізу

Зараз на ринку доступні три провідні технології електролізу.

- Лужні електролізери (AEL)
- Мембранні електролізери з полімерним електролітом (PEMEL)
- Електролізери твердого оксиду (SOEL)

Type of electrolyzer	Temperature range (°C)	Cathode reaction (HER)	Anode reaction (OER)	Charge carriers
AEL	40 – 90	$2\text{H}_2\text{O} + 2 e^- \rightarrow \text{H}_2 + 2\text{OH}^-$	$2\text{OH}^- \rightarrow 1/2\text{O}_2 + \text{H}_2\text{O} + 2e^-$	OH^-
PEMEL	20 – 100	$2\text{H}^+ + 2e^- \rightarrow \text{H}_2$	$\text{H}_2\text{O} \rightarrow 1/2\text{O}_2 + 2\text{H}^+ + 2e^-$	H^+
SOEL	700 – 1000	$\text{H}_2\text{O} + 2e^- \rightarrow \text{H}_2 + \text{O}^{2-}$	$\text{O}^{2-} \rightarrow 1/2\text{O}_2 + 2e^-$	O^{2-}

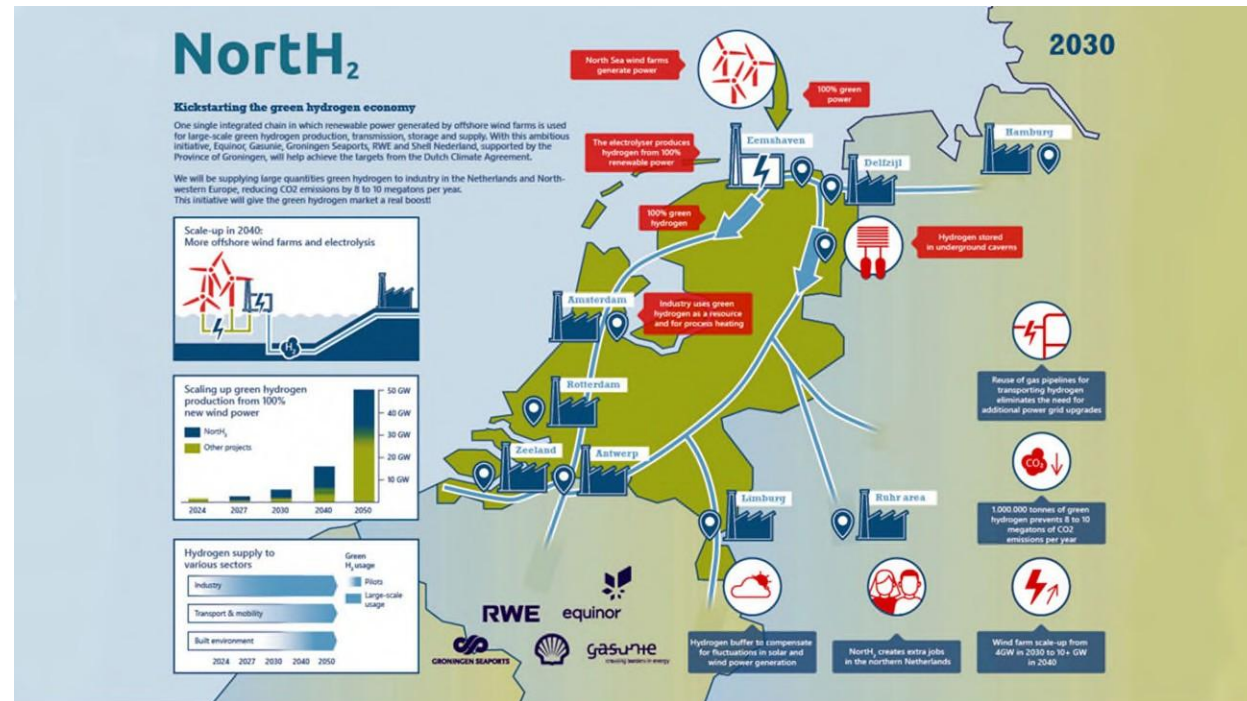
В даний час AEL все ще домінують на ринках у діапазоні потужності МВт, тоді як PEMEL набирають популярність.

Виробництво «зеленого» водню

Найбільший в Європі проект з виробництва зеленого водню: NorthH2

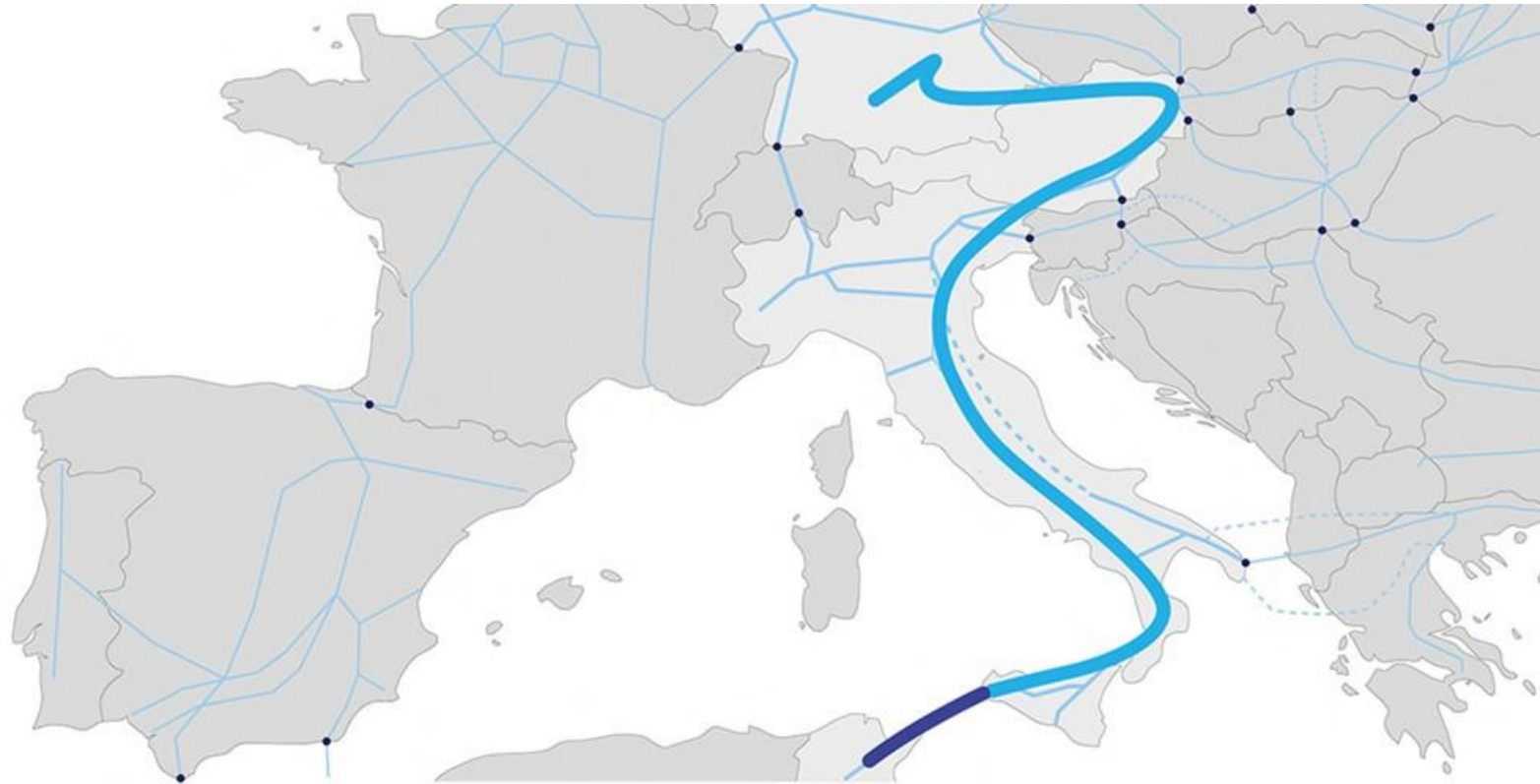
Консорціум Eneco, RWE, Equinor і Shell за підтримки Groningen Seaports інвестують у проект «зеленого водню» NorthH2 у Нідерландах.

Проект NorthH2 спрямований на виробництво екологічно чистого водню з використанням відновлюваної електроенергії з офшорного вітру біля узбережжя Нідерландів потужністю близько 4 гігават до 2030 року та понад 10 гігават до 2040 року, започаткувавши водневу економіку в Північно-Західній Європі.



Виробництво «зеленого» водню

Подальші ідеї проекту



Quelle: <https://www.south2corridor.net/>
Grafik: en2x

Проект SouthH2 Corridor: трубопровід зможе транспортувати зелений водень із Північної Африки до Італії, Австрії та Німеччини з 2030 року.

Використання водню в транспортному секторі

Пряме використання водню	Непряме використання водню
<ul style="list-style-type: none">- Автомобіль з водневим двигуном внутрішнього згоряння (H₂ICE)- <u>Електромобіль на паливних елементах (FCEV)</u>	<p><u>Генерація синтетичного палива (e-паливо)</u> Паливо Фішера-Тропша (бензин, дизель керосин) Синтетичний природний газ Метанол/диметиловий ефір</p>

Direct Use of Hydrogen



BMW Hydrogen 7 (2006) з водневим двигуном внутрішнього згоряння → **немає ринкової перспективи**



Toyota Mirai з електричним приводом на паливних елементах



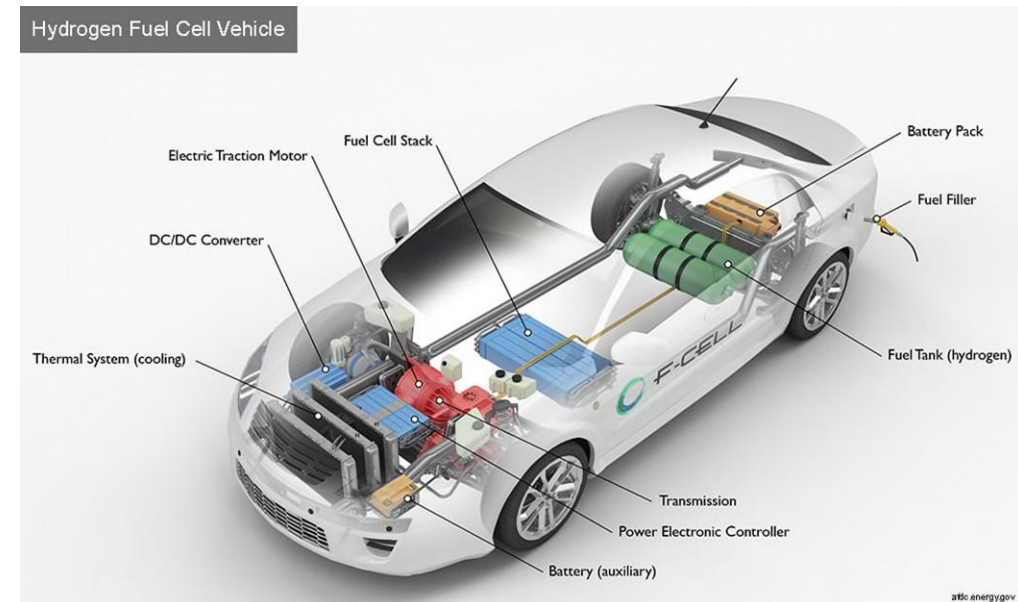
Hyundai ix35 FCEV



Використання водню в транспортному секторі

FCEV

- Електромобілі на паливних елементах (FCEV) працюють на водні.
- Вони ефективніші, ніж звичайні автомобілі з двигуном внутрішнього згорання, і не виробляють шкідливих викидів із вихлопної труби — вони випускають лише водяну пару та тепле повітря.
- У паливному елементі як ключовому компоненті FCEV водень вступає в електрохімічну реакцію, виробляючи електроенергію, яка передається в акумулятор, необхідний для живлення автомобіля.

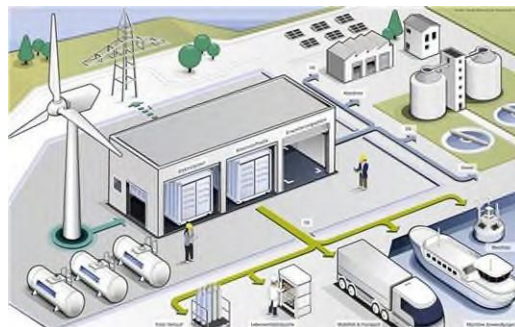


Використання водню в транспортному секторі

Воднева інфраструктура для FCEV

Водень, необхідний для палива FCEV на заправних станціях H_2 , можна виробляти:

- на місці, використовуючи відновлювані джерела енергії в децентралізованому електролізері

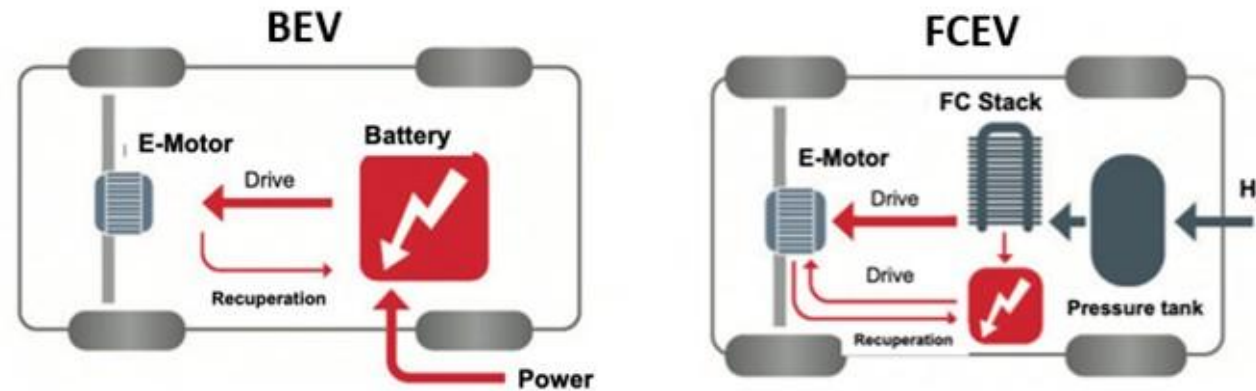


- або альтернативно транспортуються до заправної станції вантажівками або трубопроводами



Використання водню в транспортному секторі

FCEV проти BEV



Відповідні фактори при порівнянні різних систем приводу

- ефективність всього енергетичного ланцюга (Well-to-Wheels)
- Діапазон
- час зарядки/заправки
- Вага транспортного засобу та корисне навантаження
- Безпека
- Переробка
- довговічність і працездатність в екстремальних умовах (мороз, спека)
- Ресурси



Toyota – автомобіль MIRAI другого покоління.
Заявлений виробником запас ходу складає 850 км



Автомобіль iX5 Hydrogen, виробництво якого компанія BMW почала в невеликих масштабах в грудні 2022 р.

Мобільність без вуглецю в реальності

Скільки автомобілів без викидів зареєстровано в Німеччині?
2021

BEV 310.000 легкових автомобілів

FCEV 1261 легкових автомобілів

2022

BEV 620.000 легкових автомобілів FCEV Немає даних

Причини повільного розвитку FCEVs

- Автомобілі дорогі (подвоєна ціна порівняно зі звичайними ДВС)
- Недостатня мережа заправних станцій для водню (лише 105 H₂ заправних станцій у Німеччині, 2023 р.)

Перспективи FCEV у мобільності

У сегменті легкових автомобілів BEV стане домінуючою технологією для декарбонізації цього транспортного сегмента.

Зміни мають бути підкріплені більшою кількістю концепцій громадського транспорту, щоб зменшити індивідуальний трафік

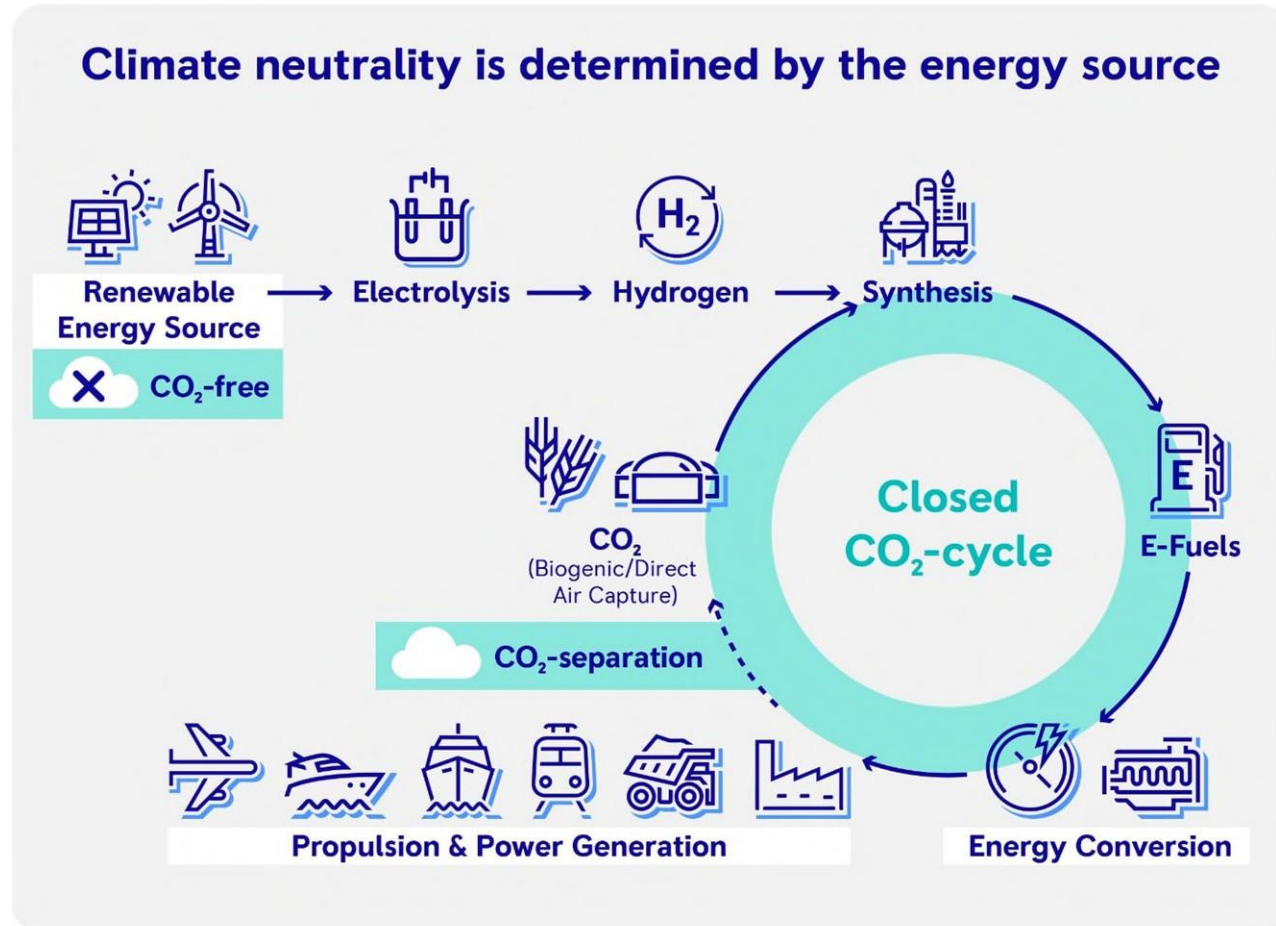
Використання електричних транспортних засобів на паливних елементах (FCEV) для далеких і важких транспортних засобів продемонструвало значний потенціал у зниженні викидів CO₂ при вантажних автодорожніх перевезеннях.

Попередньою умовою є наявність заправних станцій H₂ для вантажівок на ключових транспортних коридорах.



Використання водню в транспортному секторі

Непряме використання водню для отримання синтетичного палива (е-паливо)



Резюме

HTW –UT/RE

Пряме використання водню в H2ICE і FCEV

- Водень може відігравати життєво важливу роль у системі відновлюваної енергії та мобільності майбутнього,
- Основною перешкодою для використання є відсутність водневої інфраструктури (занадто мало заправних станцій)
- Незважаючи на науково-дослідницькі зусилля галузі, H2ICE ще не відчув прориву на ринку FCEV є прямою конкуренцією з BEV, для інфраструктура будується набагато легше.
- У секторі легкових автомобілів BEV будуть відігравати домінуючу роль у декарбонізації в осяжному майбутньому.
- У далекому та великовантажному транспорті FCEV можуть зробити значний внесок у декарбонізацію в майбутньому (заправні станції H₂ уздовж головного коридору).
- Необхідно розширити транспортні коридори та надати технологію дешевше).
- Виробництво водню може стабілізувати мережу, використовуючи відновлювану надлишкову електроенергію для виробництва H₂



НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЛЬВІВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»



Дякую за увагу!!!