

УДК 330.322:620.9

<https://doi.org/10.32342/3041-2137-2026-1-64-3>

С.О. Федулова,

доктор економічних наук, професор, завідувач кафедри глобальної економіки
Університету імені Альфреда Нобеля, м. Дніпро (Україна)

<https://orcid.org/0000-0002-5163-3890>

І.В. Заблодська,

доктор економічних наук, професор, директорка Луганської філії Державної установи
“Інститут економіко-правових досліджень імені В.К. Макутова Національної академії
наук України”, Київ (Україна)

<http://orcid.org/0000-0002-1410-6194>

К.І. Резяпов,

кандидат економічних наук, докторант кафедри глобальної економіки
Університету імені Альфреда Нобеля, м. Дніпро (Україна)

<https://orcid.org/0009-0008-9770-3541>

ЗЕЛЕНА ВОДНЕВА ЕКОНОМІКА ТА ПРОБЛЕМИ ВИКОРИСТАННЯ ВОДНИХ РЕСУРСІВ¹

Дослідження зосереджено на визначенні масштабів та особливостей споживання води під час виробництва зеленого водню та оцінка потенційних ризиків для національних економік у зв'язку з можливим дефіцитом водних ресурсів. Проводячи це дослідження, автори прагнули з'ясувати, як і в яких обсягах виробництво водню споживає воду, аби політики могли ухвалювати обґрунтовані рішення. Світові трансформації знову актуалізували ідею переходу на водень як енергетичне джерело. Проте обговорення здебільшого зосереджені на фінансових та технічних викликах, водночас залишаючи поза увагою ключову проблему – використання води як сировини для його виробництва. У статті доведено, що утвердилась хибна думка, що оскільки зелений водень використовує воду для виробництва водню, він має бути водомістким. Пропоноване дослідження вказує на те, що виробництво водню, в необхідній кількості для енергетичного переходу, вимагатиме багато водних ресурсів, але зважаючи на те, скільки води вже використовується різними водоемними технологіями, ця кількість буде несуттєвою. Також акцентовано увагу на тому, що наявність води є місцевою проблемою, і значна частина світу стикається із загальним

¹ Стаття підготовлена у рамках реалізації міжнародного проекту «Конкурентоспроможність Європи у новій глобальній економіці» № 101176059 – EuCompet – ERASMUS-JMO-2024-HEI-TCH-RSCH

Funded by the European Union. Views and opinions expressed are however those of the author(s) only and do not necessarily reflect those of the European Union or the European Education and Culture Executive Agency. Neither the European Union nor the granting authority can be held responsible for them.



Co-funded by
the European Union

Фінансується Європейським Союзом. Проте висловлені погляди та думки належать лише автору(ам) і не обов'язково відображають погляди Європейського Союзу чи Європейського виконавчого агентства з питань освіти та культури. Ні Європейський Союз, ні грантодавець не можуть нести за них відповідальність.



дефіцитом води або сильною посухою, частково через зміну клімату. І ось саме дії місцевої влади, такі як, перегляд схем ціноутворення на воду, обґрунтування розміщення водоемних виробництв тощо, могли б допомогти обмежити навантаження на місцевий доступ до прісної води. Масштабне виробництво водню може створити додатковий тиск на місцеві водні ресурси, особливо в регіонах, які вже страждають від водного стресу. Але при цьому водень може значною мірою допомогти країнам у просуванні енергетичного переходу, при правильному підході до вибору технології та структури національного виробництва в країнах. У статті надається припущення, що за описаних тенденцій розвитку зеленої водневої економіки, з високою вірогідністю, в національних економіках країн відбудуться значні структурні зрушення. Запропоновано органам місцевої влади розглянути можливість врахування показників забору та споживання води як критеріїв порівняння під час аналізу та схвалення регіональних водневих проєктів. Такий підхід стимулюватиме галузь більш відповідально ставитися до використання водних ресурсів, налагодити їх моніторинг та відслідковувати покращення ефективності, що в перспективі дозволить зменшити залежність від води та підвищити стійкість сектора до пов'язаних із водою ризиків.

Ключові слова: воднева економіка, водні ресурси, місцевий економічний розвиток, водомісткість економіки, регіональний розвиток

JEL classification: O13, O14, P28, Q56, Q57

Постановка проблеми. Світові трансформації знову актуалізували ідею переходу на водень як енергетичне джерело. Проте обговорення здебільшого зосереджені на фінансових та технічних викликах, водночас залишаючи поза увагою ключову проблему – використання води як сировини для його виробництва. Геополітичні зміни та глобальні зусилля з відмови від викопного палива додатково підштовхнули розвиток водневої енергетики.

Виробництво водню з відновлюваних джерел базується на процесі електролізу води, під час якого за допомогою електричного струму молекули води розщеплюються на водень і кисень. Проте на тлі стрімкого поглиблення кліматичної кризи, посилення посух та загального зменшення доступності водних ресурсів питання дефіциту води набуває глобальної гостроти. Додатково ситуацію ускладнює зростання населення, що посилює тиск на запаси прісної води.

Виробництво зеленого водню залежить від доступу до чистої води, що є одним з основних обмежень, особливо в регіонах із дефіцитом водних ресурсів. Для виробництва водню необхідна вода високої чистоти, щоб уникнути пошкодження електролізерів. Це означає, що, як правило, використовується прісна вода, яка є найбільш дефіцитним ресурсом у світі. Виробництво зеленого

водню найбільш ефективно там, де є багато відновлюваної енергії (наприклад, сонячні пояси або вітряні регіони). Однак, ці регіони часто є посушливими і мають обмежений доступ до прісної води. Це створює логістичні виклики: або транспортувати воду до місць виробництва енергії, або транспортувати сам водень до місць споживання, що є складним і дорогим процесом.

Для зменшення тиску на прісні водні ресурси, дослідники та компанії шукають альтернативні джерела води. Перспективним джерелом вважаються очищені стічні води, які можуть бути використані для виробництва водню після відповідного очищення. Це не тільки заощадить прісну воду, але й допоможе вирішити проблему утилізації стічних вод.

Також використання морської води, що є необмеженим ресурсом, може стати рішенням. Однак процес опріснення є дуже енергомістким і також потребує значних інвестицій. Крім того, він генерує солоний розсіл, який потрібно утилізувати, щоб уникнути шкоди морським екосистемам.

Сучасні технології опріснення та очищення стічних вод ще не є достатньо дешевими та ефективними для масового виробництва водню. Утилізація солоного розсолу від опріснення може негативно впливати на морську флору та фауну, якщо не буде належним чином регулюватися.

Хоча проблема використання прісної води та наслідки, пов'язані з масштабним виробництвом водню, були вже розглянуті в багатьох дослідженнях, складність цієї проблеми та її значення для масштабного розвитку водневих економік у всьому світі ще не отримали належного обґрунтування. Проводячи це дослідження, ми прагнемо з'ясувати, як і в яких обсягах виробництво водню споживає воду, аби політики могли ухвалювати обґрунтовані рішення.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Національна дорожня карта Міністерства енергетики США щодо чистого водню передбачає щорічне виробництво 50 мільйонів метричних тонн чистого водню до 2050 р. За підрахунками Міністерства енергетики США, можна припустити, що весь цей водень вироблятиметься шляхом електролізу із виробничими потребами 20 л/кг H_2 . Тоді, таке виробництво вимагатиме 1 мільярд кубічних метрів води, або 0,26 відсотка від поточного споживання води в США [1; 2]. Оцінки майбутнього попиту на водень у світі значно відрізняються, проте, якщо взяти за орієнтир прогноз Ради з водню на рівні 660 мільйонів метричних тонн, для його забезпечення знадобиться приблизно 13,2 мільярда кубічних метрів води, що становить близько 0,33 % від поточного світового обсягу прісної води. Водночас цей розрахунок не враховує можливу економію водних ресурсів, яка може бути досягнута завдяки заміні воднем технологій, що потребують значних обсягів води [3].

Спираючись на дані Світового банку та дослідження, що опубліковані на Всесвітньому економічному форумі, лише 9 зі 135 досліджених країн будуть мати потребу до збільшення поточного забору прісної води понад 10% з метою повного переходу на енергетику на основі водню, в той же час 62 будуть мати потребу збільшити забір прісної води менш ніж на 1% [4; 5].

Серед держав, де суттєво зростає обсяг забору води, простежується виразна тенденція до переходу на використання

водню. До цієї групи належать як посушливі країни з мінімальною кількістю опадів, наприклад, Катар, Ізраїль, Кувейт чи Бахрейн, так і невеликі острівні держави, зокрема Сінгапур, Тринідад і Тобаго та Мальта, для яких обмежені запаси прісної води створюватимуть додаткові труднощі [5].

Маючи один з найвищих потенціалів відновлюваної енергетики в ЄС, Іспанія має прагнення стати ключовим гравцем у новій зеленій водневій економіці. Але дефіцит води вже є величезною проблемою в Іспанії. Наприклад літо 2023 р. було дуже спекотним і країна пережила особливо напружений сезон [6].

У новому звіті Центру інновацій ім. Ласкіна (UCLA) зазначається, що хоча зелений водень може й стати важливою складовою відновлюваної енергетики Каліфорнії, його високі потреби у воді, витрати та локальний вплив ще не досліджені належним чином. Експерти закликають місцеву та державну владу діяти обережно, перш ніж розглядати водень як ключове кліматичне рішення [7].

Варто також відмітити стрімкий розвиток виробництва електромобілів з водневими паливними елементами, що теж додає впевненості у можливості ефективного використання водних ресурсів. Так, кілька провідних автомобільних компаній, такі як Toyota, Hyundai та BMW, запустили свої проекти з водневими паливними елементами в рамках свого довгострокового плану відмови від викопного палива [8; 9; 10].

Такі тестування, як поїздка електромобілю на паливних елементах Hyundai NEXO на відстань 887,5 км з Мельбурна до Брокен-Гілл на одному баку водню, демонструють величезний потенціал водню як джерела чистого палива [9]. Запас ходу для BMW iX5 Hydrogen склав 504 км [10].

З 2028 р. завод BMW Group у Штайрі готується до серійного виробництва систем паливних елементів. Третє покоління водневої системи приводу BMW Group вироблятиметься у Штайрі, а

центри компанії в Мюнхені та Штайрі вже будують перші прототипи [11]. Перше покоління зазначених системи приводу на паливних елементах було поставлено Toyota Motor Corporation та встановлено на BMW 535iA ще у 2014 р.

Треба також зауважити, що водневі технології в переважній більшості не випробувані і значна частина інформації вважається запатентованою та захищеною від розголошення, тому більшість даних, що існують у відкритому доступі, скоріш за все, є концептуальним, ніж емпіричним, та мають багато припущень.

Метою статті є визначення масштабів та особливостей споживання води під час виробництва зеленого водню та оцінка потенційних ризиків для національних економік у зв'язку з можливим дефіцитом водних ресурсів.

Для досягнення зазначеної мети дослідження визначено наступні завдання:

- з'ясувати та описати вплив масштабного виробництва водню на економічний розвиток територій у зв'язку з вірогідним додатковим тиском на місцеві водні ресурси;

- визначити особливості розвитку зеленої водневої економіки та її ймовірну водомісткість.

Виклад основного матеріалу дослідження. Ґрунтуючись на хімічній формулі води (H_2O) та теоретичних розрахунках, для виробництва 1 кг водню методом електролізу потрібно приблизно

9-10 літрів води. Одна молекула води (H_2O) складається з двох атомів водню і одного атома кисню. Молекулярна маса води становить приблизно 18 г/моль, тоді як молекулярна маса водню – приблизно 2 г/моль. Це означає, що для отримання 2 грамів водню потрібно 18 грамів води. Таким чином, для отримання 1 кг водню потрібно $(18/2) \times 1 \text{ кг} = 9 \text{ кг}$ води, що приблизно дорівнює 9 літрам.

Але, у реальних умовах виробництва, через процеси очищення води (фільтрація, деіонізація), випаровування та охолодження обладнання, фактична кількість води, необхідна для виробництва 1 кг водню, значно зростає і може сягати 15-20 літрів [12].

Дослідимо водний слід водню при різних технологіях виробництва (табл. 1, 2, 3). Наявні джерела вказують, що дійсно при використанні технології електролізу витрати водних ресурсів можуть складати до 18-20 літрів на 1 кг H_2 . Дана технологія не є найменш водомісткою, але відповідає всім вимогам зеленої водневої економіки та немає викидів CO_2 при виробництві зеленого водню. Протоннообмінна мембрана (електроліз) має найнижче водоспоживання, що значно менше, ніж потрібно для парометанового риформінгу з уловлюванням, утилізацією та зберіганням вуглецю. Газифікація вугілля є, безумовно, найбільш водоємною з доступних технологій.

Таблиця 1

Витрати ресурсів на виробництво 1 кг H_2 при використанні термохімічних технологій виробництва [12; 13; 14; 15]

Тип виробництва	Термохімічний		
	Паровий риформінг метану	Газифікація вугілля	Газифікація біомаси
Міжнародна аббревіатура	SMR	CG	BMG
Сировина	Природний газ	Вугілля	Кукурудзяний стовер
Природний газ (МДж/кг H_2)	165	-	6,228
Вугілля (кг/кг H_2)	-	7,8	-
Біомаса (кг/кг H_2)	-	-	13,5
Електрика (кВт·год/кг H_2)	1,11	1,72	0,98
Вода (кг/кг H_2)	21,87	2,91	305,5

Таблиця 2

Витрати ресурсів на виробництво 1 кг H₂ при використанні технологій електролізу [12; 16; 17; 18; 19; 20]

Тип виробництва	Електроліз	
Конверсія	Протоннообмінна мембрана (ПЕМ)	Твердооксидні електролізні елементи (ТЕО)
Міжнародна аббревіатура	Е-РЕМ	Е-SOEC
Сировина	Електрика	Електрика
Природний газ (МДж/кг H ₂)	-	50,76
Електрика (кВт·год/кг H ₂)	54,6	36,14
Вода (кг/кг H₂)	18,04	9,1

Таблиця 3

Витрати ресурсів на виробництво 1 кг H₂ при використанні біологічних технологій виробництва [12; 16]

Тип виробництва	Біологічний		
Конверсія	Темна ферментація + мікробна електролізна комірка (МЕС), без ER	Темна ферментація + мікробна електролізна комірка (МЕС), з ER	Темна ферментація + мікробна електролізна комірка (МЕС) з рекуперацією H ₂
Міжнародна аббревіатура	DF-MEC w/out ER	DF-MEC w/ER	DF-MEC w/H ₂ recovery
Сировина	Кукурудзяний стовер	Кукурудзяний стовер	Кукурудзяний стовер
Природний газ (МДж/кг H ₂)	22,9	-	-
Біомаса (кг/кг H ₂)	23,0	23,0	23,0
Електрика (кВт·год/кг H ₂)	21,6	6,03	21,6
Вода (кг/кг H₂)	104,23	104,23	104,23
Аміак (кг/кг H ₂)	0,102	0,102	0,102
Гідроксид натрію (кг/кг H ₂)	0,389	0,389	0,389
Сірчана кислота (кг/кг H ₂)	0,207	0,207	0,207
Глюкоза (кг/кг H ₂)	0,335	0,335	0,335
Кукурудзяний луг (кг/кг H ₂)	0,008	0,008	0,008
Діамонійфосфат (кг/кг H ₂)	0,015	0,015	0,015

Отже, за приблизними підрахунками, водний слід при виробництві зеленого водню може скласти 20 м³/тонну, що дорівнює 20 літрам на 1 кг H₂.

Для порівняння розглянемо витрати віртуальної води для виробництва сільськогосподарської продукції в деяких обраних країнах (табл. 4).

Таблиця 4

Середній вміст віртуальної води в деяких обраних продуктах для ряду обраних країн, м³/тонна [21]

Країна/Продукція	Пшениця	Кукурудза	Ячмінь
Нідерланди	619	408	718
Китай	690	801	848
Японія	734	1493	697
США	849	489	702
Мексика	1066	1744	2120
Австралія	1588	744	1425
Бразилія	1616	1180	1373
Індія	1654	1937	1966
росія	2375	1397	2359
Італія	2421	530	1822
Індонезія	—	1285	—

З наведених розрахунків та технологічних даних стає зрозумілим, що утворилась хибна думка, що оскільки зелений водень використовує воду для виробництва водню, він має бути водомістким. Відомі навіть приклади протестів, а саме в Каліфорнії, де люди були стурбовані тим, що розробка зеленого водню поглине всі і без того дефіцитні водні ресурси, а запропонований водневий проект в Австралії був скасований через побоювання щодо його доступності для забезпечення водопостачання в майбутньому [22].

Отже, виробництво водню в необхідній кількості для енергетичного переходу вимагатиме багато водних ресурсів, але в контексті того, скільки води вже використовується різними водоемними технологіями, ця кількість буде несуттєвою.

Світ використовує 4 трильйони кубічних метрів прісної води на рік. За даними геологічної служби США, більша частина цієї води йде на зрошення та термоелектричну енергетику, тоді як душ, посуд та інші особисті потреби становлять лише 14 відсотків від загального споживання [23]. Виробництво енергії потребує значної кількості води, причому видобуток нафти і газу споживає найбільшу частку води, що становить – 40% у світі [24].

Якщо говорити в контексті того, що воднева енергетика замінить у майбутньому вуглецеву, тоді можна припускати, що у майбутньому ми зможемо отримати навіть економію водного ресурсу на всьому циклі виробництва продукту енергетики.

Наявність води є місцевою проблемою, і значна частина світу стикається із загальним дефіцитом води або сильною посухою, частково через зміну клімату. І ось саме дії місцевої влади, такі як, перегляд схем ціноутворення на воду, обґрунтування розміщення водоемних виробництв тощо, могли б допомогти обмежити навантаження на місцевий доступ до прісної води.

Хоча 15–20 літрів води на 1 кг водню здається невеликим показником, але якщо розглянути світові потреби у водні (наразі 94 мільйони тонн на рік), то навіть частковий перехід на зелений водень може все ж таки створити значний попит на водні ресурси.

Висновки. Масштабне виробництво водню може створити додатковий тиск на місцеві водні ресурси, особливо в регіонах, які вже страждають від водного стресу. За даними ООН, до 2050 р. близько 5 мільярдів людей можуть зіткнутися з дефіцитом прісної води. Але, при цьому водень може значною мірою допомогти країнам в просуванні енергетичного переходу, при правильному підході до вибору технології та структури національного виробництва в країнах. Можна припустити, що за описаних тенденцій розвитку зеленої водневої економіки, з високою вірогідністю, в національних економіках країн відбудуться значні структурні зрушення. Також органам місцевої влади варто розглянути можливість врахування показників забору та споживання води як критеріїв порівняння під час аналізу та схвалення регіональних водневих проектів. Такий підхід стимулюватиме галузь більш відповідально ставитися до використання водних ресурсів, налагодити їх моніторинг та відслідковувати покращення ефективності, що в перспективі дозволить зменшити залежність від води та підвищити стійкість сектора до пов'язаних із водою ризиків.

Розвиток зеленої водневої економіки має беззаперечний потенціал для боротьби зі зміною клімату. Однак, її водомісткість – це серйозна проблема. З одного боку, як показало дослідження, утворилась певна хибна думка, що оскільки зелений водень використовує воду для виробництва водню, він має бути водомістким. Але запропоноване дослідження вказує на те, що виробництво водню, в необхідній кількості для енергетичного переходу, вимагатиме багато водних ресурсів, але озираячись на те, скільки води вже використовується різними водоемними технологіями, ця

кількість буде несуттєвою. З іншого боку, значна частина інформації є захищеною від розголошення, тому більшість даних, що існують у відкритому доступі є більше концептуальним, ніж емпіричним, і мають багато припущень. Але, якщо говорити про

заміщення вуглецевої енергетики на водневу у майбутньому, з наведених розрахунків та статистичних даних можна припускати, що у майбутньому ми зможемо отримати економію водного ресурсу на всьому циклі виробництва продукту енергетики.

Список використаної літератури

1. U.S. National Hydrogen Strategy and Roadmap 2025. URL: <https://www.hydrogen.energy.gov/library/roadmaps-vision/clean-hydrogen-strategy-roadmap>
2. Ramirez K., Weiss T., Kirk Th., Gamage Ch. Hydrogen Reality Check: Distilling Green Hydrogen's Water Consumption. RMI. 2023. URL: <https://rmi.org/hydrogen-reality-check-distilling-green-hydrogens-water-consumption/>
3. Plug's California Green Hydrogen Plant Saves Water, Creates New Energy Source. Plug. 2022. URL: <https://www.plugpower.com/blog/plugs-california-green-hydrogen-plant-saves-water-creates-new-energy-source/>
4. Annual freshwater withdrawals, total (billion cubic meters). The World Bank Group. URL: <https://data.worldbank.org/indicator/ER.H2O.FWTL.K3>
5. Kolodziejczyk B. Will a transition to a hydrogen economy affect water security? 2022. URL: <https://www.weforum.org/stories/2022/09/how-a-transition-to-a-hydrogen-economy-will-affect-water-security/>
6. Kramer N. Water Scarcity and Green Hydrogen Production in Spain. Research Institute for Sustainability. 2025. URL: <https://www.rifs-potsdam.de/en/blog/2025/01/water-scarcity-and-green-hydrogen-production-spain>
7. Exploring the Water Footprint of "Green" Hydrogen for Power Generation in California. The Luskin Center for Innovation. 2025. 32 p.
8. Toyota Demonstrates Broad Potential of FCEV Technology as Part of Hydrogen Showcase. Toyota Australia. 2023. URL: <https://www.toyota.com.au/news/toyota-demonstrates-broad-potential-of-fcev-technology>
9. Filling up with hydrogen: Hyundai's new hydrogen station on track to support growing hydrogen EV fleet. Hyundai Motor Company. 2025. URL: <https://www.hyundai.com/au/en/news/fleet/filling-up-with-hydrogen-hyundais-new-hydrogen-station-on-track-to-support-growing-hydrogen-ev-fleet>
10. Seidel C. BMW Group brings hydrogen cars to the road: BMW iX5 Hydrogen pilot fleet launches. Press.bmwgroup. 2023. URL: <https://www.press.bmwgroup.com/global/article/detail/T0408839EN/bmw-group-brings-hydrogen-cars-to-the-road:-bmw-ix5-hydrogen-pilot-fleet-launches?language=en>
11. Aigner L. Hydrogen high tech at the BMW Group: start of series production in 2028 is getting closer. Press.bmwgroup. 2025. URL: <https://www.press.bmwgroup.com/global/article/detail/T0452048EN/hydrogen-high-tech-at-the-bmw-group:-start-of-series-production-in-2028-is-getting-closer>
12. Mehmeti A., Angelis-Dimakis A., Arampatzis G., McPhail S. J., & Ulgiati S. Life Cycle Assessment and Water Footprint of Hydrogen Production Methods: From Conventional to Emerging Technologies. *Environments*, 2018. 5(2), 24. 5020024.
13. James B. Steam Methane Reformer (SMR) at Forecourt 1500 kg/day, 2010. v3.101. URL: https://www.hydrogen.energy.gov/h2a_prod_studies.html
14. Steward D. Current Hydrogen from Coal without CO₂ Capture and Sequestration, 2005. v3.101. URL: https://www.hydrogen.energy.gov/h2a_prod_studies.html

15. Mann M., Steward D.M. Hydrogen from Biomass via Gasification and Catalytic Steam Reforming, 2010. v3.101. URL: http://www.hydrogen.energy.gov/h2a_production.html
16. Dai Q., Elgowainy A., Kelly J., Han J., Wang M. Group S.A. Division, E.S. Life Cycle Analysis of Hydrogen Production from Non-Fossil Sources; Argonne National Laboratory: Lemont. IL. USA. 2016.
17. Harvego E.A., O'Brien J.E., McKellar, M.G. System evaluation and life-cycle cost analysis of a commercial scale high-temperature electrolysis hydrogen production plant. In Proceedings of the ASME 2012 International Mechanical Engineering Congress and Exposition, Houston, TX, USA, 9–15 November 2012; Volume 6, pp. 875–884.
18. James B. Ethanol Steam Reformer (SR) at Forecourt 1500 kg/day, Version 3.0. Strategic Analysis, Inc.: Arlington, VA, USA. 2010. URL: https://www.hydrogen.energy.gov/h2a_prod_studies.html
19. Saur G., Ramsden T., James B., Collella W. Hydrogen Production from Distributed Grid PEM Electrolysis, v3.101. 2010. URL: https://www.hydrogen.energy.gov/h2a_prod_studies.html
20. James B.D., Moton J.M. Techno-Economic Analysis of PEM Electrolysis for Hydrogen Production; Electrolytic Hydrogen Production Workshop, National Renewable Energy Laboratory: Golden, CO, USA, 2014.
21. Hoekstra A. Chapagain A. Water footprints of nations: Water use by people as a function of their consumption pattern. Water Resour Manage. 2006. <https://doi.org/10.1007/s11269-006-9039-x>
22. Tianyi Luo Water For Hydrogen Production. CWR. 2024. URL: <https://cwrrr.org/interviews/water-for-hydrogen-production/>
23. U.S. Geological Survey. 2025. URL: <https://www.usgs.gov/water-science-school/science/total-water-use-united-states>
24. Yongnan Zhu, Jianhua Wang, Guohu He, He Liu, Shan Jiang, Jian Su, Yong Zhao, Qinghai Yang, Tao Fu Water use characteristics and water footprints of China's oil and gas production. Resources, Conservation and Recycling. 2022. Volume 184, 106428.

References

1. U.S. National Hydrogen Strategy and Roadmap 2025. Available at: <https://www.hydrogen.energy.gov/library/roadmaps-vision/clean-hydrogen-strategy-roadmap>
2. Ramirez, K., Weiss, T., Kirk, Th., Gamage, Ch. (2023). Hydrogen Reality Check: Distilling Green Hydrogen's Water Consumption. RMI. Available at: <https://rmi.org/hydrogen-reality-check-distilling-green-hydrogens-water-consumption/>
3. Plug's California Green Hydrogen Plant Saves Water, Creates New Energy Source. Plug. 2022. Available at: <https://www.plugpower.com/blog/plugs-california-green-hydrogen-plant-saves-water-creates-new-energy-source/>
4. Annual freshwater withdrawals, total (billion cubic meters). The World Bank Group. (n.d.) Available at: <https://data.worldbank.org/indicator/ER.H2O.FWTL.K3>
5. Kolodziejczyk, B. (2022). Will a transition to a hydrogen economy affect water security? Available at: <https://www.weforum.org/stories/2022/09/how-a-transition-to-a-hydrogen-economy-will-affect-water-security/>
6. Kramer, N. (2025). Water Scarcity and Green Hydrogen Production in Spain. Research Institute for Sustainability Available at: <https://www.rifs-potsdam.de/en/blog/2025/01/water-scarcity-and-green-hydrogen-production-spain>
7. Exploring the Water Footprint of "Green" Hydrogen for Power Generation in California. The Luskin Center for Innovation. 2025. 32 p.

8. Toyota Demonstrates Broad Potential of FCEV Technology as Part of Hydrogen Showcase. Toyota Australia. 2023. Available at: <https://www.toyota.com.au/news/toyota-demonstrates-broad-potential-of-fcev-technology>
9. Filling up with hydrogen: Hyundai's new hydrogen station on track to support growing hydrogen EV fleet. Hyundai Motor Company. 2025. Available at: <https://www.hyundai.com/au/en/news/fleet/filling-up-with-hydrogen-hyundais-new-hydrogen-station-on-track-to-support-growing-hydrogen-ev-fleet>
10. Seidel, C. (2023). BMW Group brings hydrogen cars to the road: BMW iX5 Hydrogen pilot fleet launches. Press.bmwgroup. Available at: <https://www.press.bmwgroup.com/global/article/detail/T0408839EN/bmw-group-brings-hydrogen-cars-to-the-road-bmw-ix5-hydrogen-pilot-fleet-launches?language=en>
11. Aigner, L. (2025). Hydrogen high tech at the BMW Group: start of series production in 2028 is getting closer. Press.bmwgroup. Available at: <https://www.press.bmwgroup.com/global/article/detail/T0452048EN/hydrogen-high-tech-at-the-bmw-group-start-of-series-production-in-2028-is-getting-closer>
12. Mehmeti, A., Angelis-Dimakis, A., Arampatzis, G., McPhail, S. J., & Ulgiati, S. (2018). Life Cycle Assessment and Water Footprint of Hydrogen Production Methods: From Conventional to Emerging Technologies. *Environments*, 5(2), 24. 5020024.
13. James, B. (2010). Steam Methane Reformer (SMR) at Forecourt 1500 kg/day, v3.101. Available at: https://www.hydrogen.energy.gov/h2a_prod_studies.html
14. Steward, D. (2005). Hydrogen from Coal without CO₂ Capture and Sequestration, v3.101. Available at: https://www.hydrogen.energy.gov/h2a_prod_studies.html
15. Mann, M.; Steward, D.M. Current (2010). Hydrogen from Biomass via Gasification and Catalytic Steam Reforming, v3.101. Available at: http://www.hydrogen.energy.gov/h2a_production.html
16. Dai, Q., Elgowainy, A., Kelly, J., Han, J., Wang, M., Group, S.A. Division, E.S. (2016). Life Cycle Analysis of Hydrogen Production from Non-Fossil Sources; Argonne National Laboratory: Lemont, IL, USA.
17. Harvego, E.A., O'Brien, J.E., McKellar, M.G. (2012). System evaluation and life-cycle cost analysis of a commercial scale high-temperature electrolysis hydrogen production plant. In Proceedings of the ASME 2012 International Mechanical Engineering Congress and Exposition, Houston, TX, USA, 9–15 November; Volume 6, pp. 875–884.
18. James, B. (2010). Ethanol Steam Reformer (SR) at Forecourt 1500 kg/day, Version 3.0. Strategic Analysis, Inc.: Arlington, VA, USA. Available at: https://www.hydrogen.energy.gov/h2a_prod_studies.html
19. Saur, G., Ramsden, T., James, B., Collella, W. (2010). Hydrogen Production from Distributed Grid PEM Electrolysis, v3.101. Available at: https://www.hydrogen.energy.gov/h2a_prod_studies.html
20. James, B.D. Moton, J.M. (2014). Techno-Economic Analysis of PEM Electrolysis for Hydrogen Production; Electrolytic Hydrogen Production Workshop, National Renewable Energy Laboratory: Golden, CO, USA.
21. Hoekstra, A. Chapagain, A. (2006). Water footprints of nations: Water use by people as a function of their consumption pattern. *Water Resour Manage*, <https://doi.org/10.1007/s11269-006-9039-x>
22. Tianyi Luo (2024). Water For Hydrogen Production. CWR. Available at: <https://cwrrr.org/interviews/water-for-hydrogen-production/>
23. U.S. Geological Survey. 2025. Available at: <https://www.usgs.gov/water-science-school/science/total-water-use-united-states>
24. Yongnan Zhu, Jianhua Wang, Guohu He, He Liu, Shan Jiang, Jian Su, Yong Zhao, Qinghai Yang, Tao Fu (2022). Water use characteristics and water footprints of China's oil and gas production. *Resources, Conservation and Recycling*. Volume 184, 106428.

GREEN HYDROGEN ECONOMY AND WATER RESOURCE ISSUES

Svitlana O. Fedulova, Alfred Nobel University, Dnipro (Ukraine).

E-mail: fedulova.s@duan.edu.ua

Inna V. Zablodska, Institute of Economic and Legal Research of NAS of Ukraine, Kyiv (Ukraine).

E-mail: zablodska@nas.gov.ua

Kyrylo I. Reziapov, Alfred Nobel University, Dnipro (Ukraine).

E-mail: kirillreziapov@gmail.com

<https://doi.org/10.32342/3041-2137-2026-1-64-3>

Keywords: *hydrogen economy, water resources, local economic development, water intensity of the economy, regional development*

JEL classification: *O13, O14, P28, Q56, Q57*

The study focuses on identifying the scale and specific characteristics of water consumption in the production of green hydrogen, as well as assessing potential risks for national economies related to possible water resource shortages. In conducting this research, we aimed to determine how and in what volumes hydrogen production consumes water so that policymakers can make well-informed decisions. Global transformations have once again brought the idea of transitioning to hydrogen as an energy source to the forefront. However, discussions remain largely centered on financial and technical challenges, while overlooking a critical issue – the use of water as a feedstock for its production. The article demonstrates that a false perception has emerged: since green hydrogen uses water to produce hydrogen, it must therefore be water-intensive. The proposed study indicates that producing the amount of hydrogen needed for the energy transition will require a significant volume of water resources; however, considering how much water is already used by various water-intensive technologies, this amount will be relatively insignificant. It also highlights that water availability is a local issue, and much of the world faces widespread water scarcity or severe drought, partly due to climate change. And it is precisely the actions of local authorities, such as reviewing water pricing schemes, justifying the location of water-intensive industries, etc., that could help limit the burden on local access to fresh water. Large-scale hydrogen production could put additional pressure on local water resources, especially in regions already suffering from water stress. However, hydrogen could significantly help countries advance their energy transition, provided they take the right approach to choosing technology and structuring national production. It has been suggested in the article that, given the described trends in the development of the green hydrogen economy, it is highly likely that significant structural changes will occur in the national economies of various countries. Local authorities are encouraged to consider water withdrawal and consumption indicators as comparison criteria when analysing and approving regional hydrogen projects. This approach will encourage the industry to adopt a more responsible attitude toward water use, establish monitoring practices, and track improvements in efficiency, which in the long term will reduce dependence on water and increase the sector's resilience to water-related risks.

Дата надходження до редакції / Submitted: 10.05.25

Дата прийняття до публікації / Accepted: 01.07.25

Дата публікації / Published: 02.01.2026