

WODÓR

**odpowiedź naukowców na wyzwania
energetyczne, klimatyczne i środowiskowe**
dr inż. Łukasz Lindner

Opracowanie merytoryczne:

dr inż. Łukasz Lindner
Instytut Fizyki Molekularnej PAN

Korekta merytoryczna materiałów:

dr inż. Paweł Ławniczak
Instytut Fizyki Molekularnej PAN

Edytor:

Joanna Dębowska-Kaczmarczyk

Opracowanie graficzne:

Adrian Andrzejewski
Alpaka / Adrianandrzejewski.pl

Skład i przygotowanie do druku:

Studio Grafpa, www.grafpa.pl

Copyright © 2024 by
Instytut Fizyki Molekularnej Polskiej Akademii Nauk
ul. Mariana Smoluchowskiego 17
60-179 Poznań
NIP: 777-00-20-870
www.ifmpan.poznan.pl

Wydawca:

Instytut Fizyki Molekularnej Polskiej Akademii Nauk

ISBN:

978-83-968462-6-6



Ministerstwo Nauki
i Szkolnictwa Wyższego



Projekt „Wodór – odpowiedź naukowców na wyzwania energetyczne, klimatyczne i środowiskowe” został dofinansowany ze środków budżetu państwa, przyznanych przez Ministra Edukacji i Nauki w ramach Programu „Społeczna odpowiedzialność nauki II” w kwocie 362 934,00 zł na podstawie umowy Nr POPUL/SP/0387/2023/01.

SŁOWO WSTĘPNE

Witamy w przewodniku po Wystawie Wodorowej poświęconej jednemu z najbardziej obiecujących i wszechstronnych pierwiastków na Ziemi – wodorowi. W miarę jak ludzkość stawia czoła wyzwaniom związanym z ochroną środowiska, zmianami klimatycznymi oraz potrzebą zrównoważonego rozwoju, wodór wyłania się jako kluczowy element przyszłości energetycznej świata. Ten przewodnik ma na celu przybliżenie wiedzy na temat wodoru, jego właściwości, zastosowań oraz technologii związanych z jego produkcją, magazynowaniem i wykorzystaniem.

Dlaczego wodór?

Wodór jest najlżejszym i najczęściej występującym pierwiastkiem we Wszechświecie. Jego unikalne właściwości sprawiają, że jest niezwykle atrakcyjny jako nośnik energii. Wodór może być używany w wielu dziedzinach: od zasilania ogniw paliwowych w samochodach, przez zastosowania w przemyśle chemicznym, aż po produkcję energii elektrycznej i ciepłej. Co więcej, wodór jest czystym nośnikiem energii, ponieważ jego spalanie nie emituje dwutlenku węgla, jedynie wodę.

Przewodnik po Wystawie Wodorowej

Przewodnik po Wystawie Wodorowej został opracowany, aby dostarczyć wszechstronnej wiedzy na temat wodoru, jego roli w nowoczesnej gospodarce oraz technologiach, które umożliwiają jego efektywne wykorzystanie. W sposób horyzontalny pokazujemy szeroki wachlarz możliwości wodoru, który skierowany jest zarówno do studentów i naukowców, jak i do inżynierów, przedsiębiorców oraz decydentów, którzy chcą zgłębić temat wodoru i jego potencjał.

Zapraszamy do zgłębiania tajemnic wodoru i odkrywania jego niezwykłych możliwości razem z nami.

dr inż. Łukasz Lindner
Instytut Fizyki Molekularnej Polskiej Akademii Nauk

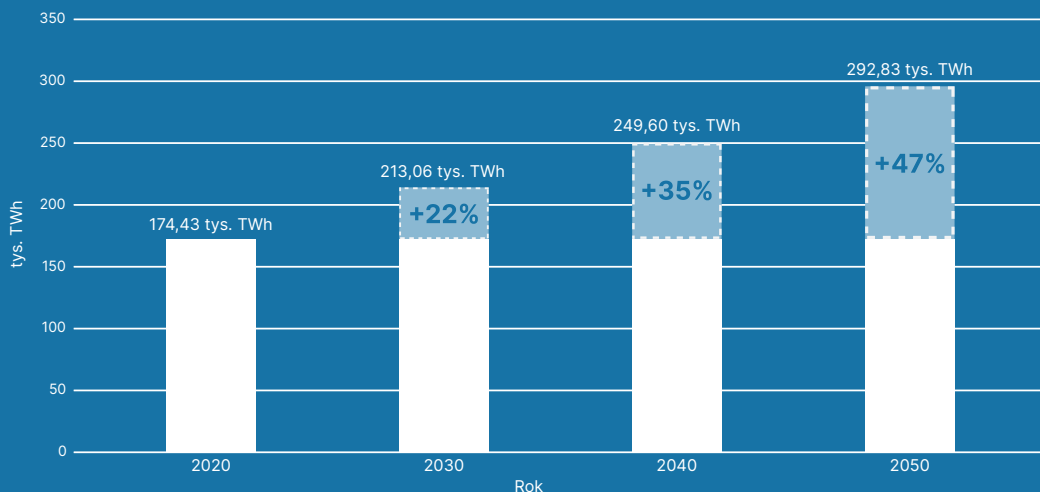


Wystawa Wodorowa

Kryzys klimatyczny wywołany ciągle rosnącą emisją CO₂ jest wyzwaniem, z którym musi zmierzyć się cały świat, w tym także Polska.

Według prognoz ekspertów, zużycie energii na świecie wzrośnie do 2050 roku aż o 50%

Światowe użycie energii



Źródło: U.S. Energy Information Administration, International Energy Outlook 2023

Problem rosnącej emisji CO₂ narastał od początku ery przemysłowej, a jego konsekwencje są coraz bardziej widoczne. Ekstremalne zjawiska pogodowe, pogorszenie stanu zdrowia społeczeństwa czy rosnąca liczba zagrożonych gatunków, to tylko kilka z długiej listy negatywnych skutków naszego rozwoju. Wodorowa rewolucja, czyli zachodząca właśnie transformacja energetyczna, to klucz do zrównoważonej przyszłości. Dzięki odnawialnym źródłom energii (OZE) i wykorzystaniu wodoru, jesteśmy w stanie znacznie zredukować nasz destrukcyjny wpływ na środowisko.



Ministerstwo Nauki
i Szkolnictwa Wyższego



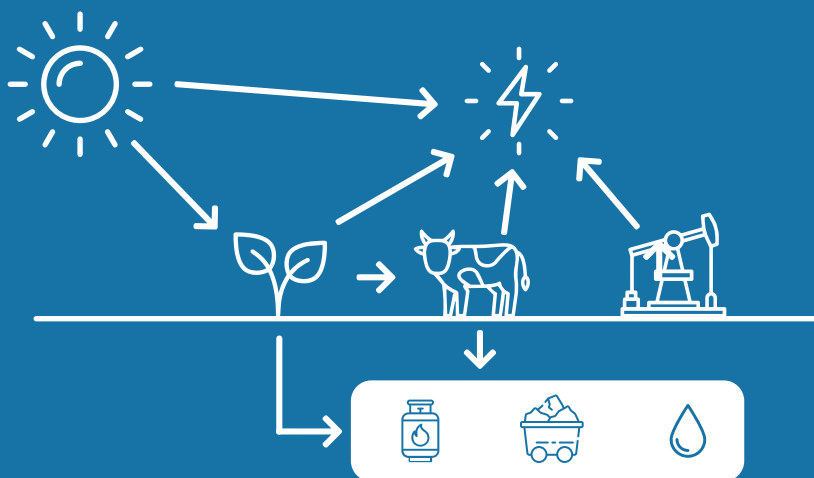
Projekt „Wodór – odpowiedź naukowców na wyzwania energetyczne, klimatyczne i środowiskowe” został dofinansowany ze środków budżetu państwa, przyznanych przez Ministra Edukacji i Nauki w ramach Programu „Społeczna odpowiedzialność nauki II” w kwocie 362 934,00 zł na podstawie umowy Nr POPUL/SP/0387/2023/01.

SŁOŃCE



Słońce to źródło życia. Życie powstaje i trwa dzięki energii wytwarzanej z wodoru

Słońce i wódór to nierozłączna para. Aż 99,99% energii, którą dysponujemy pochodzi właśnie z naszej gwiazdy. To wewnątrz Słońca, które jest żółtym karłem zachodzi proces fuzji termojądrowej. Fuzja to zjawisko, w którym dwa atomy wodoru w wyniku zderzenia z ogromną prędkością łączą się w jeden atom helu. Podczas fuzji uwalniana jest ogromna ilość energii. To właśnie dlatego Słońce jest takie gorące, a jego temperatura wynosi około 15 mln stopni Celsjusza. Możemy powiedzieć, że Słońce to jedna wielka fuzja. Proces ten dzieje się nieprzerwanie i na wielką skalę. Dzięki temu wyprodukowanej energii jest tak dużo, że dociera ona również na Ziemię. To właśnie energia ze Słońca dała początek życiu!



Obieg energii wykorzystywanej przez człowieka

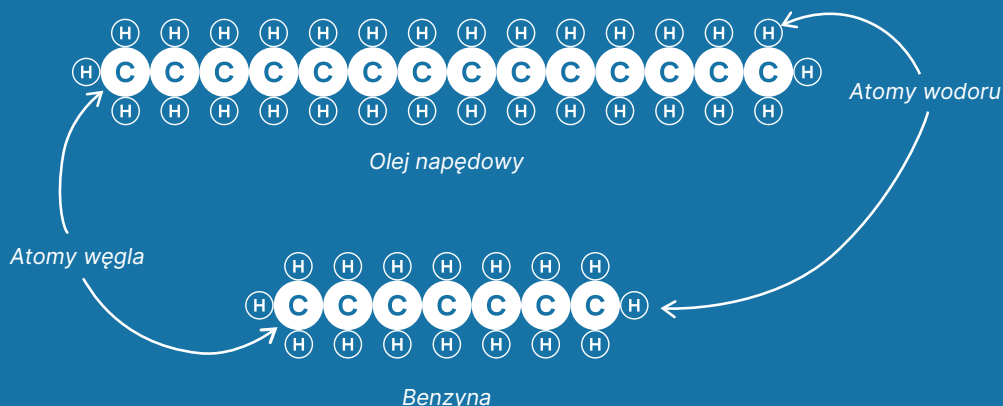
Każdy przepływ energii, jaki zauważysz wokół siebie, zaprowadzi Cię do energii słonecznej, która bierze się bezpośrednio z wodoru. Czasem będzie więcej pośredników, czasem mniej, ale ścieżka będzie wyglądała podobnie, bo wytworzenie bardziej skomplikowanych molekuł czy cząstek zawsze wymaga źródła energii, a jedynym jej dostawcą jest nasza gwiazda.

WODÓR



Wodór to pierwiastek chemiczny o symbolu H i liczbie atomowej 1

Jest to najlżejszy i najbardziej rozpowszechniony pierwiastek we Wszechświecie. W temperaturze pokojowej jest bezbarwnym, bezwonnym i pozbawionym smaku gazem. Stanowi około 75% masy całej materii. Na Ziemi wodór występuje w wodzie (H_2O), w powietrzu (w śladowych ilościach) i w wielu związkach chemicznych, takich jak węglowodory (np. metan, benzyna). Najlepszym przykładem powszechności wodoru jest ludzkie ciało, gdzie wodór stanowi około $\frac{2}{3}$ wszystkich atomów, będąc kluczowym składnikiem wody, węglowodanów, tłuszczów, białek, kwasów nukleinowych, witamin czy hormonów.



Wiemy już, że wodór jest także kluczowym elementem fuzji termojądrowej zachodzącej na Słońcu. Jest paliwem dla całego procesu. Gdyby nie wodór, życie na Ziemi nigdy nie mogłoby zaistnieć.

Warto zatem przyrzeć się bliżej temu pierwiastkowi. O ile fuzja termojądrowa jest trudna do przeprowadzenia na Ziemi, to są jeszcze inne możliwości wykorzystania wodoru do produkcji taniej i czystej energii.



Ministerstwo Nauki
i Szkolnictwa Wyższego



ENERGIA



Każdy naturalny proces, który wokół siebie zauważysz zaprowadzi Cię do energii słonecznej



Światowa produkcja energii z podziałem na źródła pochodzenia (źródło: Our World in Data)

Czasem pośredników będzie więcej, a czasem mniej, ale ścieżka zawsze będzie wyglądała bardzo podobnie. Rośliny wykorzystują światło słoneczne do fotosyntezy, podczas której przekształcają energię słoneczną na energię chemiczną magazynowaną w glukozie. Ta z kolei stanowi pokarm dla innych organizmów. To nierozzerwalny łańcuch życia, który zapoczątkowany jest przez wodór znajdujący się ponad 149 mln km od Ziemi.

Oto przykład: Siedzisz w pokoju i czytasz książkę. Teoretycznie czytanie nic Cię nie kosztuje, bo to nic innego jak porządkowanie informacji w głowie. To tylko pozory, bo zarówno impulsy w mózgu odpowiedzialne za przetwarzanie informacji, jak i mięśnie, które sterują gałką oczną, muszą być czymś zasilane. Energię biorą z kanapki, którą zjadłeś wcześniej. Ta z kolei wzięła się z wypalanej mąki. Mąka jest produkowana z pszenicy, czyli rośliny która, aby rosnąć, przeprowadza proces fotosyntezy, wyłapując w tym celu promieniowanie powstałe na Słońcu. Innym przykładem może być obieg wody w przyrodzie. Skąd biorą się opady deszczu? Najpierw dzięki energii słonecznej woda zostaje odparowana i zmagazynowana (np. w drzewach, które później ją oddają). Same drzewa także zasilane są fotosyntezą i Słońcem, a woda jest w ten sposób transportowana na tysiące kilometrów.



Zeskanuj kod QR
i dowiedz się więcej

DZIURA OZONOWA



Emisja szkodliwych substancji odbiera nam naszą naturalną tarczę

Dziura ozonowa to obszar w stratosferze, gdzie stężenie ozonu (O_3) znacznie się zmniejszyło wskutek działalności człowieka. W latach 80. XX wieku naukowcy odkryli, że pewne chemikalia używane powszechnie w przemyśle, zwłaszcza chlorofluorowęglowodory (CFC) i halony, przyczyniają się do degradacji warstwy ozonowej. Te substancje, uwalniane do atmosfery, rozkładają się pod wpływem promieniowania UV, uwalniając chlor i brom, które katalizują rozpad cząsteczek ozonu.

Wiele państw Świata zareagowało na ten problem przyjmując w 1987 roku Protokół Montrealski, w którym zobowiązały się do stopniowego wycofania produkcji i konsumpcji substancji niszczących warstwę ozonową. Dzięki globalnej współpracy i wdrożeniu alternatywnych technologii udało się znacznie ograniczyć ich emisję. Obecnie dzięki tym działaniom warstwa ozonowa powoli się regeneruje. Według Światowej Organizacji Meteorologicznej i Programu Środowiskowego Organizacji Narodów Zjednoczonych dziura ozonowa może być całkowicie wyeliminowana do połowy XXI wieku, pod warunkiem kontynuacji obecnych działań ochronnych.



Działania te są świetnym przykładem globalnej współpracy w celu rozwiązania problemu środowiskowego i pokazują, jak przez zdecydowane i jednolite działania możemy osiągnąć pozytywną zmianę dla Ziemi i jej mieszkańców.

KWAŚNE DESZCZE



Działania na rzecz czystej energetyki pomogą zmniejszyć ilość szkodliwych substancji dostających się do atmosfery

Kwaśne deszcze to zjawisko atmosferyczne, które jest wynikiem emisji dwutlenku siarki (SO_2) i tlenków azotu (NO_x) do atmosfery. Związki te reagują z wodą, tlenem i innymi substancjami tworząc substancje, takie jak kwas siarkowy i kwas azotowy. Głównymi źródłami tych zanieczyszczeń jest spalanie paliw kopalnych w przemyśle i sektorze transportowym.

Kwaśne deszcze mogą powodować poważne szkody środowiska niszcząc lasy, zanieczyszczając wody powierzchniowe i szkodząc życiu wodnemu, a także prowadząc do erozji budynków i zabytków. Długotrwałe narażenie ekosystemów na kwaśne opady może zakłócić równowagę ekologiczną, wpływając negatywnie na różnorodność biologiczną.

W odpowiedzi na te wyzwania podjęto międzynarodowe działania, takie jak Protokół z Helsinek (1985) i Protokół z Oslo (1994), mające na celu ograniczenie emisji SO_2 i NO_x . Dzięki tym porozumieniom oraz wprowadzeniu technologii oczyszczania spalin i promowaniu czystszych źródeł energii obserwuje się znaczną redukcję zanieczyszczeń odpowiedzialnych za powstawanie kwaśnych deszczy.

To kolejny przykład tego, jak zwiększenie wysiłków i szybka reakcja pozwala znacząco zmniejszyć wpływ działalności człowieka na równowagę naszej planety.



WALKA O ZASOBY



Energetyka wodorowa promuje pokój, wspierając rozwój czystych i dostępnych lokalnie źródeł energii

Wojny i konflikty o zasoby naturalne są jednym z najstarszych motywów sporów międzyludzkich, które mogą przybierać na sile w miarę rosnącego zapotrzebowania na energię i surowce. Współczesny świat uzależniony od paliw kopalnych, takich jak ropa naftowa, gaz ziemny i węgiel, stoi w obliczu rosnącego ryzyka konfliktów o dostęp do tych kluczowych i wyczerpywalnych zasobów. Konkurencja w tym zakresie może prowadzić do napięć międzynarodowych i wojen o dostęp do złóż, a także do wewnętrznych konfliktów o ich lokalną dostępność w krajach bogatych w te surowce.

Skutki takich konfliktów są wielowymiarowe i obejmują nie tylko bezpośrednie straty ludzkie i materialne, ale także długoterminowe zniszczenia środowiska, destabilizację regionów i globalnych rynków energetycznych.

Energetyka wodorowa oferuje alternatywę zmniejszając ryzyko takich konfliktów. Wodór możemy produkować lokalnie, korzystając z wody i energii elektrycznej otrzymanej z odnawialnych źródeł energii, co sprzyja niezależności energetycznej krajów i unikaniu tego rodzaju sporów.



Zeskanuj kod QR
i dowiedz się więcej

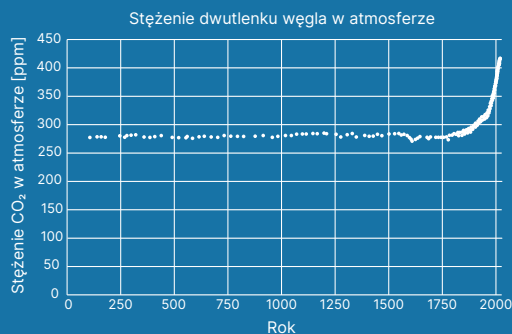
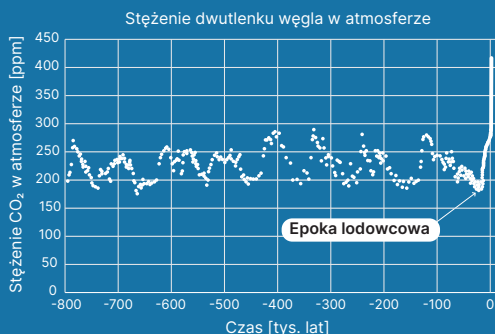




KRYZYS KLIMATYCZNY

Kryzys klimatyczny to poważne zagrożenie dla życia na Ziemi

Kryzys klimatyczny jest złożonym wyzwaniem narastającym od początku ery przemysłowej, którego konsekwencje są coraz bardziej widoczne. W dużym uproszczeniu wywołany jest wzrostem stężenia gazów cieplarnianych, głównie dwutlenku węgla – CO₂ – ale nie tylko. Atmosfera tworzy „kołdrę” wokół Ziemi regulując temperaturę na jej powierzchni. Im więcej CO₂ w atmosferze, tym grubsza jest „kołdra”, a przez to wyższa temperatura. Skład atmosfery, a wraz z nim stężenie gazów cieplarnianych zmieniało się w całej historii naszej planety.



Źródło: U.S. Environmental Protection Agency / Climate Change Indicators: Atmospheric Concentrations of Greenhouse Gases

Wykres z lewej strony pokazuje wahania stężenia CO₂ w atmosferze. Wartości te mieszczą się w przedziale od 180 do 280 ppm. Ostatni spadek stężenia miał miejsce 18 000 lat temu i odpowiada okresowi epoki lodowcowej. Podobnie wyglądają dane dla innych gazów cieplarnianych (np. metanu czy tlenków azotu). Wykres ten ilustruje, w jakim punkcie obecnie się znajdujemy oraz jakie kroki powinny zostać podjęte, aby nie pogłębiać kryzysu klimatycznego. Całkowite zredukowanie emisji CO₂ spowoduje, że zatrzymamy się ze stężeniem na poziomie 420 ppm, czyli znacznie powyżej stanu z ostatnich 800 tysięcy lat. Każda wyemitowana jednostka CO₂ tylko pogarsza sytuację i pogłębia kryzys.

Pamiętaj! Redukcja emisji gazów cieplarnianych do zera wcale nie obniży stężenia CO₂ do poziomu 250 ppm, lecz pozwoli zatrzymać narastający trend i utrzymać wartość na obecnym poziomie.

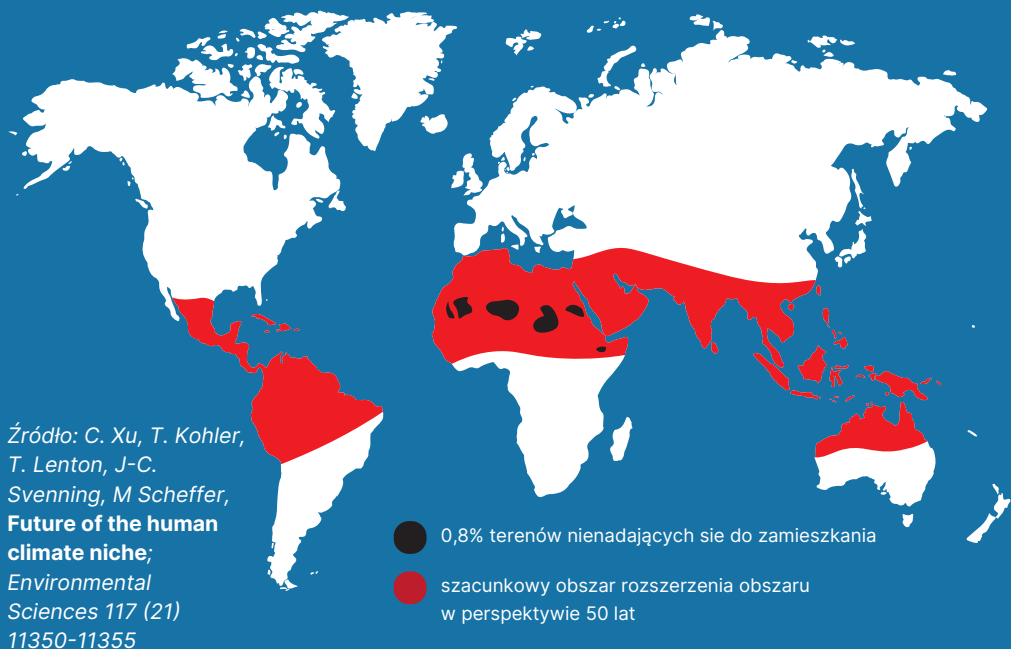
KONSEKWENCJE



Globalne ocieplenie to koniec życia, jakie znamy

Konsekwencje globalnego ocieplenia są dalekosiężne i dotyczą niemal każdego aspektu życia na Ziemi. Podnoszenie się poziomu mórz, spowodowane topnieniem lodowców i ekspansją termiczną oceanów, zagraża istnieniu wysp i obszarów przybrzeżnych, powodując migracje ludności i zwiększenie gęstości zaludnienia. Scenariusze przewidują, że poziom mórz może wzrosnąć o kilka metrów, a w przypadku topnienia całego lodu na Antarktydzie, nawet o kilkadziesiąt metrów.

Globalne ocieplenie wpływa również na temperaturę powierzchni Ziemi. Obecnie 0,8% powierzchni lądów to tereny, których średnia temperatura roczna przekracza 29°C (głównie obszar Sahary) – obszary te nie nadają się do zamieszkania przez ludzi. Przy obecnym scenariuszu emisji, za 50 lat obszary te zajmować będą 19% powierzchni lądowej planety. Według prognoz zmusi to do migracji 3,5 mld ludzi (około 30% populacji).



Do innych poważnych objawów kryzysu klimatycznego zaliczają się tropikalne choroby, niszczycielskie huragany, drastyczne susze i powodzie, ekstremalne fale gorąca, degradacja gleby, utrata różnorodności biologicznej oraz zanieczyszczenie powietrza i wód rzecznych.

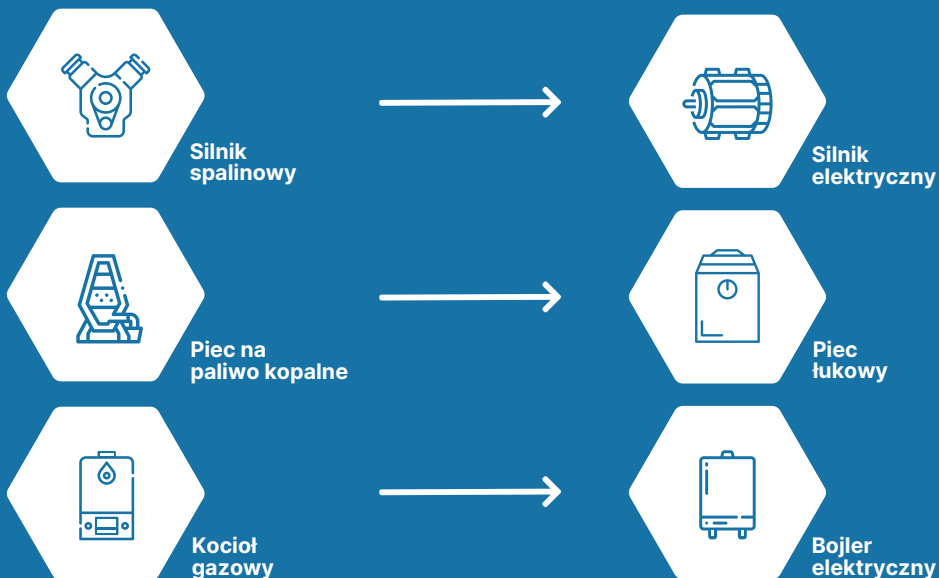
ROZWIĄZANIE



Elektryfikacja – energia bez emisji

Obecnie jesteśmy na etapie łagodzenia skutków kryzysu klimatycznego. Jedy-
nym rozwiązaniem jest zaprzestanie używania paliw kopalnych. Dotyczy to nie
tylko produkcji energii, ale także wszystkich procesów przemysłowych. Jest to
możliwe dzięki wykorzystaniu energii elektrycznej produkowanej z odnawialnych
źródeł energii. Wykorzystanie energii słońca, wiatru, wody oraz biomasy pozwoli na
zachowanie obecnego poziomu rozwoju cywilizacyjnego w sposób bezemisyjny.

Podstawą nowego systemu powinna być elektryfikacja wszystkich odbiorników,
czyli zastąpienie silnika spalinowego – elektrycznym, kotła gazowego – elektrycz-
nym odpowiednikiem, a pieca opalanego paliwami kopalnymi – piecem łukowym.



Zelektryfikowanie wszystkich odbiorników zwiększy zapotrzebowanie na energię elektryczną. Kluczem jest poprawa efektywności energetycznej budynków, procesów i technologii.

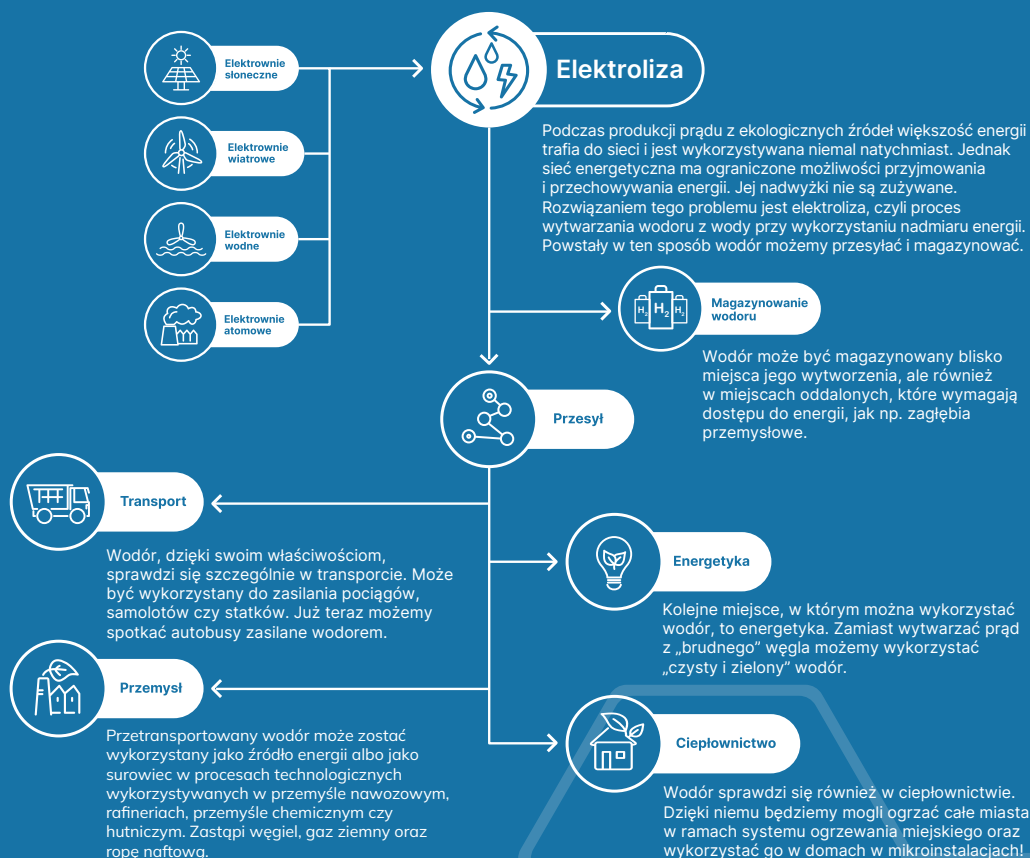
Najważniejsze pytanie na dziś – jak to osiągnąć korzystając z niestabilnych i zależnych od pogody odnawialnych źródeł energii oraz jak zdekarbonizować sektory przemysłu, których nie da się zelektryfikować, takie jak transport, przemysł ciężki. Odpowiedź można zawrzeć w jednym słowie – **wodór**.

ELEMENT TRANSFORMACJI



Wodór otwiera nowy rozdział w dziedzinie zielonej energetyki

Wodór staje się jednym z kluczowych elementów nadchodzącego, czystego systemu energetycznego. Kiedy używamy wodoru do wytwarzania energii elektrycznej w protonowym ogniwie paliwowym, jedynym produktem ubocznym powstałym podczas tego procesu jest woda, co oznacza zero emisji szkodliwych gazów. Wodór może być wykorzystywany bezpośrednio w transporcie oraz przemyśle i dodatkowo stanowić magazyn dla nadmiaru energii elektrycznej otrzymywanej z odnawialnych źródeł energii, którą będzie można wykorzystać, np. w okresach mniejszego nasłonecznienia lub słabszego wiatru. Jego rola w osiągnięciu celów zielonej energetyki i redukcji emisji CO₂ jest nieoceniona.



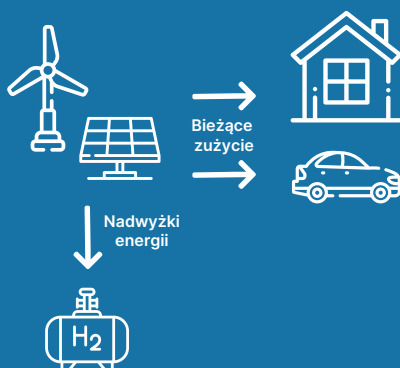
WODÓR TO ENERGIA



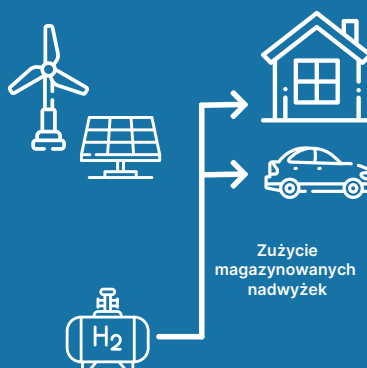
Wodór ma 3x większą gęstość energetyczną niż benzyna

Wodór może zrewolucjonizować sposób, w jaki myślimy o energii. Możemy wykorzystać go do produkcji energii elektrycznej, a następnie używać w samochodach, domach i fabrykach, bądź jako czyste paliwo zastąpić szkodliwe i mniej wydajne paliwa kopalne. Ponadto za pomocą wodoru możemy magazynować nadwyżki energii elektrycznej pochodzące z odnawialnych źródeł, wykorzystujących np. słońce czy wiatr. Dzięki wodorowi możemy utrzymać stabilne dostawy energii nawet przy niesprzyjających warunkach pogodowych.

Korzystne warunki OZE



Niekorzystne warunki OZE



Gęstość energii:

Wodór	Benzyna	Olej napędowy	Czekolada	Bateria litowo-jonowa
142 MJ/kg	47 MJ/kg	43 MJ/kg	23 MJ/kg	<1 MJ/kg



Ministerstwo Nauki
i Szkolnictwa Wyższego



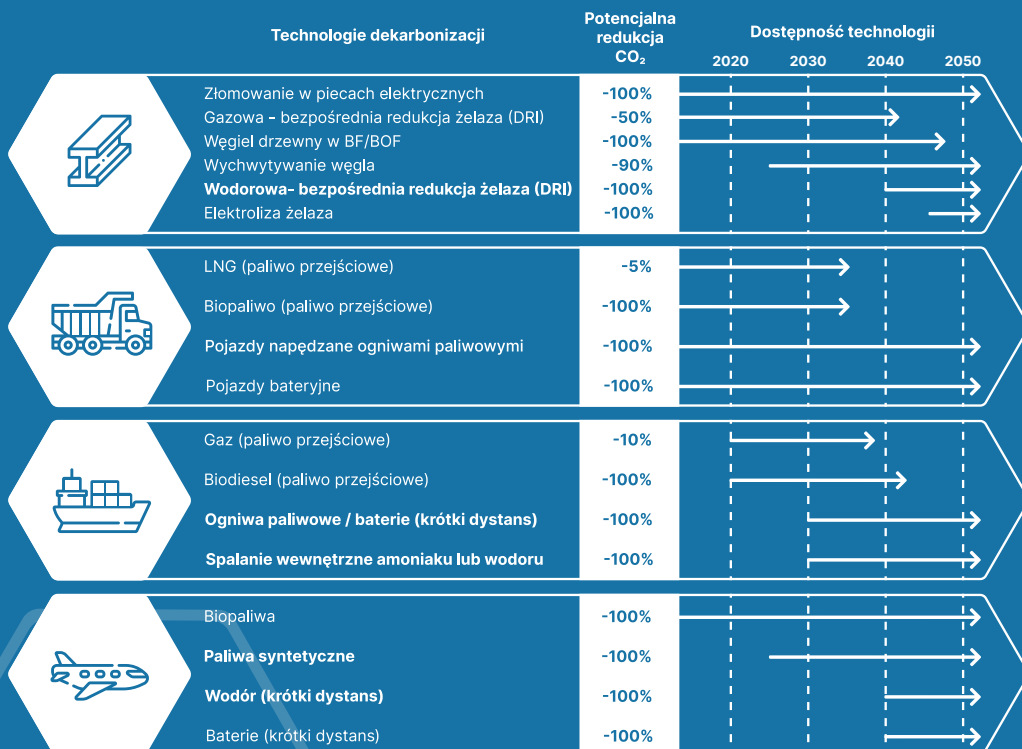
Projekt „Wodór – odpowiedź naukowców na wyzwania energetyczne, klimatyczne i środowiskowe” został dofinansowany ze środków budżetu państwa, przyznanych przez Ministra Edukacji i Nauki w ramach Programu „Społeczna odpowiedzialność nauki II” w kwocie 362 934,00 zł na podstawie umowy Nr POPUL/SP/0387/2023/01.

BEZEMISYJNY PRZEMYSŁ



Wodór to klucz do zeroemisyjnej produkcji i neutralności klimatycznej

Jako czyste paliwo, wodór może zastąpić paliwa kopalne w wielu sektorach przemysłowych, od chemicznego po stalowy, minimalizując ich wpływ na środowisko. Będzie to możliwe dzięki produkcji materiałów i towarów z minimalną lub zerową emisją CO₂. Takie działania mogą znacząco przyczynić się do redukcji globalnego śladu węglowego. Na przykład, w przemyśle stalowym, zastąpienie koksu w procesach hutniczych wodorem może zminimalizować emisję dwutlenku węgla, co jest krokiem milowym w kierunku produkcji stali niskoemisyjnej. Podobnie, w przemyśle chemicznym, wykorzystanie wodoru do produkcji amoniaku bez emisji CO₂ otwiera drogę do bardziej zrównoważonej produkcji nawozów.



Perspektywa wdrożenia czystych technologii (źródło: Mission Possible: Reaching net-zero carbon emissions from harder-to-abate sectors, Energy Transitions Commission (2018))

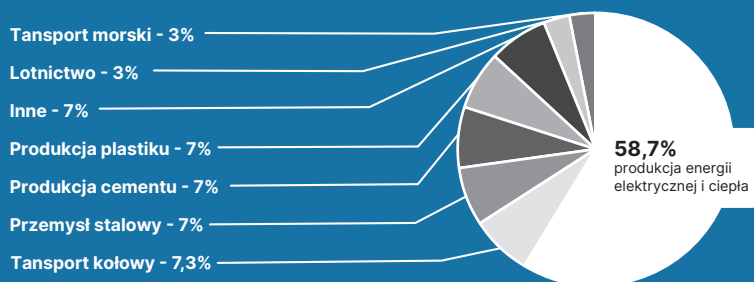
DEKARBONIZACJA TRUDNYCH MIEJSC



Produkcja stali generuje aż 7% całej emisji CO₂

Wodór odgrywa kluczową rolę w redukcji emisji dwutlenku węgla w sektorach, gdzie dekarbonizacja jest szczególnie trudna, jak ciężki transport czy ciężki przemysł. Jako paliwo o zerowej emisji przy użytkowaniu, wodór może skutecznie ograniczyć wpływ tych sektorów na środowisko. Dzięki procesom służącym do jego wytworzenia wodór umożliwi produkcję energii elektrycznej oraz ciepła.

Przemysł ciężki, w tym produkcja stali, cementu czy środków chemicznych, jest odpowiedzialny za znaczną część globalnych emisji dwutlenku węgla. Sam przemysł stalowy to aż 7% całkowitej emisji. Tradycyjne procesy produkcyjne w tych sektorach opierają się głównie na paliwach kopalnych, co prowadzi do dużej emisji CO₂. Wodór może zrewolucjonizować te branże, np. wspomniane zastąpienie koksu wodorem w procesie produkcji stali, może znacząco zmniejszyć emisyjność i zapoczątkować produkcję tzw. zielonej stali. Podobnie wygląda sytuacja w przypadku ciężkiego transportu kołowego, który odpowiada za 7,3% emisji. Transport morski to kolejne 3%, co w sumie daje nam 10,3% emisji CO₂, a jest jeszcze lotnictwo czy chociażby samochody osobowe. W lotnictwie, gdzie alternatywy dla paliw kopalnych są ograniczone, wodór może być w przyszłości kluczem do zmniejszenia śladu węglowego pochodzącego z tego sektora.



Źródło: *Mission Possible: Reaching net-zero carbon emissions from harder-to-abate sectors, Energy Transitions Commission (2018)*

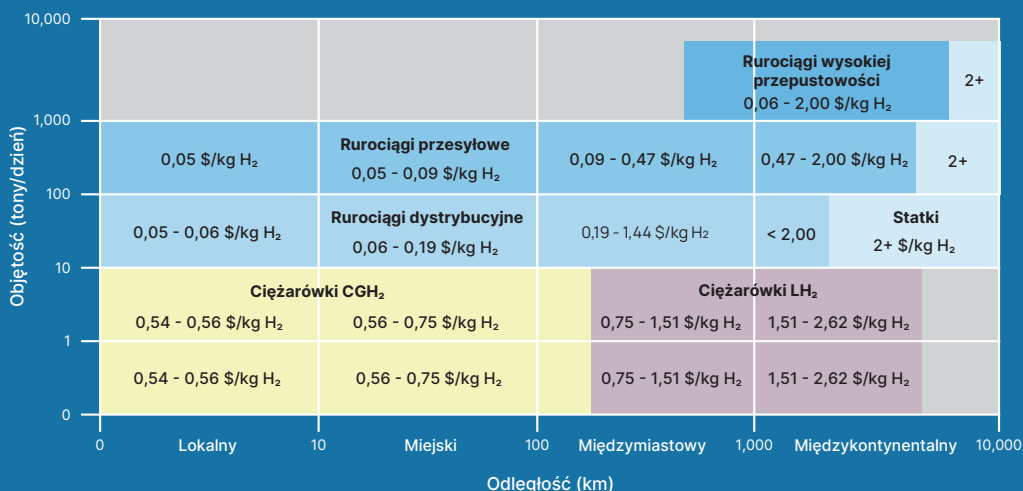
Emisja CO₂ z podziałem na sektory

Globalne inicjatywy i inwestycje, takie jak Europejski Zielony Ład, dążące do neutralności węglowej do 2050 roku, wspierają rozwój zielonych technologii, dzięki czemu rozwiązania wodorowe będą się dynamicznie rozwijać i stawać się coraz bardziej efektywne i przystępne cenowo. Ich rola przypisana jest do redukcji emisji trudnych do zdekarbonizowania obszarów gospodarki, wpisując się w globalne wysiłki na rzecz ochrony klimatu i zrównoważonego rozwoju.



Możemy dostarczyć wodór tam, gdzie jest najbardziej potrzebny

Wodór możemy łatwo transportować w postaci gazowej lub ciekłej nawet do trudno dostępnych miejsc, które nie mają sieci energetycznej oraz takich, w których instalacja Odnawialnych Źródeł Energii jest utrudniona lub wręcz niemożliwa. Rozwój infrastruktury do transportu wodoru to także szansa na rozwój nowych gałęzi logistyki i wielu pokrewnych im dziedzin.



Rodzaj transportu wodoru w zależności od dystansu - na podstawie „Szkoła Wodorowa - Materiał edukacyjny dla studentów uczelni wyższych”

Transport wodoru stanowi kluczowy element w dekarbonizacji gospodarki, umożliwiając przesył tego czystego paliwa na duże odległości, od miejsc produkcji do odbiorców końcowych. Wodór może być transportowany różnymi metodami: przez rurociągi, w cysternach lub tankowcach zarówno w postaci sprężonego gazu, jak i ciekłego wodoru. Dzięki tej elastyczności pozwala na dopasowanie sposobu transportu do specyficznych potrzeb, które determinują metody dystrybucji. Obszary o wysokim nasłonecznieniu, takie jak pustynie, mają potencjał, aby zostać centrami wytwórczymi dla zielonego wodoru.

Do przesyłu wodoru możemy również wykorzystać istniejące już systemy, takie jak gazociągi. Będzie można przysyłać w nich wodór z domieszką gazu ziemnego. Taka integracja sektorów energetycznych z wykorzystaniem wodoru jako medium otwiera drogę do zwiększenia stabilności i efektywności całego systemu energetycznego oraz przyspiesza przejście na gospodarkę niskoemisyjną.



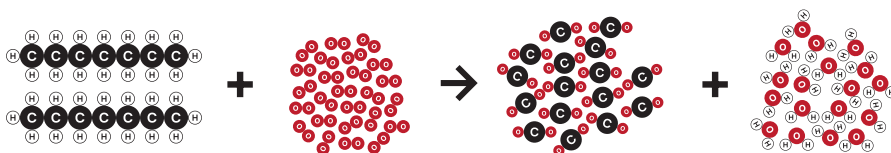
CZYSTE ŚRODOWISKO

Wodór to nasza nadzieja na bezemisyjną przyszłość

Wodór, nasze paliwo przyszłości, stanowi poważną obietnicę dla świata dążącego do neutralności węglowej. Zdolność tego lekkiego pierwiastka do przekształcania sektorów, od przemysłu ciężkiego po transport i produkcję energii, czyni go nie tylko nadzieją, ale i realną szansą na czystą i zdrową przyszłość bez emisji szkodliwych gazów.

Wyobraźmy sobie, że dzięki wodorowi gigantyczne fabryki i ciężarówki mogą działać bez wydzielania nawet grama CO₂. Wodór oferuje rozwiązanie dla wyzwań, przed którymi stoimy, szczególnie w obszarach, gdzie tradycyjne metody redukcji emisji zawodzą. Co więcej, jego produkcja z odnawialnych źródeł energii, jak słońce czy wiatr – szczególnie na rozległych, nasłonecznionych pustyniach – otwiera nowe horyzonty dla globalnej gospodarki energetycznej.

Spalanie benzyny: $2 C_8H_{18} + 25 O_2 \rightarrow 16 CO_2 + 18 H_2O + \text{energia}$



Spalanie wodoru: $2 H_2 + O_2 \rightarrow 2 H_2O + \text{energia}$



Metody pozyskiwania energii

Wodór to więcej niż technologiczna nowinka – to przełom, który może zmienić, a właściwie naprawić naszą planetę. Jego rola w przekształceniu globalnej gospodarki energetycznej jest kluczowa dla osiągnięcia celów klimatycznych i zapewnienia zrównoważonego rozwoju dla przyszłych pokoleń. Wodór to konkretny plan działania na rzecz bezemisyjnej przyszłości, która łączy innowacje technologiczne z troską o naszą planetę.



ELASTYCZNA ENERGETYKA

Wodór to niezwykle elastyczne paliwo i nadzieja nowoczesnej energetyki

Wodór może pełnić rolę mostu łączącego świat zależny od paliw kopalnych z przyszłością opartą na odnawialnych źródłach energii (OZE). Dzięki jego wysokiej wydajności i elastyczności możemy wykorzystać go na każdym etapie procesu zmiany energetycznej. Możemy wykorzystywać go wspólnie z paliwami kopalnymi, stopniowo zwiększając jego udział w produkcji energii, aż do chwili, kiedy wspólnie z OZE zdominuje tę gałąź gospodarki. Możliwość takiej adaptacji sprawia, że wodór jest nie tylko praktycznym, ale i strategicznym wyborem na drodze do zrównoważonej przyszłości. Już teraz wiele urzędzeń i maszyn projektuje się z myślą o napędzie wodorowym, m.in. bezemisyjne samochody, drony ze znacznie dłuższym czasem pracy czy nawet nowoczesne egzoszkielety.



Uniwersalność wodoru



ROZWÓJ GOSPODARKI

Technologie wodorowe to nowe możliwości dla rozwoju naszej gospodarki

Rozpowszechnienie użycia wodoru przyspieszy rozwój technologii i innowacji. Rewolucja wodorowa to nowe miejsca pracy, od laboratoriów badawczych po logistykę i stacje tankowania wodoru. To także szansa dla wielu polskich firm, by weszły do światowej czołówki przedsiębiorstw z zielonej branży. Rozwój infrastruktury wodorowej, w tym sieci dystrybucyjnych, stacji tankowania i systemów magazynowania, wymaga zaangażowania zarówno sektora publicznego, jak i prywatnego. Współpraca ta może przyspieszyć wdrożenie technologii wodorowych i uczynić je bardziej dostępnymi dla konsumentów i przedsiębiorstw. Rozwijanie technologii wodorowych oznacza więc nie tylko korzyści dla środowiska, ale także silny impuls dla wzrostu gospodarczego i bezpieczeństwa energetycznego. W ten sposób wodór staje się kluczem do budowania zrównoważonej przyszłości, w której ekologia i ekonomia idą w parze.

Koszty emisji dwutlenku węgla EU ETS



Niechlubną alternatywą jest pozostanie przy obecnym, mocno emisyjnym przemyśle, który z każdym dniem staje się coraz mniej opłacalny. Koszty emisji CO₂ rosną i powrót do cen na poziomie kilku euro za tonę CO₂ jest mało prawdopodobny. Kraje i technologie opierające się na wysokiej emisji stają się coraz mniej konkurencyjne.

NIEZALEŻNOŚĆ ENERGETYCZNA



Wodór ma potencjał, by budować niezależność energetyczną napędzającą zarówno duże zakłady przemysłowe, jak i pojazdy czy małe urządzenia w naszych domach

W dobie cyfrowej rewolucji codzienne korzystanie z różnorodnych urządzeń elektronicznych stało się standardem, jednak mało kto zdaje sobie sprawę z ukrytego kosztu ekologicznego, jaki niesie za sobą ich użytkowanie. Większość energii elektrycznej, którą wykorzystujemy każdego dnia – czy to podczas ładowania smartfonów, pracy na komputerach czy korzystania z innych domowych sprzętów – pochodzi z elektrowni, które w dużej mierze opierają się na spalaniu paliw kopalnych.

Kiedy ładujesz telefon czy używasz komputera, najprawdopodobniej korzystasz z prądu wytwarzanego w sposób nieekologiczny. Wodór wykorzystany w energetyce to czysta i bezpieczna alternatywa, a przede wszystkim krok w kierunku zrównoważonego rozwoju i redukcji negatywnego wpływu rozwoju technologicznego na środowisko. Stwarza to perspektywę na przyszłość, w której technologia idzie w parze z ekologią. To zmiana zarówno w skali elektrowni, jak i w codziennym życiu domowym.



Zeskanuj kod QR
i dowiedz się więcej



Ministerstwo Nauki
i Szkolnictwa Wyższego



Projekt „Wodór – odpowiedź naukowców na wyzwania energetyczne, klimatyczne i środowiskowe” został dofinansowany ze środków budżetu państwa, przyznanych przez Ministra Edukacji i Nauki w ramach Programu „Społeczna odpowiedzialność nauki II” w kwocie 362 934,00 zł na podstawie umowy Nr POPUL/SP/0387/2023/01.

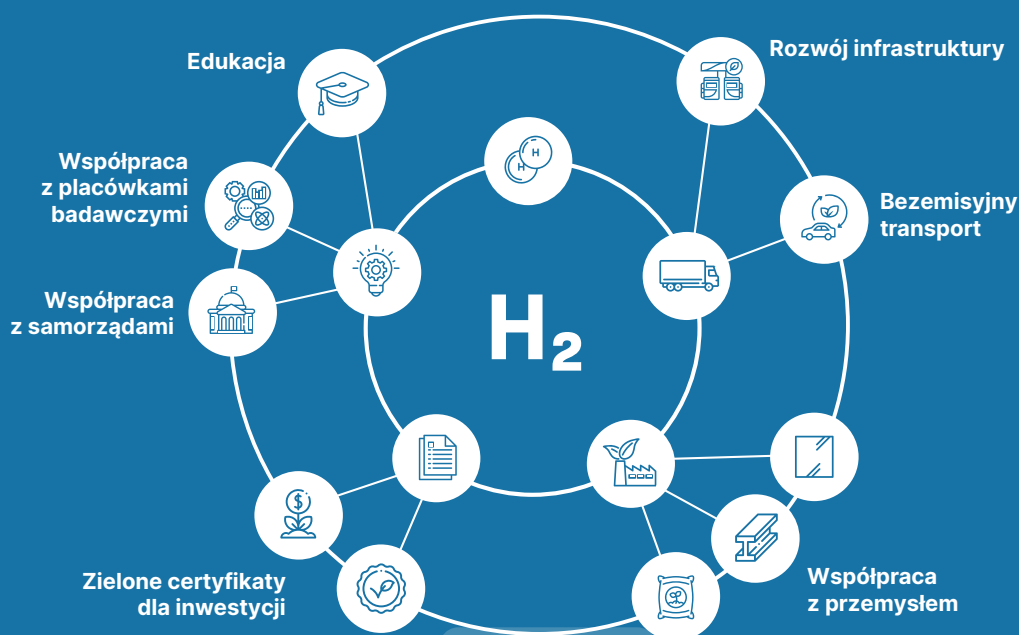


SZANSA DLA POLSKI

Polska może zostać doliną wodorową

Wodór otwiera przed polską gospodarką perspektywę przemiany na niespotykanej dotąd skali, tworząc nowe branże i sektory gospodarcze na styku dotychczasowych specjalizacji. Ta synergia może odmienić oblicze regionów, przekształcając je w tzw. doliny wodorowe, co z kolei sprzyja dalszym innowacjom oraz usprawnia zarówno łańcuch wartości, jak i łańcuch dostaw.

W naszym kraju produkuje się obecnie 1,3 mln ton wodoru rocznie. Inwestycje w innowacje pomogą nam zbudować silną pozycję w szybko rozwijającej się branży i zyskać znaczącą przewagę technologiczną. Dzięki temu Polska może stać się „doliną krzemową” wodoru, a co za tym idzie, liderem w jego produkcji i wykorzystaniu, oferując nowe możliwości dla krajowej i międzynarodowej współpracy gospodarczej.





PRZESTRZEŃ DLA START-UPÓW

Nowa gałąź gospodarki to idealny obszar dla nowych start-upów

Stworzenie przestrzeni do wdrażania nowych rozwiązań i rozwoju pozwoli ambitnym polskim przedsiębiorcom i ich firmom konkurować na globalnym rynku. Inwestując w wodór polskie start-upy mogą stanąć na czele ekologicznej rewolucji tworząc rozwiązania, które zasilą nasze miasta czystą energią. To świetny moment, by wejść na rynek z innowacyjnym produktem lub usługą i przyczynić się do budowania stabilnej przyszłości ekologicznej i gospodarczej. Inwestycje w badania i rozwój w obszarze technologii wodorowych są kluczowe dla zwiększenia ich wydajności i obniżenia kosztów. Postęp w tej dziedzinie może uczynić wodór konkurencyjnym wobec tradycyjnych źródeł energii, umożliwiając jego szersze wykorzystanie w gospodarce.



Ministerstwo Nauki
i Szkolnictwa Wyższego



Projekt „Wodór – odpowiedź naukowców na wyzwania energetyczne, klimatyczne i środowiskowe” został dofinansowany ze środków budżetu państwa, przyznanych przez Ministra Edukacji i Nauki w ramach Programu „Społeczna odpowiedzialność nauki II” w kwocie 362 934,00 zł na podstawie umowy Nr POPUL/SP/0387/2023/01.



NOWE MIEJSCA PRACY

Nowa gałąź przemysłu = tysiące nowych miejsc pracy

Przemysł wodorowy otwiera drzwi do zupełnie nowych ścieżek kariery. Wodrowa rewolucja wymaga zaangażowania osób o różnorodnych kompetencjach, od inżynierów i techników specjalizujących się w pozyskiwaniu wodoru, poprzez ekspertów od magazynowania i transportu, aż do specjalistów zajmujących się wykorzystaniem tego paliwa w energetyce, motoryzacji czy produkcji przemysłowej.



To także okazja dla pracowników innych branż przy budowie infrastruktury, projektowaniu systemów i wielu pokrewnych działań. Oprócz tych bezpośrednio związanych z przemysłem wodorowym wiele innych profesji znajdzie zastosowanie w ramach szeroko pojętej gospodarki wodorowej. Analitycy rynku, specjaliści ds. zrównoważonego rozwoju, pracownicy obsługi klienta, a nawet eksperci z dziedziny prawa i regulacji będą mieć swój udział w kształtowaniu tego dynamicznie rozwijającego się sektora.



Zeskanuj kod QR
i dowiedz się więcej



Ministerstwo Nauki
i Szkolnictwa Wyższego



Projekt „Wodór – odpowiedź naukowców na wyzwania energetyczne, klimatyczne i środowiskowe” został dofinansowany ze środków budżetu państwa, przyznanych przez Ministra Edukacji i Nauki w ramach Programu „Społeczna odpowiedzialność nauki II” w kwocie 362 934,00 zł na podstawie umowy Nr POPUL/SP/0387/2023/01.

POPRAWA JAKOŚCI ŻYCIA



Dzięki wodorowi poprawi się jakość powietrza, wody i zdrowia

Przechodząc na czyste źródła energii, takie jak wodór, możemy znacząco poprawić jakość naszego życia. Lepsza jakość powietrza oznacza mniejsze ryzyko występowania chorób układu oddechowego oraz schorzeń sercowo-naczyniowych, które są często spowodowane długotrwałą ekspozycją na zanieczyszczenia, np. smog. Wdrażanie rozwiązań wodorowych w transporcie, produkcji energetycznej i przemyśle może przyczynić się nie tylko do ochrony naszej planety, ale także do poprawy zdrowia i dobrostanu społeczeństwa.

Wodór ma być wytwarzany z wody; czy to oznacza, że ilość wody w Polsce zmaleje?

Nie. Produkcja 1 kg wodoru wymaga 9 kg wody. Obecne w Polsce produkujemy 1,3 mln ton wodoru i zastąpienie go zielonym wodorem wymaga więc 11,7 mln m³ wody. Całkowite zużycie wody w Polsce wynosi około 9000 mln m³, z czego znaczną część pobiera górnictwo i energetyka konwencjonalna. Technologie wodorowe i przejście na bezemisyjną gospodarkę przyczynią się do poprawy warunków wodnych w Polsce.



ROZWÓJ GOSPODARCZY

Nowe technologie otwierają nowe możliwości

W Polsce aż 8 z 20 największych przedsiębiorstw związanych jest z sektorem wydobywania i jego pokrewnymi branżami, generując około 5% PKB*. Wdrożenie rozwiązań wodorowych do tej gałęzi gospodarki może znacznie zwiększyć jej wydajność i zapewnić szybszy rozwój istniejących już przedsiębiorstw. A przede wszystkim zredukować emisyjność CO₂ i związane z nimi koszty EU ETS.

Wodór to solidny fundament dla rozwoju wielu, także nowo powstających dziedzin oraz poprawy ogólnej jakości życia w społeczeństwie. Jego wykorzystanie otwiera nowe możliwości i tworzy podwaliny przyszłej, w pełni zielonej gospodarki. Wspomaga rozwój miejsc pracy i powstawanie nowych kierunków kształcenia, przyciągając tym samym za sobą cały szereg inwestycji.

* *Magazyn Nowy Przemysł przy współpracy z Dun & Bradstreet Poland*



Ministerstwo Nauki
i Szkolnictwa Wyższego



Projekt „Wodór – odpowiedź naukowców na wyzwania energetyczne, klimatyczne i środowiskowe” został dofinansowany ze środków budżetu państwa, przyznanych przez Ministra Edukacji i Nauki w ramach Programu „Społeczna odpowiedzialność nauki II” w kwocie 362 934,00 zł na podstawie umowy Nr POPUL/SP/0387/2023/01.

BEZPIECZEŃSTWO GEOPOLITYCZNE



Wodór wspiera niezależność energetyczną

Dzięki technologii wodorowej wzmocni się bezpieczeństwo energetyczne krajów. Państwa, które będą mogły polegać na energetyce wodorowej będą mniej wrażliwe na wahania cen surowców na światowych rynkach dzięki mniejszej zależności od importowanych paliw kopalnych, których dostawy mogą być niestabe. To zmniejszy także szanse wybuchu nowych wojen i konfliktów dotyczących kurczących się zasobów naturalnych i zwiększy stabilność relacji międzynarodowych.

Rozwój wewnętrznych źródeł energii, takich jak OZE, pozwala również na dywersyfikację źródeł energii ograniczając ryzyko przerw w dostawach spowodowanych czynnikami zewnętrznymi. Wodór może zapewnić znaczące wzmocnienie polskiej suwerenności energetycznej.



KOLORY WODORU



Odkryj kolory wodoru

Wodór jest pierwiastkiem bezbarwnym i bezwonnym, ale często mówimy o zielonym, szarym lub niebieskim wodorze. Kolory te mówią nam, w jaki sposób jest produkowany i jaki jest jego wpływ na środowisko. Obecnie najczęściej wykorzystywany jest wodór szary, czyli taki, którego wytwarzanie wiąże się z emisją CO₂. Wodorowa rewolucja pomoże zastąpić go zielonym wodorem produkowanym z wody przy użyciu OZE. Ten proces z kolei nie emituje żadnych zanieczyszczeń i jest w pełni bezpieczny dla naszej planety.



- **Zielony** – Uzyskiwany podczas elektrolizy wody, wykorzystujący energię ze źródeł odnawialnych. Nie powoduje żadnych zanieczyszczeń.
- **Szary** – Najczęściej wykorzystywany. Powstaje z gazu ziemnego przy emisji CO₂.
- **Czarny/Brazowy** – Wytwarzany z węgla. Jest najmniej przyjazny dla naszej planety.
- **Niebieski** – Kompromis między ekologią a przemysłem. Powstaje z przetwarzania paliw kopalnych, ale CO₂ jest wychwytywane i magazynowane, więc nie trafia do atmosfery.
- **Żółty** – Zasilany prądem z sieci. Jego wpływ na klimat zależy od źródła tej energii.
- **Fioletowy/różowy** – Uzyskiwany podczas elektrolizy wody, wykorzystujący energię z elektrowni jądrowych. Nie emituje gazów cieplarnianych.
- **Turkusowy** – Zielona innowacja z biomasy. Prawie całkowicie neutralny dla środowiska.
- **Biały** – Pochodzi z naturalnych źródeł geologicznych.

Źródło pierwotne	Metoda uzyskania wodoru	Kolor wodoru	Emisja CO ₂ / kg wodoru
Metan	Reforming metanu	Wodór szary	9–12 kg
Metan	Reforming metanu (wychwyt CO ₂)	Wodór niebieski	0 kg
Węgiel kamienny	Zgazowanie węgla	Wodór czarny	20 kg
Biomasa	Zgazowanie biomasy	Wodór turkusowy	netto 0 kg
Energia jądrowa	Elektroliza	Wodór fioletowy	0 kg
Sieć elektryczna	Elektroliza	X	18–40 kg
Energia z OZE	Elektroliza	Wodór zielony	0 kg

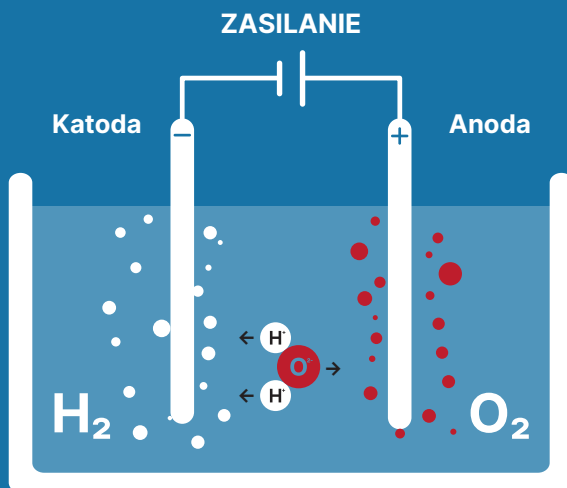
Źródło: T. Chmielniak - Wodór w energetyce, Magazyn Polskiej Akademii Nauk 1/65/2021

ELEKTROLIZA WODY



Skąd bierzemy wodór dla czystej energetyki

Elektroliza to proces, w którym woda (H_2O) zostaje rozłożona na tlen (O_2) i wodór (H_2) przy pomocy elektryczności. Kiedy przepuszczamy prąd przez wodę w elektrolizerze, molekuły wody rozpadają się uwalniając te dwa gazy. Do tego celu można wykorzystać m.in. energię elektryczną otrzymywaną z czystych źródeł, takich jak energia słoneczna czy wiatrowa. Dzięki temu cały proces staje się ekologiczny i zrównoważony.



Elektroliza wody

Kluczowymi elementami urządzenia realizującego ten proces są anoda i katoda, które będąc odpowiednio naładowane, przyciągają przeciwnie naładowane jony: jony wodoru (H^+) migrują do katody, a jony tlenu (O^{2-}) do anody. Dla osiągnięcia rozkładu wody na składniki pierwotne wymagane jest minimalne napięcie wynoszące 1,48 V, przy czym proces ten jest wysoce efektywny, ponieważ na każdy atom tlenu przypada dwukrotnie więcej atomów wodoru.



Ministerstwo Nauki
i Szkolnictwa Wyższego



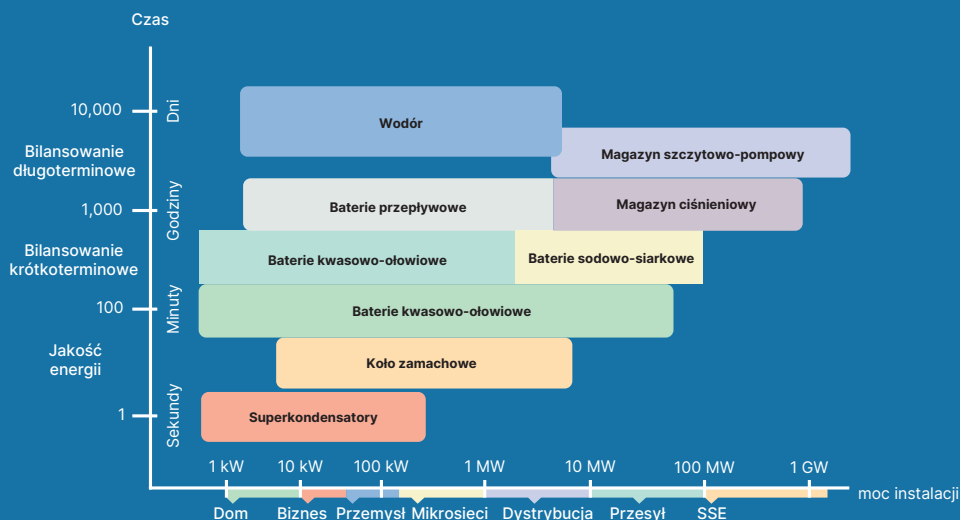
WODÓR JAKO MAGAZYN ENERGII



Wodór możemy w prosty sposób magazynować i transportować tam, gdzie jest najbardziej potrzebny

Największym wyzwaniem nie jest produkcja energii, ale jej odpowiednie przechowywanie i nieprzerwane dostarczanie do odbiorców. Wodór umożliwia połączenie miejsca wytwarzania energii z miejscem jej użycia. Udoskonalanie metod pozyskiwania i przechowywania nadwyżek energii w postaci paliwa wodorowego zapewni stabilność sieci energetycznych i ciągłość w dostawie prądu. To znaczące wsparcie w dążeniu do zrównoważonego rozwoju.

Rozwój technologii pozyskiwania, konwersji i magazynowania energii w postaci wodoru ma kluczowe znaczenie dla zwiększenia efektywności i stabilności sieci energetycznych. Umożliwia to nie tylko lepsze wykorzystanie odnawialnych źródeł energii, jak energia słoneczna czy wiatrowa, które charakteryzują się zmiennością, ale także przyczynia się do redukcji emisji wspomnianych wcześniej szkodliwych gazów cieplarnianych.



Rodzaje magazynów energii

Na podstawie: „Szkola wodorowa - Materiał edukacyjny przeznaczony dla studentów uczelni wyższych”

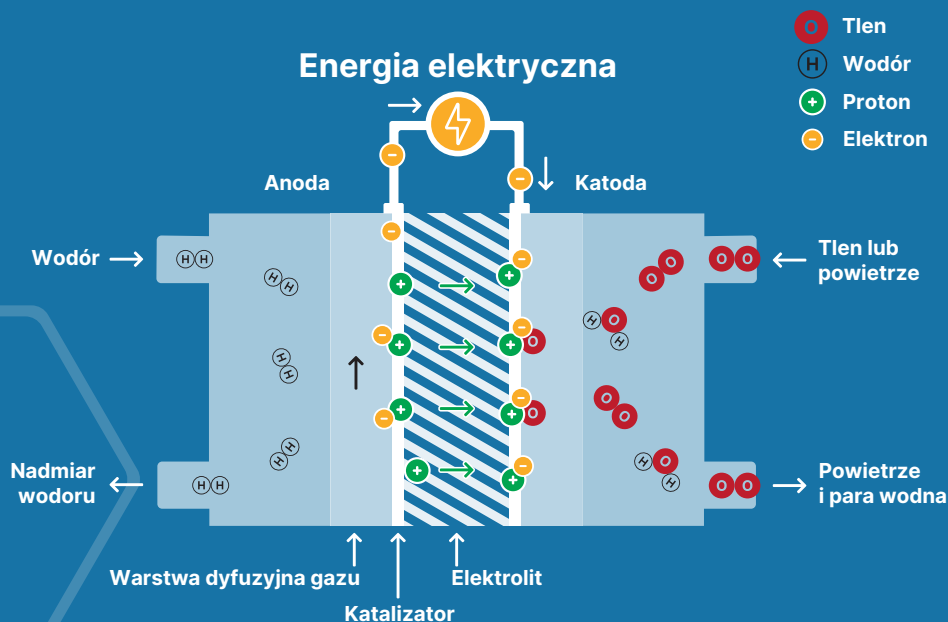
WODÓR JAKO PALIWO



Ogniwo paliwowe to urządzenie, które przekształca energię chemiczną (np. z wodoru) na energię elektryczną

Ogniwa te możemy wykorzystywać na różne sposoby. Mogą samodzielnie zasilić silnik elektryczny lub być stosowane jako uzupełniające źródło energii. Ogromną zaletą tego typu ogniw jest wysoka wydajność i bardzo cicha praca. Tankowanie pojazdu wyposażonego w takie ogniwo z wodorem w postaci gazu trwa zaledwie kilka minut, a dzięki filtrom montowanym przed ogniwem paliwowym, zasysane powietrze zostaje oczyszczone ze szkodliwych substancji.

Wodór jako paliwo i tlen jako utleniacz tworzą serce ogniwa paliwowego, przekształcając energię chemiczną bezpośrednio w elektryczność, parę wodną i ciepło, co czyni ten proces wyjątkowo ekologicznym. Centralnym elementem ogniwa jest elektrolit, który przepuszcza tylko protony, zmuszając elektrony do przepływu przez zewnętrzny obwód, tworząc w ten sposób prąd elektryczny. Dzięki prostocie budowy i braku emisji szkodliwych substancji ogniwa paliwowe oferują czystą i efektywną metodę produkcji energii.



WODÓR W TRANSPORCIE



Transport odpowiada za około 20% całej emisji gazów cieplarnianych

Wodór jako paliwo stosowane w transporcie otwiera nowe możliwości dla środowiska i naszego codziennego życia. Wykorzystanie wodoru w pojazdach, takich jak samochody, autobusy czy nawet pociągi, pozwoli na jazdę bez emisji spalin. Jedynym efektem ubocznym procesu spalania jest w tym wypadku para wodna, która wraca do naturalnego obiegu Ziemi. Daleki zasięg i cicha jazda to także zupełnie nowy poziom komfortu podróży.

Samochód wodorowy to pojazd z silnikiem elektrycznym, który zamiast baterii ma generator prądu na wodór (ogniwo paliwowe). Posiada wszystkie zalety samochodów elektrycznych i spalinowych.

Silnik elektryczny jest dwukrotnie wydajniejszy od silnika spalinowego, a możliwość zasilania go wodorem pozyskanym z odnawialnych źródeł energii sprawia, że stanowi on atrakcyjną alternatywę. Uniwersalność wodoru pozwala na samodzielne zasilanie silników elektrycznych lub działanie jako uzupełniające źródło energii, z potencjałem do wykorzystania uwalnianego ciepła do ogrzewania pojazdów.

Tab. Porównanie napędów, Opracowanie własne

	Silnik elektryczny		Silnik tłokowy		
	Bateria	Ogniwo paliwowe	Spalanie wewnętrzne wodoru	Silnik diesla	Silnik benzynowy
Rodzaj zasilania	Sieć elektryczna	Wodór	Wodór	Olej napędowy	Benzyna
Nośnik energii	>95%	>95%	~ 40%	~ 50%	~ 40%
Sprawność silnika	14 kWh	1,0 kg	1,4 kg	6 litrów	8 litrów
Średnie spalanie/100km (silnik o mocy 110-140 KM)	0 kg	0 kg	0 kg	2,68 kg	2,3 kg
Emisja CO ₂ / litr paliwa	<ul style="list-style-type: none"> transport krótkozasięgowy małe jednostki zastosowania mobilne 	<ul style="list-style-type: none"> transport dalekozasięgowy średnie i duże jednostki zastosowania mobilne 	<ul style="list-style-type: none"> transport dalekozasięgowy małe, średnie i duże jednostki zastosowania mobilne 	<ul style="list-style-type: none"> transport dalekozasięgowy zastosowania mobilne zasilanie awaryjne 	

WODÓR JAKO SUROWIEC



Wodór jako surowiec w produkcji nawozów, rafinacji ropy i przemyśle stalowym

Wodór to nie tylko paliwo przyszłości, ale także cenny surowiec w wielu gałęziach przemysłu. Używany jest do produkcji amoniaku, niezbędnego w produkcji nawozów, pomagając roślinom rosnać szybciej i zdrowiej. W przemyśle petrochemicznym wodór odgrywa kluczową rolę w procesach rafinacji ropy naftowej, a przy produkcji stali zastępuje węgiel, znacznie redukując emisję CO₂. Co więcej, wodór ma zastosowanie w produkcji szkła, elektroniki i wielu innych produktów, czyniąc te procesy bardziej ekologicznymi.

Prognozowana wartość międzynarodowego rynku wodoru do 2050 roku to 2,5 biliona dolarów. Może on zaspokoić 18% światowego zapotrzebowania na energię, tworząc przy tym 30 milionów miejsc pracy i zmniejszając emisję CO₂ o 6 gigaton rocznie.



TRWAŁOŚĆ I SZCZELNOŚĆ



Zbiorniki wodoru są zaprojektowane z myślą o maksymalnym bezpieczeństwie i trwałości

Najczęściej stosowane są zbiorniki wodoru wykonane z włókna węglowego, które jest jednym z najbardziej wytrzymałych materiałów na świecie. Materiały kompozytowe są bardzo szczelne i dużo bardziej wytrzymałe niż stal, dzięki czemu są niezwykle odporne na wszelkie uszkodzenia i wycieki. Dzięki nowoczesnej technologii produkcji takie zbiorniki mogą bezpiecznie przechowywać wodór nawet pod wysokim ciśnieniem, zapewniając jego stabilność i bezpieczeństwo użytkowania.

Do przechowania wodoru służą nam także różnorodne rozwiązania, w tym sprężony gaz w zbiornikach ciśnieniowych oraz wodór skroplony w niskich temperaturach, aby zoptymalizować gęstość energii i zmaksymalizować efektywność przechowywania. Wykorzystując wspomniane wcześniej materiały kompozytowe i innowacyjne technologie izolacji możemy znacznie zmniejszyć ich masę przy jednoczesnym utrzymaniu wysokiej wytrzymałości i szczelności.



Ministerstwo Nauki
i Szkolnictwa Wyższego



Projekt „Wodór – odpowiedź naukowców na wyzwania energetyczne, klimatyczne i środowiskowe” został dofinansowany ze środków budżetu państwa, przyznanych przez Ministra Edukacji i Nauki w ramach Programu „Społeczna odpowiedzialność nauki II” w kwocie 362 934,00 zł na podstawie umowy Nr POPUL/SP/0387/2023/01.

ŚWIETNE ZABEZPIECZENIA



Samochody wodorowe są nie tylko ekologiczne, ale przede wszystkim bezpieczne

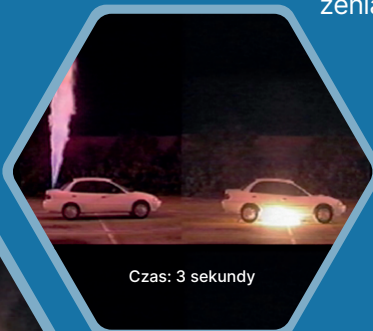
Pojazdy wodorowe mają czujniki zderzeń, które działają jak poduszka powietrzna. W przypadku kolizji zawory bezpieczeństwa w zbiornikach zamykają się automatycznie, zabezpieczając wodór przed ewentualnym wyciekiem. Zbiorniki na wodór są tak projektowane, aby wytrzymać ekstremalne warunki – od silnych uderzeń po ekstremalne temperatury. To czyni je równie bezpiecznymi, jak tradycyjne pojazdy spalinowe.

Głównym zagrożeniem w płonących pojazdach spalinowych jest rozlane paliwo, które powoduje wydzielanie się toksycznych i duszących gazów oraz przyspiesza rozprzestrzenianie się ognia w całym pojeździe. Płonące elementy samochodu podnoszą temperaturę wewnątrz. W przypadku pojazdów wodorowych tego typu zagrożenia nie występują. Porównanie zagrożenia w płonącym

samochodzie wodorowym/
spalinowym.



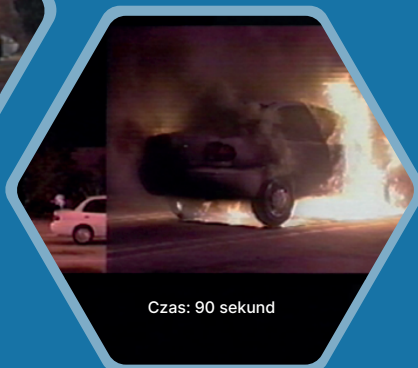
Samochód wodorowy (lewa)
Samochód spalinowy (prawa)



Czas: 3 sekundy



Czas: 30 sekund



Czas: 90 sekund

Źródło: Dr Michael R. Swain, *Fuel leak simulation* (2001)

LŻEJSZY OD POWIETRZA



Wodór jest 14 razy lżejszy od powietrza, co czyni go bezpiecznym wyborem

Jego lekkość sprawia, że w przypadku uwolnienia szybko ulatnia się do atmosfery. Ta właściwość czyni go bezpieczniejszym w użyciu i magazynowaniu niż wiele innych paliw. W przemyśle szybkie rozpraszanie się wodoru pozwala na bezpieczniejsze prowadzenie procesów wymagających jego obecności, zwiększając efektywność produkcji przy zachowaniu wysokich standardów bezpieczeństwa.

Dzięki odpowiednim środkom ostrożności i zaawansowanym technologiom wodór może być bezpiecznie wykorzystywany jako kluczowy element w niskoemisyjnych rozwiązaniach energetycznych. Oferuje przyszłość budowaną w duchu ekologii i bezpieczeństwa dla całego społeczeństwa.

Wodór jest używany i transportowany od 50 lat w różnych dziedzinach przemysłu

Wykorzystanie wodoru w różnych dziedzinach na przestrzeni lat zostało bardzo dokładnie przebadane i sprawdzone. Doskonale znamy jego możliwości i ograniczenia, zarówno w formie gazowej jak i ciekłej. Dzięki tej wiedzy możemy bezpiecznie transportować go na długie dystanse i wykorzystywać w wielu obszarach.



Ministerstwo Nauki
i Szkolnictwa Wyższego





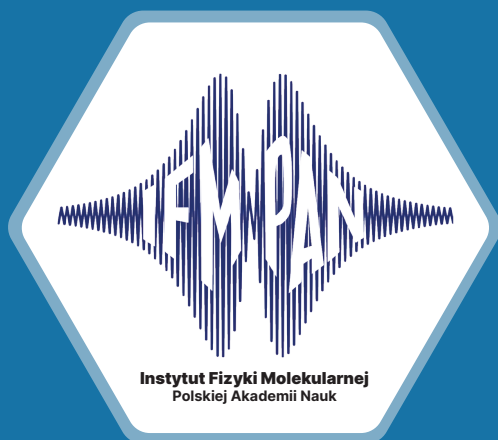
PUNKT INFORMACYJNY

Odwiedź nasz punkt informacyjno-konsultacyjny

Poznaj szczegóły dotyczące transformacji wodorowej, aktualnych technologii i ich zastosowania. Umów się na spotkanie z naszym ekspertem, który wprowadzi Cię w fascynujący świat wodorowej przyszłości. Stworzyliśmy przestrzeń, w której możemy porozmawiać i swobodnie rozwinąć temat, dając w ten sposób możliwość poszerzenia wiedzy każdemu, kto chciałby zgłębić temat energii wodorowej i poznać szczegóły oraz możliwości, jakie oferuje.

wodor@wodor.edu.pl

Konsultacje są bezpłatne i prowadzone w ramach projektu „Społeczna Odpowiedzialność Nauki II”



Instytut Fizyki Molekularnej
Polskiej Akademii Nauk



Ministerstwo Nauki
i Szkolnictwa Wyższego



Projekt „Wodór – odpowiedź naukowców na wyzwania energetyczne, klimatyczne i środowiskowe” został dofinansowany ze środków budżetu państwa, przyznanych przez Ministra Edukacji i Nauki w ramach Programu „Społeczna odpowiedzialność nauki II” w kwocie 362 934,00 zł na podstawie umowy Nr POPUL/SP/0387/2023/01.



PUNKT INFORMACYJNY

Nasi eksperci chętnie odpowiedzą na Twoje pytania



dr inż. Łukasz Lindner

Aktywny promotor technologii wodorowych i autor „Szkoły Wodorowej” – pierwszego w Polsce podręcznika uzupełniającego wiedzę szkolną w tym zakresie. Koordynuje i sprawuje pieczę merytoryczną nad serią projektów związanych z popularyzacją wodoru. Prężnie działa w wielu inicjatywach i projektach naukowych. Współzałożyciel MH.Energy, gdzie zajmuje się analizą i doradztwem w dziedzinie technologii wodorowej.

dr inż. Paweł Ławniczak

Doktor nauk fizycznych z Instytutu Fizyki Molekularnej PAN w Poznaniu specjalizuje się w badaniach materiałów dla ogniw paliwowych i akumulatorów litowo-jonowych. Prowadził projekt badawczy Sonata, eksplorując właściwości przewodników protonowych i elektrycznych. Aktywnie uczestniczy w projektach naukowych i popularnonaukowych, będąc współautorem ponad 40 publikacji i prelegentem na międzynarodowych konferencjach. Angażuje się także w działania popularyzujące tematykę wodorową.



Ministerstwo Nauki
i Szkolnictwa Wyższego



Projekt „Wodór – odpowiedź naukowców na wyzwania energetyczne, klimatyczne i środowiskowe” został dofinansowany ze środków budżetu państwa, przyznanych przez Ministra Edukacji i Nauki w ramach Programu „Społeczna odpowiedzialność nauki II” w kwocie 362 934,00 zł na podstawie umowy Nr POPUL/SP/0387/2023/01.



GLOBALNE ZNACZENIE MAŁEJ CZĄSTECZKI

Wykonaj prosty eksperyment

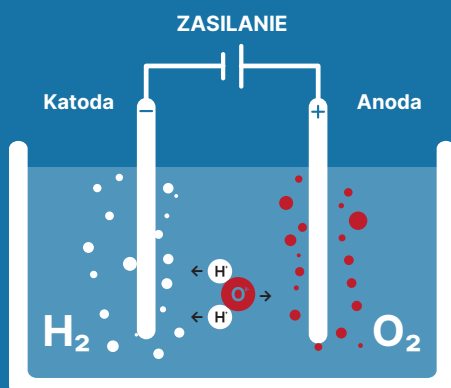
Wszystkie elementy gospodarki wodorowej opisane w przewodniku oraz jej wszechobecne konsekwencje bazują na jednym prostym eksperymencie – elektrolizie wody. Doświadczenie można wykonać w domu do czego serdecznie zachęcamy:

MATERIAŁY:

- przezroczysty pojemnik na wodę ok. 200–300 ml
- bateria 9V (6LR61)
- złącze na baterię 9V (6F22) z krokodylkami – opcjonalnie
- 2 metalowe elektrody – kawałek metalu
- kwas cytrynowy lub soda oczyszczona (20 g)
- woda (150 ml)

PRZEBIEG DOŚWIADCZENIA:

1. nalej wodę do pojemnika
2. dodaj sodę oczyszczoną lub kwas cytrynowy (dodatkowe jony poprawiają przewodność elektryczną wody)
3. umieść elektrody w naczyniu z wodą, tak by się nie dotykały
4. podłącz baterię do elektrod za pomocą złączy (lub bezpośrednio, jeżeli nie posiadasz złączy)
5. obserwuj wydzielające się pęcherzyki – to wodór i tlen
6. odłącz baterię i wyciągnij elektrody z wody



Zamiana baterii na energię pochodzącą z odnawialnych źródeł energii to produkcja zielonego wodoru. Rzeczywiste elektrolizery wykorzystują dokładnie te same reakcje, ale systemy są znacznie bardziej zaawansowane, aby poprawić wydajność zachodzących procesów.